

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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки: 18.03.01 «Химическая  
 технология» Отделение школы (НОЦ): Отделение  
 химической инженерии

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b>
<b>Исследование влияния технологических параметров на процесс расслоения водонефтяных эмульсий высоковязких нефтей</b>

УДК665.614-044.965

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Голубцова Ксения Олеговна		

РуководительВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Бешагина Е.В.	к.х.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООТД	Сечин А.А.	к.т.н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП,должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Е.А	к.х.н.		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП**  
**«Химическая технология переработки нефти и газа»**  
**(направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»)**

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
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 безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен и готов использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готов использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готов использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владеет пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознанием опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владеет основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий

<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен и готов осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готов применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готов использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способен использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способен налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способен проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готов к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способен анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способен проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способен выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК(У)-1	Способен планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов
ДПК(У)-2	Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования
ДПК(У)-3	Готов использовать знания фундаментальных физико-химических закономерностей для решения возникающих научно-исследовательских задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе, химических реакторов
ДПК(У)-4	Готов использовать информационные технологии при разработке проектов
ДПК(У)-5	Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования на английском языке



<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Литературный обзор  1.1 Основные характеристики водонефтяных эмульсий  1.2 Методы разрушения стойких водонефтяных эмульсий  1.3 Стабилизаторы нефтяных эмульсий  1.4 Технологическое оборудование для разделения водонефтяной эмульсии  2 Объекты и методы исследования  2.1 Методика расчёта процесса отстаивания  3 Расчёт влияния и основных технологических параметров на процесс отстаивания Расчёты и аналитика  3.1 Обработка и анализ экспериментальных данных  3.2 Расчёт отстойника с переливными перегородками  4 Финансовый менеджмент  5 Социальная ответственность</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент»</p>	<p>Кандидат экономических наук Рыжакина Т.Г</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Кандидат технических наук Сечин А.И</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Нет</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Бешагина Е.В.	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Голубцова Ксения Олеговна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Д8Б	Голубцова Ксения Олеговна

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение химической инженерии
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационно-технологических и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение структуры работ. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i></li> <li>2. <i>Матрица SWOT</i></li> <li>3. <i>Альтернативы проведения НИ</i></li> <li>4. <i>График проведения и бюджет НИ</i></li> <li>5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i></li> </ol>
--

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	03.02.2023
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-2Д8Б	Голубцова Ксения Олеговна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Д8Б	Голубцова Ксения Олеговна

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение химической инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 «Химическая технология»

Тема ВКР:

<b>Исследование влияния технологических параметров на процесс расслоения водонефтяных эмульсий высоковязких нефтей</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения.	Объектом исследования являются водонефтяные эмульсии (129 аудитория, 2 корпус). Область применения: повышение эффективности разделения стойких и аномальностойких водонефтяных эмульсий.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</b>	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>2. Производственная безопасность.</b>	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> <li>– неудовлетворительный микроклимат;</li> <li>– повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– электроопасность;</li> <li>– повышенный уровень напряженности электрического и электромагнитного полей;</li> <li>– пожаровзрывоопасность на объектах;</li> <li>– наличие взрывоопасных и токсичных веществ.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, утилизация компьютерной техники периферийных устройств);</li> <li>– решение по обеспечению экологической безопасности.</li> </ul>

<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий.</li> <li>– пожаровзрывоопасность(причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>
<p><b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b></p>	
<p align="center"><b>Исследование влияния технологических параметров на процесс расслоения водонефтяных эмульсий высоковязких нефтей</b></p>	
<p><b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b></p>	
<p>1 Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.</p>	<p><i>Объект исследования</i> – влияние технологических параметров на процесс разделения водонефтяных эмульсий высоковязких нефтей.  <i>Рабочая зона</i> – химико – аналитическая лаборатория.  <i>Область применения</i> – промысловая подготовка нефти при процессах обезвоживания.</p>
<p><b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b></p>	
<p><b>1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019).</li> <li>– Закон РФ "О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях" от 19 февраля 1993 г. N 4520-1;</li> <li>– Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) "О Промышленной безопасности Опасных производственных объектов".</li> </ul>

<p><b>2 Производственная безопасность:</b>  2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов  2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– отклонение показателей микроклимата в помещении;</li> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– превышение уровня шума;</li> <li>– воздействие вредных веществ;</li> <li>– подвижные части производственного оборудования;</li> <li>– повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;</li> <li>– поражение электрическим током;</li> <li>– нервно-психические перегрузки</li> </ul>
<p><b>3 Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Вредное воздействие распространяется преимущественно на гидросферу (сбросы) и на литосферу (отходы). Воздействие на атмосферу практически отсутствует, так как нет выброса газообразных веществ</p>
<p><b>4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Перечень возможных ЧС: пожар, взрыв;  Наиболее типичная ЧС: пожар</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.2023
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООТД	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Голубцова Ксения Олеговна		

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 18.03.01

Химическая технология Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

Период выполнения весенний семестр 2022/2023 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2023 г.	Введение	10
01.03.2023 г.	Литературный обзор: основные характеристики водонефтяных эмульсий, методы разрушения стойких водонефтяных эмульсий, стабилизаторы нефтяных эмульсий, технологическое оборудование для разделения водонефтяных эмульсий.	15
10.04.2023 г.	Объекты и методы исследования: объекты исследования; методика расчёта процесса отстаивания, расчёт влияния основных технологических параметров на процесс отстаивания	20
15.04.2023 г.	Расчеты и аналитика: обработка и анализ экспериментальных данных, расчёт отстойника с переливными перегородками	10
01.05.2023 г.	Написание ВКР, выполнение технико-экономического раздела	20
10.05.2023 г.	Раздел «Финансовый менеджмент». Раздел «Социальная ответственность»	15
01.06.2023 г.	Заключение	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Бешагина Е.В.	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Голубцова Ксения Олеговна		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Елена Анатольевна	к.т.н., доцент		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 95 страниц, 7 рисунков, 28 таблиц, 26 источников, 2 единицы графического материала.

Ключевые слова: ВОДОНЕФТЯНАЯ ЭМУЛЬСИЯ, РАЗРУШЕНИЕ ЭМУЛЬСИИ, ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ОБЕССОЛИВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ВЯЗКОЗТЬ.

Объектом исследования является водонефтяных эмульсий высоковязких нефтей.

Цель работы – Исследование влияния технологических параметров на процесс расслоения водонефтяных эмульсий высоковязких нефтей.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Рассмотреть механизмы образования, стабилизации и разрушения водонефтяных эмульсий.
2. Дать характеристику существующих методов разрушения водонефтяных эмульсий.
3. Изучить эффективность комплексного воздействия на технологические параметры разделения водонефтяных эмульсий высоковязких нефтей.
4. Исследовать процесс отстаивания в отстойнике ОГ-200м<sup>3</sup>.
5. Рассчитать дополнительных устройств встроенных в ОГ-200 м<sup>3</sup>.
6. Исследовать процесс отстаивания в ОГ-200м<sup>3</sup> после реконструкции.
7. Сравнить качество подготовленной нефти до и после реконструкции.

В процессе исследования было описано понятие о нефтяных эмульсиях. Перечислены причины образования; Описаны методы предотвращения образования и борьбы с эмульсиями. В процессе работы был произведен расчет процесса разделения эмульсий, при увеличении начальной обводненности нефти, исследовалось влияние различных параметров на качество проведения данного процесса.

Проведенные расчеты показали, что процесс обезвоживания проходит достаточно не эффективно, поэтому необходимо было произвести реконструкцию установки. Но после проведения реконструкции при повышении начальной обводненности до 35% конечная обводненность увеличивается до значений удовлетворяющих ГОСТ Р 51858 2002, а с увеличением до 40% потребуются провести повторную реконструкцию технологической схемы. Содержание солей во всем интервале начальной обводненности соответствует ГОСТ Р 51858-2002, но для внедрения его на практике было необходимо учитывать, кроме технологических показателей еще и экономические показатели, такие как: объем необходимых инвестиций, себестоимость готовой продукции, время простоя установки на период реконструкции и другие.

Рассмотрен раздел социальной ответственности при работах, связанных с подготовкой нефти.

