

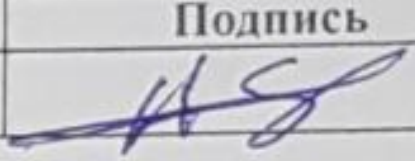
Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
 Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

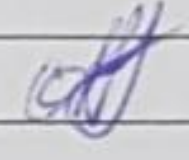
Тема работы
«Анализ эффективности струйного размыва донных отложений в РВС-100000 при различных температурах нефти»

УДК 622.692.23-025.71-034.14-776

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б8Б	Абдельхади Мохамед Шаддад		06.06.2022

Руководитель ВКР

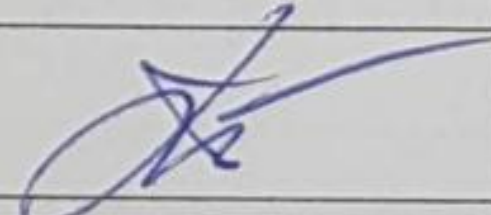
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Никульчиков А. В.	к. ф. м.		06.06.2022

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницина З.В.	к. т. н.		25.05.2022

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель ООД	Гуляев М.В.	-		25.05.2022

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к. п. н.		06.06.2022

Томск – 2022 г.

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП ОНД ИШПР

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

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б8Б	Абдельхади Мохамед Шаддад

Тема работы:

«Анализ эффективности струйного размыва донных отложений в РВС-100000 при различных температурах нефти»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.02.2022 г. №45-46/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2022 г.
--	---------------

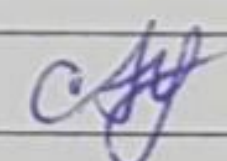
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на</i>	В качестве объекта исследования был выбран резервуар для хранения нефти и нефтепродуктов типа РВС-100000 м ³ . Работы проводятся на объектах, относящихся к технологическим сооружениям повышенной опасности, имеющие большое влияние на окружающую среду и энергозатраты.
---	---

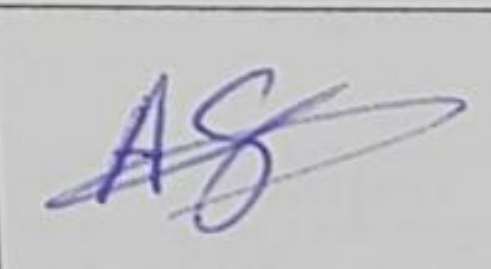
окружающую среду, энергозатратам, экономический анализ и т. Д.).	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Изучить конструкции и классификацию объекта, условия проведения очистных работ 2. Проанализировать современные методы очистки резервуара от донных отложений 3. Определить последовательность проведения работ, изучить правила безопасности 4. Произвести расчет прочности, устойчивости стенки и срока безопасной эксплуатации резервуара 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность 7. Формирование выводов о проделанной работе
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Рисунки, таблицы, диаграммы, гистограммы
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Криницина З.В., доцент ОСТН ШБИП
«Социальная ответственность»	Гуляев М.В., старший преподаватель ООД

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Никульчиков А. В.	к. ф. м., доцент		10.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б8Б	Абдельхади Мохамед Шаддад		10.02.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ- РЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б8Б	Абдельхади Мохамед Шаддад

Школа	ИШПР	Отделение Школа	Нефтегазовое дело
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Технико-экономическое обоснование целесообразности внедрения новой техники или технологии выполнения работ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Линейный график выполнения работ, расчет бюджетной стоимости проекта
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет экономической эффективности внедрения новой техники или технологии

Перечень графического материала

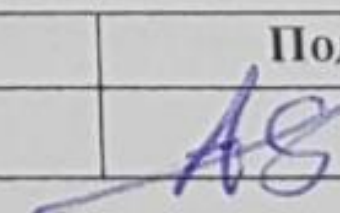
1. Матрица SWOT
2. Линейный календарный график выполнения работ
3. Бюджет НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына Зоя Васильевна	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б8Б	Абдельхади Мохамед Шаддад		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2Б8Б		Абдельхади Мохамед Шаддад	
Школа		Отделение (НОЦ)	Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 Нефтегазовое дело

Тема ВКР:

«Анализ эффективности струйного размыва донных отложений в РВС-100000 при различных температурах нефти»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

В качестве объекта исследования выбран вертикальный стальных резервуар типа РВС 100000 кубических метров, предназначенный для хранения, приема, накопления и выдачи жидкостных и смазочных материалов, прежде всего нефти и нефтепродуктов.

Область применения: НПС «Лугинецкая» АО «Транснефть-Западная Сибирь»

Рабочая зона: полевые условия

Размеры климатической зоны: внутренняя полость резервуара типа РВС-100000 м³.

Количество и наименование оборудования рабочей зоны: система размыва «Диоген-700» 1 шт, растворитель АСПО «Пармастер 2010», устройство для нанесения полимерного покрытия.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: размыв донных отложений, зачистка резервуара, покрытие металла полимерами.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:

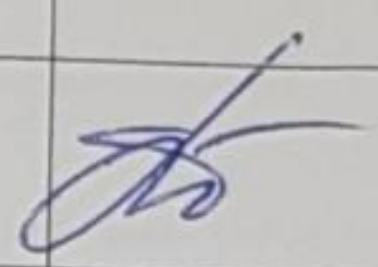
- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при

Нормативная документация:

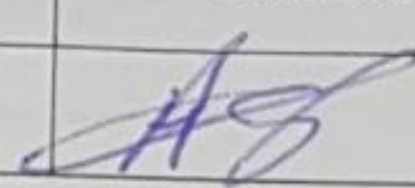
Рассмотреть применяемые в отрасли нормативные документы, а также рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства, характерные для проектируемой рабочей зоны.

компоновке рабочей зоны.	
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Анализ потенциальных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. 2.1 Проанализировать вредные факторы: – Воздействие химических веществ на организм человека при покрытии внутренней поверхности резервуара полимерами; – воздействие климатических условий; – повышенная влажность и загазованность воздуха рабочей зоны при нахождении работника внутри резервуара; – низкая освещенность рабочей зоны при работе внутри резервуара и при работе в темное время суток. – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ). 2.2 Проанализировать опасные факторы: – взрывоопасность; – пожароопасность; – поражение электрическим током. 2.3 Привести обоснование мероприятий по снижению воздействия.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	Экологическая безопасность: - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:	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.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
Задание выдал консультант:	

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович	-		10.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б8Б	Абдельхади Мохамед Шаддад		10.02.2022

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

По основной образовательной программе подготовки бакалавров

По направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

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

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

Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

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

Уровень образования бакалавриат

Отделение нефтегазового дела

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020/2021 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.2022	Введение	5
26.02.2022	Обзор литературы	10
08.03.2022	Объект и методы исследования	15
24.03.2022	Расчеты и аналитика	20
29.04.2022	Технология работ	15
14.05.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
31.05.2022	Социальная ответственность	10
04.06.2022	Заключение	5
10.06.2022	Презентация	10
	Итого:	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Брусник О.В.	к. п. н., доцент		10.02.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Брусник О.В.	к.п.н.		10.02.2022

Обозначения и сокращения

АСПО – асфальтосмолопарафиновые отложения;

ДО – донные отложения;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

НСЖ – нефтесодержащая жидкость;

НПС – нефтеперекачивающая станция;

ПАВ – поверхностно-активные вещества;

ПДВ – предельно допустимый выброс;

ПДВК – предельно допустимая взрывобезопасная концентрация;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ПРП – приемо-раздаточный патрубок;

РВС – резервуар вертикальный стальной;

РД – рабочая документация;

РП – резервуарный парк;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ТД – техническая документация;

ТКО – товарно-коммерческие операции;

ТМС – техническое моющее средство;

ТО – техническое обслуживание;

ТОиР – техническое обслуживание и ремонт;

УРДО – устройство размыва донных отложений;

УВС – углеводородное сырье;

УЗО – устройство защитного отключения.

					Разработка технологического решения по минимизации накопления донных отложений в резервуаре типа РВС-20000 кубических метров								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Обозначения и сокращения				Лит.	Лист	Листов		
Разраб.		Назклычева		06.06.2022								10	99
Руковод.		Брусник О.В.		06.06.2022									
Рук.	ООП	Брусник О.В.		06.06.2022								Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б	

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

взрывобезопасное состояние атмосферы РВС: Состояние, при котором исключается возможность взрыва

взрывоопасная среда: Смесь воздуха с парами нефти с концентрацией, находящейся в области воспламенения

дегазация: Технологический процесс замещения взрывоопасной среды в атмосфере резервуара воздухом

декантатор: Устройство для механического отделения твердой фазы суспензии от жидкой сливанием раствора с осадка

дешламация: Процесс удаления нефтяного осадка (шлама) из резервуара

деэмульгатор: Реагент, разрушающий эмульсию, образованную водой и нефтью

зачистка: Технологический процесс очистки внутренних поверхностей рвс от остатков нефти

механизированный комплекс: Совокупность взаимосвязанных специализированных комплектов машин, обеспечивающих поточное комплексно-механизированное выполнение работ, результатом проведения которых является извлечение из резервуара донных отложений в полном объеме, замывка стенок и кровли

модуль фазового разделения: Технологические аппараты (сепараторы, центрифуги, гидроциклоны) предназначенные для разделения нефтешлама на фракции: вода, нефть, кек

нефтешлам: Смесь, состоящая из нефтепродуктов, механических примесей и воды

Назклычева

Брусник О.В.

					Разработка технологического решения по минимизации накопления донных отложе- ний в резервуаре типа РВС-20000 кубических метров						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.				06.06.2022	Термины и определения			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.				06.06.2022						11	99
Рук.	ООП	Брусник О.В.		06.06.2022				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б			

роботизированный механизм: Механизм, предназначенный для выполнения двигательных и управляющих функций в производственном процессе, исключающий использование человеческого труда

роботизированная технология чистки РВС: Способ очистки внутренней поверхности рвс с применением роботизированных механизмов и последующим извлечением продуктов очистки из рвс без участия человека

скиммер: Устройство, позволяющее удалять водно-нефтяную фракцию с взвешенными твердыми частицами

температура воспламенения продукта: Наименьшая температура продукта, при которой в условиях специальных испытаний продукт выделяет горючие пары с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение

температура вспышки: Наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания, устойчивое горение при этом не возникает

технологическое оборудование: Совокупность механизмов, устройств, приборов участвующих в технологическом процессе производства

толщинометрия: Метод исследования толщины и целостности материалов

флоакулянт: Вещество, вызывающее отделение мелкодисперсных частиц от жидкости, в которой они растворены

Реферат

Работа содержит 99 страниц, 23 таблиц, 11 рисунков и 42 источников литературы.

Ключевые слова: нефтяной резервуар, нефтешлам, нефтяные донные осадки, технология очистки, растворитель, мобильные комплексы, полимерное покрытие, асфальтосмолистые вещества, парафины, групповой химический состав.

Объектом исследования является резервуар типа РВС-20000 м³.

Цель работы: разработка технологического решения по минимизации накопления донных отложений в резервуаре типа РВС-20000 м³ в условиях резко-континентального климата.

Работа является актуальной, поскольку накопление донных отложений является острой проблемой в современной нефтегазовой отрасли.

В процессе исследования был проведен литературный обзор современных методов очистки донных отложений, осуществлен их анализ, рассмотрены основные преимущества и недостатки каждого. Предложено технологическое решение по минимизации накопления, а именно, покрытие внутренней стенки резервуара полимерами. Приведены расчеты требуемого количества полимерного покрытия для резервуара объемом 20000 м³. Для сравнения внедряемого метода с уже существующими был произведен анализ эффективности технической и финансовой составляющей.

Предлагаемый метод является наиболее эффективным по сравнению с существующими, т.к. количество накапливаемых донных отложений сокращается в разы за счет свойств полимеров.

Область применения: резервуары для хранения сырой или товарной нефти, а также продуктов их переработки.

Назклычева

Брусник О.В.

Разработка технологического решения по минимизации накопления донных отложений в резервуаре типа РВС-20000 кубических метров

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.				06.06.2022	Реферат		
Руковод.				06.06.2022			
Рук. ООП		Брусник О.В.		06.06.2022			
					Лит.	Лист	Листов
						13	99
					Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		

Экономическая эффективность работы состоит из расчета затрат при использовании метода покрытия полимерами и различных растворителей.

Анализ эффективности был проведен на примере резервуарного парка АО «Транснефть-Западная Сибирь».

Abstract

This work contains 99 pages, 23 tables, 11 figures and 42 literature sources.

Keywords: crude oil tank, oil sludge, oil bottom sediments, purification technology, re-solvent, mobile package, polymer coating, asphalt tar substances, paraffines, chemical group composition.

The object of the study is a tank of the RVS-20000 m³ type.

The purpose of the paper: the development of a technological solution to minimize the accumulation of bottom sediments in a tank of the RVS-20000 m³ type in a sharply continental climate.

The work is relevant as the accumulation of bottom sediments is an acute problem in the modern oil and gas industry.

In the course of the research, a literary review of modern methods of cleaning bottom sediments, their analysis was carried out, the main advantages and disadvantages of each were considered. A technological solution to minimize accumulation is proposed, namely, coating the inner wall of the tank with polymers. Calculations of the required amount of polymer coating for a tank with a volume of 20000 m³ are given. To compare the implemented method with the existing ones, an analysis of the effectiveness of the technical and financial component was carried out.

The proposed method is the most effective in comparison with the existing ones, since the amount of accumulated bottom sediments is reduced significantly due to the properties of polymers.

Scope of application: storage tanks for crude or commercial oil, as well as products of their processing.

The economic efficiency of the work consists of calculating the costs of using the polymer coating method and various solvents.

The efficiency analysis was carried out on the example of the tank farm of Transneft Western Siberia JSC.

					Разработка технологического решения по минимизации накопления донных отложений в резервуаре типа РВС-20000 кубических метров			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Назкпычева		06.06.2022	Abstract	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Брусник О.В.		06.06.2022			15	99
Рук. ООП		Брусник О.В.		06.06.2022		Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		

ВВЕДЕНИЕ

Резервуары вертикальные стальные являются самым распространенным и дешевым видом хранилищ, а также самым вместительным. Такие емкости могут вместить до 100 000 м³ и более жидкости. Это особенно актуально в последнее время, когда значительно увеличились объемы транспортировки нефти и нефтепродуктов по магистральным нефтепроводам. Использование резервуаров большого единичного объема позволяет значительно уменьшить площадь, занимаемую резервуаром, что особенно важно в местностях с дефицитом свободных земель, а так же в сложных геологических условиях. Также резервуарные парки дают возможность перевалки не только нефти, но и нефтепродуктов; повышенную экологическую надежность; защищенность резервуаров от террористического воздействия.

Из этого следует отметить, что надежность и эффективность вертикальных стальных резервуаров является итогом уникальных технологий сооружения и особенностей заложения фундамента в различных видах грунта и климата.

Резервуары выполняют большое количество важных функций, таких как: поддержание постоянного давления,

распределение и учет нефти и нефтепродукта,

отстой продукта и подготовка нефти (очистка, обессоливание нефти). Для

нормального функционирования резервуаров необходимо точно рассчитать все необходимые параметры (геометрические, конструктивные и пр.) и возможные отклонения этих параметров в процессе его эксплуатации, чтобы обеспечить безопасность резервуара в течение всего срока службы резервуара.

Таким образом, целью данной бакалаврской работы является: оценка влияния дефектов резервуара на срок эксплуатации и разработка математической модели влияния дефекта на срок службы РВС.

1 КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАЛЬНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ

Резервуары – это наземные строительные сооружения, предназначенные для приема, накопления и выдачи темных и светлых нефтепродуктов и бензина. в 17 веке в России появились Первые нефтяные резервуары с повышением добычи нефти в Баку. Именно тогда возникла необходимость в производстве более практичных и подходящих для хранения сырья емкостей. Первоначально нефть сберегалась в ямах, которые устроились в глинистых основах, подземельных каменных резервуарах. Вместимость таковых хранилищ не превосходил 50000 м^3 .

В 1935 г. в РФ первый сварной металлический резервуар был построен объемом 1000 м^3 . Емкость таких резервуаров, которые были построены в РФ, прибывает 50000 м^3 . Кроме того, производятся резервуары объемом 100000 м^3 .



Рисунок 1 - Вертикальные стальные резервуары РВС

Основные конструктивные элементы резервуаров

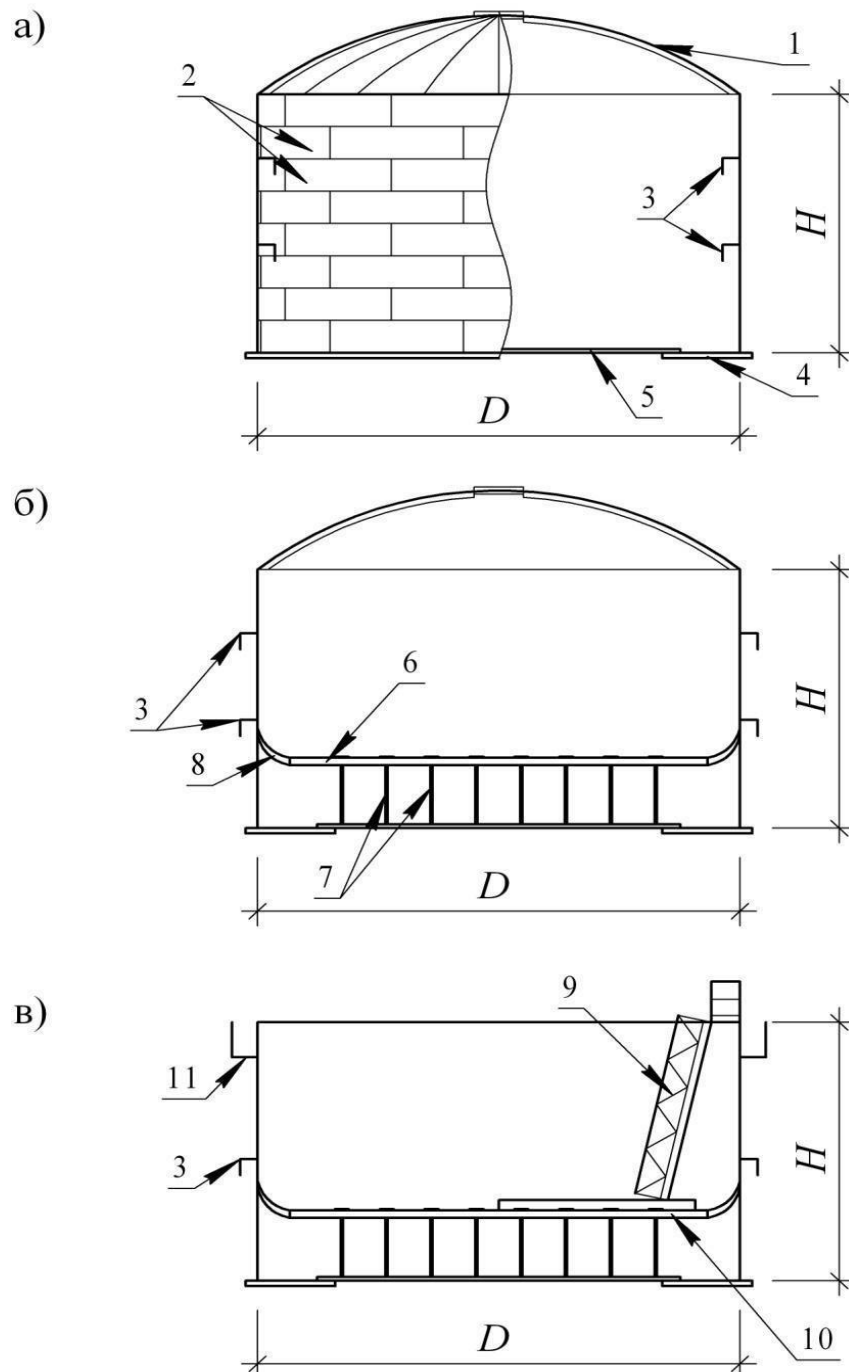
Основные конструктивные элементы резервуаров в соответствии с [1] подразделяются на группы (рисунок 1,2).



Рисунок 2 - Диаграмма-классификация элементов ВЦР

По конструктивным особенностям вертикальные цилиндрические резервуары низкого давления делятся на следующие типы (рисунок 3):

- резервуар со стационарной крышей без понтона;
- резервуар со стационарной крышей с понтоном;
- резервуар с плавающей крышей.



1 – каркас крыши; 2 – пояса стенки; 3 – промежуточные кольца жёсткости; 4 – кольцо окрасок; 5 – центральная часть днища; 6 – понтон; 7 – опорные

Рисунок 3 - Типы резервуаров

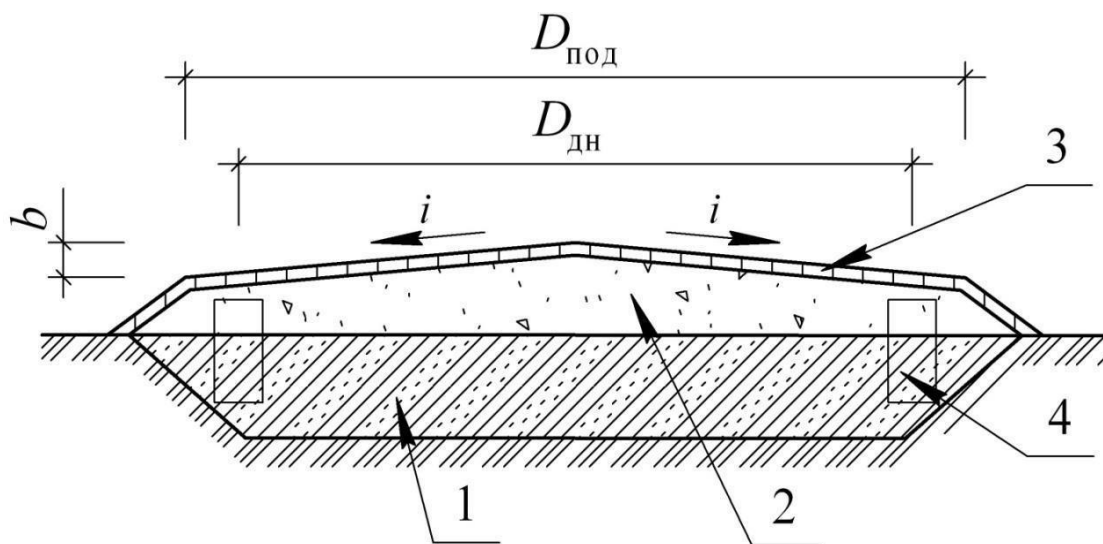
1.2 Конструкции основания и фундамента резервуара

В качестве фундамента резервуара может быть использована грунтовая подушка (с железобетонным кольцом под стенкой и без него) (рисунок 4) либо железобетонная плита [7].

Сооружение резервуаров разрешается на скальных, полускальных, крупнообломочных, песчаных, глинистых и макропористых просадочных грунтах. Резервуары на макропористых грунтах можно сооружать только по специальным проектам, содержащим указания по обеспечению устойчивости резервуаров (на участках со слабыми грунтами, имеющими несущую способность менее 2 кг/см^2 , при толщине слабого грунта более 6 см необходимо уплотнять грунт). Резервуары вместимостью 300 м^3 и менее можно сооружать на черномоземных и подзолистых почвах.

Для грунтовой подсыпки основания, за исключением оснований, сооружаемых на макропористых грунтах, допускается применение щебенистых, гравийных и песчаных грунтов. Из глинистых грунтов подсыпка может сооружаться только в том случае, если их влажность в момент укладки не превышает 15%, а для супесчаных и суглинистых грунтов – 20%. Укладка грунта при устройстве грунтовой подсыпки и песчаной подушки должна осуществляться горизонтальными слоями толщиной 15-20 см с тщательным послойным уплотнением, модуль деформации каждого слоя не ниже 15 МПа. Вначале удаляют растительный слой (на глубину до 300 мм). Полученную заглублённую площадку засыпают чистым грунтом или щебнем и уплотняют катками до поверхности земли. Поверх уплотнённого слоя укладывают и уплотняют подушку из чистого песка. Подушку делают высотой до 500 мм с уклоном от центра к краям. Величина уклона 1,7-2,3%.

Диаметр подушки ($D_{\text{под}}$) на 1,5-2,0 м больше диаметра днища ($D_{\text{дн}}$) резервуара. Откосы подушки отсыпают с уклоном 1:1,5 с последующим мощением. И горизонтальная часть подушки, и откосы должны быть защищены бетонной отмосткой толщиной 60-80 мм.



1 – насыпной уплотнённый грунт (или щебень); 2 – песчаная подушка с уклоном от центра; 3 – гидроизолирующий слой; 4 – железобетонное кольцо

Рисунок 4 - Схема устройства основания под резервуар

Поверх насыпной подушки устраивается гидроизолирующий слой, предохраняющий металл днища от коррозии под действием грунтовых вод и конденсата. При сооружении резервуара на макропористых просадочных грунтах гидроизолирующий слой предохраняет их от увлажнения в случае утечки нефтепродукта через днище резервуара. Для приготовления гидроизолирующего слоя применяется супесчаный грунт с влажностью до 3% исследующим гранулометрическим составом: песок крупностью 0,1-2 мм – 60-85%, песчаные пылеватые и глинистые частицы крупностью менее 0,1 мм – 40-15%. В песке допускается содержание гравия крупностью 2-20 мм (не более 25% от объема всего грунта). Супесчаный грунт тщательно перемешивается с вяжущим веществом (жидким битумом, каменноугольным дегтем, гудроном, мазутом). Содержание кислот и свободной серы в вяжущем веществе не допускается. В общем объеме смеси вяжущего вещества должно содержаться 8-10%. Толщина гидроизолирующего слоя должна составлять 100 мм, а при макропористых грунтах – 200 мм и более (в зависимости от категории просадочного грунта). Гидроизолирующий слой должен покрыть всю поверхность насыпной подушки, а при сооружении на макропористых грунтах –

и поверхность откосов подушки с выходом по всему периметру основания резервуара полосой шириной 0,5 м.

Отвод поверхностных вод от резервуаров обеспечивается планировкой и устройством отводных и нагорных канав. При строительстве резервуаров на макропористых просадочных и глинистых недренирующих грунтах планировка площадки под одну отметку запрещается. В этих случаях отвод воды из обвалования должен производиться в промышленную канализацию.

Резервуары, расположенные на склонах, необходимо ограждать от стока поверхностных вод нагорной канавой. При большой крутизне склона, а также при близком к откосу расположении резервуара его корпус должен быть защищен от возможных оползней и падения отдельных камней. При хранении в резервуаре этилированного бензина откосы основания (если нет бетонного кольца) должны быть покрыты сборными бетонными плитами или монолитной бетонной плитой.

Для резервуаров объемом 10000 м³ и более по периметру устраивают в песчаной подушке железобетонное кольцо (или ростверк на сваях при слабых грунтах). Фундаментное железобетонное кольцо должно иметь ширину не менее 1000 мм и толщину не менее 300 мм. Армирование кольца производится с учетом данных расчета по деформациям и на прочность.

После завершения строительства резервуара и его испытания водой нужно провести повторное нивелирование по периметру резервуара. Если неравномерная осадка вызвала недопустимые просадки основания, после спуска воды из резервуара должна быть произведена подбивка основания грунтом, применяемым для гидроизолирующего слоя. Требования к основаниям и фундаментам приведены в нормативной литературе (п. 5.6 [7]).

1.3 Днище резервуара

Основным назначением днища является обеспечение герметичности резервуара. При правильном устройстве основания, качественном изготовлении, транспортировании и монтаже каких-либо существенных напряжений от внешней нагрузки в днище не возникает. Поэтому толщина листов днища принимается только исходя из условия сохранения его целостности на планируемый период эксплуатации. Исключение составляет периферийная часть днища. Здесь в зоне соединения днища с цилиндрической стенкой при заполнении резервуара нефтепродуктом имеет место моментное напряжённое состояние с соответствующими изгибными напряжениями.

Днище собирается из листов размерами 6000×1500 мм (5990×1490 мм послеостройки кромок). Листы соединяют внахлестку или встык.

Днища резервуаров объемом $V \leq 1000$ м³ имеют постоянную толщину $t_{\text{дн}} \geq 4$ мм. Днища резервуаров объемом $V \geq 2000$ м³ имеют центральную часть и утолщенную кольцевую окрайку. Толщина листов центральной части $t_{\text{дн ц}} \geq 4$ мм. Толщина листов окрайки зависит от толщины нижнего пояса стенки резервуара и $t_{\text{дн окр}} \geq 6$ мм (табл. 3.2 [1]).

Примеры конструктивных схем днища изображены на рисунке 5. Для резервуаров объемом более 5000 м³ крайние листы (окрайки) выполняют в виде сегментов.

На окрайки непосредственно опирается цилиндрическая стенка резервуара, образуя узел соединения стенки с днищем. Принятое значение толщины проверяется расчетом на прочность по изгибным напряжениям, возникающим в месте соединения окрасок днища с цилиндрической стенкой резервуара.

Соединение цилиндрической стенки резервуара с окрайками днища выполняется двухсторонними угловыми швами с обязательным контролем качества швов физическими методами. При этом высота катета указанных швов должна быть не менее номинального значения толщины более тонкого из соединяемых элементов.

В месте опирания корпуса резервуара поверхность крайков должна быть гладкой. Это достигается сваркой крайков встык или вырезкой крайков, которые у края днища свариваются встык на специальной подкладке [12].

Наружный контур окраек должен иметь вид окружности и выступать за внешнюю поверхность стенки резервуара не менее чем на 50 мм и не более 100 мм [7].

Расстояние от наружной кромки окраек до стыков их с листами центральной части днища должно быть не менее 1000 мм. Стыки нижнего пояса корпуса и стыки крайков днища следует смещать по крайней мере на 200 мм [12].

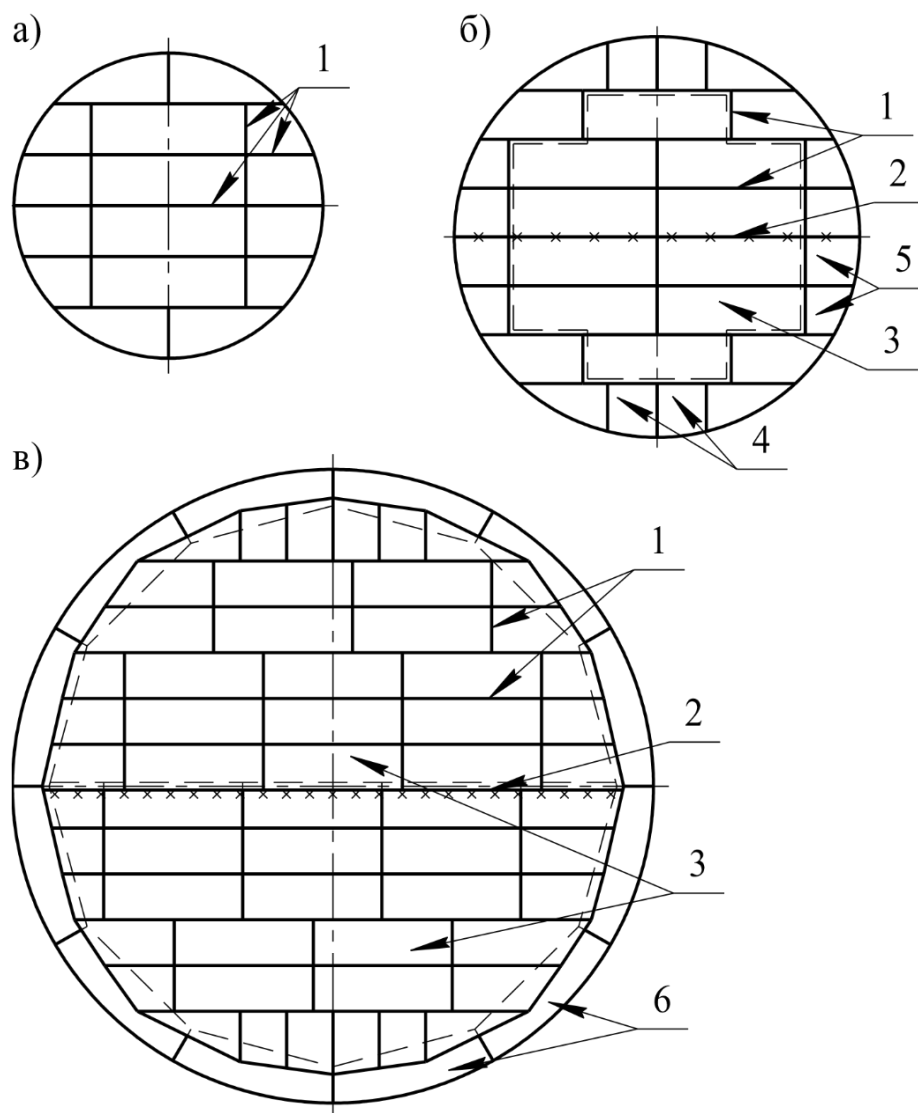
Днища резервуаров должны быть коническими с уклоном к центру или от центра. Для резервуаров объёмом до 1000 м³ включительно допускается применение плоских днищ.

Монтаж днища может осуществляться двумя способами: полистовым или рулонным.

В основном, днище на рабочую площадку поставляется в виде рулонных заготовок заводского изготовления. Монтаж выполняется путём разворачивания рулонов с последующим соединением их между собой односторонним швом внахлест. Монтажный стык, соединяющий отдельные полотнища, должен проходить через центр развёртки конструкции, чтобы на монтаже можно было получить требуемую коническую форму конструкции (с небольшим углом наклона в сторону центра или наоборот).

Швы одного полотнища в месте монтажного стыка должны быть сдвинуты относительно аналогичных швов другого полотнища не менее чем на 100-150 мм. Минимальная величина нахлестки в монтажном стыке – 30 мм, но обычно составляет 50-60 мм [12].

При рулонировании ширина отправочной марки днища должна быть не менее 12 м и не менее ширины рулонируемого полотнища стенки.



а) – из листов одинаковой толщины;

б) – с прямоугольными окрайками; в) – с сегментными окрайками.

1 – заводские швы; 2 – монтажные швы; 3 – листы центральной части днища;

4 – прямоугольные окрайки поперечные; 5 – прямоугольные окрайки продольные; 6 – сегментные окрайки

Рисунок 5 - Схема днища

Цилиндрическая стенка резервуара

Цилиндрическая стенка является главной несущей конструкцией вертикальных цилиндрических резервуаров. Все её конструктивные элементы

должны сохранять в процессе эксплуатации прочность, устойчивость и герметичность. В большинстве случаев цилиндрическая стенка собирается из отдельных листов размерами 6000×1500 мм (5990×1490 мм после острожки кромок). Возможны и другие параметры листов стенки 6000×2000 мм, 8000×2000 мм. Положение листов в стенке принимается таким образом, чтобы длинная сторона каждого отдельного листа была направлена по горизонтали (рисунок 6).

Горизонтальные ряды листов стенки называются поясами. Каждый отдельный пояс состоит из листов одной толщины. Толщина поясов определяется расчётами, как правило, увеличивается от верхних поясов к нижним (соответствуя закону распределения гидростатического давления).

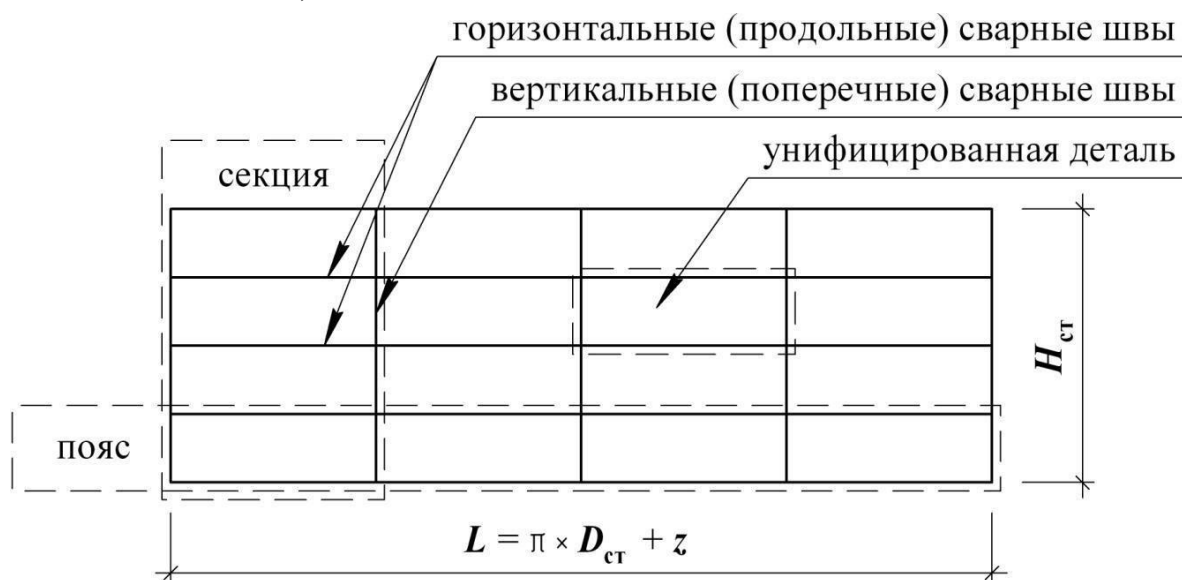
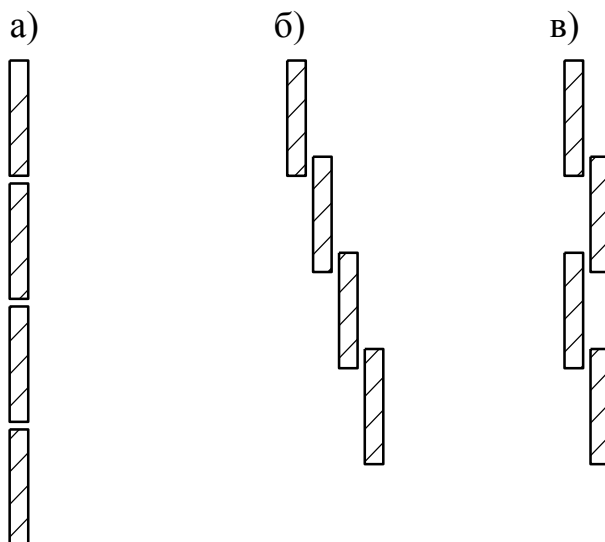


Рисунок 6 - Схема развёртки стенки резервуара

Все соединения листов в поясе делаются встык. Пояса между собой могут соединяться встык или внахлестку в телескопическом или ступенчатом порядке (рисунок 7).



а) – встык; б) – телескопическое; в) – ступенчатое Рисунок

7- Типы соединений поясов по высоте стенки.

Монтаж цилиндрической стенки может осуществляться двумя способами: листовым или рулонным. Метод рулонирования обладает рядом преимуществ: трудоёмкость монтажа, общие затраты на сооружение резервуара, сроки возведения снижаются; повышается качество сварных швов и надёжность резервуаров. Однако максимальное значение толщины листов, сворачиваемых в рулоны, ограничивается 16-18 мм (п. 4.5.1. [1]). Ширина полотнища стенки ограничивается 18 м по условиям изготовления на рулонном оборудовании (рисунок 8). Длина полотнища должна быть не более 66 м по условиям перевозки железнодорожным транспортом (наружный диаметр навёрнутого на каркас полотнища с учётом допускаемой неплотности наививки должен быть не более 3,2 м), а общая масса одного рулона до 60 т. Разница в толщине смежных листов должна быть не более 2 мм по условиям сварки без скоса кромок листов.

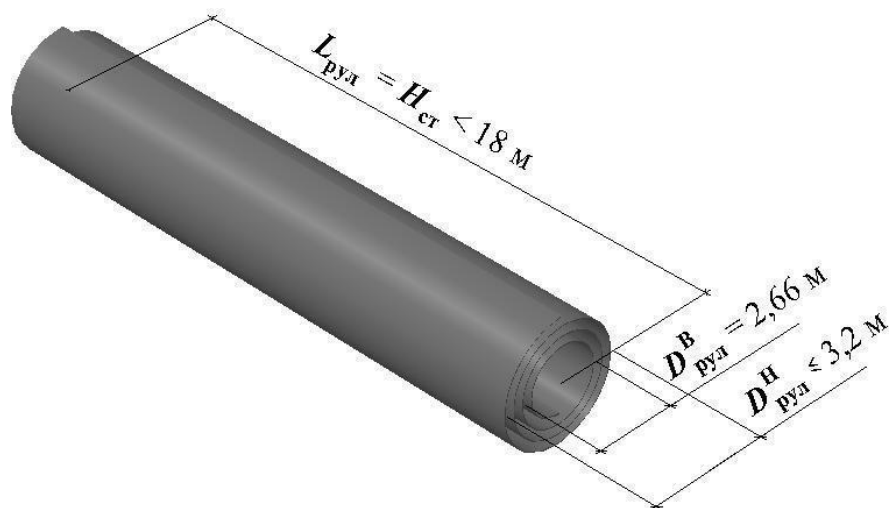


Рисунок 8 - Габариты рулонируемого полотнища стенки.

Компоновка поверхности цилиндрической стенки может быть произведена с использованием различных вариантов. Для листового способа монтажа компоновка может быть самой разнообразной, но при этом нужно, чтобы в любом случае вертикальные сварные соединения листов в смежных поясах стенки были смещены относительно друг друга на величину $8t$, где t – толщина нижележащего пояса (п. 3.2.1. [1]) (рисунок 9).

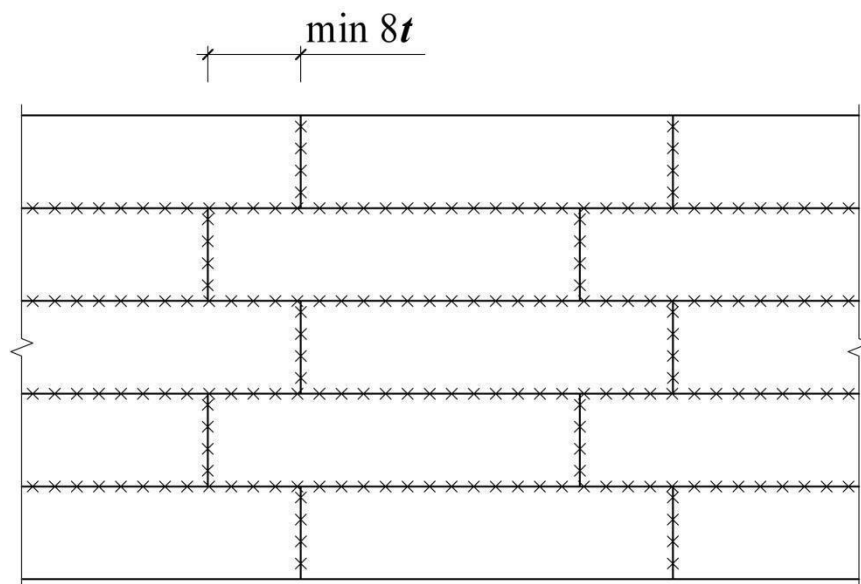


Рисунок 9 – Компоновка листов стенки для полистового способа монтажа

Для резервуаров II и III класса при изготовлении стенки из рулонных

Полотнищ допускаются вертикальные заводские и монтажные стыковые соединения без смещения. Для рулонированных стенок наиболее простым

является вариант компоновки, показанный на рисунке 10, а. Однако зарубежные стандарты не рекомендуют устраивать сквозные на всю высоту стенки сварные стыки. Поэтому иногда применяют другие виды компоновки (рисунок 10, б). Во

всех этих случаях монтажные соединения рулонов осуществляются встык или внахлест. В последнее время усиленно осваивается стыковка рулонов с использованием так называемых «зубчатых» стыков(рисунок 10, в), хотя притаккой стыковке трудоёмкость устройства монтажного стыка значительновозрастает.