## Содержание

Реферат.....	12
Введение .....	16
1 Литературный обзор.....	20
1.1 Основные характеристики водонефтяных эмульсий.....	21
1.2 Методы разрушения стойких водонефтяных эмульсий .....	29
1.3 Стабилизаторы нефтяных эмульсий.....	37
1.4 Технологическое оборудование для разделения водонефтяной эмульсии .....	38
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	43
2.1 Методика расчета процесса отстаивания .....	44
2.2 Расчет влияния основных технологических параметров на процесс отстаивания.....	47
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	51
3.1 Обработка и анализ экспериментальных данных .....	51
3.2 Расчет отстойника с переливными перегородками .....	52
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	58
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	58
4.2 Анализ конкурентных технических решений.....	59
4.3 SWOT-анализ.....	60
4.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию .....	65
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	65
4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	66
4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	67

4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	71
4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ .....	72
4.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы.....	72
4.5.4 Расчет дополнительной заработной платы .....	74
4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	74
4.5.6 Накладные расходы .....	75
4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	75
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	76
5 Социальная ответственность .....	79
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	80
5.2 Производственная безопасность.....	81
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	82
5.2.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя.....	86
5.3 Экологическая безопасность.....	88
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуаций.....	89
Заключение .....	92
Список использованных источников .....	93

## Введение

Одной из важнейшей особенностей, характерной для современной нефтяной промышленности, является увеличение в мировой структуре сырьевых ресурсов доли трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ), к которым в основном относятся, тяжелые и высоковязкие нефти. Запасы аномальных высоковязких нефтей значительно превышают запасы легких и маловязких нефтей.

По различным оценкам специалистов, мировые запасы тяжелых и битуминозных нефтей оцениваются от 650 млрд. т до 1 трлн. т, что почти пять раз превышает объем остаточных извлекаемых запасов нефтей малой и средней вязкости, составляющий лишь 162,3 млрд. т. Доля трудноизвлекаемых запасов с каждым годом растет и уже составляет примерно 65 % от общего объема запасов в России. В нашей стране доля их добычи лишь начинает нарастать.

В промышленно развитых странах они рассматриваются не столько как резерв добычи нефти, сколько в качестве основной базы ее развития на ближайшие годы.

Россия обладает значительными трудноизвлекаемыми запасами нефтей, по прогнозам их доля составляет около 55% в общем объеме запасов.

В современной нефтяной промышленности, в связи с истощением запасов наиболее легкодоступных нефтей основную базу прироста нефтедобычи будут составлять ТРИЗ. На месторождениях, находящихся на поздней стадии разработки, применяются методы повышения нефтеотдачи, которые могут привести к высоким уровням потери воды в добываемой нефти. Нефть при добыче содержит пластовую воду под давлением, соли, механические примеси и природные эмульгаторы - асфальтены и смолы. Нефть и вода постоянно перемешиваются по мере подъема нефти с забоя на устье скважины и движения по добывающему трубопроводу. В результате непрерывного смешивания нефти

и воды образуются водонефтяные эмульсии, которые трудно разделить, они обладают высокой когезионной устойчивостью и высокой вязкостью.

Эмульгирование нефти приводит к осложнению процессов добычи, сбора и дальнейшей транспортировки нефти. Наличие водонефтяных эмульсий значительно осложняет добычу, сбор и подготовку товарной нефти. Эмульсии создают дополнительные проблемы при транспортировке и хранении нефти. Присутствие водонефтяных систем способствует интенсивному коррозионному износу оборудования, повышает температуру застывания нефти, увеличивает ее вязкость, может приводить к усиленному выделению асфальтосмолопарафиновых отложений. В свою очередь, осадкообразование приводит к снижению продуктивности скважин и пропускной способности нефтепроводов.

Обезвоживание сырой нефти является важнейшей технологической задачей комплексной переработки нефти. Существует необходимость значительно ускорить процесс разрушения (расслоения) водно-нефтяной эмульсии.

Таким образом, **целью работы** является анализ и изучение комплексных методов разрушения водонефтяных эмульсий высоковязких нефтей и влияние технологических параметров на их разделение.

Для достижения данной цели были выделены следующие **задачи**:

1. Рассмотреть механизмы образования, стабилизации и разрушения водонефтяных эмульсий.
2. Дать характеристику существующих методов разрушения водонефтяных эмульсий.
3. Изучить эффективность комплексного воздействия на технологические параметры разделения водонефтяных эмульсий высоковязких нефтей.
4. Исследовать процесс отстаивания в отстойнике ОГ-200м<sup>3</sup>.
5. Рассчитать дополнительных устройств встроенных в ОГ-200 м<sup>3</sup>.
6. Исследовать процесс отстаивания в ОГ-200м<sup>3</sup> после реконструкции.
7. Сравнить качество подготовленной нефти до и после реконструкции.

В первой части работы автором будет проведен анализ разработок в области промышленной подготовки нефти на основании патентного анализа. Произведен литературный обзор по теме. Рассмотрены теоретические основы образования, подготовки и разделения водонефтяных эмульсий, вязких нефтей с особенностями применяемых технологий.

## **ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

**ГОСТ** – Государственный стандарт;

**ДНС** – Дожимная насосная станция;

**НИ** – Научно исследовательская;

**ПДК** – Предельно допустимая концентрация;

**ПФ** – Пенсионный фонд;

**СИЗ** – Средства индивидуальной защиты;

**ТРИЗ** – Трудноизвлекаемые запасы;

**УПН** – пункт подготовки и сбора нефти;

**УППН** – установка первичной переработки нефти;

**УПСВ** – установка предварительного сброса воды;

**ФСС** – Фонд социального страхования;

**ФФОМС** – Федеральный фонд обязательного медицинского страхования;

**ЭЛОУ** – Электрообессоливающая установка.

## 1 Литературный обзор

Нефтепромысловая переработка - это промежуточный этап добычи, извлечения и транспортировки нефти до конечного потребителя - нефтеперерабатывающего завода или экспорта. Эффективность и надежность магистральных трубопроводов зависит от того, насколько нефть переработана на месторождении. Важно понимать, что переработка нефти - это процесс удаления из нефти примесей, воды, газа и других нежелательных элементов. Нефть, не прошедшая надлежащую обработку, может затруднить транспортировку и переработку, что, в свою очередь, может повлиять на качество и количество производимой продукции. Поэтому промысловая подготовка нефти является важным этапом в цепочке добычи и переработки. Она обеспечивает более эффективную и надежную транспортировку нефти и производство нефтепродуктов более высокого качества.

Если вместе с нефтью в трубопроводе присутствует даже небольшое количество балласта (1-2% в виде глобул воды и механических примесей), это может привести к более интенсивному износу насосного оборудования и уменьшению пропускной способности трубопроводов, а также увеличению вероятности их порывов[1]. Если нефть содержит большое количество воды, то это может снизить качество продуктов, получаемых из нее, а также создать проблемы на нефтеперерабатывающих заводах, такие как коррозия и закупорка теплообменной и нефтеперегонной аппаратуры. Балласт и вода в нефтепроводах и нефтеперегонных аппаратах могут привести к ухудшению качества продуктов, увеличению износа оборудования и повышению риска аварий. Поэтому важно контролировать количество балласта и воды в нефти и принимать меры для их устранения.

Длительная эксплуатация нефтяных пластов и их заводнения, способствует образованию стойких водонефтяные эмульсии, в результате чего увеличивается температура застывания нефти и ее вязкость [2].

Разрушение водонефтяных эмульсий и эффективное их разделение на промысле является одной из самых главных задач и экспериментального исследования в этой области.

### **1.1 Основные характеристики водонефтяных эмульсий**

При разработке нефтяных месторождений нефть добывается вместе с пластовой водой. По мере увеличения времени разработки нефтяного месторождения, количество воды, закачиваемой на нефтяное месторождение, увеличивается. Часто это может быть связано с внедрением систем для поддержания давления в слое. По мере увеличения обводненности водонефтяной эмульсии возникает проблема с дальнейшим обезвоживанием для подготовки нефти к дальнейшей транспортировке в готовом состоянии. Это включает очистку нефтесодержащих газов, проточной воды, механических примесей и хлоридных солей до тех пор, пока они не будут соответствовать стандартам качества. Для этого объекта могут быть использованы различные типы оборудования для подготовки нефти, в том числе насосные станции высокого давления (ДНС), установок предварительной очистки сточных вод (УПСВ) и установок первичной переработки нефти (УППН). Из-за высокой стоимости подготовки нефти существует острая потребность в усовершенствованных технологиях и оборудовании.