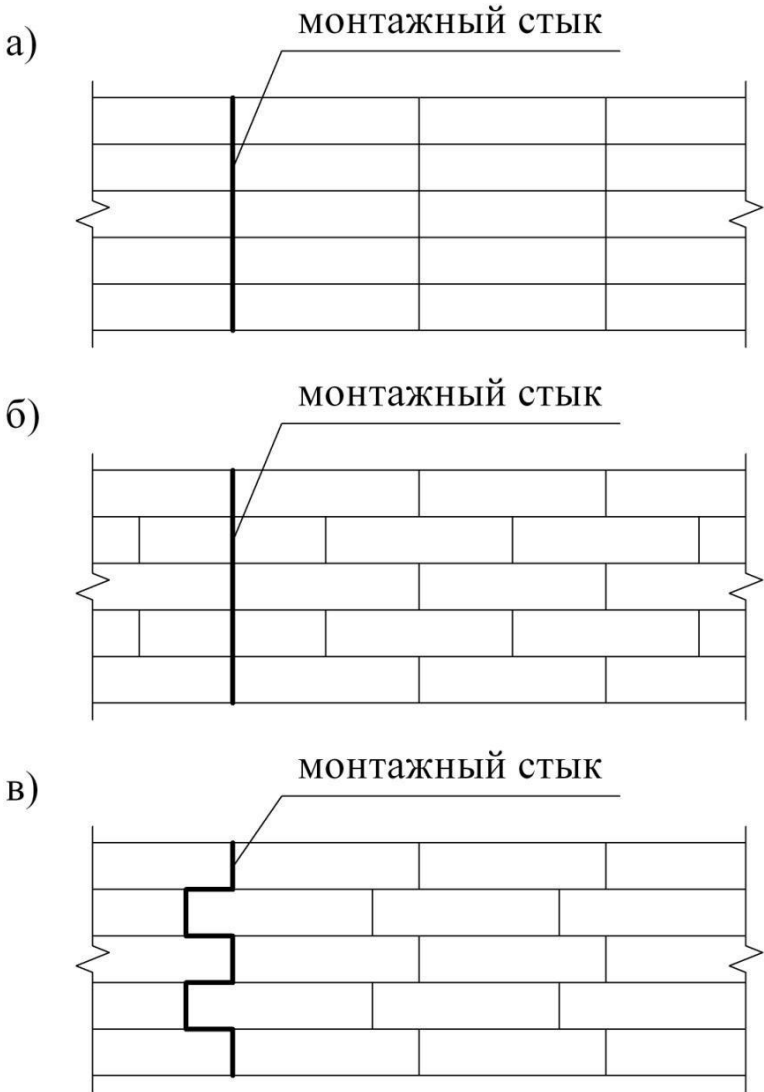


Рисунок 10 - Компоновка листов стенки для рулонного способа монтажа

Расчётные значения толщины листов каждого пояса определяются в соответствии с требованиями [1,2, 5]. Для сейсмоопасных районов строительства проводят дополнительную проверку несущей способности стенки.

Стенка резервуара должна иметь основное кольцевое ребро жёсткости, которое устанавливается в верхней части стенки, снаружи или изнутри. В резервуарах со стационарной крышей основное кольцевое ребро жёсткости должно одновременно служить опорной конструкцией для крыши. Сечение кольца жёсткости определяется расчётом. Для обеспечения устойчивости стенки могут устанавливаться промежуточные кольцевые рёбра жёсткости. Кольцевые рёбра жёсткости должны иметь неразрезное сечение по всему периметру стенки. Кольца жёсткости должны отстоять не менее чем на 150 мм от горизонтальных швов стенки, а их монтажные стыки не менее чем на 150 мм – от вертикальных швов стенки. Конструкция колец жёсткости не должна допускать скопления в них воды (рисунок 11)

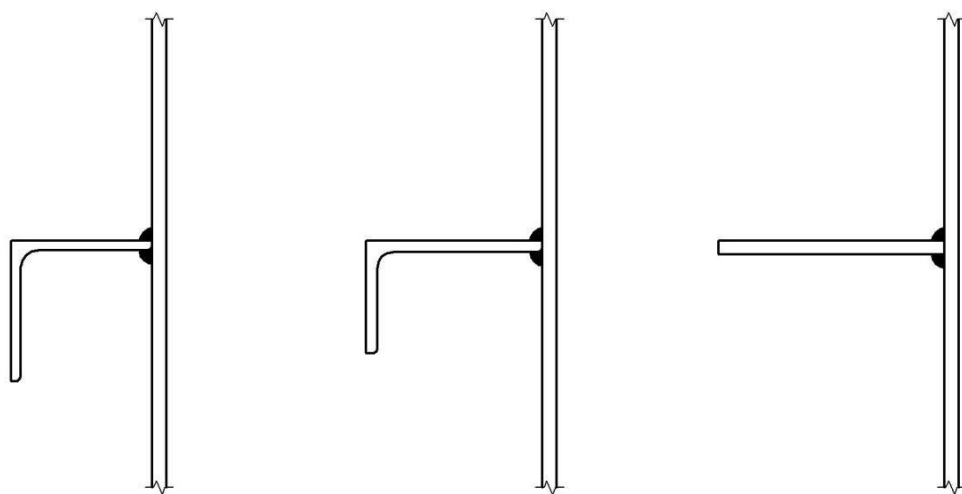


Рисунок 11 – Варианты сечений промежуточных колец жёсткости

В ряде случаев могут быть приняты решения усиленной стенки, предусматривающие установку различных дополнительных элементов для увеличения её прочности [8, 9]: дополнительная стенка, гибкие и жёсткие бандажи, высокопрочная проволока с усилием предварительного напряжения. В некоторых случаях конкурентоспособным может оказаться многостенчатый

резервуар, в котором используется идея уравнивания столбов хранимой жидкости, находящихся одновременно в нескольких отсеках. Все такие решения становятся актуальными в случаях, когда по расчёту толщина нижних поясов однослойной цилиндрической стенки оказывается больше ограничений, введённых по толщине поясов для резервуаров, изготавливаемых методом рулонирования.

1.5 Стационарная кровля

Резервуары низкого давления со стационарной крышей в зависимости от конструкции покрытия могут быть:

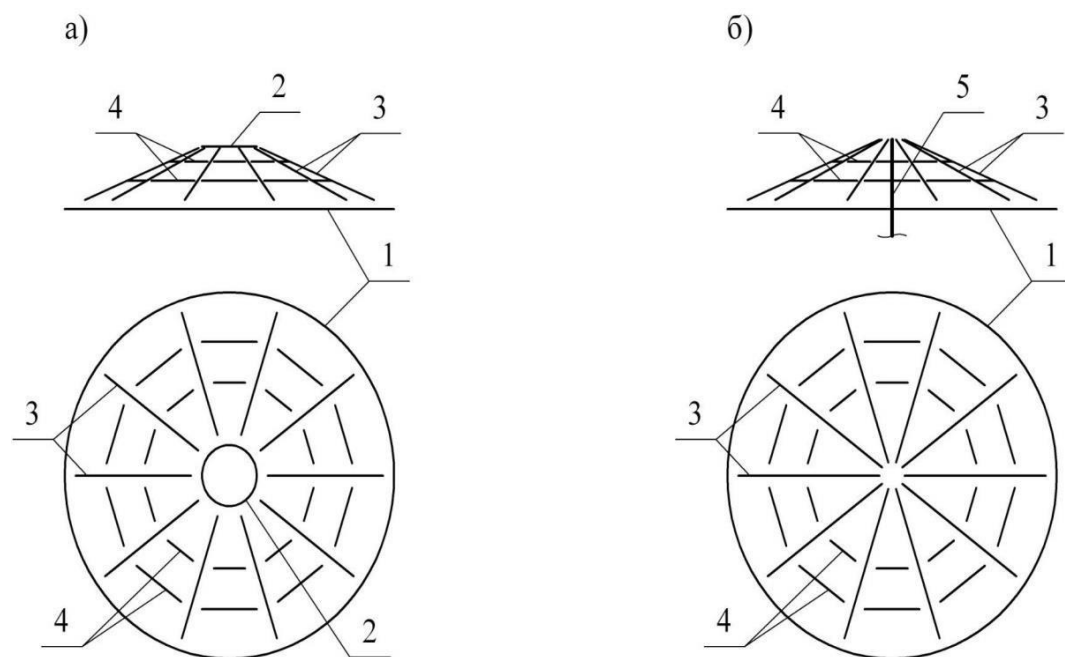
с каркасной крышей, с центральной стойкой или без неё (конической или сферической);
с бескаркасной крышей и центральной стойкой (висячая, «безмоментная кровля»).

Опираются стационарные крыши на стенку резервуара (на кольцевой элемент жёсткости) и центральную стойку, либо только на стенку (распорная система). Для сферической крыши применяется только распорная конструкция.

Бескаркасная крыша применяется при небольших снеговых нагрузках (до $1,5 \text{ кН/м}^2$) и малых объёмах (до 5000 м^3) [7, 8].

Для резервуаров объёмом до 5000 м^3 применяется также каркасная коническая кровля (Рисунок 12) для резервуаров объёмом более 5000 м^3 – каркасное сферическое покрытие.

Угол наклона образующей конической крыши к горизонтальной поверхности принимается от $\approx 4,7^\circ$ (уклон 1:12) до $\approx 9,5^\circ$ (уклон 1:6) [1].



а) без центральной стойки; б) с центральной стойкой;

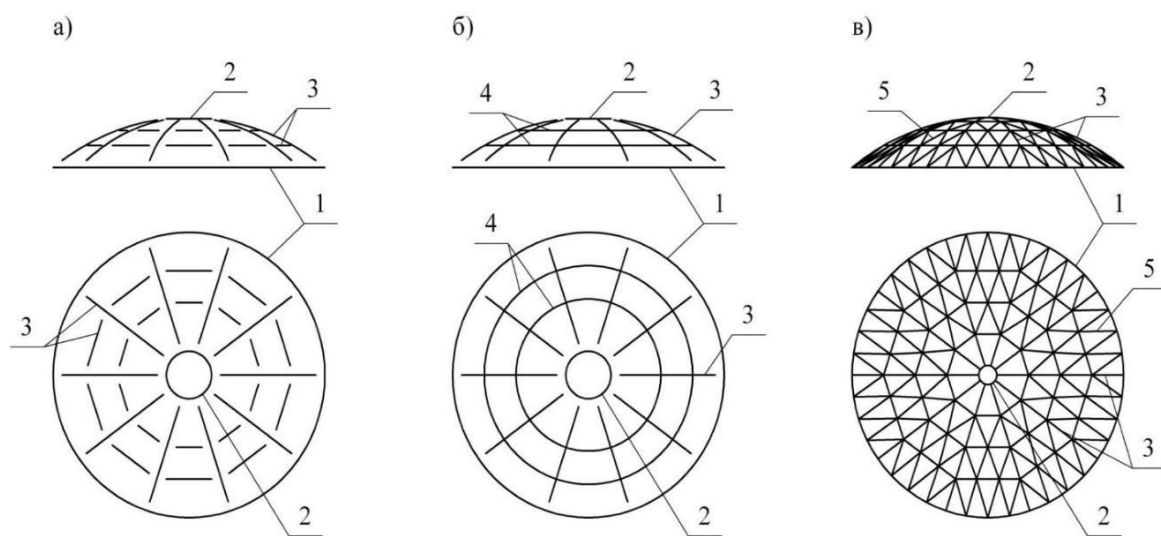
1 – нижнее опорное кольцо; 2 – верхнее опорное кольцо; 3 – продольные рёбра; 4 – поперечные рёбра; 5 – центральная стойка

Рисунок 12 - Схемы конической каркасной кровли.

Каркас сферической крыши следует выполнять ребристым, ребристо-кольцевым или сетчатым (рисунок 13). Сетчатые крыши экономичнее ребристых по расходу стали и трудоёмкости изготовления. Для сферической крыши применяется только распорная конструкция.

Минимальный радиус сферической поверхности равен $0,8D$, максимальный радиус – $1,5D$, где D – диаметр резервуара.

Минимальная толщина настила для конической кровли равна 4 мм, для сферической – 5 мм.



а) ребристый; б) ребристо-кольцевой; в) сетчатый;

1 – нижнее опорное кольцо; 2 – верхнее опорное кольцо; 3 – рёбра; 4 – промежуточные кольца; 5 – сетка

Рисунок 13. Конструктивные решения купольных покрытий

Конические и сферические каркасные крыши обычно состоят из сборных секторных щитов заводского изготовления. Щиты состоят из радиальных и поперечных рёбер (прокатные или гнутые профили) и обшивки из стальных листов. Количество щитов принимается из условия габаритности при перевозках (ширина щита должна быть в пределах 3,2 – 3,85 м) [10]. Расстояние между поперечными (кольцевыми) балками назначается кратным 100 мм (в дальнейшем уточняется расчётом); длиной участка, примыкающего к опорному кольцу, обычно компенсируются возможные невязки. Монтаж каркасных конических и сферических крыш производится с временной центральной стойкой. На ней устанавливается центральное кольцо, к которому крепятся все щиты кровли. Щиты между собой свариваются внахлест. Диаметр верхнего опорного кольца – 1500-2500 мм.

Сферические крыши конструируют в виде ребристо-кольцевых куполов для резервуаров объёмом 6000 м³ и более и сетчатыми при объёмах 10000 м³ и более.

Допускается применение стационарных крыш из алюминиевых сплавов (приложение Б [7]). Купольные алюминиевые крыши поставляются на российский рынок зарубежными фирмами, поэтому необходимо в соответствии с российскими нормами выполнять проверочные расчёты таких крыш.

1.6 Понтон и плавающая крыша

Для сокращения потерь нефтепродуктов от испарений по технологическим соображениям внутри резервуара устанавливается понтон или плавающая крыша.

Установка понтон не исключает устройства 42 стационарной кровли, а плавающая крыша – это конструкция, которая совмещает в себе свойства понтон и кровли.

Плавающие крыши применяются в резервуарах, эксплуатирующихся в районах с расчётным весом снегового покрова до 1,8 кПа [11].

Конструктивные решения понтон и плавающей крыши подобны.

Плавающие крыши могут быть двух основных типов: однодечные (герметичные короба по периметру крыши) и двудечные (герметичные короба по всей поверхности крыши).

Понтоны могут быть также поплавкового типа.

Пространство между стенкой резервуара и понтон или плавающей крышей (200–300 мм), а также между патрубками понтон и направляющими трубами должно быть уплотнено при помощи затворов. Применяют затворы мягкого и жёсткого типов.

В нижнем положении понтон и плавающая крыша опираются на стойки, прикрепленные к ним с определённым шагом по концентрическим окружностям.

Для исключения вращения должны использоваться направляющие в виде труб или вертикально натянутые тросы, которые одновременно могут выполнять технологические функции.

1.7 Лестницы, площадки, ограждения, переходы

Для доступа обслуживающего персонала устраивают лестницы. Лестницы для подъема на резервуар могут выполняться отдельно стоящими, с опиранием на собственный фундамент (шахтные) или кольцевыми – полностью опирающимися на стенку резервуара.

Шахтные лестницы (рисунок 14) являются конструктивно-технологическим элементом, выполняющим роль собственно лестницы для подъема на крышу резервуара, а также служащим каркасом, на который наворачивается полотнище стенки (для резервуаров объемом до 3000 м³ совместно со стенкой могут сворачиваться полотнища днища и крыши).

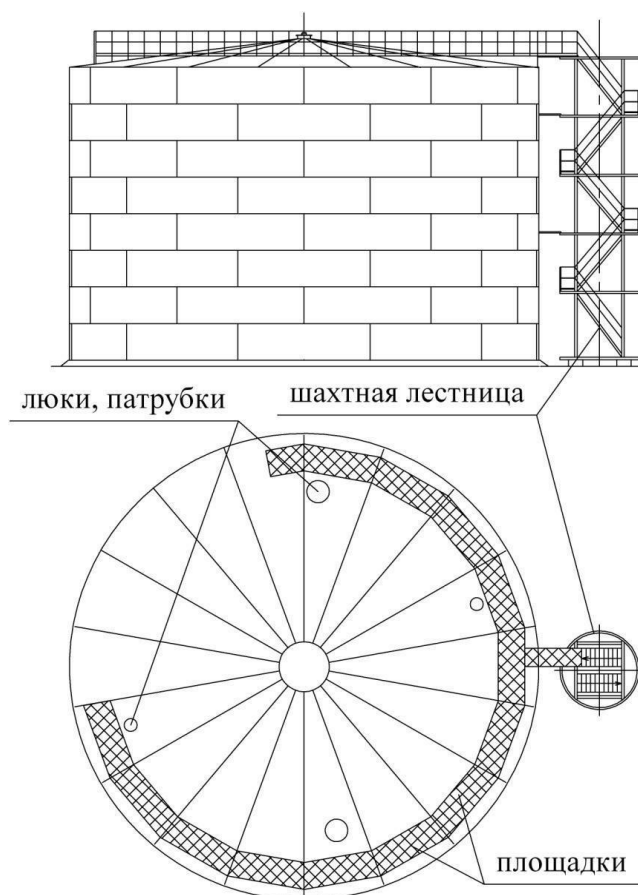


Рисунок 14 – Шахтная лестница и площадки на крыши

- Недостатки шахтных лестниц:
- требуют устройства отдельного фундамента;

крепятся к стенке резервуара несколькими рядами радиальных распорок, которые вызывают в стенке нежелательные концентрации напряжений, особенно при воздействии сейсмических нагрузок.

Кольцевые лестницы (рисунок 15) не имеют указанных недостатков применения шахтных лестниц. Минимальная ширина лестницы 700 мм, максимальный угол по отношению к горизонтальной поверхности – 50° . Ступени лестниц изготавливают из перфорированного, решётчатого или рифлёного металла. Минимальная ширина ступеней – 200 мм; высота одинаковая и не более 250 мм. Конструкция лестницы должна выдерживать сосредоточенный груз 4,5 кН. При полной высоте лестницы более 9 м конструкция лестницы должна включать в себя промежуточные площадки, разница между вертикальными отметками которых не должна превышать 6 м.

Для обеспечения требований безопасности и удобства обслуживания установленного оборудования рекомендуется круговое расположение площадок по периметру крыши (рисунок 15). Для резервуаров без понтона объёмом свыше 1000 м^3 допускается выполнение площадок на $\frac{1}{4}$ периметра (рисунок 14).

Группы соседних резервуаров могут соединены между собой

переходами. На каждую группу резервуаров должно быть, по крайней мере, две лестницы (с противоположных сторон). Минимальная ширина переходов 700 мм.

Конструкция площадок и переходов должна выдерживать сосредоточенный груз 4,5 кН (на площадке $100 * 100 \text{ мм}$).

Ограждения должны устанавливаться по всему периметру стационарной крыши по наружной стороне площадок; по краям переходов, лестниц. Ограждение должно выдерживать нагрузку 0,9 кН, приложенную в любом направлении в любой точке поручня.

Ограждения стандартно изготавливаются из углового профиля, но также могут быть выполнены из труб.

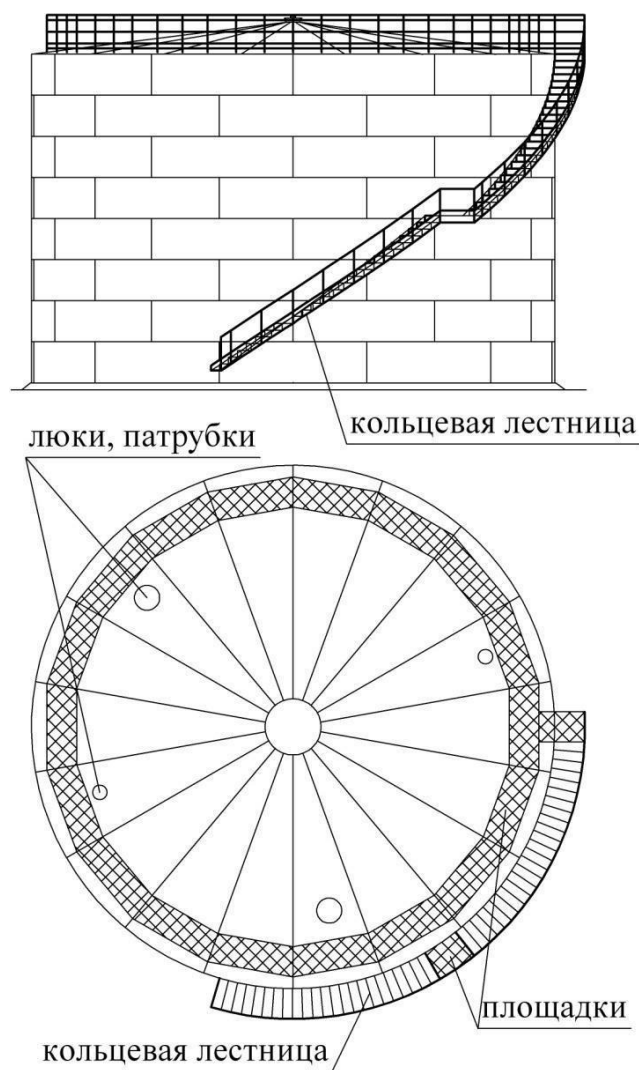


Рисунок 15 - Кольцевая лестница и площадки по периметру крыши.

Для доступа на плавающие крыши устанавливаются «катучие» лестницы. Они имеют верхнее шарнирное крепление к стенке резервуара и нижние ролики, перемещающиеся по направляющим рельсам (опорной балке, ферме), установленным на крыше. Таким образом, лестница автоматически следует любому положению крыши по высоте. «Катучая» лестница имеет ограждения с двух сторон и самовыравнивающиеся ступени.

1.8 Анкерное крепление стенки

Анкерное крепление стенки резервуара должно устанавливаться в случаях, если опрокидывающий момент резервуара от воздействия расчётной ветровой или сейсмической нагрузок превышает удерживающий момент [7].

Анкерные крепления должны располагаться по периметру стенки резервуара на равных расстояниях, не более 3 м друг от друга. При использовании в качестве анкеров болтов их диаметр должен быть не менее 24 мм.

1.9 Центральная стойка

В середине резервуара щиты опираются на оголовки центральной стойки. Центральная стойка в резервуарах ёмкостью 1000, 2000, 3000 и 5000 м³ выполняется трубчатой (кольцевого сечения), а в резервуарах ёмкостью 300, 400 и 700 м³ – решётчатой (такие более экономичны) [12].

Сечение центральной стойки по конструктивным соображениям (с учётом условий опирания щитов покрытия и использования стойки для рулонирования элементов резервуара) принимают диаметром более 0,4 м (по расчёту на устойчивость требуется меньшее сечение).

Стойка крепится к днищу анкерами или приваривается по контуру опорного кольца [13]. Для предотвращения отрыва трубчатой стойки от днища её заполняют песком.

2-Проблема отложения твердых осадков на днище резервуара и способы очистки

При эксплуатации нефтяных резервуаров часто возникает проблема отложения твердых частиц и тяжелых парафинистых осадков на днище резервуара. Выпа-

дение данных осадков влечет за собой уменьшение полезного объема резервуара, препятствует свободному перемешиванию слоев нефти, что в свою очередь способствует концентрации агрессивных растворов солей в районе днища и развитию коррозионных разрушений нефтяных резервуаров

Отложения – это плотная масса, отложившаяся на днище неравномерно и мешающая продвижению топлива, регулярная мойка емкостей ГСМ предотвращает это. Более того, из-за несвоевременной очистки уменьшается полезный объем резервуара и снижаются эксплуатационные характеристики.