Задача УППН – довести сырую нефть до товарного качества. Сырая нефть обезвоживается, обессоливается, отделяется от газа и очищается от механических примесей. Все эти негативные факторы оказывают отрицательное влияние на процессы транспортировки и подготовки нефти. Например, вода увеличивает вязкость водонефтяных эмульсий и создает дополнительную нагрузку на насосы. Она так же увеличивает скорость коррозии трубопроводов, оборудования и клапанов. Во время транспортировки вода выступает в качестве нежелательного балласта, а транспортировка балласта экономически нецелесообразна, поэтому воду необходимо утилизировать как можно скорее, а не перекачивать вместе с нефтью.

Наличие легких углеводородов в нефти приводит к образованию газовых пробок в трубопроводе.

Наличие механических примесей в нефти приводит к засорению фильтра насоса и блокировке входного фильтрующего элемента оборудования.

Наличие хлористых солей и сероводорода приводит к сильной коррозии всего оборудования и трубопроводов.

Чтобы избежать эти проблемы, нефтеперерабатывающие заводы регулируют содержание всех вышеперечисленных веществ до максимально безопасных концентраций, и полученная нефть приобретает качество товарной нефти. Допустимые концентрации, при которых воздействие этих веществ минимально, указаны в ГОСТ Р 51858-2002.

Согласно ГОСТ Р 51858-2002, термины сырая нефть и товарная нефть определяются следующим образом :

- сырая нефть: жидкая природная ископаемая смесь углеводородов с широким диапазоном физико-химического состава, содержащая растворенные газы, воду, минеральные соли и механические примеси, служащая основным сырьем для производства жидкого топлива (бензина, парафина, дизельного топлива, мазута), смазочных масел, битума и кокса [3].

- товарная нефть: сырая нефть, подготовленная для поставки потребителям в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и технической документации, принятой в установленном порядке.

В таблице 1.1 приведены допустимые концентрации в нефти воды, хлористых солей, механических примесей и сероводорода.

Таблица 1.1 – Допустимые концентрации вредных веществ в товарной нефти

Наименование показателя	Норма для нефти группы			Метод испытания
	1	2	3	
1 Массовая доля воды, %, не более	0,5	0,5	1,0	По ГОСТ 2477 и 9.5 настоящего стандарта

2 Концентрация хлористых солей, м/дм <sup>3</sup> , не более	100	300	900	По ГОСТ 21534 и 9.6 настоящего стандарта
3 Массовая доля механических примесей, %, не более	0,05			По ГОСТ 6370
4 Массовая доля сероводорода, млн. <sup>-1</sup> (ppm), не более	20	50	100	По ГОСТ Р 50802 и 9.9 настоящего стандарта
Примечание: 1. Если по одному из показателей нефть относится к группе с меньшим номером, а по другому - к группе с большим номером, то нефть признают соответствующей группе с большим номером. 2. Нефть с нормой "менее 20 млн. <sup>-1</sup> " по показателю 4 таблицы считают не содержащей сероводород.				

По ГОСТ Р 51858-2002, нефти подразделяют на 3 группы, в зависимости от содержания в них вредных веществ. Чем ниже номер группы, тем меньше концентрация веществ. Степень подготовки (группа) нефти, определяется из условия ее дальнейшей переработки.

Для нефти, поступающей на УПН характерна невысокая концентрация сероводорода и хлористых солей, а вот содержание воды - более серьезная проблема для УПН. Наряду с процессом отстаивания, обезвоживание нефти проводят с использованием реагентов – деэмульгаторов. Эти процессы обезвоживания протекают параллельно друг другу. Из самых известных и доступных, реагентов, деэмульгаторов, на месторождении применяются такие маркировки деэмульгаторов: Дисолван V3408, Кемеликс 3417X и СНПХ 4501. Каждый деэмульгатор разработан для нефти с определенной углеводородной структурой, содержащей воду, хлор и другие вредные компоненты. Выбирать деэмульгатор для определенного состава нефти производится на основании эксперимента, предпочтение уделяется деэмульгатору, показатель которого показал наилучшее качество наименьшей конечной обводненности нефти.

Нефть является тяжелой ( $\rho > 934 \text{ кг/м}^3$ ), высоковязкой ( $V_{50} > 3D$ ), высокосернистой (1,98 % мас.), с малым количеством светлых фракций и

твердых парафинов, но с высоким содержанием смол, асфальтенов и гетероатомов (S, N, O).

Отделение нефти (сепарация) часто не представляет особой сложности, в отличие от "сброса" подтоварной воды. Процесс извлечения включает смешивание нефти и пластовой воды с образованием водонефтяной эмульсии.

Из-за высокой обводненности и высокой вязкости при первичной обработке нефти возникают дополнительные трудности, поскольку количество апластичной воды в нефтяном месторождении увеличивается [4].

Эксплуатация объектов, на которых присутствуют водно-масляные эмульсии, оказывает негативное влияние на срок службы объектов: колодезных фондов, коллекторных систем. Помимо прочего, дегазация и отвод подводной воды в вакуумных насосных установках и установках предварительной вентиляции затрудняются.

Эмульсии в самом широком смысле обычно определяются как дисперсные системы, состоящие из двух жидкостей, нерастворимых или слабо растворимых друг в друге, одна из которых диспергирована в другой в виде мелких капель [5].

Эмульсии можно разделить на два типа:

А) Эмульсии первого вида (прямые): нефть - дисперсная фаза, вода - дисперсионная среда;

В) Эмульсии второго вида: нефть-дисперсионная среда, вода-дисперсная фаза в соответствии с Рисунком 1.

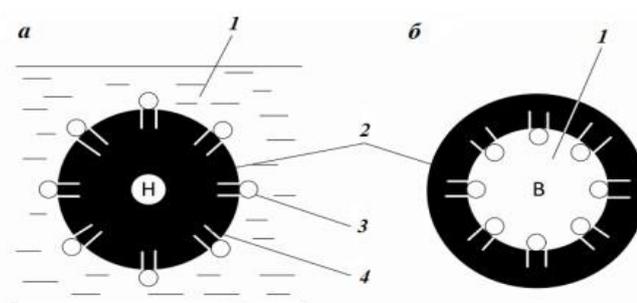


Рисунок 1 – Образование прямой (а) и обратной (б) эмульсии:

1 – водная фаза, 2 – нефтяная фаза, 3 – полярная часть молекул, 4 – неполярная часть молекул

Образование эмульсии может происходить и в призабойной зоне скважины в стволе скважины, но и в поверхностном оборудовании. Образование и стойкость водонефтяных эмульсий в основном определяется относительной величиной содержания фаз, скоростью движения водонефтяной смеси и температурным режимом.

Эмульгирование нефти первоначально происходит на границе раздела фаз, и объем эмульсии увеличивается с увеличением скорости потока.

Образование эмульсии происходит в ходе процессов диспергирования коалесценции. В эмульсиях типа «нефть в воде» нефти содержится в виде глобул в подтоварной воды, соответственно «вода в нефти» - подтоварная вода в нефти содержится в виде глобул.

Глобулы воды имеют форму шара, потому что форма имеет меньшую площадь поверхности при заданном объеме. Защитный слой представляет собой совокупность природных эмульгаторов, образующихся в результате межмолекулярных взаимодействий полимерных соединений, окруженных адсорбированными слоями из смол, полициклических гетероароматических соединений.

Размеры глобул дисперсной фазы в эмульсиях обычно не более 100 мкм, но могут достигать и больших значений [6].

Масляные эмульсии характеризуются следующими параметрами:

**а) Дисперсность эмульсии** – это степень расщепления дисперсной среде.

Дисперсность может быть охарактеризована тремя величинами:

1) Удельная площадь межфазной поверхности;

2) Обратное значение диаметра капель  $D=1/d$ ;

3) Диаметр капли.

**б) Вязкость** – делится на два типа:

– Вязкость, возникающая при пульсации давления дисперсной среды (нефи);

И дисперсная фаза (вода)

– Динамическая вязкость, которая зависит от:

- вязкости самой нефти;
- температуры, при которой образуется эмульсия;
- количества воды, содержащейся в нефти;
- степени дисперсности.

Точка инверсии – это критическое значение коэффициента обводненности, при котором вязкость эмульсии начинает снижаться. В точке инверсии происходит обращение фаз, при которой дисперсная фаза(вода) становится дисперсной средой, а дисперсная среда (нефть) – дисперсной фазой.

Инверсия происходит с введением в эмульсию поверхностно-активных веществ (ПАВ) и в результате увеличения содержания воды в эмульсии.

**в)** Плотность эмульсии. Определяется путем знания плотности воды и нефти в чистом виде. Они являются хорошими диэлектриками. Если в воде очень низкое содержание растворенных солей и кислот электропроводность воды увеличивается в несколько десятков раз. Свойства капель воды в эмульсиях вдоль линий электрического поля является основной причиной использования этого метода для разрушения нефтяных эмульсий.

**г)** Устойчивость–способность в течение определенного периода времени не разделяться на фазы (нефть и вода) и не разрушаться.

Энергия, затраченная на образование эмульсии, концентрируется на границе раздела фаз в виде свободной поверхностной энергией и называемой поверхностным (или межфазным) натяжением,

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1.1)$$

где,  $\sigma$  – это удельная работа образования поверхности. [ $\sigma$ ]=эрг/см<sup>2</sup>; Дж/м<sup>2</sup>; Н/м; дин/см.

Из физики:  $\sigma$ – это сила, стягивающая гипотетическую пленку на поверхности жидкости и противодействующая ее растяжению, т.е. величина  $\sigma$  – определяется работой против сил молекулярного взаимодействия.

Свободная энергия системы в процессе диспергирования увеличивается ( $\Delta F > 0$ ,  $\Delta F = \Delta U - T\Delta S > 0$ ), система характеризуется высокими значениями  $\sigma$  на межфазной границе.

Капли в жидкой дисперсной фазе имеют сферическую форму, поскольку сферы имеют наименьшую площадь поверхности по отношению к своему объему.

Величина  $\sigma$  – важнейшая молекулярная константа вещества (при  $T = const$ ), характеризующая полярность жидкости.

Поэтому полярные жидкости с сильными межмолекулярными взаимодействиями показывают высокие значения  $\sigma$ : вода  $\sigma = 72.5$  эрг/см<sup>2</sup>, а для слабополярного гексана  $\sigma = 18.4$  эрг/см<sup>2</sup>. Таким образом, создание новой межфазной поверхности требует затраты энергии на преодоление сил ММВ и значительная часть этой энергии накапливается на межфазной границе в виде избыточной поверхностной энергии. В результате молекулы, расположенные на границе раздела, являются «особенными» по своему энергетическому состоянию.

Избыток свободной энергии делает такие системы термодинамически нестабильными.

Важным показателем стабильности эмульсии является агрегатная и кинетическая стабильность. Кинематическая стабильность эмульсии характеризует ее способность разделять эмульсию на нефть и подтоварную воду, в то время как агрегатная способность глобул к коалесценции.

Кинетическая устойчивость – это устойчивость дисперсной фазы к силе тяжести, т.е. устойчивость системы к оседанию или всплыванию частиц (глобул) дисперсной фазы под действием силы тяжести.

В разбавленных системах кинетическая устойчивость может быть оценена как обратная величина скорости оседания частиц дисперсной фазы:

$$K_v = \frac{1}{W_r} = \frac{9 \times \mu_N}{2(\rho_B - \rho_H)r_B^2 g}, \quad (1.2)$$

где  $W_r$  — скорость оседания частиц дисперсной фазы;  $r$  — радиус частиц;  $\rho_B - \rho_H$  — разность плотностей дисперсной фазы и дисперсионной среды, кг/м<sup>3</sup>;  $\nu$  — кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/с;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Уравнение показывает, что чем выше вязкость диспергатора, чем меньше разница плотности эмульгирующей среды и чем меньше радиус водных сфер (частиц дисперсной фазы), тем выше кинетическая стабильность эмульсии.

Агрегативная устойчивость — это способность системы сохранять дисперсность индивидуальность частиц дисперсной фазы.

Таким образом, высокодисперсные системы кинетически стабильны (характеризуются установлением равновесия между оседанием и диффузией), а грубодисперсные системы разрушаются (разделяются на нефть и воду) в результате оседания (или всплытия) частиц дисперсной фазы.

Когда частицы дисперсной фазы (водные сферы) слипаются под действием молекулярного притяжения (сил Ван-дер-Ваальса), образуя более крупные агрегаты при столкновении друг с другом или с поверхностью раздела фаз, этот процесс иногда называют коагуляцией.

В таких агрегатах частицы сохраняются неповрежденными в течение некоторого времени, но спонтанно коалесцируют по мере сужения границы раздела.

Следствием потери флокуляционной устойчивости является потеря оседающей (кинетической) устойчивости.

В подготовительном процессе стратификации продукции нефтяных скважин когезионная и кинетическая устойчивость газонефтяных эмульсий должна быть максимально снижена.

Некоторые нефтяные эмульсии чрезвычайно стабильны и долговечны.

Почему нефтяные эмульсии (и многие другие сублимированные коллоидные системы), несмотря на термодинамическую нестабильность ( $\Delta F > 0$ ), кинетически стабильны без заметных изменений с течением времени?

Дело в том, что на поверхности раздела фаз вода – нефть, образуется защитный слой из поверхностно-активных веществ (эмульгаторов), которые часто содержатся в нефти, но это действие всегда требует времени (т.е. происходит дольше). Чем дольше дисперсная вода находится в контакте с такими веществами, тем прочнее становится защитный слой, поэтому эмульсия В/Н со временем стабилизируется, т.е. "старее" (на это уходит около суток). Поэтому свежие эмульсии разрушаются легче и быстрее. Важным практическим выводом является то, что чем быстрее эмульсия начинает разрушаться, тем легче она разрушается.

По дисперсности различают следующие типы водонефтяных эмульсий:1[7]:

- мелкодисперсные – размер капель воды от 0,2 до 20 мкм;
- средней дисперсности – размер капель воды от 20 до 50 мкм;
- грубодисперсные – размер капель воды от 50 до 300 мкм.

Диапазон размера капель в нефтяных эмульсиях: 10-5 – 10-2см (0.1 – 100 мкм), т.е. нефтяные эмульсии содержат капли всех трех размеров, т.е. нефтяные эмульсии — полидисперсны.

## **1.2 Методы разрушения стойких водонефтяных эмульсий**

Основные способы разрушения водонефтяных эмульсий в настоящее время подразделяются на следующие типы:

- 1) **Механический** – фильтрация, центрифугирование, обработка ультразвуком.
- 2) **Термический**–подогрев и оттаивание при атмосферном давлении и под избыточным давлением, промывка горячей водой.
- 3) **Физико-химический** – обработка эмульсии различными (чаще всего поверхностно – активными) реагентами-деэмульгаторами.
- 4) **Электрический** – обработка эмульсии в постоянном или переменном электрическом поле.

На практике ни один из вышеперечисленных методов не используется в чистом виде, поскольку эффективность деэмульсации определяется многими факторами. В промышленности используются комбинации различных методов, то есть комбинированные методы разрушения нефтяных эмульсий. Однако при создании или анализе таких комбинированных установок необходимо учитывать преимущества и недостатки каждой комбинации. Рассмотрим некоторые из них.

Все **механические** методы разрушения нефтяных эмульсий имеют очень ограниченное применение (фильтрация, центрифугирование), а некоторые (обработка ультразвуком) используются только в лаборатории. Поэтому кратко рассмотрим только два первых способа.

**Фильтрация** с применением колесцирующих материалов применяется для эмульсий с низкой агрегативной устойчивостью. В качестве фильтрующих материалов применяются материалы, которые смачиваются водой, но не смачиваются нефтью, т.е. являются гидрофобными. В процессе фильтрации водонефтяных эмульсий с помощью гидрофобных материалов происходит отфильтровывание нефти.

Показания:

- большая обводненность нефти;
- малая обводненность, но эмульсия нестойкая;
- незначительная разность плотностей воды и нефти.

Этот метод характеризуется более высоким температурным диапазоном (более 99% эффективности даже для частиц размером менее 0,1 мкм) и относительно простой конструкцией фильтров. Однако, необходимость периодической замены фильтрующих элементов приводит к существенному увеличению эксплуатационных затрат и трудоёмкости процесса, а также требует применения достаточно громоздкого оборудования.