2.1 Технология очистки резервуаров

Очистка резервуара от нефтепродуктов – важный технологический процесс. Резервуары для хранения всегда должны использоваться для хранения только одного вещества, но в некоторых случаях в одной емкости могут храниться разные виды топлива и нефтепродуктов.

Очень многие химические предприятия по сей день используют для мойки резервуаров стандартные моющие средства. Однако, моющие средства, к которым относятся ацетон, бензин, растворители и керосин, являются легко-воспламеняющимися веществами. Такие жидкости увеличивают риск возникновения пожара, а также оказывают негативное влияние на окружающую среду.

В этом разделе рассмотрим и проанализируем все возможные методы очистки и узнаем, почему стандартные моющие средства уже не актуальны. Очистку резервуаров очищают по мере необходимости, которая условиями сохранения качества нефти, надежной эксплуатацией резервуаров и оборудования. Таким образом, очистку необходимо проводить для:

обеспечения надежной эксплуатации резервуаров;
освобождения от пирофорных отложений, нефтешламов, высоковязких остат-

ков с наличием минеральных загрязнений, ржавчины и воды; - полного обследования и производства ремонта.

На очистку резервуара составляется проект производства работ. Проект утверждается главным инженером филиала предприятия и согласовывается пожарной охраной объекта [1]. Периодичность очистки резервуаров с нефтепродуктами устанавливается ГОСТ 1510 – 84 [17].

2.3 Операции по очистке резервуара вертикального стального

Очистка резервуаров от остатков нефтепродуктов и нефти относится к газоопасным работам, поэтому организация, подготовка и проведение этой работы выполняются с учетом требований Правила технической эксплуатации резервуаров [1];

Соблюдение требований вышеупомянутых руководящих документов обеспечивает безопасные условия труда как при операциях зачистки резервуара от нефтепродуктов, так и при проведении ремонтных работ.

Технологический процесс очистки может включать в себя следующие операции:

откачку нефти и размыв донных отложений системами в соответствии с инструкцией по их эксплуатации;

откачку до минимально возможного уровня;

подготовку донного осадка к откачке из резервуара, контроль качества продукта и откачку его в соответствии с ППР;

дегазацию резервуара до значений ПДВК при соблюдении предельного уровня загазованности *резервуара* не более 20 % НКПР;

очистку резервуара в соответствии с ППР;

дегазацию резервуара до значений ПДК;

утилизацию осадка;

- контроль качества очистки.

Выбор варианта метода очистки обусловлен реальными условиями, состоянием нашего объекта, уровнем и реологическими свойствами осадка (деформационными свойствами вне зависимости от состава его компонентов).

Откачку мехпримесей или эмульсий, образованных в процессе мойки, российские компании, обычно, выполняют с помощью эжектора (например, гидроэлеватором Г-600А) [22].

В процессе очистки *резервуаров вертикальных стальных* проводится контроль концентрации углеводородов в газовом пространстве.

Отходы, полученные при очистке резервуара и не подлежащие дальнейшему использованию на предприятиях, необходимо утилизировать или разместить в специально отведенных местах, согласованных с территориальными органами санэпиднадзора и органами, уполномоченными в области охраны окружающей природной среды и экологической безопасности.

Качество очистки резервуара контролируется:

измерением концентрации углеводородов в газовом пространстве

резервуара (ПДК не более 300 мг/м³);

визуально;

измерением предельно допустимой пожарной нагрузки в наиболее загрязненном месте (ПДПН не более 0,2 кг/м² для работы без доступа людей в резервуар и не более 0,1 кг/м² с доступом людей внутрь резервуара) для проведения огневых работ.

После выполнения очистных работ составляется акт на выполненную очистку.

По окончании работ по зачистке резервуаров, все заглушки должны быть удалены.

2.2 Анализ способов очистки РВС

Очистка резервуаров от нефтепродуктов является важной проблемой в эксплуатации резервуаров, так как в вертикальных стальных резервуарах со временем эксплуатации возникает осадок на днище и стенках резервуара, который

усложняет эксплуатацию в целом. Чем дольше не производится очистка резервуара, тем больше происходит уплотнение осадка, и тем сложнее будет происходить его вымывание. Очень важно, что из-за трудности очистки резервуаров, чаще всего невозможно определить степень поражения днища коррозией, это приводит к тому, что степень поражения выявляется уже после прорыва днища. Поэтому необходимо своевременно проводить очистку резервуаров во избежание прорыва днища и затруднения в эксплуатации резервуара.

Применяемое при очистке оборудование должно:

обеспечивать взрывозащищенность и искробезопасность;

обеспечивать выполнение всех технологических операций с соблюдением технической и экологической безопасности процесса;

быть сертифицированным в соответствии с установленными правилами.

Моющие средства должны быть химически нейтральными к контактному материалу (металл, бетон, лакокрасочное покрытие) и иметь гигиенический сертификат. Химические реагенты различного спектра действия должны иметь гигиенический сертификат и заключение о его применимости на объектах транспорта нефти.

Распределение осадков по всей площади днища резервуара неравномерно, что сильно затрудняет оценке общего объема осадка. Вертикальные стальные резервуары для хранения нефти загрязнены такими типами осадков, как высоковязкие осадки и пирофорные отложения (ГОСТ 1510 – 84) [17] и очищаются при диагностике резервуара [2] или по мере необходимости. Наиболее результативным средством предотвращения загрязнения резервуара является применение стационарно установленных систем размыва донных осадков. В том случае, когда не удастся предотвратить накопление осадка, применяют различные способы очистки: ручной, механический, химико механический (и не только). Третий из перечисленных является более эффективным. Также, для повышения эффективности очистки, применяют различные устройства и технологические схемы. Выбор таких средств зависит от условий эксплуатации

резервуара и от свойств нефти или нефтепродукта, которые хранятся в этих резервуарах.

На данный существуют такие способы очистки резервуаров от нефти и нефтепродуктов как: ручной, механический (являются наиболее популярными), акустический, гидравлический, тепловой, химический и биологический. Также в настоящее время начали пользоваться механизированным способом очистки резервуаров и мобильными комплексами.

2.2.1 Ручной метод очистки вертикальных стальных резервуаров

Ручной метод очистки, который совмещают с использованием различных механизмов и ручного оборудования, является, к сожалению, самым распространенным методом на территории Российской Федерации и стран СНГ. Ручной способ очистки резервуаров подразумевает механическое удаление твердых осадков с помощью таких инструментов, как лопатки и скребки, сделанные из металла или неметаллические скребки, одним словом – вручную.

При ручном методе очистки осадок, накопившийся на дне стенках резервуара, снимают с помощью лопаток или скребков. Далее происходит пропарка или промывка резервуара горячей водой из пожарного ствола. Весь процесс занимает примерно 10-12 часов, на поверхность всплывают остаточные частицы нефтепродуктов. Так добавляют и откачивают чистую воду до тех пор, пока с поверхности воды не будет удалены все частицы и слои нефтепродуктов.

После этого резервуар проветривают. Также к заключительному этапу очистки вертикальных стальных резервуаров можно отнести зачистку с применением сухих деревянных опилок или мешковины, которые потом удаляются и утилизируются.

Иногда при ручном методе очистки применяют пар: способ идентичен, но промывка проводится не горячей водой с дальнейшей ее откачкой. На резервуаре закрывают все люки, и в резервуар в течение 2-3 часов подают пар. Затем резервуару так же дают высохнуть, проветриться и протирают.

Плюс ручного метода очистки заключается лишь в самой низкой стоимости работ по очистке. Но минусы перевешивают плюсы – из-за больших сроков зачистки резервуара происходит простой резервуара и «перевалка» шлама из резервуара в амбар, что влечет к большим финансовым потерям. Не стоит забывать, что ручной метод несет риски безопасности людей и риски загрязнения, почвы, воздуха и водного бассейна.

2.2.2 Механический метод очистки вертикальных стальных резервуаров и механизированный с применением моющих средств

Механический метод очистки вертикальных стальных резервуаров от нефтешлама проводится с помощью технических средств и машин – бульдозеров, тракторов небольших размеров и переносных механизмов.

Применялся данный метод, в основном, для удаления более тяжелых осадков (для ручного метода), состоящих из тяжелых АСПО соединений с большим количеством механических примесей в резервуарах большой емкости.

Данный метод значительно быстрее ручного в плане проведения очистки, простоя резервуара и несет меньше опасных и вредных для здоровья человека операций, но имеет ряд значительных недостатков:

Большие финансовые затраты на проведение;

Низкое качество очистки днища резервуара;

Из-за неспособности полноценного удаления всех отложений необходимо дочищать резервуар ручным методом;

Нарушение целостности резервуара вследствие ввода в них технических средств и повреждение днища из-за тяжелого оборудования внутри резервуара при очистке;

Создание дополнительной системы фильтрации воздуха и подача воздуха в область очистки резервуара. С учетом современных методов и технологий по очистке резервуаров, данный метод является устаревшим (как и ручной) и неэффективным на данный момент. Помимо этого, из-за текущего разнообразия

резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, этот способ очистки является неподходящим.

Не стоит путать механический метод с механизированным с использованием моющих средств. При механизированном способе очистки горячая вода под давлением подается через гидромониторы – специализированные моющие механизмы (машинки), с последующей пропаркой поверхности резервуара в течение нескольких суток перегретым паром. Пример механизма для очистки резервуаров – робот Р.Крайсека и Р.Крайдера (США), который с помощью дистанционного управления способен размывать нефтяной осадок с помощью воды, подаваемой под высоким давлением (Рисунок 9)

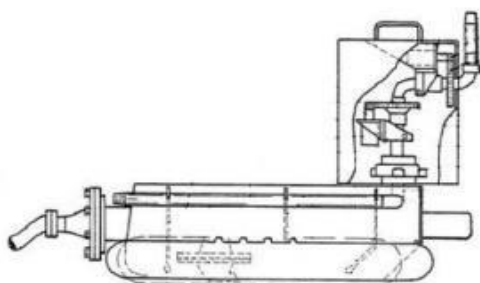


Рисунок 9 – Внешний вид робота Р. Крайсека и Р. Крайдера

2.2.3 Акустический метод очистки вертикальных стальных резервуаров

Акустический способ очистки вертикальных стальных резервуаров появился не так давно, как механический и ручной способы, но уже полностью введен в эксплуатацию. Акустический метод борьбы с нефтяными отложениями предполагает воздействие на природный осадок мощными акустическими облучениями – технология виброструйной магнитной активации жидких сред.

Для создания необходимых акустических облучений применяют аппаратуру ВЭМА-0,3 – электромагнитный активационный вибратор (Рисунок 12).

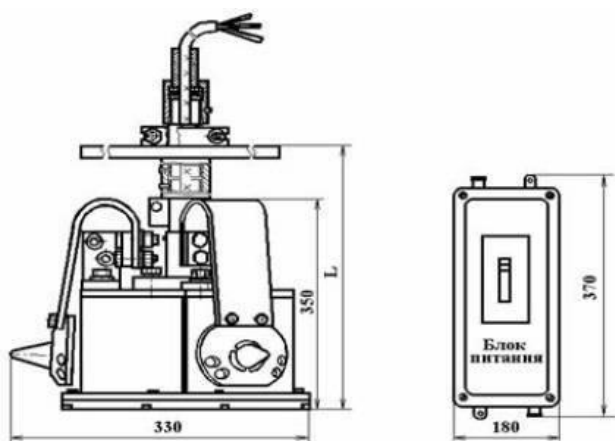


Рисунок 12 – Электромагнитный вибратор ВЭМА-0,3 с блоком питания

ВЭМА-0,3 является регулируемым электромеханическим прибором вибрационного типа погружного исполнения. ВЭМА-0,3 легко переустанавливается и состоит из блоков виброобработки и питания. ВЭМА-0,3 предназначен для применения в следующих технологиях:

- механизированная очистка резервуаров и емкостей от донных осадков;
- подготовка товарной нефти (дегазация, обезвживание);
- подготовка нефти к транспорту (снижение вязкости и АСПО);
- утилизация нефтешламов (осреднение, снижение вязкости, отделение мехпримесей); [23].

Таким образом, Электромагнитный вибратор ВЭМА-0,3 с блоком питания является отличным и легким в использовании дополнением и помощником для эксплуатации резервуаров и при их очистке. ВЭМА-0,3 очень компактный и легкий (масса – 40 кг, габаритные размеры – 330х330х350 мм), поэтому его можно применять в емкости любой конструкции и при любых климатических условиях. Вибратор ВЭМА-0,3 изготовлен по Патенту России RU № 2208474 и не имеет аналогов.

2.2.3 Гидравлический метод очистки вертикальных стальных резервуаров

Среди существующих и введенных в эксплуатацию методов по борьбе с отло-

жениями внутри резервуаров наиболее рациональным считается гидравлический метод. Данный метод очень хорош тем, что для него не важна конструкция и назначение резервуара. Очистка резервуаров основана на подаче водной струи или нефти под высоким давлением, выходящей из сопла, на донные отложения. Для наибольшего воздействия гидродинамического метода на нефтяные отложения подаваемой жидкостью в резервуар заранее подогревают в специальных устройствах до определенной температуры, что позволяет улучшить и ускорить процесс очистки. В следствии чего данный вид получил наибольшее количество разработок технических средств, устройств и систем для удаления отложений из резервуаров. Данный метод применяется в совокупности с химическим для увеличения эффективности процесса, и он действительно эффективен.

2.2.4 Тепловой метод очистки вертикальных стальных резервуаров

Тепловой метод очистки РВС от нефтяных отложений основан на подогреве нефти до критической температуры, при которой происходит расплавление АСПО. Это происходит за счет циркуляции небольшого объема нефти или растворителя по схеме «резервуар-теплообменник-резервуар». Данный метод имеет некоторые недостатки, а именно: при увеличении температуры нефти в резервуаре происходит испарение легких фракций нефти; данный способ очень длительный.

2.2.5 Биологический метод очистки вертикальных стальных резервуаров

Биологический метод (или биотехнологический) – это технология, основанная на биологических процессах. В данной технологии используют углеводородо-окисляющие биомассы, очищающие емкость. Это биомассы определенной структуры, которую вводят в очищаемую емкость, состоящие из раствора активного ила анаэробного происхождения. Основные компоненты – Углерод,

фосфор и азот. Данный раствор вводится в резервуар, в котором под действием его активных компонентов происходит разрушение структуры нефтяного осадка и его последующий дренаж в специальные емкости.

Данный метод эффективен при полной очистке емкостей от остатков нефти или нефтепродуктов без образования взрывоопасных смесей газов.

Недостатком данного метода является необходимость в специализированном производстве дополнительных специальных бактериальных структур, что в свою очередь очень невыгодно и сложно.

2.2.6 Химический метод очистки вертикальных стальных резервуаров

В России данная технология не применяется в чистом виде из-за дороговизны химических реагентов. Как правило, химический метод совмещается с другими методами, например, тепловым, гидравлическим или механическим.

Химико-гидравлический способ осуществляется с помощью химических реагентов, которые подаются в гидравлическое устройство, которое, в свою очередь, подает их под высоким давлением в очищаемую емкость.

Химико-тепловой способ заключается в использовании химических реагентов совместно с подогревом парафинистых и асфальтовых отложений в резервуаре толщиной до 1 метра.

Химико-механический способ основан на очистке резервуаров с помощью моющих средств, которые хорошо отделяет осадок от стенок, конструкций и днища резервуара. Преимущество такого метода – повышенное качество очистки и незначительное применение ручного метода. Недостаток – дороговизна применяемого реагента, необходимость дальнейшей очистки самого моющего раствора и утилизации реагента.

3-Устройство размыва донных отложений ДИОГЕН-700

Данный метод завоевал свою популярность в 1980 году, нефть приводилась в движение при помощи лопастных винтовых мешалок. Размыв парафинистых отложений происходил за счёт закрученной затопленной струи.

Назначение устройства: бороться и не допускать проявление новых отложений на днище резервуара.

Винтовые мешалки устанавливаются на первом поясе резервуара в количестве от единицы и выше, в зависимости от степени содержания парафинов в нефти.

Существует большое количество разновидностей винтовых мешалок, но в нашей стране наибольшую популярность винтовая мешалка "Диоген – 700".



Рисунок 7 – Винтовая мешалка "Диоген – 700"

Принцип работы винтовой мешалки заключается в создании круговорота всей массы нефти при помощи закрученной затопленной струи, что позволяет перемешивать парафины с общей массой нефти, а так же позволяет избавиться от образования новых отложений парафинов на дне резервуара.

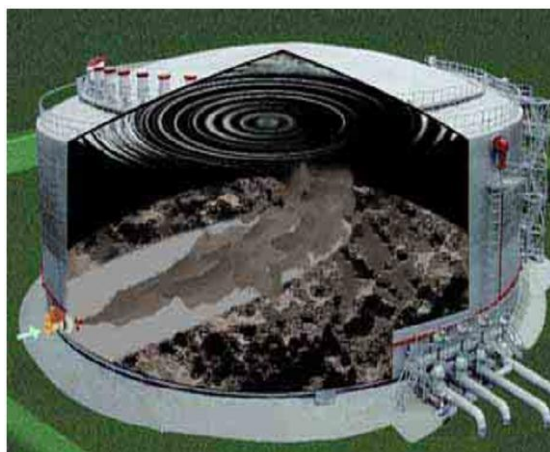


Рисунок 8 – Работа винтовой мешалки Данный процесс осуществляется благодаря двум факторам:

При помощи перемешивания нефти закрученной струей нефти, создаваемой при помощи вращений лопастей мешалки.

Так же при создании закрученной струи нефти, вся масса нефти начинает вращаться, тем самым создается условие для отрыва донных отложений от днища резервуара.

Перечислим основные минусы данного способа размыва донных отложений:

Электромеханическая мешалка "Диоген – 700" потребляет 18,5 кВт/ч

Требуется вложение средств для проведения силовой электропроводки.

«Диоген – 700» установленные на резервуаре с нефтью, обеспечивают:

Размыв донных отложений, предотвращает их образование;

Сохраняет резервуарную емкость в рабочем режиме в технологическом процессе работы предприятия;

Приводит продукт в резервуаре к однородному составу;

Автоматическое изменение направления струи нефти в горизонтальной плоскости за счёт встроенного привода поворота вала пропеллера;

Создание кругового вращения всей массы нефти, хранимой в резервуаре, при работе устройства «Диоген – 700» в крайних угловых положениях вала

пропеллера;

Запуск в работу и остановку от местного поста управления, установленного рядом с укрытием, а также запуск устройства с АРМ оператора.

Главный привод – электромеханический, на базе асинхронного взрывозащищённого электродвигателя и плоскозубчатой ремённой передачи.

Автоматический привод поворота – электромеханический, на базе асинхронного взрывозащищённого электродвигателя, плоскозубчатой ремённой передачи и редуктора с промежуточными телами качения.

Порядок включения каждого привода – одновременный.

Режим работы «Диоген – 700» продолжительный S1 с временем непрерывной работы не менее 20 часов [12].

Рабочее положение «Диоген – 700» в пространстве вертикальная ось поворотного шарнира изделий параллельна вертикальной оси резервуара.

Номинальная мощность (при синхронной частоте вращения вала, об/мин) взрывозащищённого асинхронного электродвигателя, кВт, в зависимости от исполнения:

Параметры отдельных частей изделий «Диоген – 700» приведены в таблице 3 [12].

Таблица 3 – параметры отдельных частей «Диоген – 700»

Максимальный диаметр пропеллера, мм	700
Шаг пропеллера, мм	580
Число лопастей пропеллера, шт.	3
Скорость вращения пропеллера, об/мин	460
Максимальный угол поворота вала пропеллера в горизонтальной плоскости, угл. град, не менее	60
Время поворота пропеллера в пределах вышеуказанного угла, час	10
Передачное число плоскозубой ремённой передачи	3
Класс вибрации по ГОСТ 16921 – 83	2,8
Максимальное давление, удерживаемое уплотнительными устройствами «Диоген – 700», МПа	0,22
Максимальная реактивная сила, приведённая к валу пропеллера, Н	4200
Напряжение трёхфазной питающей сети, В, частотой 50 Гц	380 + 10%, – 15%
Масса «Диоген – 700», кг	400

Устройства для размыва донных отложений «Диоген – 700» состоят из следующих основных частей:

- взрывозащищённого асинхронного электродвигателя;
- плоскозубчатой ременной передачи;
- автоматического привода поворота;
- корпуса с подшипниковыми опорами вала;
- пропеллера;
- обтекателя;
- шарнирного узла;
- фланца присоединительного;
- плиты установочной с устройством натяжения зубчатого ремня;
- торцового и сферического уплотнений.

Требования к персоналу при проведении работ [36]. К выполнению работ с устройством «Диоген – 700» допускаются лица не моложе 18 лет:

- прошедшие обучение на курсах целевого назначения «Безопасная эксплуатация и ремонт основного и вспомогательного оборудования МН»;
- имеющие II группу по электробезопасности;

- получившие целевой инструктаж с записью в наряде – допуске;
- прошедшие обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) медицинские осмотры (обследования) для признания годными к выполнению работ.

4. Модель турбулентности K-epsilon (k-ε)

является наиболее распространенной моделью, используемой в вычислительной гидродинамике (CFX) для моделирования средних характеристик потока для условий турбулентного потока.

Это модель с двумя уравнениями, которая дает общее описание турбулентности с помощью двух уравнений переноса (уравнений в частных производных, PDE). Первоначальным импульсом для модели K-epsilon было улучшение модели длины смешения, а также поиск альтернативы алгебраическому предписанию масштабов турбулентности в потоках средней и высокой сложности [1].

- Первой переносимой переменной является турбулентная кинетическая энергия (k).
- Второй переносимой переменной является скорость диссипации турбулентной кинетической энергии (ϵ).

В отличие от более ранних моделей турбулентности, модель k-ε фокусируется на механизмах, влияющих на кинетическую энергию турбулентности. В модели длины смешивания отсутствует такая общность.[2] Основное предположение этой модели состоит в том, что турбулентная вязкость изотропна, другими словами, соотношение между напряжением Рейнольдса и средней скоростью деформаций одинаково во всех направлениях.

Стандартная модель турбулентности k-ε

Точные уравнения k-ε содержат много неизвестных и неизмеримых членов. Для гораздо более практического подхода используется стандартная модель турбулентности k-ε (Launder and Spalding, 1974[3]), которая основана на нашем лучшем понимании соответствующих процессов, таким образом минимизируя неизвестные и представляя набор уравнений, которые могут быть применены к большому числу турбулентных приложений.

Для турбулентной кинетической энергии k

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - \rho \varepsilon$$

Для диссипации

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$$

Скорость изменения k или ε во времени + Транспорт k или ε адвекцией = Транспорт k или ε диффузией + Скорость производства k или ε - Скорость разрушения k или ε

Где

u_i представляет компонент скорости в соответствующем направлении

E_{ij} представляет собой компонент скорости деформации

μ_t представляет вихревую вязкость

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

Уравнения также состоят из некоторых регулируемых констант $\sigma_k, \sigma_\varepsilon, C_{1\varepsilon}$ и $C_{2\varepsilon}$. Значения этих констант были получены путем многочисленных итераций подгонки данных для широкого диапазона турбулентных потоков. Они следующие

Приложения

Модель k-ε была разработана специально для плоских сдвиговых слоев и рециркуляционных потоков. Эта модель является наиболее широко используемой и проверенной моделью турбулентности с приложениями от промышленных до экологических потоков, что объясняет ее популярность. Она обычно полезна для течений в слое свободного сдвига с относительно небольшими градиентами давления, а также в ограниченных потоках, где наиболее важны напряжения сдвига Рейнольдса. Ее также можно сформулировать как простейшую модель турбулентности, для которой необходимо задать только начальные и / или граничные условия.

Однако она дороже с точки зрения памяти, чем модель длины смешивания, поскольку требует двух дополнительных PDE. Эта модель была бы неподходящим выбором для таких проблем, как впускные отверстия и компрессоры, поскольку точность, как было показано экспериментально, снижается для потоков, содержащих большие неблагоприятные градиенты давления. Модель k-ε также плохо работает во множестве важных случаев, таких как неограниченные потоки, изогнутые пограничные слои, вращающиеся потоки и потоки в некруглых каналах.

5. y^+ и wall functions

В CFX (Computational Fluid Dynamics) это уравнение до сих пор используется как функция для определения напряжения сдвига в узле стенки.

Турбулентные потоки — вездесущее явление в CFX (вычислительная гидродинамика), и на них существенно влияет наличие стенок, где области, подверженные влиянию вязкости, имеют большие градиенты переменных решения. Точное представление пристеночной области определяет успешное предсказание турбулентных течений, ограниченных стенкой.

Некоторые зрелые модели турбулентности, такие как $k-\epsilon$ действительно только в области полностью развитой турбулентности и плохо работают в области, близкой к стене. Для работы с пристеночной областью обычно предлагаются два пути.

1. Один из способов состоит в том, чтобы интегрировать турбулентность в стенку. Модели турбулентности изменены, чтобы можно было разрешить область, подверженную влиянию вязкости, со всей сеткой вплоть до стенки, включая вязкий подслой. При использовании модифицированной низкорейнольдсовой модели турбулентности для решения пристеночной области центр первой ячейки должен располагаться в вязком подслое (предпочтительно $y^+ = 1$), что приводит к необходимости большого количества ячеек сетки. Таким образом, требуются значительные вычислительные ресурсы.
 - Используйте модель с низким разрешением, такую как $k-\omega$
 - Хорошо, когда вас интересуют силы, действующие на стену (анализ аэродинамики автомобилей F1, оптимизация лопастей в турбомашинах и т. д.)
2. Другой способ — использовать так называемые пристеночные функции, которые могут моделировать пристеночную область. Пристеночные функции представляют собой уравнения, полученные эмпирическим путем и используемые для удовлетворения физических требований в пристеночной области. Центр первой ячейки необходимо поместить в

область логарифмического закона, чтобы обеспечить точность результатов. Функции стенки используются для соединения внутренней области между стенкой и полностью развитой областью турбулентности. При использовании подхода с пристеночными функциями нет необходимости разрешать пограничный слой, что приводит к значительному уменьшению размера сетки и расчетной области

- Первая ячейка сетки должна быть $30 < y^+ < 300$ (если это слишком мало, модель недействительна. Если это слишком много, стена не будет правильно разрешена).
- Используйте модель с высоким разрешением (Стандарт $k-\epsilon$, RNG $k-\epsilon$)
- Используйте, когда вас больше интересует микширование, а не сила, действующая на стену.

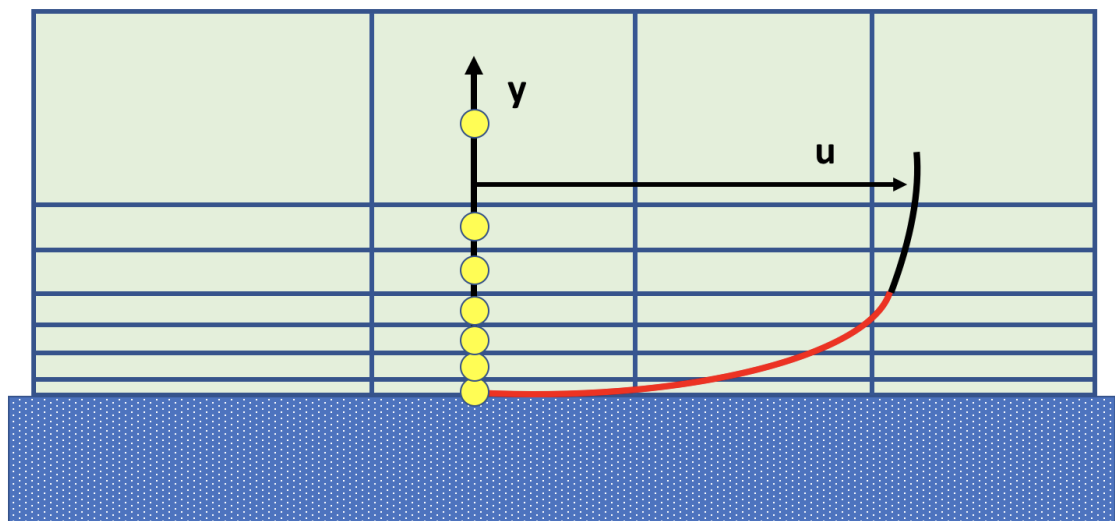


Рисунок 2: Подход к разрешению вязкого подслоя для разрешения пограничного слоя (красный)

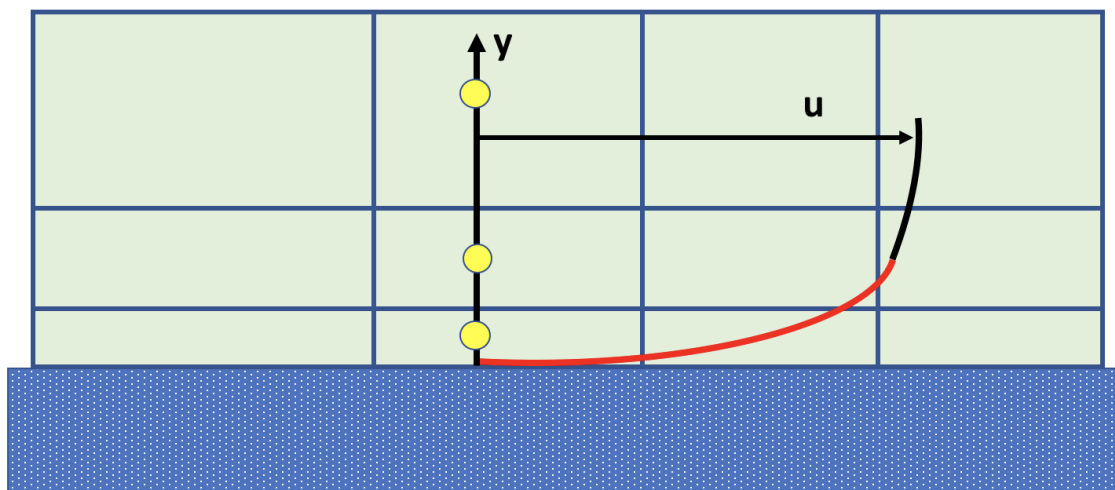


Рис. 3. Логарифмические функции стены для разрешения пограничного слоя
(выделены красным)

Области и слои стен, а также их свойства

1. Вязкий подслой ($y^+ < 5$)

В вязком слое в жидкости преобладает вязкое влияние, поэтому можно предположить, что касательные напряжения Рейнольдса пренебрежимо малы. «Закон линейной скорости» определяется как:

$$u^+ = y^+$$

2. Логарифмическая площадь ($y^+ > 30$)

В логарифмическом слое в потоке преобладают напряжения турбулентности, а профиль скорости сильно меняется.

медленно с логарифмической функцией вдоль расстояния y . Формула

описывает эту область с константой Кармана k , равной 0,41, и константой $B = 5,2$.

$$u^+ = \frac{1}{\kappa} \ln(y^+) + B$$

3. Буферный слой ($5 < y^+ < 30$)

Буферный слой представляет собой переходную область между областью с преобладанием вязкости и частью течения с преобладанием турбулентности. Вязкие и турбулентные напряжения имеют одинаковую величину, и, поскольку они сложны, профиль скорости определен нечетко, и исходные пристеночные функции избегают первого центра ячейки, расположенного в этой области.

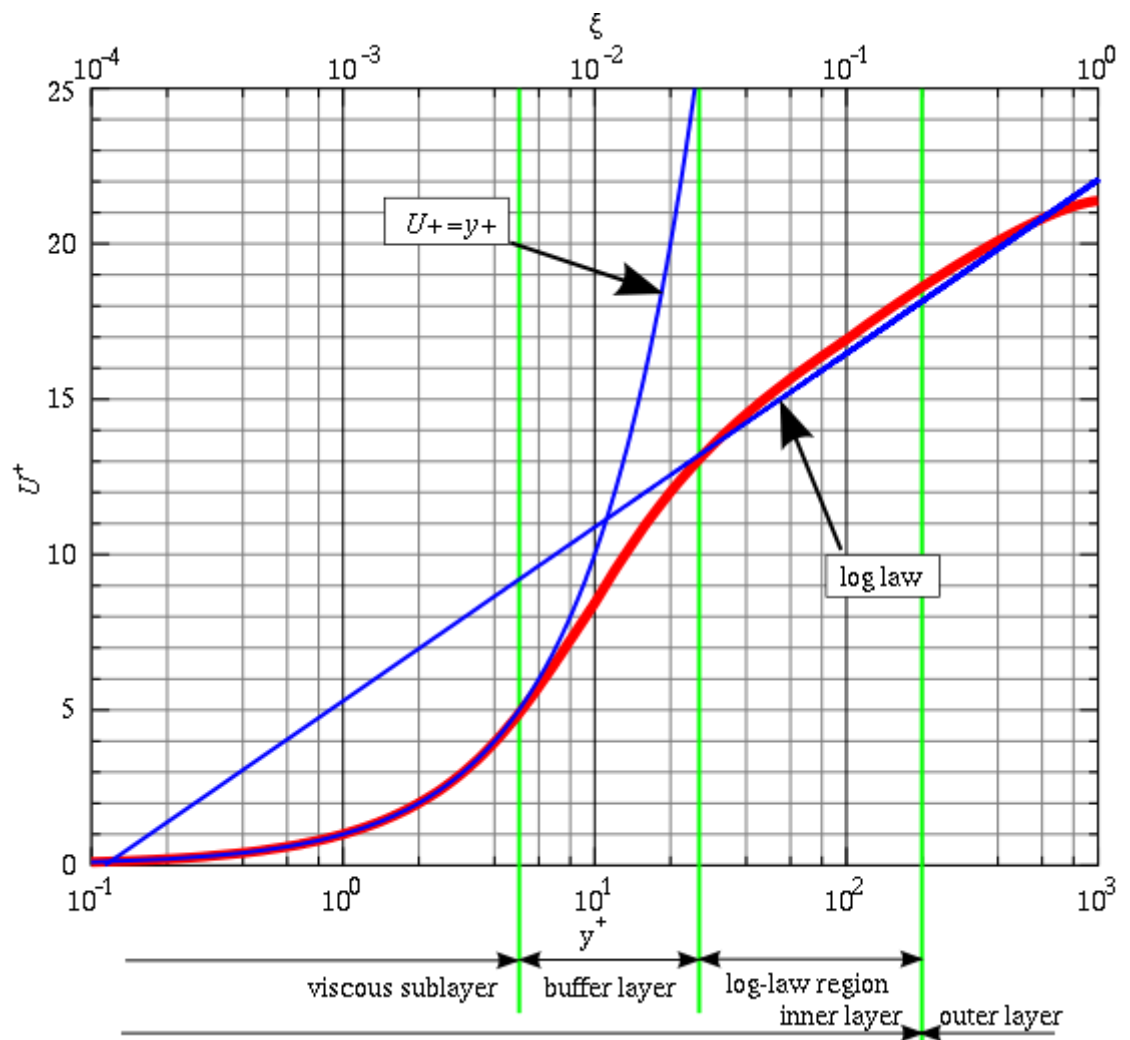


Рисунок 5: Закон Стены

Введение

При эксплуатации нефтяных резервуаров часто возникает проблема отложения твердых частиц и тяжелых парафинистых осадков на днище резервуара. Выпадение данных осадков влечет за собой уменьшение полезного объема резервуара, препятствует свободному перемешиванию слоев нефти, что в свою очередь способствует концентрации агрессивных растворов солей в районе днища и развитию коррозионных разрушений нефтяных резервуаров. Для предотвращения подобных ситуаций предусмотрен комплекс мер (например, ручная и механизированная очистка резервуаров с использованием горячей воды и химических реагентов), однако существенный интерес представляют устройства, препятствующие выпадению донных осадков без остановки эксплуатации резервуара, например винтовые устройства, размывающие донные отложения с помощью турбулентной струи.

При работе устройства размыва при вращении лопастей гребного винта создается направленная затопленная турбулентная струя жидкости. Под воздействием затопленной турбулентной струи от лопастей винта нефть в резервуаре перемешивается, имеющиеся донные отложения размываются. Устройство для размыва донных отложений для интенсификации процесса перемешивания выполнено с возможностью. При работе устройства в крайних точках в резервуаре возникает круговое движение всей массы нефти в резервуаре.

Цель работы:

1. расчет гидродинамических характеристик турбулентной затопленной струи в резервуаре при различных температурах нефти;
2. определение реологических параметров нефти, при которых возможно размывание донных отложений в резервуаре.

Методы

При проведении расчетов трехмерной задачи применялся метод конечных объемов с использованием программного комплекса ANSYS CFX. Уравнения модели течения, реализованные в комплексе ANSYS CFX, представлены в руководствах по гидродинамике, например.

в рамках этого комплекса были построены конечно-объемные, воспроизводящие геометрию рассматриваемых расчетных областей и позволяющие проводить комплексные расчеты с учетом пространственного турбулентного характера течения.

Для описания турбулентного течения были применены эйлеровы переменные $x_i, i=1,2,3$. Течение в данной точке пространства во времени характеризуется для жидкости вектором скорости U с компонентами $u_i (i=1,2,3)$ и давлением p . Температура T и плотность жидкости ρ считаются постоянными величинами.

Уравнение неразрывности для осредненных по времени величин:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k) = 0.$$

Уравнение сохранения импульса:

$$\frac{\partial (\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_i u_k) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + g_i + \frac{\partial \tau_{ik}}{\partial x_k},$$

где g_i – массовая сила в i м направлении, в случае расчета $g_1=g_2=0, g_3=\rho g, g$ ускорение силы тяжести.

тензор вязких напряжений без учета влияния градиентов давления имеет вид

$$\tau_{ij} = \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \mu \delta_{ij} \frac{\partial u_k}{\partial x_k},$$

где μ – коэффициент вязкости, зависящий от температуры; δ_{ij} символ Кронекера.

Уравнение для энергии турбулентного перемешивания:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i k) = \frac{\partial}{\partial x_j}(u_i \tau_{ij}) - \\ - \beta^* \rho \omega k + \frac{\partial}{\partial x_i} \left((\mu + \sigma^* \mu_T) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right). \end{aligned}$$

Уравнение для удельной скорости диссипации:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho \omega)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i \omega) = \frac{\gamma \omega}{k} \frac{\partial}{\partial x_j}(u_i \tau_{ij}) - \\ - \beta \rho \omega^2 + \frac{\partial}{\partial x_i} \left((\mu + \sigma^* \mu_T) \frac{\partial \omega}{\partial x_i} \right). \end{aligned}$$

Здесь k – кинетическая энергия турбулентности; ω – частота турбулентных пульсаций. характеристики нефти при различных температурах приняты согласно [20].

нефть имеет ньютоновские свойства при температуре выше 20 °С включительно. Поскольку нефть имеет неньютоновские свойства при температуре ниже 20 °С, для ее описания при этих значениях использовалась модель вязкости Бингама–Шведова [20].

1.1 Геометрические и режимные параметры устройства задавались следующим образом:

диаметр винта, мм – 690 (определялся размерами люка резервуара);
количество лопастей винта, шт – 4;
частота вращения винта, об/мин – 460;

Вязкость нефти задавалась из диапазона 0.02625-0.0875 па * с.

В расчетах использовался нефтяной резервуар РВСП:

- объем, м³ – 100000;
- диаметр, м – 85;
- высота стенки, м – 15

1.2 Обсуждение полученных результатов

Моделирование поведения затопленной турбулентной струи, формируемой винтом. Результаты моделирования турбулентной струи, формируемой винтом, с использованием полной 3D модели винта при высоких температурах нефти (25 °С) представлены на рис.1.

При частоте вращения винта 460 об/мин продольная скорость непосредственно за винтом составляет до 5,7 м/с (рис. 1, А).

В случае низких температур (10 °С) нефть проявляет неньютоновские свойства, результаты аналогичного расчета для этого случая представлены на рис. 2.

На рис.3. приведена зависимость скорости размыва от расстояния до винта для разных значений

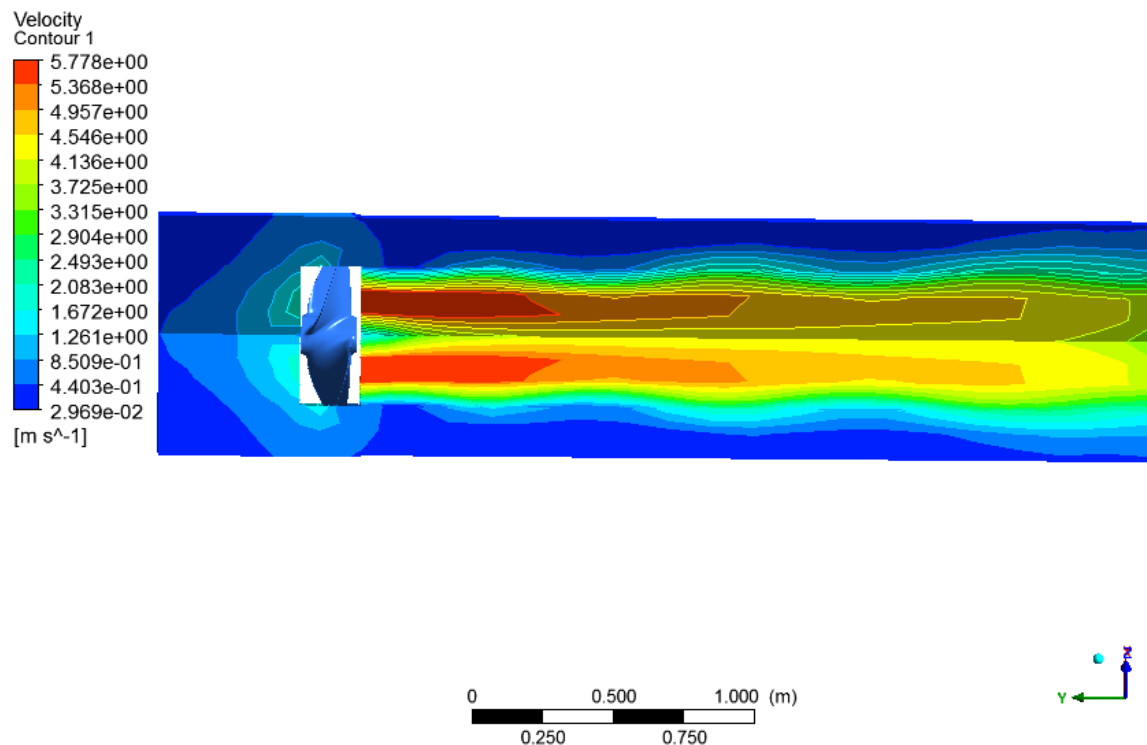


Рис.1. распределение продольной скорости при вращении винта с частотой 460 об/мин нефти, подчиняющейся закону ньютона в диапазоне температур свыше 25°C: в локальной окрестности винта

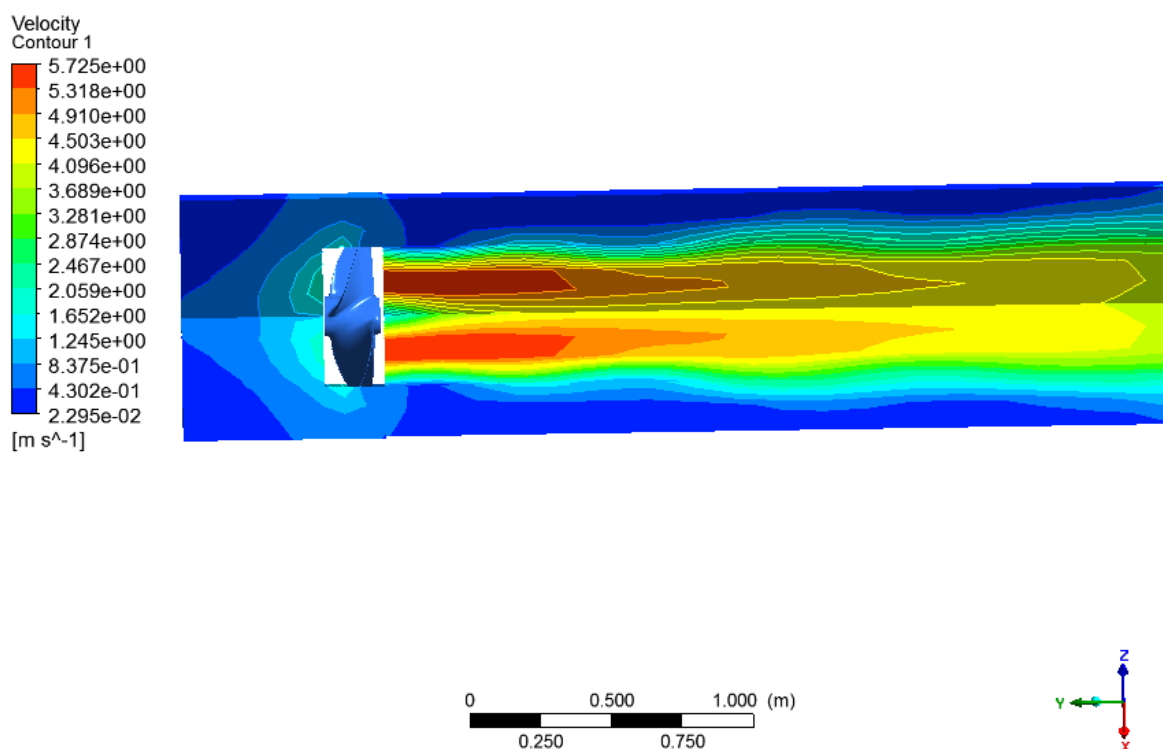


Рис.2. Распределение продольной скорости при вращении винта с частотой 460об/мин в нефти, подчиняющейся закону неньютоновская в диапазоне температур свыше 10°C: в локальной окрестности винта

"определение дальности размыва"

для точного расчета скорости в области стенки необходимо правильно построить сетку в пристеночной области. Для этого необходимо воспользоваться инструментами inflation с толщиной первого слоя (0.07mm – 1.75 mm) для 10 градусов и для 25. Фиксировать правильность построения сетки можно с помощью безразмерного параметра y^+ , который должен быть <5 для выбранной модели турбулентности - Shear Stress Transport, что видно на рисунке (3-9).