**Центрифугирование** производится с помощью ротора вращающегося с высокой скоростью. Водонефтяная эмульсия по полуму валу подается в ротор.

Из-за разной плотности нефти и пластовой воды водонефтяная эмульсия разделяется под действием центробежной силы.

Схема трехфазной горизонтальной центрифуги показана на Рисунке 2. Центробежная сила центрифуги отделяет нефтяную и водную фазы от оборудования.

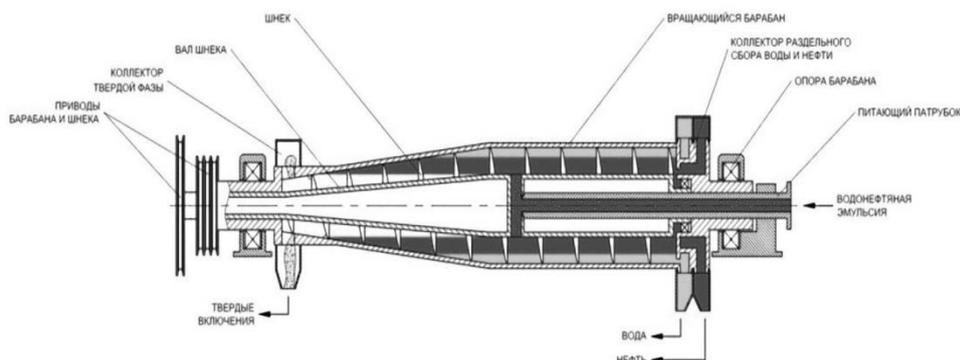


Рисунок 2 – Трёхфазная горизонтальная центрифуга (трикантер)

Вращающийся барабан создает поле центробежных сил. Внутри барабана находится шнек, который удаляет осевшие твердые частицы из струйного кантера. Из-за разных угловых скоростей шнек и барабан часто оснащаются отдельными приводами. Начальная водонефтяная эмульсия подается в барабан через центральную подающую трубу внутри вала шнека. По мере расслоения эмульсии в барабане образуются два жидких кольца: масляное и нефтяное. Из-за меньшей плотности масляное кольцо находится ближе к оси вращения, чем водяное. Поэтому оно может быть выведено отдельно от оборудования с помощью системы коллекторов. Один выход находится рядом со стенкой барабана, а другой рядом со стенкой вала шнека. Жидкость отводится под действием силы тяжести.

Механические примеси, присутствующие в жидкости, которые являются более плотными веществами, прижимаются к стенке чаши центрифуги, тем самым снижая и без того низкую скорость движения жидкости вдоль вала центрифуги. При таких низких скоростях поток жидкости не может смыть и унести механические примеси.

Скорость вращения центрифуги очень важна. Если скорость недостаточно высока, возникнут слабые центробежные силы, и центрифуга просто не будет выполнять свою задачу. Если скорость будет слишком высокой, центрифуга не сможет противостоять силам, которые могут разорвать стенки, что может привести к несчастным случаям.

На работу центрифуги сильно влияет вязкость жидкой фазы. Чем выше вязкость, тем ниже производительность центрифуги. В некоторых случаях для снижения вязкости жидкость можно нагреть.

При центрифугировании вода и механические примеси выделяются из нефти под действием центробежной силы:

$$F_{ц} = \frac{mw^2}{R}, \quad (1.3)$$

Можно воспользоваться уравнением Стокса, заменив в нем ускорение силы тяжести  $g$ , ускорением центробежной силы  $a$ :

$$w_r = \frac{d^2(\rho_B - \rho_H)}{18\mu_H} a, \quad (1.4)$$

Ускорение центробежной силы определяется:

$$a = \frac{w^2}{R} = \frac{(2\pi Rn)^2}{R} 4\pi^2 R n^2, \quad (1.5)$$

где  $w$  — окружная скорость частицы жидкости;  $n$  — число оборотов центрифуги;  $R$  — радиус вращения.

Для частицы, находящейся на расстоянии  $r$  от оси вращения, мгновенная скорость в радиальном направлении определится как:

$$w_r = \frac{dr}{d\tau} = \frac{2\pi^2 n^2 R \cdot d^2 \cdot (\rho_B - \rho_H)}{9 \cdot \mu_H}, \quad (1.6)$$

т.е. скорость отделения капель воды пропорциональна радиусу вращения и квадрату числа оборотов.

Технология центробежного разделения достаточно проста в применении, она хорошо зарекомендовала себя и обеспечивает удовлетворительную

производительность оборудования и высокую прочность процесса благодаря высокой движущей силе. Кроме того, она в большей степени так же обладает большими возможностями для механизации и автоматизации процесса. Однако центрифуги требуют более точного контроля вязкости жидкости и условий работы центрифуги.

**Термическое** воздействие производится с помощью повышения эффективности разделения водонефтяных эмульсий при помощи термического воздействия. Повышение температуры водонефтяной эмульсии производится перед гравитационным отстоем эмульсии до температур 45-80°C, при нагревании уменьшается прочность слоев эмульгатора на поверхности капель, что облегчает их слияние. При этом уменьшается вязкость нефти и происходит увеличения разности плотностей подтоварной воды и нефти, что способствует быстрому разделению эмульсии.

На промысле используются различные типы отстойников периодического и непрерывного действия. Отстойники периодического действия—это резервуары для хранения сырья. При заполнении сырой нефтью вода со временем оседает на дно резервуара. В отстойниках непрерывного действия вода отделяется от водонефтяной эмульсии по мере ее непрерывного движения через отстойник. Движение жидкости в отстойнике происходит в горизонтальном или вертикальном направлении отклонения, в зависимости от конструкции и расположения распределителя. Схема отстойника для нефти с горизонтальной конструкцией показана на Рисунке 3.

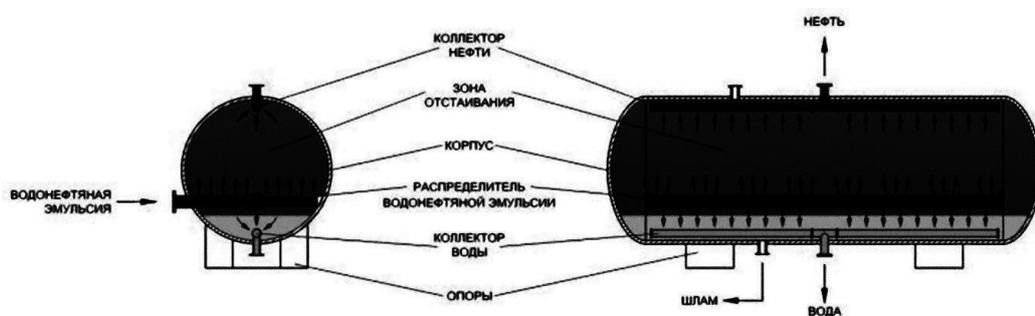


Рисунок 3 – Схема отстойника нефти горизонтального

Наиболее часто используемым типом является горизонтальный отстойник. Смесь воды и нефти подается и распределяется через подающую трубу и соединенный с ней распределитель. В процессе отстаивания смесь подвергается расслоению. В результате на дне отстойника образуется слой дренажного слоя воды, а сверху слой обезвоженной нефти. В центральной части оборудования, зоне седиментации, происходят основные этапы разделения: столкновение, коалесценция и укрупнение дисперсных частиц, и их оседание на дно под действием силы тяжести. Отстойник может быть оснащен патрубками для удаления осадка и выпуска скопившихся газов.

Подогрев осуществляют в резервуарах, теплообменниках и трубчатых печах.

Преимуществами этого метода являются короткое время разделения эмульсий, низкая стоимость оборудования, возможность разделения больших объемов эмульсий, возможность его использования в сочетании с другими методами разделения водонефтяной эмульсий. Однако при более высоких температурах полимерный парафин в адсорбционном слое оболочки капель воды растворяется, что приводит к снижению прочности оболочки и ее разрушению.

**Физико-химическое** воздействие связано с тем, что различные реагенты, вводимые в нефтяную эмульсию, способствуют снижению механической прочности адсорбированной оболочки эмульгатора на границе раздела фаз. Это приводит к увеличению эффективного числа столкновений капель воды, т.е. числа столкновений, приводящих к их коалесценции (слиянию).

Химические методы деэмульгирования обеспечивают достаточную скорость и полное разделение пластовой воды при относительно низких скоростях потока.