скорость входящего потока жидкости задавалась в соответствии с вычисленными в пункте N1.1", распределение скорости потока жидкости представлено на рисунке (5-11) 25°C и 10°C., на рисунке (4-10) для температуры 25°C и 10°C.

2.2 определение дальности размыва при температуре 25 градусов

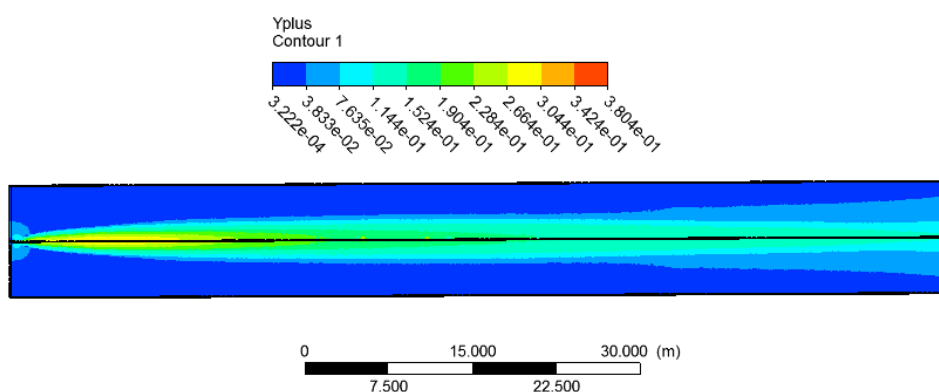


Рис.3. " y^+ " вычисленные в модели"при вращении винта с частотой 460 об/мин в нефти, подчиняющейся неньютоновскому закону при температуре 25 °C: в локальной окрестности винта

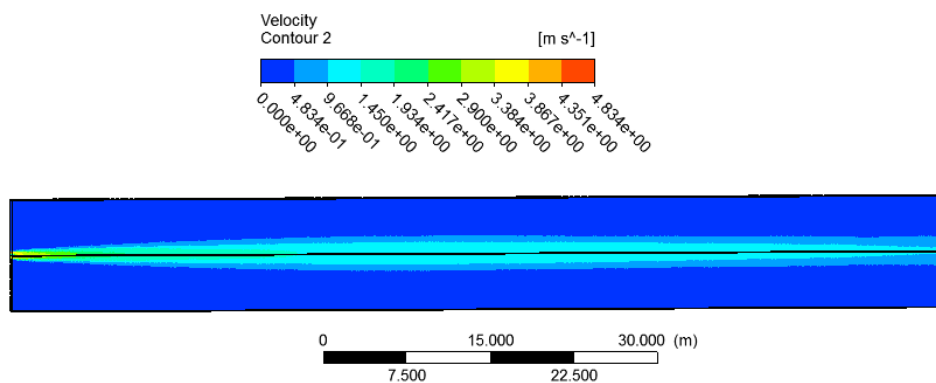


Рис.4. Распределение скорости затопленной турбулентной струи на оси винта в нефти, подчиняющейся закону Ньютона при температуре 25 градусов

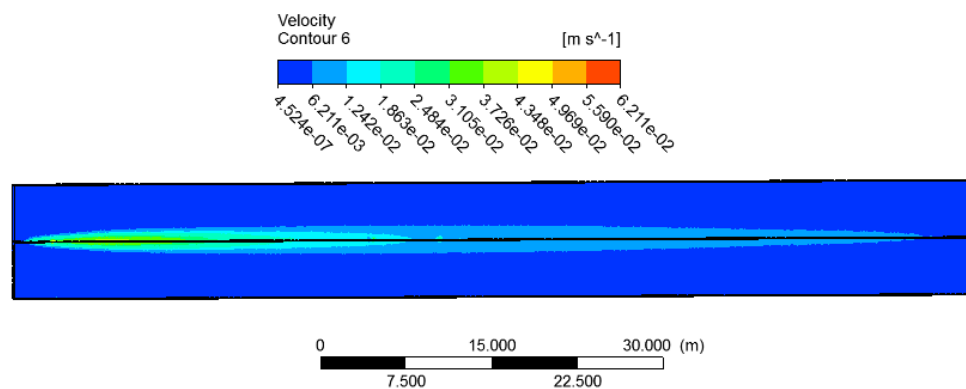


Рис.5. Скорость жидкости на стенке (на высоте 0 см) при температуре 25 градусов

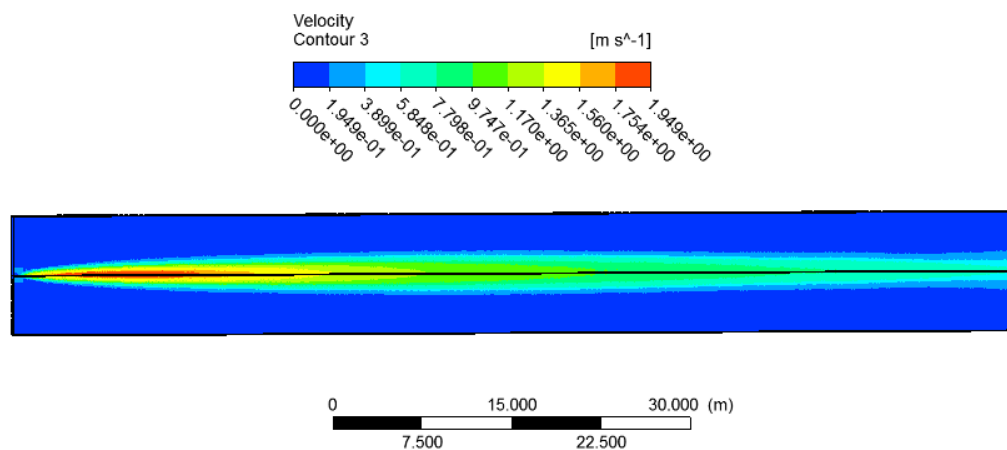


Рис.6. Скорость жидкости на стенке (на высоте 5 см) при температуре 25 градусов

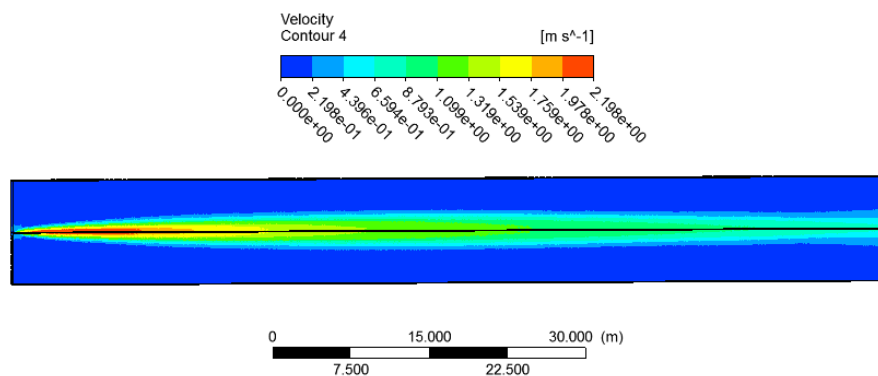


Рис.7. Скорость жидкости на стенке (на высоте 15 см) при температуре 25 градусов

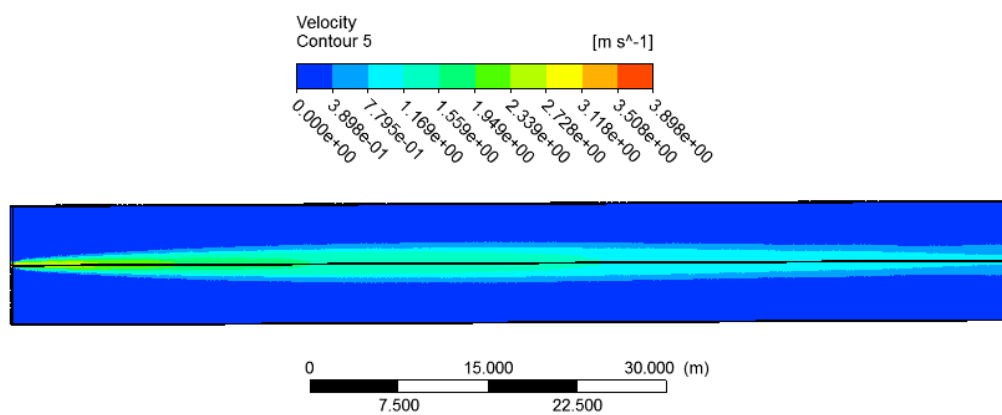


Рис.8. Скорость жидкости на стенке (на высоте 30 см) при температуре 25 градусов

2.3 определение дальности размыва при температуре 10 градусов

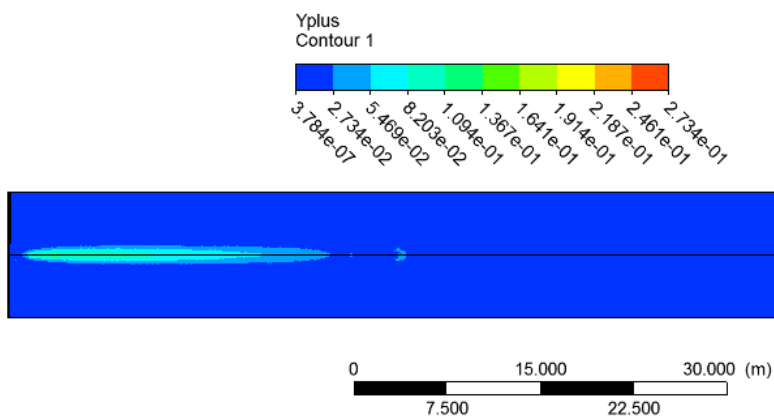


Рис. 9. " y^+ " вычисленные в модели"при при вращении винта с частотой 460 об/мин в нефти, подчиняющейся неньютоновскому закону при температуре 10 °С: в локальной окрестности винта

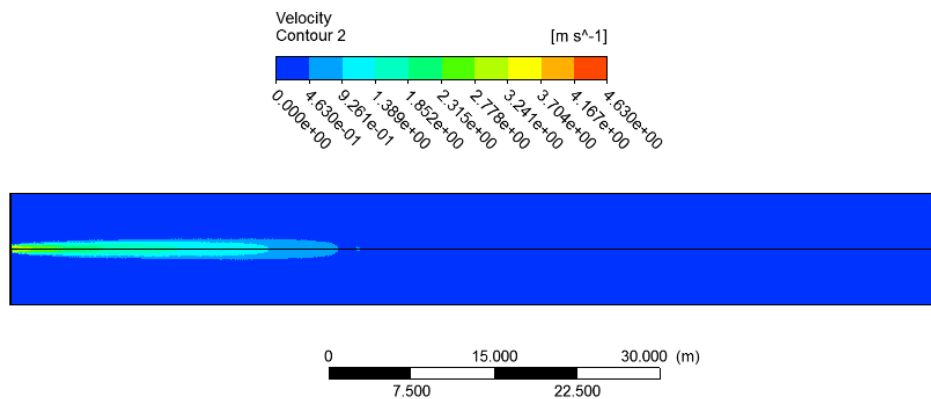


Рис.10. Распределение скорости затопленной турбулентной струи на оси винта в нефти, подчиняющейся неньютоновскому закону при температуре 10 градусов

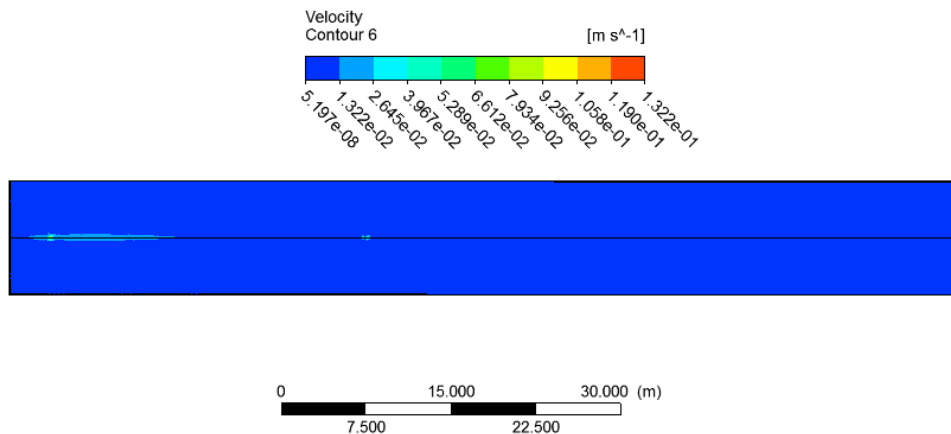


Рис.11. Скорость жидкости на стенке (на высоте 0 см) при температуре 10 градусов .

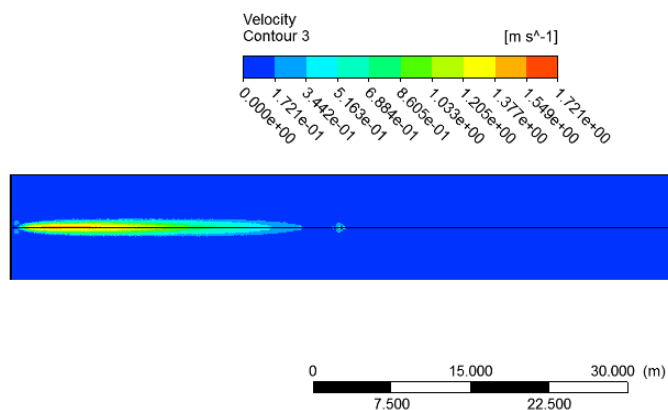


Рис.12. Скорость жидкости на стенке (на высоте 5 см) при температуре 10 градусов .

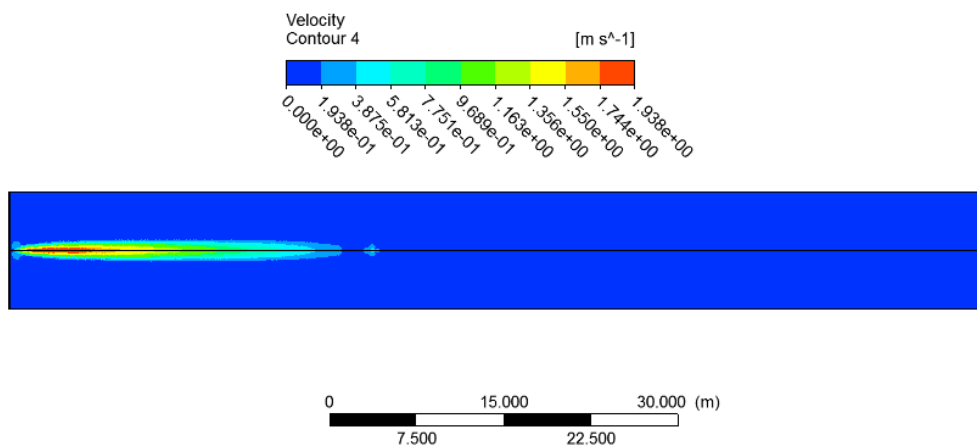


Рис.13. Скорость жидкости на стенке (на высоте 15 см) при температуре 10 градусов.

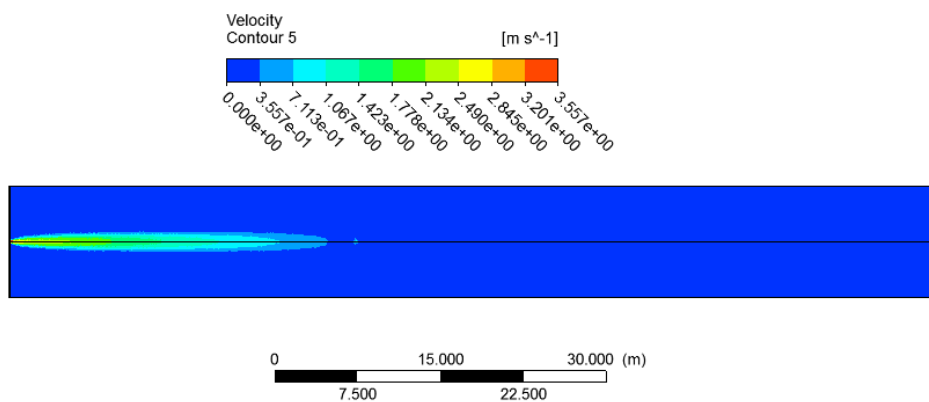


Рис.14. Скорость жидкости на стенке (на высоте 30 см) при температуре 10 градусов.

температур и соответствующих им вязкостей нефти. Из результатов видно, что в случае соответствия модели течения ньютоновскому приближению скорость размыва на расстоянии 85м от винта в случае неограниченного объема нефти будет составлять 0,29 м/с при вязкости, большей $30 \frac{\Gamma}{\text{см} \cdot \text{с} \cdot \text{сК}}$.

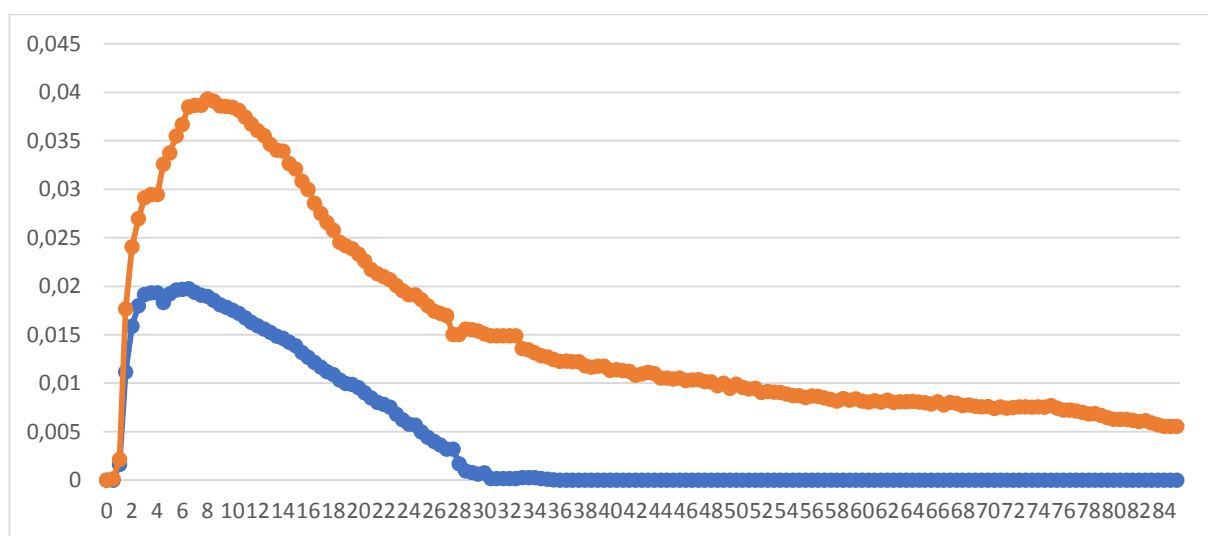


Рис. 15. скорость жидкости находится на высотах у стенки (0 см) При температуре 25°C (оранжевого цвета) и 10°C (синего цвета).

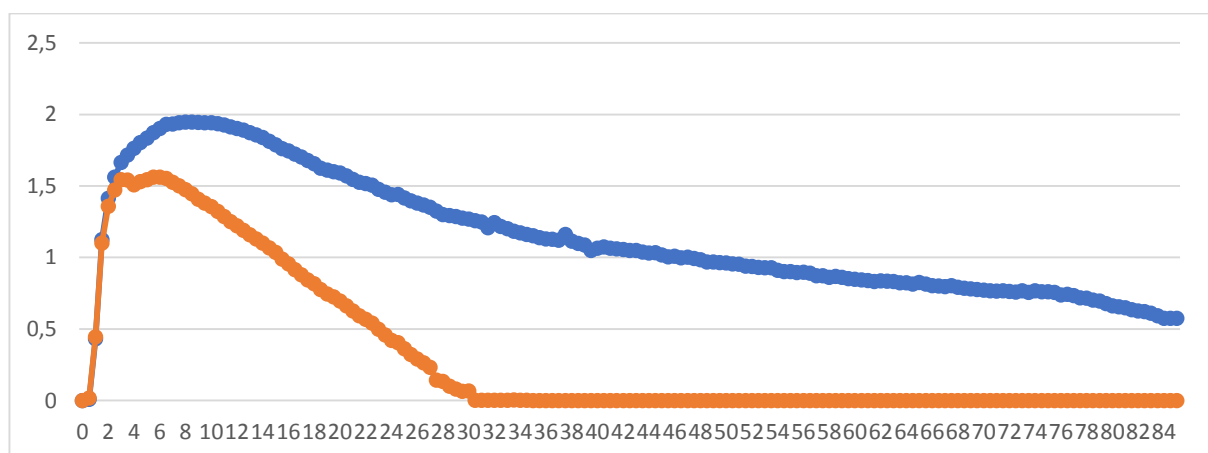


Рис. 16. скорость жидкости находится на высотах у стенки (5 см) При температуре 25°C (синего цвета) и 10°C (оранжевого цвета).