Применение деэмульгатора сокращает время обработки эмульсии (примерно до 1 часа).

Показания к применению:

– высокообводненная эмульсия;

–газонасыщенные нефтяные эмульсии не стабилизируются окончательно во время прохождения по трубопроводу. Турбулентность потока и дегазация нефти и связанной с ней воды приводит к постоянному разрушению и коалесценции капель воды. Поэтому не удастся сформировать прочный защитный слой над эмульгированными каплями. Действие деэмульгатора также препятствует образованию защитного слоя природных поверхностно-активных веществ. В результате капли воды свободно коалесцируют и при соответствующих условиях высвобождаются из нефти в виде свободной воды [6].

Метод химической деэмульсации обеспечивает достаточную скорость и полное разделение пластовой воды при относительно низких скоростях потока. Относительно низкий расход реагентов. Экономическая эффективность метода в основном определяется свойствами химического деэмульгатора, в частности его стоимостью. Реакционной способностью, которая определяет эффективность разделения водонефтяных эмульсий.

**Электрическое** воздействие на водонефтяную эмульсию производится электродами с подведенным к ним высокого напряжения переменного тока. Под воздействием электрического поля на разных концах глобул подтоварной воды формируются электрические заряды противоположного знака, что приводит к коалесценции данных капель и дальнейшему осаждению их.

Наиболее распространенный тип электрического дегидрататора представляет собой горизонтальный резервуар в соответствии с Рисунком 4, с распределителем водонефтяной смеси и коллектором для отвода отделенной жидкости.

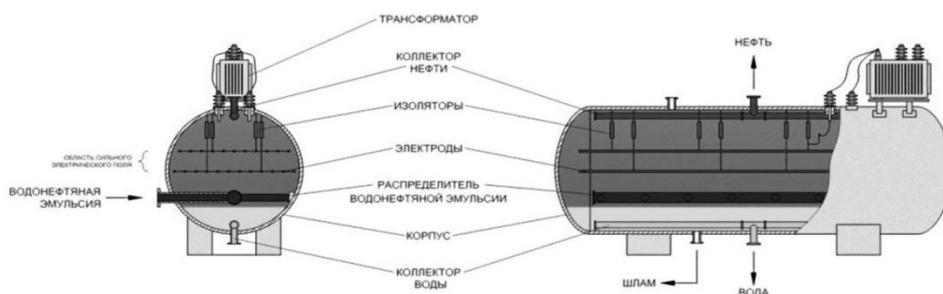


Рисунок 4 – Схема горизонтального электродегидрататора

Основное отличие электродных дегидраторов от отстойников заключается в высокоинтенсивном электрическом поле, создаваемом в отстойнике. Это электрическое поле создается в пространстве электродного дегидратора между электродами, подвешенными на изоляторах, подключенных к источнику напряжения через трансформатор. Водонефтяная смесь, подлежащая разделению, поступает в аппарат через загрузочное отверстие в нижней части аппарата и распределяется горизонтально. Частичное освобождение крупных частиц воды на дне аппарата начинается до того, как эмульсия попадает в зону действия высоковольтного электрического поля. В области между электродами мелкодисперсная водная фаза начинает разрушаться и происходит окончательное обезвоживание. Чистая нефть поднимается вверх и выводится из верхнего коллектора, а вода, скопившаяся в нижней части устройства, удаляется из нижнего коллектора.

Электродегидраторы могут быть и вертикального, и шарового исполнения, но они не получили достаточного распространения ввиду более низкой эффективности или сложности конструкции. Также могут наблюдаться значительные вариации в устройстве электродов, зонах подачи эмульсии, расположении штуцеров и коллекторов и т.д.

Факторы, влияющие на отстой в электрическом поле

При повышении температуры (исходя из формулы Стокса):

- снижается вязкость дисперсионной среды и тем облегчается осаждение частиц дисперсной фазы;
- снижается устойчивость нефтяных эмульсий;
- увеличивается разность плотностей частицы и среды.

Электрический способ разрушения эмульсий являются эффективными и широко распространенными в промышленной и особенно заводской практике. Этот метод применяют на нефтеперерабатывающих заводах при обессоливании нефти на ЭЛОУ (электроочистительных установках), а также при очистки нефтепродуктов от водных растворов щелочей и кислот.

Сравнение методов разрушения водонефтяных эмульсий по эффективности и технологичности приведено в таблице 1.2 [8].

Таблица 1.2 – Методы воздействия на водонефтяные эмульсии

Стадия процесса	Характеристика стадии	Значимость методов	
		По эффективности воздействия	По технологичности
I	Разрушение бронирующих оболочек	Химические реагенты	Химические реагенты
		Нагрев	Перемешивание
		Электрические поля	Нагрев
		Перемешивание	Электрические поля
		Электромагнитные поля	Электромагнитные поля
II	Укрупнение капель	Электрические поля	Гидродинамические эффекты
		Коалесцирующие насадки	Промывка в слое воды
		Гидродинамические эффекты	Электрические поля
		Ультразвук	Коалесцирующие насадки
		Промывка в слое воды	Ультразвук
		Флокулянты	Флокулянты
		Магнитное поле	Магнитное поле
III	Разделение фаз	Центрифугирование	Отстаивание
		Отстаивание	Центрифугирование
		Флотация	Электростатические поля
		Электростатические поля	Флотация

### 1.3 Стабилизаторы нефтяных эмульсий

При приготовлении водонефтяных эмульсий основным методом сброса пластовой воды является использование химических реагентов. Выбор наиболее эффективного химического деэмульгатора для водонефтяных эмульсий определяет глубину разрушения эмульсии, а также технико-экономические показатели процесса [9].

Вещество, обладающее моющими свойствами может быть отнесено к реагенту деэмульгатору, по этой причине в качестве реагентов первоначально использовались жирные кислоты, позже их заменили аммонийными солями.

Велись поиски более высокоэффективных реагентов, что привело к разработке теоретических и практических основ оптимального использования и стоимости деэмульгаторов. В качестве добавок использовались глицерин, касторовое масло, жирные кислоты и др.[10].

В современной промышленности выпускаются реагенты на основе алкилбензосульфоната кальция и алканесульфоната натрия [11].

Применение в качестве базы для выпуска реагентов азотсодержащих соединений, тримеров пропилена и оксиэтилированных алкилфенолов позволяет создавать различные комбинации поверхностно-активных веществ, которые могут быть использованы для достижения синергетического эффекта.

Так же в качестве основы очень часто применяется блоксополимеры окислов глутарового альдегида[12],метилсульфатом[13].

Принцип действия реагентов традиционно классифицируется на два механизма:

**Физическая** теория, основа на том, что реагент воздействуют на стабилизированныйбронирующийслойглобулыподтоварнойводызаставляютмолекулы стабилизатора перейти в ту или другую фазу [14];

**Химическая** теория, предполагает хемосорбцию молекул деэмульгатора с бронирующей оболочкой глобул подтоварной воды, что приводит к нарушению способности стабилизаторов эмульсии к эмульгированию[15]

#### **1.4 Технологическое оборудование для разделения водонефтяной эмульсии**

В последние годы на нефтепромыслах все чаще внедряется модульное оборудование, которое объединяет процессы нагрева нефтяной эмульсии и осаждения в одном устройстве. Такие устройства называются подогревателей-деэмульсаторов. Нефтяная эмульсия поступает через делитель потока или сепаратор первой ступени. В результате перепада давления в линии от сепаратора до эмульсионного нагревателя и нагрева нефтяной эмульсии из нее выделяется некоторое количество газов.

По этой причине во всех комбинированных установках выделение газа происходит до того, как нефтяная эмульсия попадает в секцию отстаивания установки, а подогреватели эмульсии выполняют роль сепараторов. Газ, отделенный подогревателем эмульсии, либо сжигается в собственной установке (для предварительного нагрева нефтяной эмульсии), либо подается в систему регенерации.

Горизонтальные подогреватели-деэмульсаторы разработаны типа Тайфун (Тайфун 1-400, Тайфун 1-1000) институтом ТатНИИнефтемаш совместно с СПКБ Нефтехимпромавтоматика и типа УДО (УДО-2М и УДО-3) конструкторским бюро объединения Саратовнефтегаз. Краткая техническая характеристика горизонтальных подогревателей-деэмульсаторов приведена в таблице 1.3[16].