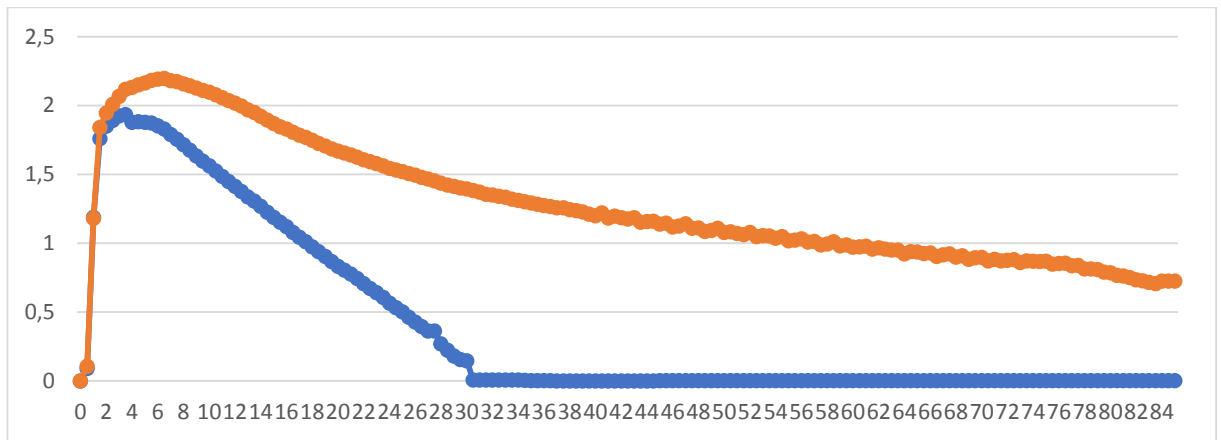


Рис. 17. скорость жидкости находится на высотах у стенки (15 см) При температуре 25°C (оранжевого цвета) и 10°C (синего цвета).

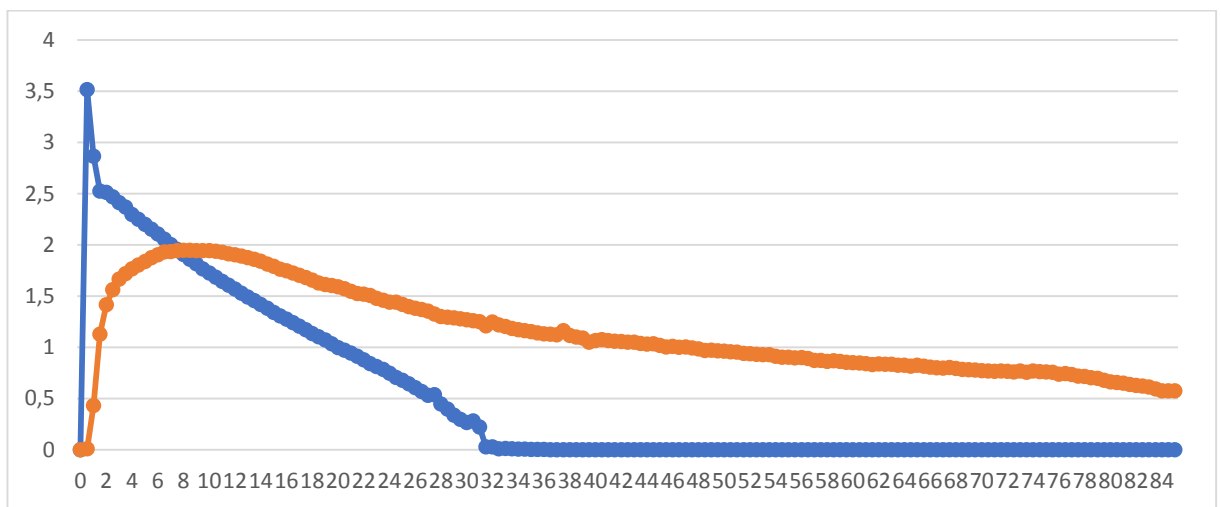


Рис. 17. скорость жидкости находится на высотах у стенки (30 см) При температуре 25°C (оранжевого цвета) и 10°C (синего цвета).

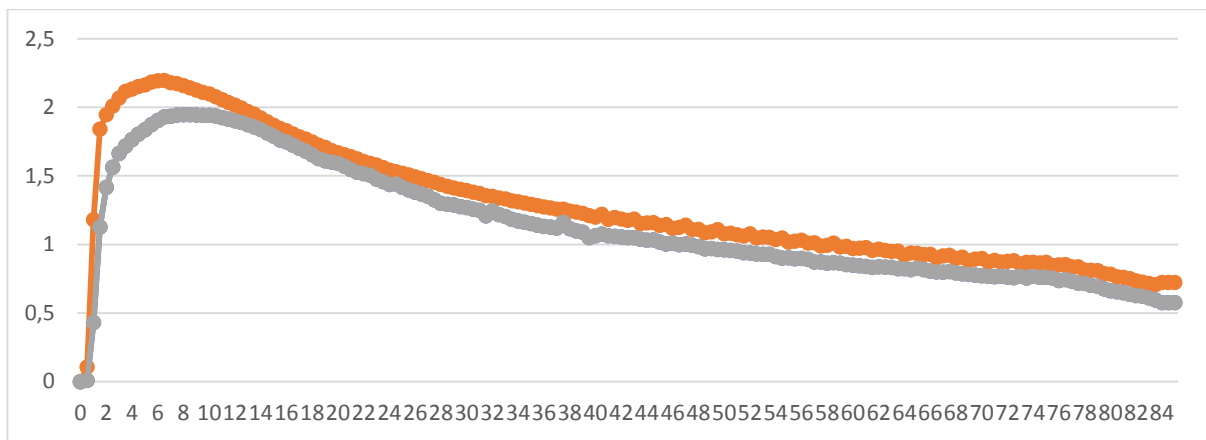


Рис. 18. скорость жидкости находится на разных высотах у стенки При температуре 25°C, серого цвета для скорости на высоте 30 см, и оранжевого цвета на высоте 15 см, и синего цвета на высоте 5 см (серая линия для высоты 30 см и 5 см).

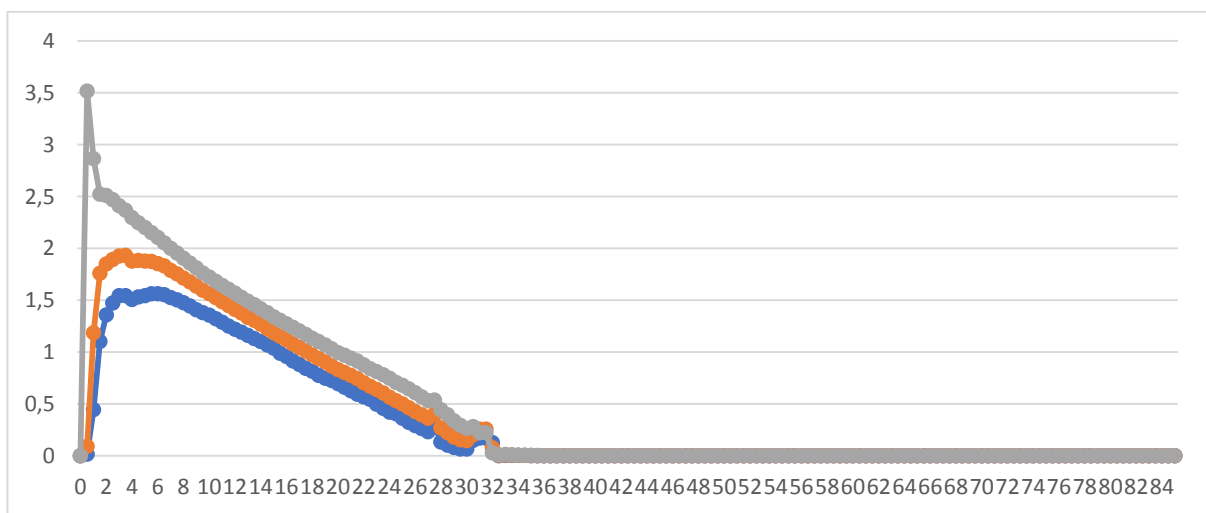


Рис. 19. скорость жидкости находится на разных высотах у стенки При температуре 10°C, серого цвета для скорости на высоте 30 см, и оранжевого цвета на высоте 15 см, и синего цвета на высоте 5 см.

Выводы

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы:

1. при заданных параметрах гребного винта при температурах нефти 25 °С и указанного диапазона вязкости нефти возможно формирование потока жидкости со скоростью 0.4 м/с на расстоянии 30 м от лопастей винта в случае неограниченного объема нефти;
2. при температуре нефти 10 °С для достижения требуемых параметров в случае неограниченного объема нефти размыва достичь не удастся (скорость 0.4 м/с на расстоянии 30 м от лопастей винта);
3. при размыве донных отложений в ограниченном объеме (резервуаре) для устранения застойных зон, находящихся вблизи стенок резервуара, в обязательном порядке необходимо применение нескольких устройств, установленных симметрично по периметру первого яруса резервуара. Количество устройств размыва донных отложений зависит от объема резервуара, свойств нефти и может быть определено расчетом.

1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Цель исследования - проанализировать эффективность струйного размыва донных отложений в РВС-100000 при различных температурах нефти, результа-

том научно-исследовательской работы выступают рассчитанные параметры эффективности метода струйного размыва для предотвращения выпадения донных остатков, что позволяет эксплуатировать резервуар безостановочно.

В целевой рынок, таким образом, входят предприятия нефтяной отрасли, а сегментами рынка являются нефтеперерабатывающая промышленность, нефтедобывающие предприятия, компании, занимающиеся транспортировкой нефти, нефтехранилища и нефтебазы – предприятия, в производственные циклы которых включено накопление и хранение нефти в резервуарах.

1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты (таблица 1), где B_{ϕ} – разрабатываемый проект (струйный размыв), B_{k1} – разогрев донных отложений, B_{k2} – разжижение осадка растворителями.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</i>							
1. Повышение производительности труда предприятия	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,6
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
3. Надежность	0,15	5	4	5	0,75	0,6	0,75

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
4. Безопасность	0,15	5	3	2	0,75	0,45	0,3
5. Простота эксплуатации	0,1	5	4	2	0,5	0,4	0,2
<i>Экономические критерии оценки эффективности</i>							
1. Уровень проникновения на рынок	0,15	5	5	3	0,75	0,75	0,45
2. Стоимость обслуживания технологии	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
3. Срок окупаемости	0,15	4	5	5	0,6	0,75	0,75
Итого	1	38	30	27	4,8	3,85	3,5

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Конкурентоспособность проекта равна 4,8, что превышает конкурентные показатели, равные 3,85 и 3,5, что говорит о преимуществах проекта по многим критериям. Например, все технические критерии анализа имеют превосходные показатели, а такие экономические показатели, как срок выхода на рынок и послепродажное обслуживание требуют доработки.

1.3 SWOT-анализ

SWOT представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта для исследования внешней и внутренней среды.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились

или могут появиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица SWOT

<i>Сильные стороны</i> С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Стоимость реализации разработки не превышает менее эффективные конкурентные С4. Высокая степень безопасности	<i>Слабые стороны</i> Сл1. При повышении вязкости вещества снижается эффективность Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров Сл3. Отсутствие финансирования для дальнейшей работы над проектом Сл4. Требуются изменения производственных процессов при модернизации
<i>Возможности</i> В1. Повышение спроса на эффективные технологии В2. Адаптивность разработки под нужды прочих видов хранимого сырья В3. Использование информации предприятий, эксплуатирующих данное решение	<i>Угрозы</i> У1. Развитая конкуренция технологий производства У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства У3. Ужесточение контроля и регламентов

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта. (таблица 3)

Таблица 3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	0	+
	В2	-	+	+	-
	В3	+	-	-	+
В1С1С2С4, В2С2С3, В3С1С4					
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	-	+	+	-
	В2	+	-	+	-
	В3	+	-	0	+
В1Сл2Сл3, В2Сл1Сл3, В3Сл1Сл4					
Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	-	+	+	+
	У2	+	+	+	+
	У3	-	+	-	+
У1С2С3С4, У2С1С2С3С4, У3С2С4					
Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	+
	У2	-	+	+	+
	У3	-	-	+	-
У1Сл1Сл2Сл3Сл4, У2Сл2Сл3Сл4, У3Сл3					

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 4).

Таблица 4 – SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Стоимость реализации разработки не превышает менее эффективные конкурентные С4. Высокая степень безопасности	Сл1. При повышении вязкости вещества снижается эффективность Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров Сл3. Отсутствие финансирования для дальнейшей работы над проектом Сл4. Требуются изменения производственных процессов при модернизации
Возможности В1. Повышение спроса на эффективные технологии В2. Адаптивность разработки под	При повышении спроса на эффективные технологии доказанная экономичность и энергоэффективность разработки позволят ей выйти вперед.	При повышении спроса на эффективные технологии компании профинансируют углубление исследования. Снижение эффективности при повышении вязкости нефти можно адаптировать для

нужды прочих видов хранимого сырья В3. Использование информации предприятий, эксплуатирующих данное решение	При адаптации решения для других видов сырья его технические преимущества придут высокую конкурентоспособность в смежных сегментах рынка.	других, более вязких типов сырья. Использование опыта предприятий, эксплуатирующих данное решение, позволит найти решение для минимизации негативных последствий изменения производственных процессов.
<i>Угрозы</i> У1. Развитая конкуренция технологий производства У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства У3. Ужесточение контроля и регламентов	Разработка обладает высокой степенью безопасности и экологичности, превышающим установленные регламенты, дополнительно их ужесточение не повлияет на разработку. При отсутствии спроса на технологичное решение дополнительным аргументом может стать стоимость реализации, сопоставимая с существующими конкурентными разработками, но при этом технические и экономические характеристики эффективности проекта, такие как срок окупаемости, трудозатраты, себестоимость и пр. их превосходят.	Необходимость обучения и переподготовки квалифицированных кадров, а также внесение изменений в производственные процессы может усилить риски для отсутствия спроса на технологию, в том числе при развитии конкурентных технологий.

2 Планирование научно-исследовательских работ

2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ (таблица 5).

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследования	2	Календарное планирование выполнения работ	Инженер, научный руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Выбор направления исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение моделей	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими расчетами	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	9	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Инженер, научный руководитель
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Инженер

2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (2)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

2.3. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

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

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

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (5)$$

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

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

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

В 2022 году при 6-дневной рабочей неделе $T_{вых}$ равно 52, $T_{пр}$ равно 14, таким образом календарный коэффициент равен 1,22.

Все рассчитанные значения по п.п. 2.2 и 2.3 сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни			
	Руководи- тель	Инженер	Руководи- тель	Инженер	Руководи- тель	Инженер		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания	3	-	7	-	4,6	-	4,6	6
2. Календарное планирование выполнения работ	2	2	5	5	3,2	3,2	3,2	4
3. Подбор и изучение материалов по теме	-	15	-	21	-	17,4	17,4	21
4. Выбор направления исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	5
5. Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	12	-	18	-	14,4	14,4	18
6. Построение моделей	-	7	-	14	-	9,8	9,8	12

7. Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими расчетами	-	7	-	14	-	9,8	9,8	12
8. Оценка эффективности полученных результатов	-	5	-	12	-	7,8	7,8	10
9. Согласование выполненной работы с научным руководителем	4	4	7	7	5,2	5,2	5,2	6
10. Составление пояснительной записки	-	10	-	14	-	11,6	11,6	14
Итого:	9	65	19	110	13	83	87,6	108

На основе таблицы 6 строится календарный план-график (таблица 7).

Таблица 7 – Календарный план-график проведения работ

Вид работ	Ткi, кал. дн.	Продолжительность работ											
		Февраль			Март			Апрель			Май		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление и утверждение технического задания	6												
Календарное планирование выполнения работ	4												
Подбор и изучение материалов по теме	21												
Выбор направления исследования	5												
Проведение теоретических расчетов и обоснований	18												
Построение моделей	12												
Сопоставление результатов	12												
Оценка эффективности полученных результатов	10												
Согласование выполненной работы	6												
Составление пояснительной записки	14												

 –научный руководитель,  – инженер,  - оба исполнителя

3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

1. материальные затраты НТИ;
2. затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
3. основная заработная плата исполнителей темы;
4. дополнительная заработная плата исполнителей темы;
5. отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
6. накладные расходы.

3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта (таблица 8).

Таблица 8 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Канцелярские принадлежности	540	1	540
Флешка	2100	1	2100
Итого:			2640

3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Расчет затрат на специальное оборудование учитываем в виде амортизационных отчислений, так как данное оборудование и программы используется в течение длительного периода времени. Проектирование осуществлялось на ноутбуке Asus. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года. Были использованы следующие программные комплексы: Ansys и Microsoft Office 2016.

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (6)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m, \quad (7)$$

где I – итоговая стоимость единицы, руб.;

m – время использования, мес.

Таблица 9 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ноутбук Asus	1	3	3.6	33,33	45000	4500
2	Microsoft Office 2016	1	5	3.6	20	4000	240
3	Ansys	1	5	0.8	20	1900000	25333,33
Итого:		30073,33 руб.					

3.3 Основная заработная плата исполнителей НИР

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 % от оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (8)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 56 раб. дней $M=10,2$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

- при отпуске в 28 раб. дня $M=11,1$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

Должностной оклад работника за месяц:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (10)$$

где Z_{tc} – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равен 0,2;

k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 10 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	52/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	56/0	28/0
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	271

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{tc}, \text{руб}$	$k_{пр}$	k_d	k_p	$Z_m, \text{руб}$	$Z_{дн}, \text{руб}$	$T_p, \text{раб.дн.}$	$Z_{осн}, \text{руб}$
Руководитель	37700	0,2	0,2	1,3	68614	2880	13	37440
Студент	19200	0,2	0,2	1,3	34944	1431	83	118773
Итого, руб.:								156213

3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при

исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (11)$$

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

Таким образом, дополнительная заработная плата равна: $0,15 \cdot 156213 = 23432$ руб.

3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ):

- 22 % – на пенсионное страхование;
- 5,1 % – на медицинское страхование;
- 2,9 % – на социальное страхование.

Социальные отчисления равны: $0,3 \cdot (156213 + 23432) = 53894$ руб.

3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования,

оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей} 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

Тогда накладные расходы равны: $(2640 + 30073,33 + 156213 + 23432 + 53894) \cdot 0,16 = 42600,37$ руб.

3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Текущий проект	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ, руб.	2640	4400	2000	Пункт 4.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ, руб.	30028			Пункт 4.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы, руб.	156213			Пункт 4.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы, руб.	23432			Пункт 4.3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды, руб.	53894			Пункт 4.3.5
6. Накладные расходы, руб.	42600,37	42875	42491	Пункт 4.3.6
7. Бюджет затрат НТИ, руб.:	308852,7	310842	308058	Сумма ст. 1- 6

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля) (таблица 14).

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

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда предприятия	0,2	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	3	3
3. Надежность	0,2	5	4	5
4. Безопасность	0,25	5	3	2
5. Простота в эксплуатации	0,15	5	4	2
Интегральный показатель ресурсоэффективности:	1	5	3,25	2,15

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}}. \quad (15)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных (таблица 14). Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Таблица 14 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,99	1	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	3,25	2,15
3	Интегральный показатель эффективности	5,05	3,25	2,17
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,3	1,5	1

Выводы по разделу

В ходе выполнения расчета ресурсоэффективности и ресурсосбережения проекта определена стоимость ресурсов научно-технического исследования: общая величина бюджета равна 308852,7 руб., из них заработная плата и социальные отчисления составили 233539 руб. Трудозатраты на проект, выраженные в календарных днях, составляют 108 дней, из них научный руководитель занят на проекте 16 дней, а студент – 102 календарных дня.

Значение сравнительной эффективности данного проекта, рассчитанное на основании интегрального финансового показателя и показателя ресурсоэффективности разработки, равно 2,3, что является наиболее высоким результатом среди представленных вариантов исполнения. Анализ конкурентных технических решений также подтверждает эти данные, раскрывая сильные стороны исполнения проекта и слабые места, требующие внимания.

Для проекта определены потенциальные потребители, а по итогам SWOT-анализа выделены направления для дальнейшего развития с учетом сильных сторон и возможностей, а также возможные пути решения проблем в ходе реализации проекта из-за потенциальных угроз.

5. Социальная ответственность Введение

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию процессов размыва донных отложений в резервуарах вертикальных стальных.

За рабочую зону принимается резервуарный парк хранения нефти, режим работы объекта - непрерывный круглосуточный. Климат - континентальный, что проявляется в больших месячных и годовых колебаниях температуры воздуха.

Согласно Федеральному закону ФЗ №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [26] резервуары относят к опасным производственным объектам. Опасность объекта связана с используемыми в процессе производства опасными веществами, пожаро- и взрывоопасностью оборудования.

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

Исследование позволит модернизировать систему размыва осадка, что в некоторой мере решит проблему утилизации сырья и его негативного влияния на окружающую среду, здоровье работников, обслуживающих резервуарные парки.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальные правовые нормы трудового законодательства

При эксплуатации резервуара требования по охране труда определяются законом «Закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов», «Об основах охраны труда в РФ».

Согласно ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ «Оборудование производственное.

Общие требования безопасности» [27] производственное оборудование должно обеспечивать безопасность работающих.

Так как место работы находится на значительном удалении от места постоянного проживания работников, применяется вахтовый метода работы. Работники, привлекаемые к работам вахтовым методом, в период нахождения на объекте производства работ обеспечены проживанием в специально создаваемых работодателем вахтовых поселках, представляющих собой комплекс зданий и сооружений, предназначенных для обеспечения жизнедеятельности указанных работников во время выполнения ими работ и междусменного отдыха, либо в приспособленных для этих целей и оплачиваемых за счет работодателя общежитиях, иных жилых помещениях.

Государственные гарантии и компенсации лицам, работающим в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, устанавливаются настоящим Кодексом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере. Минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Для работников, постоянно работающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск для лиц, постоянно работающих: в районах крайнего Севера – 24 календарных дня, в местностях, приравненных к районам крайнего севера, - 16 календарных дней.