Подогреватели-деэмульсаторы типа Тайфун снабжаются дополнительными сепараторами, которые устанавливаются непосредственно над основным аппаратом установки. Это позволяет осуществлять первую степень сепарации продукции скважин перед поступлением в основной аппарат. В установки УДО-2М и УДО-3 продукция скважин поступает после сепаратора, смонтированного отдельно от установки.

Таблица 1.3 – Техническая характеристика горизонтальных подогревателей деэмульсаторов

Показатели	Тайфун	Тайфун 1-1000	УДО-2М	УДО-3
Производительность по жидкости (при 30%-ной обводненности), т/сут.	до 400	до 1000	до 1400	3000
Рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,6 (6)	0,6 (6)	0,6 (6)	0,6 (6)
Теплопроизводительность, МДж/ч (Мкал/ч)	2350 (559)	5200 (1244)	6300(1500)	14600(3500)
Расход топливного газа, м <sup>3</sup> /ч	72	145	225	546
Объем аппарата, м <sup>3</sup>	32	100	100	200
Масса (сухого аппарата), кг	16100	42000	33600	50000

Процесс обезвоживания нефти в горизонтальных аппаратах основан на том же принципе, что и в вертикальных: подогрев и разрушение нефтяной эмульсии при прохождении ее через слой горячей воды, при этом направления потоков в процессе промывки также вертикальные. Для этой цели горизонтальная емкость разделяется на несколько отсеков (до трех) и нефтяная эмульсия обрабатывается горячей водой последовательно в каждом отсеке. Данная последовательная обработка дает возможность разрушать наиболее стойкие эмульсии и в этом отношении горизонтальные подогреватели деэмульсаторы имеют преимущества перед вертикальными.

Кроме того, горизонтальные аппараты по тепловой мощности и производительности в несколько раз превосходят вертикальные.

Многие исследователи по всему миру работают над созданием более эффективных методов разделения водонефтяных эмульсий, чем те, которые используются в настоящее время. Некоторые запатентованные идеи по улучшению производительности процесса, приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Сведения о запатентованных разработках в области разделения водонефтяных эмульсий, предложенные исследователями

Тема и код МКИ	Источник	Страна, автор, дата	Краткое содержание
Способ разделения водонефтяных эмульсий RU 2 309 001 С2 [17]	Патент №2005113856/15	Россия, Гущин В.В., Яковенко Г.В., Кашараба О.В., Орлов Г.И., Кошечев В.И., Берлин М.А., Грабовский Ю.П. 05.05.2005	Смешение эмульсии с магнитной жидкостью на водной основе с плотностью 1,4-1,6 г/см <sup>3</sup> , магнитную обработку смеси, разделение смеси на углеводородную фазу и магнитную жидкость на водной основе с использованием воды, извлеченной из исходной эмульсии, и последующую регенерацию магнитной жидкости. Магнитная обработка смеси проводится одновременно с разделением смеси в градиентном магнитном поле. Перед смешиванием с магнитн

			<p>ой жидкостью эмульсия может быть разбавлена легким углеводородным растворителем, например, бензином, промышленным толуолом, ксилолом или керосином. Фазовое разделение смеси может быть осуществлено путем одновременного приложения магнитных и центробежных сил.</p> <p>Данный метод обеспечивает эффективное разделение водонефтяных эмульсий при снижении эксплуатационных и капитальных затрат на производственных объектах в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности.</p>
<p>Способ разделения водонефтяных эмульсий RU 2 286 195 C1 [18]</p>	<p>Патент №2005113855/15</p>	<p>Россия, Гущин В.В., Яковенко Г.В., Кашараба О.В., Кощеев В.И., Орлов Г.И., Берлин М.А., Грабовский Ю.П., Чернышев В.Н., 05.05.2005</p>	<p>Способ, включает нагревание эмульсии и смешивания ее с углеводородами, содержащими магнитные частицы, покрытые слоем стабилизатора, после чего смесь разделяют на водную и углеводородную фазы. Магнитные частицы отделяются от углеводородной фазы и возвращаются в смесь с углеводородами. Техническим результатом является снижение энергозатрат и упрощение процесса разделения.</p>
<p>Способ разрушения высокоустойчивых водонефтяных эмульсий RU 2 712 589 C1 [19]</p>	<p>патент №2019121004</p>	<p>Россия, Романова Ю.Н., Мусина Н.С., Марютина Т.А., Трофимов Д.А. 05.07.2019</p>	<p>Сущность изобретения, заключается в добавлении водонефтяную эмульсию Суспензии нанопорошка нитрида алюминия в ацетон, а затем обработке смеси ультразвуковым лучом с частотой 24,5 кГц, мощностью 1,0 кВт в режиме проточного действия. Разделение</p>

			<p>обработанных эмульсий на отдельные части нефтяных и водных фракций осуществляется либо с помощью отстаивания, либо с помощью центрифугирования. В случае, если твердые минеральные частицы присутствуют в эмульсиях после разрушения, они осаждаются в виде отдельных фракций. Способ позволяет эффективно разрушать высокоустойчивые водонефтяные эмульсии, характеризующие различные содержание «геля», с остатками воды в нефтяной фазе менее 1% масс, при этом характеризуется непрерывностью процесса обработки и экономичностью за счет использования суспензии нанопорошка нитрида алюминия в ацетоне, который является недорогим и доступным реагентом.</p>
<p>Деэмульгирование, расслаивание эмульсий RU 1 607 862 A1 [20]</p>	<p>патент №1607862</p>	<p>Россия, Коротков Ю.Ф., Николаев А.Н., 23.11.90</p>	<p>Установка подготовки нефти, включающая в себя сепаратор, каплеобразователь, аппарат сброса пластовой воды с каплеотбойником, трубопроводы и газопровод.</p>
	<p>патент №1636009</p>	<p>Россия, Ишмаков Р.Х., Сытник В. Д., 23.03.95</p>	<p>Аппарат для совместной подготовки нефти и воды, содержащий емкость, в промежуточном слое которой установлены гофрированные эластичные камеры.</p>

В некоторых случаях запатентованные разработки широко используются в промышленности. Решающим фактором в принятии компанией той или иной разработки является то, превосходит ли предлагаемая технология существующую [21].

## 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований являлись промысловые водонефтяные эмульсии. Исследуемые водонефтяные эмульсии характеризуются высоким содержанием смол и асфальтенов, которые являются естественными стабилизаторами водонефтяных эмульсий.

В ходе работы использовалась программа для расчета процесса каплеобразования и отстаивания при промышленной подготовке нефти, которая была разработана на кафедре химической технологии топлива и химической кибернетики, Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Расчет массообменной секции и определение, физико-химические характеристики эмульсии.

В промышленных условиях подготовка кондиционной нефти с остаточным содержанием воды и минеральных солей соответственно не более 0,5 % об. и 100 мг/л (ГОСТ Р 51858-2002) на установках подготовки нефти является достаточно сложной. Сложность заключается в том, что на процессы термохимической подготовки нефти влияет определенное количество возмущающих факторов со стороны температуры, расхода и качества исходной нефтяной эмульсии, изменяющихся в широких пределах, что отражается на затратах и качестве подготавливаемой нефти.

Эти параметры изменяются, как правило, вследствие истощения месторождений, ухудшения качества нефтяной эмульсии, поступающей из фонда скважин на установку подготовки нефти. Качество товарной нефти определяется такими параметрами как: обводненность, содержанием механических примесей, содержанием хлористых солей, сероводорода и т. д.

В процессе эксплуатации месторождения, постепенно обводненность нефти растет. Так как повышается степень обводненности, следовательно увеличиваются затраты на удаление из нее воды, и процесс добычи и переработки становится более капиталоемким.

УПН проектируется на определенную мощность работы, и когда увеличивается обводненность перерабатываемой нефти, нефтедобывающему предприятию необходимо увеличивать добычу, чтобы не снижать объемов выпуска готовой продукции, так как чистой нефти в добываемой смеси нефть – вода станет меньше.

Цель работы – Исследование влияния технологических параметров на процесс расслоения водонефтяных эмульсий высоковязких нефтей. Основными задачами являлось расчёт параметров процесса обезвоживания и дополнительных устройств, которые бы могли быть встроены в отстойник.

Существует два пути оптимизации технологического процесса: метод поиска оптимума на объекте; оптимизация с помощью математических моделей.