Работники подлежат обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, и имеют право на бесплатное обучение безопасным методам и приемам работы без отрыва от производства, а также с отрывом от производства в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации, с сохранением среднего заработка и оплатой командировочных расходов;

Пенсия в связи с работой на Крайнем Севере устанавливается:

мужчинам - по достижении 55 лет и женщинам - по достижении 50 лет, если они проработали не менее 15 календарных лет в районах Крайнего Севера либо не менее 20 календарных лет в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера, и имеют общий трудовой стаж соответственно не менее 25 и 20 лет.

Гражданам, работавшим как в районах Крайнего Севера, так и в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера, пенсия

устанавливается за 15 календарных лет работы на Крайнем Севере. При этом каждый календарный год работы в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера, считается за девять месяцев работы в районах Крайнего Севера.

Так же существуют дополнительные выплаты для лиц, которые задействованы на опасных или вредных предприятиях. Такие перечисления называются пенсией за вредность. Назначается она лицам до общепринятого срока выхода на пенсию.

Дополнительные гарантии и компенсации указанным лицам могут устанавливаться законами и иными нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации, нормативными правовыми актами органов местного самоуправления, коллективными договорами, соглашениями, локальными нормативными актами исходя из финансовых возможностей соответствующих субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и работодателей.

Обработка персональных данных работника подразумевает соблюдение определенных правил. В целях обеспечения прав и свобод человека и гражданина работодатель и его представители при обработке персональных данных работника обязаны соблюдать общие требования, изложенные в 14 главе Трудового Кодекса РФ.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Персонал допускается к работе только в спецодежде и средствах индивидуальной защиты. Необходимо знать специфические свойства применяемых веществ и соблюдать

установленные правила работы с ними. Производственный процесс должен быть организован так, чтобы не допускать выделения в воздух рабочей зоны пыли и вредных веществ. Все эксплуатируемые электроустановки должны соответствовать требованиям «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», и др. нормативных документов. Эксплуатация электрооборудования без заземления не допускается. Рабочая зона обеспечиваются первичными средствами пожаротушения согласно действующим нормам. Все работники должны уметь пользоваться средствами пожаротушения и уметь оказывать первую помощь при несчастном случае. Не допускается загромождения рабочих мест, проходов, выходов из помещений и сооружений, доступа к противопожарному оборудованию.

5.2 Производственная безопасности

Выполнение работ на опасных производственных объектах, включающих резервуарные парки хранения нефти, сопровождается вредными и опасными факторами согласно [28], приведенными в таблице 5.1. Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Факторы (Гост 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу	-	+	+	Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 [29]. Требования к СИЗ не накапливающих статическое
Повышенный уровень шума	+	+	+	

Повышенный уровень вибрации	+	+	-	электричество ГОСТ 12.4.124-83 [30]. Для выполнения работ на высоте необходимо предусмотреть наличие исправных оградительных средств по ГОСТ 12.4.059 [31] и защитных приспособлений по ГОСТ 26887 [32], ГОСТ 27321 [33], ГОСТ 27372 [34]. Требования к освещению устанавливаются СНиП 23-05-95 [35]. Требования электробезопасности регламентируются ГОСТ 12.1.038-82 [36]; Уровень шума должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003-83[37]; Требования к вибрационной безопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.012-90[38];
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны	+	+	+	
Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны	+	+	+	
Опасность поражения электрическим током	+	+	+	
Опасность механических повреждений	+	+	+	

5.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Обслуживание резервуара является работой повышенной опасности, при эксплуатации которой возможны опасные и вредные производственные факторы.

Рассмотрим вредные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при обслуживании резервуарного парка.

Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу

Главным источником формирования данного фактора является возможная разгерметизация трубопроводов или оборудования в процессе работы, что может вызвать отравление парами углеводородов.

Взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, продуктов, готовой продукции и отходов производства приведены в таблице 5.2 [39].

Таблица 5.2 – Взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, продуктов, готовой продукции и отходов производства

№	Наименование сырья, полупродуктов, готовой продукции, отходов производства	Агрегатное состояние	Класс опасности	Температура, °С			Концентр. пределы распространения пламени, % об.		Характеристика токсичности	ПДК в воздухе рабочей зоны произв. помещений, мг/м ³
				Вспышки	Воспла- пламене- ния	Са- мо- вос- пла- ме- не- ния	Нижний	Верх- ний		
1	Природный газ	газ	4	-188	–	550	3	15	Наркотическое воздействие, удушье	300

2	Не- стабильны й газовый конденсат	ж	4	-44	–	286	2,5	5,2	Наркотиче- ское воздействие	300
3	Стабильный газовый конденсат	ж	4	-23	–	233	4,9	5,2	Наркотиче- ское воздей- ствие	300
5	Метанол	ж	3	6	13	440	7,3	36	Опьянение, потеря зре- ния	5
6	Нефть	ж	4	-18	20	233	1,4	6,5	Головная боль, голо- вокружение	300

В целях достижения безопасности персонала необходимо соблюдать требования:

- допуска персонала, имеющего специальную подготовку, определенную требованиями норм и правил и квалификацию;
- безопасных приемов и методов труда;
- мер газовой и пожарной безопасности;
- по применению средств индивидуальной защиты, средств пожаротушения с отработкой приемов их использования,

Повышенный уровень шума

Высокий уровень шума негативно влияет на нервную систему работника, сокращает среднюю продолжительность жизни, становится причиной возникновения многих опасных болезней. При этом чем длительнее воздействие шума на человека, тем серьезнее последствия

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

К коллективным средствам и методам защиты от шума относятся совершенствование технологии ремонта и своевременное обслуживание оборудования; использование средств звукоизоляции. Также необходимо использовать рациональные режимы труда и отдыха работников.

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

Превышение уровней вибрации.

Среди профессиональных заболеваний вибрационная болезнь занимает одно из ведущих мест. Этиологическим фактором развития заболевания является производственная вибрация.

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

Вибробезопасные условия труда должны быть обеспечены организационно-техническими мероприятиями; применением вибробезопасного оборудования и инструмента; применением средств виброзащиты, снижающих воздействие на работающих вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения;

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Продолжительная работа при недостаточном освещении приводит к снижению производительности и безопасности труда. Поэтому для резервуарных парков необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 2 лк независимо от применяемых источников света. При подъеме или перемещении грузов должна быть освещенность места работ не менее 5 лк при работе вручную и не менее 10 лк при работе с помощью машин и механизмов [40].

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны В настоящее время для оценки допустимости проведения работ и их нормирования на открытом воздухе в условиях крайнего севера (а также в районах, приравненных к районам крайнего Севера) используется понятие предельной жесткости погоды (эквивалентная температура, численно равная сумме отрицательной температуре воздуха в градусах Цельсия и удвоенной скорости ветра в м/с), устанавливаемая для каждого района решением местных региональных органов управления.

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

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

Работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены в зимнее время спецодеждой и спецобувью с повышенным суммарным тепловым сопротивлением, а также защитными масками для лица.

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

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

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

Для поддержания микроклимата предусматриваются приточная и вытяжная вентиляции, нагреватели и кондиционеры.

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

Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны

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

Контроль воздушной среды должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях посредством газоанализатора или рудничной лампы. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). ПДК пыли, как вещества умеренно опасного, в воздухе рабочей зоны составляет 1,1-10 мг/м³, для природного газа ПДК 300 мг/м³.

Нефть по санитарным нормам относится к 4-му классу опасности.

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

При работе с вредными веществами должно быть обеспечено регулярное обезвреживание и дезодорирование СИЗ.

Уменьшение неблагоприятного воздействия запыленности и

загазованности воздуха достигается за счет регулярной вентиляции рабочей зоны.

Работающие в условиях пылеобразования должны быть в противопыльных респираторах, защитных очках и комбинезонах. При загазованности траншеи или котлована в результате утечки газа необходимо прекратить работу и вывести людей, запретив курить, зажигать спички или пользоваться открытым огнем.

Опасность поражения электрическим током

Опасность воздействия электрического тока на организм человека зависит от электрического сопротивления тела и приложенного к нему напряжения, силы тока, длительности его воздействия, путей прохождения тока через человека, рода и частоты тока, индивидуальных особенностей человека, окружающей среды и ряда других факторов.

Таблица 5.3 – Степени воздействие тока на человека

Сила тока, мА	Воздействие на человека	
	переменный ток 50-60 Гц	постоянный ток
0,5-1,5	начало ощущения, лёгкое дрожание пальцев рук	не ощущается
2,0-3,0	сильное дрожание пальцев рук	не ощущается
5,0-7,0	судороги в руках	зуд, ощущение нагрева
8,0-10,0	трудно оторвать руки от электродов, сильные боли в пальцах, кистях рук и предплечьях	усиление нагрева
20,0-25,0	паралич рук, оторвать их от электрода невозможно, сильные боли, дыхание затруднено	ещё большее усиление нагрева

50,0-80,0	остановка дыхания, начало фибрилляции сердца	сильное ощущение нагрева, сокращение мышц рук, судороги, затруднение дыхания
90,-100,0	остановка дыхания, при длительном воздействии - 3 сек. и более следует остановка сердца	остановка дыхания

Существенное влияние на исход действия электрического тока оказывает путь прохождения тока в теле человека: чем больше жизненно важных органов подвержено действию тока, тем тяжелее исход поражения.

Для максимальной защиты персонала необходимо изолировать токоведущие части оборудования; заземлять точки с источника питания или искусственной нейтральной точки; применять СИЗ, не проводящие токи; устанавливать знаки предостережения в местах повышенной опасности.

Опасность механических повреждений

При работе с РВС обслуживающий персонал подвергается опасности получения механических повреждений. Для предотвращения повреждений необходимо соблюдать технику безопасности.

В целях достижения безопасности персонала необходимо соблюдать требования:

- оформлять наряд-допуск на проведение работ повышенной опасности;
- места прохода и доступа к техническим устройствам, на которых требуется подъем обслуживающего персонала на высоту до 0,75 м, оборудуются ступенями, а на высоту выше 0,75 м - лестницами с перилами;

- в местах прохода людей над трубопроводами, расположенными на высоте 0,25 м и выше от поверхности земли, площадки или пола, должны быть устроены переходные мостики, которые оборудуются перилами, если высота расположения трубопровода более 0,75 м;
- рабочие площадки и площадки обслуживания, расположенные на высоте, должны иметь настил, выполненный из металлических листов с поверхностью, исключающей возможность скольжения, или досок толщиной не менее 0,04 м, и, начиная с высоты 0,75 м, перила высотой 1,25 м с продольными планками, расположенными на расстоянии не более 0,4 м друг от друга, и борт высотой не менее 0,15 м, образующий с настилом зазор не более 0,01 м для стока жидкости;
- работы, связанные с опасностью падения работающего с высоты, должны проводиться с применением предохранительного пояса;
- узлы, детали, приспособления и элементы технических устройств, которые могут служить источником опасности для работающих, а также поверхности оградительных и защитных устройств должны быть окрашены в сигнальные цвета;
- открытые движущиеся и вращающиеся части технических устройств ограждаются или заключаются в кожухи; такие технические устройства должны быть оснащены системами блокировки с пусковыми устройствами, исключающими пуск их в работу при отсутствующем или открытом ограждении;
- снятие кожухов, ограждений, ремонт технических устройств проводится только после отключения электроэнергии, сброса давления, остановки движущихся частей и принятия мер, предотвращающих случайное приведение их в движение вследствие ошибочного или самопроизвольного включения аппаратов, под действием силы тяжести или других факторов; на штурвалах задвижек, шиберов, вентилей должны быть вывешены плакаты "Не открывать! Работают люди", на пусковом устройстве обязательно вывешивается плакат: "Не включать, работают люди".

5.4 Экологическая безопасность

Проведение природоохранных мероприятий должно обеспечивать возможность сохранения существующего до начала эксплуатации и потенциально достижимого при эксплуатации:

- уровня загрязнения природной среды;
- локализацию и уменьшение активности опасных природных процессов

Основными типами антропогенных воздействий на природу являются:

- загрязнение окружающей среды промышленными и бытовыми отходами; развитие отрицательных физикогеологических процессов в зоне строительства и эксплуатации объектов;
- загрязнение окружающей среды нефтью и конденсатом

вследствие несовершенства технологии, аварийных разливов и несоблюдение природоохранных требований;

- Основными мерами по охране окружающей среды являются: – сокращение потерь нефти и конденсата, повышение герметичности и надежности промыслового оборудования;
- оптимизация процессов сжигания топлива, снижение образования токсичных продуктов сгорания.

Защита атмосферного воздуха от загрязнения

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

Для исключения вредного воздействия на воздушный бассейн природоохранные мероприятия заключаются в поддержании всего транспортного парка в исправном состоянии,

осуществлении постоянного контроля на соответствие требованиям нормативов уровня выбросов в атмосферу вредных веществ.

Уменьшение газового пространства, это один из наиболее эффективных методов борьбы с потерями от испарения и выбросом в окружающую среду.

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

Защита поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения

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

Должно проводиться инструктажи обслуживающего персонала по вопросам соблюдения норм и правил экологической безопасности, требований санитарно-эпидемиологической службы, ознакомление его с особым режимом деятельности в водоохранных и санитарно – защитных зонах водотоков и водозаборов с целью минимизации и предупреждения вредного антропогенного воздействия.

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

Существуют термический, механический, биологический и физикохимический методы локализации разливов нефтепродуктов. Основным методом считается механический. Большая эффективность этого метода достигается в начале разлива, когда толщина нефтяного слоя остается большой.

Защита литосферы от загрязнения

Литосфера – твердая оболочка Земли, включающая земную кору и мантию.

Загрязнение почв нефтью приводит к значительному экологическому и экономическому ущербу: понижается продуктивность лесных ресурсов, ухудшается санитарное состояние

окружающей среды. Земельные участки, отведенные в постоянное пользование, благоустраиваются с использованием предварительно снятого почвенно-растительного слоя. Земли, передаваемые во временное пользование, подлежат восстановлению (рекультивации). Земельные участки приводятся в пригодное для использования по назначению состояние в ходе работ, а при невозможности этого не позднее, чем в течение года после завершения работ.

С целью минимизации рисков вредного воздействия на почву выполняются следующие природоохранные мероприятия. Приказом по предприятию назначается лицо, ответственное за сбор, временное хранение и организацию своевременного вывоза отходов, 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.

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.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

вероятность аварийного разлива нефти, выброса вредных и токсичных веществ в атмосферу.

Основными методами, способствующими уменьшению масштабов ЧС, являются:

- Обучение персонала навыкам поведения в ЧС.
- Усиленный контроль за состоянием объекта.
- Первичная система пожаротушения;
- Во избежание аварийного разлива нефти, каждый резервуар должен быть огражден земляным обвалованием.
- Система оповещения населения, персонала объекта и органов управления для своевременных необходимых мер по защите населения.

Наиболее вероятным ЧС в нефтегазовой сфере является возгорание на производственном объекте, как частный случай техногенной ЧС. Его источником могут быть несчастный случай, халатность работников, неисправность электрооборудования, недостаточная герметичность объектов на пожароопасных территориях производственного комплекса и другие причины.

В случае обнаружения подобной ЧС основными для работника являются следующие действия:

- если справиться с огнем за несколько секунд не удалось, нужно немедленно сообщить о пожаре по телефону в пожарную охрану;
- вызвать к месту пожара руководителя подразделения;
- принять посильные меры по эвакуации людей и тушению пожара.

Действия прибывшего к месту пожара руководителя подразделения:

- продублировать сообщение о пожаре в пожарную часть;

- привлечь к тушению добровольную пожарную дружину и поставить в известность администрацию объекта;
- организовать спасение людей;
- при необходимости отключить электроэнергию, остановить работу агрегатов, перекрыть сырьевые, газовые и другие коммуникации;
- прекратить все работы на объекте;
 - осуществлять руководство тушением пожара до прибытия подразделения пожарной команды, а затем действовать по указаниям руководителя тушением пожара.

Заключение

В результате выполнения данной выпускной квалификационной работы было доказано математическими расчётами и моделированием, что данный вертикальный стальной резервуар при наличии отклонения от проектного радиуса сферической крыши до 60 мм можно продолжать эксплуатировать и это будет абсолютно безопасно.

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

В разделе социальная ответственность объектом исследования данного раздела являлась оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов, разработка мер защиты от них, также рассмотрение вопросов техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды при работе

нефтегазового персонала, обслуживающего вертикальный стальной резервуар. Наиболее вероятными чрезвычайными ситуациями при работе персонала могут быть пожар на объекте и поражение рабочих вращающимися частями механизмов. Так же опасным фактором является поражение электрическим током. Персонал работает в условиях возможного воздействия ряда неблагоприятных для здоровья факторов. В связи с этим, обязательным является соблюдение санитарных норм проектирования промышленных предприятий. Поэтому «Социальная ответственность» и их внедрение на объекте очень важно, в данной работе это было отражено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ПБ 03-605-03. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс] : утв. Госгортехнадзором России 09.06.03 : взамен ПБ 03-381-00. – Режим доступа : Стройконсультант.
2. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции : строит. нормы и правила [Текст] : утв. Госстроем СССР 14.08.81 : взамен СНиП II-В.3-72; СНиП II-И.9-62; СН 376-67 : дата введ. 01.01.82. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.
3. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81* «Стальные конструкции») [Текст] : утв. ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР 15.08.85. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 148 с.
4. СП 53-102-2004. Общие правила проектирования стальных конструкций [Текст] : свод правил по проектированию и строительству : утв. и введен ЦНИИСК им. Кучеренко 01.01.05 : введен впервые. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 188 с.

5. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия [Текст] : строит. нормы и правила : утв. Госстроем СССР 29.07.85 : взамен главы СНиП II-6-74 : дата введ. 01.01.87. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 44 с.
6. ГОСТ 31385-2016 . Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов.
7. РД 34.21.526-95: Типовая инструкция по эксплуатации металлических резервуаров для хранения жидкого топлива и горячей воды. Строительные конструкции.
8. Андреев А.Ф. и др. Организация и Управление предприятиями нефтяной и газовой промышленности: Учебное пособие / Под ред. Е.С

Сыромятникова. – М.: Нефть и газ, 1997 – Ч. 1. – 144 с., М.: Нефть и газ, 1999 – Ч. 2. – 139 с.

9. Злотникова Л.Г. Финансовый менеджмент в нефтегазовых отраслях: Учебник. – М.: Нефть и газ, 2005. – 452 с.

10. Зубарева В.Д. и др. Финансы предприятий нефтегазовой промышленности: Учебное пособие. – М.: ГТА-Сервис, 2000. – 368 с.

11. Трудовой кодекс Российской Федерации (по состоянию на 1 октября 2017 года). – Новосибирск: Норматика, 2017. – 208 с. – (Кодексы. Законы. Нормы).

12. Свод правил: СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту. М.: Минздрав

России, 2003. – 52 с.

13. СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

14. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

15. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

16. Characterization of the sludge deposits in crude oil storage tanks /

- I.A. Gopang, H. Mahar, A.S. Jatoi, K.S. Akhtar, M. Omer, M.S. Azeem // Journal of Faculty of Engineering & Technology. – 2016. – V. 23 (1). – P. 57–64.
17. Рыбалко П.Н., Прибытков П.А., Бурков П.В. Исследование напряженнодеформированного состояния днища резервуара с коррозионным поражением // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых – Томск: ТПУ, 2014. – Т. II. – С. 624–625.
18. Гималетдинов Г.М., Саттарова Д.М. Способы очистки и предотвращения накопления донных отложений в резервуарах // Нефтегазовое дело. – 2006. – Т. 1. URL: <http://ogbus.ru/article/sposobyochistkiipredotvrashheniyanakopleniyadonnykhotlozhenijvrezervuarakh> (дата обращения 13.06.2018).
19. Experimental investigations of various methods of sludge measurements in storage oil tanks / M. Monteiro, V. Svet, D. Sandilands, S. Tsysar // Advances in Remote Sensing. – 2015. – V. 4. – № 2. – P. 119–137.
20. Чурикова Л.А., Конашева Е.А., Утегалиев А.Т. Обзор современных методов очистки резервуаров от нефтяных остатков // Технические науки в России и за рубежом: материалы V Междунар. науч. конф. – М., январь 2016 г. – М.: БукиВеди, 2016. – С. 71–75.
21. Hu G., Li J. Zeng G. Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry: a review // Journal of hazardous materials. – 2013. – V. 261. – P. 470–490.

22. Method for removing sludge in crude oil tank and recovering oil therefrom: patent US6673231B2, United States, Publ. 06.01.2004.
23. Method for cleaning storage tanks: patent US20070283981A1, United States, Publ. 13.12.2007.
24. Oil tank sludge removal method: patent US20060042661A1, United States, Publ. 2.03.2006.
25. Water washing method and system for crude oil tank: patent US20170291200A1, United States, Publ. 12.10.2017.
26. Костин М.В., Демин А.В., Садчиков А.В. Очистка емкостей от остатков нефти и нефтепродуктов с помощью эффлюэнта // Научное обозрение. Биологические науки. – 2015. – № 1. – С.93.
27. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Особенности совместной работы резервуара и устройств размыва донных отложений винтового типа // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2. – С. 1671–1675.
28. Nekrasov V.O. Modeling bottom sediment erosion process by swirling the flow by tangential supply of oil in the tank // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Transport and Storage of Hydrocarbons. – 2016. – V. 154. 7 p. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/154/1/012003> (дата обращения 13.06.2018).
29. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей: В 2х т. Т. 1. – М.: Мир, 1991. – 504 с.
30. Андерсон Д., Таннехил Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. – М: Мир, 1990. – 726 с.

31. Уилкокс Д.К. Многомасштабная модель турбулентных течений // Аэрокосмическая техника. – 1989. – № 11. – С. 4760.

32. Численное решение многомерных задач газовой динамики /под ред. С.К. Годунова. – М.: Наука, 1976. – 400 с.

33. Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошной среды. Практическое руководство / под ред. проф. А.К. Любимова. – Нижний Новгород: Издво Нижегородского госуниверситета, 2006. – 227 с.

34. Burkov P.V., Burkova S.P., Samigullin V.D. Computer Simulation of Stress-Strain State of Oil Gathering Pipeline Designed for Urethane Coatings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – V. 125: Materials Treatment: Current Problems and Solutions. – 7 p.