В данном случае первый путь не представляется возможным, поскольку, во-первых, отсутствуют необходимые автоматические анализаторы для непрерывного измерения ряда входных параметров непосредственно в потоке, во-вторых, имеет место существенное транспортное запаздывание в горизонтальных отстойниках 1,5-3 ч. В связи с этим наиболее целесообразной провести технологический расчет.

Для решения этой задачи вначале нужно рассмотреть вопрос расчета процессов термохимического обезвоживания нефти.

## **2.1 Методика расчета процесса отстаивания**

Расчет процесса отстаивания основывается на известных законах осаждения капель воды под действием силы тяжести (закон Стокса) а также различного рода эмпирических и полуэмпирических уравнениях, описывающих физико-химические свойства материальных потоков как функции технологических параметров процесса обезвоживания нефти.

В области ламинарного режима осаждения относительные скорости оседания капель воды в нефти в зависимости от её обводнённости определяются по следующей формуле:

$$\frac{\omega_{од}}{\omega_о} = (1 - W)^{4,7} \quad (2.1)$$

Для капли размером  $d_i$  скорость стесненного осаждения определяется расстоянием от верхней образующей до водонефтяного раздела и временем осаждения:

$$\omega_{од} = \frac{(D - h)}{\tau_{ос}} \quad (2.2)$$

где  $\omega_{од}$ , – скорость стеснённого осаждения капли размером  $d_i$ , м/с;

$D$  – диаметр отстойника, м;

$h$  – высота водяной подушки, м;

$\tau_{ос}$  – время осаждения в секундах, равное времени задержки эмульсии в аппарате:

$$\tau_{ос} = \tau_{зад} = \frac{LS_H}{Q_ж} \quad (2.3)$$

где  $\tau_{зад}$  – время задержки эмульсии аппарате, с;

$L$  – длина зоны отстоя, м;

$S_H$  – площадь поперечного сечения в отстойнике, занятая нефтью, м<sup>2</sup>;

$Q_ж$  – нагрузка на отстойник по жидкости, м<sup>3</sup> /с.

Для капли среднего размера, скорость стесненного осаждения будет равна:

$$\omega_о = \frac{d_{MAX}^2 (\rho_B - \rho_H) g}{18\mu_H}; \quad (2.4)$$

где:  $d_{MAX}$ – максимальный диаметр капель воды, которые могут образоваться в процессе отстаивания, см;

$\rho_B$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_H$  – плотность нефти, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения ( $g = 9,81$ ), м/с<sup>2</sup>;

$\mu_H$  – вязкость нефти, мПа\*с.

Длина гравитационной отстойной части аппарата, определяется его конструктивными параметрами:

$$L = \frac{4V}{2R\pi}; \quad (2.5)$$

где:  $V$  – объем аппарата,  $\text{м}^3$ ;  $R$  – радиус аппарата,  $\text{м}$ .

Площадь поперечного сечения аппарата, занятая нефтью, определяется следующим образом:

$$S_H = \frac{1}{2}\pi R^2 + (R-h)\sqrt{h(2R-h)} + R^2 \arcsin \frac{R-h}{R}; \quad (2.6)$$

Расход эмульсии в отстойнике определяется с помощью формулы:

$$Q_{\text{ж}} = \frac{2R\mu_{\text{эм}} \sqrt{0,5\pi(1-E)\sqrt{E(2-E)} + \arctg\left(\frac{1-E}{\sqrt{1-(1-E)^2}}\right)}}{\rho_{\text{эм}} g}; \quad (2.7)$$

где:  $\mu_{\text{эм}}$  – вязкость эмульсии,  $\text{мПа}\cdot\text{с}$ ;  $E$  – относительная высота водяной подушки в булите-отстойнике;  $\rho_{\text{эм}}$  – плотность эмульсии,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Относительная высота водяной подушки в булите-отстойнике рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{h}{R}; \quad (2.8)$$

В формулах (3.1) и (3.2) величина  $\omega_{\text{ОД}}$  – скорость стесненного осаждения капель воды диаметром  $d$ . Связь диаметра  $d$  с максимальным диаметром капель получающихся при процессе отстаивания (слияние глобул воды до размеров при которых, образуемая в результате капля, не осядет в отстойнике под действием собственной силы тяжести), приведена ниже:

$$d^2_i = d^2_{\text{max}} \left( 1 - \frac{(W_0 - W)^2}{W_0^2 (1 - W)^2} \right); \quad (2.9)$$

где:  $W_0$  – обводненность нефти перед входом в отстойник, %;

$W$  – обводненность нефти на выходе с отстойника, %.

Подставив все вышеупомянутые формулы в исходную формулу (2.1), получим наиболее наглядный ее вид, входящие величины которой учитывают влияние основных факторов при процессе отстаивания:

$$\frac{\omega_{од}}{\omega_o} = \frac{\omega_{од} 18\mu_H (1-W)^2}{d^2_{max} (\rho_B - \rho_H) g \left[ (1-W)^2 - \left(1 - \frac{W}{W_0}\right)^2 \right]} = (1-W)^{4,7}; \quad (2.10)$$

С помощью данной формулы можно полностью описать процесс отстаивания. Для того, чтобы вычислить с ее помощью величину конечной обводненности, решение необходимо вести методом итераций, так как необходимая величина находится, как неизвестная, в обеих сторонах уравнения [22,23].

Данная задача сильно трудоемка и для облегчения ее решения и была создана моделирующая система расчета процесса отстаивания на кафедре ХТТиХК. Данная программа рассчитывает величину конечной обводненности нефти после процесса отстаивания с помощью методики описанной выше и выводит результат расчета в процентах массовых.

## 2.2 Расчет влияния основных технологических параметров на процесс отстаивания

Расчеты проводились для нефтей поступающих на УПН:

Молекулярная масса нефти  $M_r = 174,4$  кг/моль;

Плотность дренажной воды при  $T=20$  °С  $\rho = 1012,8$  кг/м<sup>3</sup>;

Плотность безводной нефти при  $T=20$  °С  $\rho = 844,4$  кг/м<sup>3</sup>;

Общая минерализация 17346-17649 мг/дм<sup>3</sup>.

Параметры аппарата:

Объём аппарата  $V=200$  м<sup>3</sup>;

Радиус отстойника  $D=3,4$  м;

Высота водяной подушки  $H=0,8$  м;

Длина отстойника  $L=22,8$  м.

Таблица 2.1–Материальный баланс процесса

Тип эмульсии	Расход, кг/час
Водонефтяная эмульсия	130650,0
Нефть	112662,2
Вода	17987,4

Поскольку трудно рассчитать точное значение максимального диаметра капель в процессе оседания, удалось определить интервал, в котором эта величина свободно изменяется. Интервал изменения величины максимального размера капель равен, от 0,0289 до 0,0332 см, отсюда средняя величина интервала равна 0,0309.

В зависимости от величины максимального размера капель, соответственно конечная обводненность нефти, после процесса отстаивания будет разная. В таблице 2.2 приведены значения конечной обводненности нефти в зависимости от величины максимального размера капель воды находящихся в эмульсии.

Таблица 2.2 – Значения конечной обводненности нефти в зависимости от величины максимального размера капель

Максимальный диаметр капель воды, см	Конечная обводненность нефти, % масс
0,0289	0,05
0,0302	0,04
0,0315	0,04
0,0332	0,03

На основе имеющихся данных был рассчитан процесс отстаивания, а именно, влияние основных параметров процесса на процесс разделения водонефтяных эмульсий в отстойнике ОГ-200.

1. Расчёт влияния начальной обводненности нефти на обводненность нефти на выходе из отстойника. Обводненность нефти –15-40% масс.

2. Расчет влияния обводненности нефти на время осаждения.

3. Расчет влияния обводненности нефти на пропускную способность аппарата.

4. Расчет влияния начальной обводненности нефти на содержание в ней минеральных солей. Результаты приведены в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Результаты расчётов

Начальная обводненность, % масс	Конечная обводненность, % масс	Пропускная способность, м <sup>3</sup> /с	Время осаждения, мин	Содержание солей, мг/л
15	1,6	0,024	115,3	43,2
20	2,0	0,029	99,8	52,8
25	2,4	0,034	85,1	64,5
30	2,8	0,040	71,4	75,9
35	3,2	0,047	59,3	88,1
40	3,6	0,056	53,1	100,7

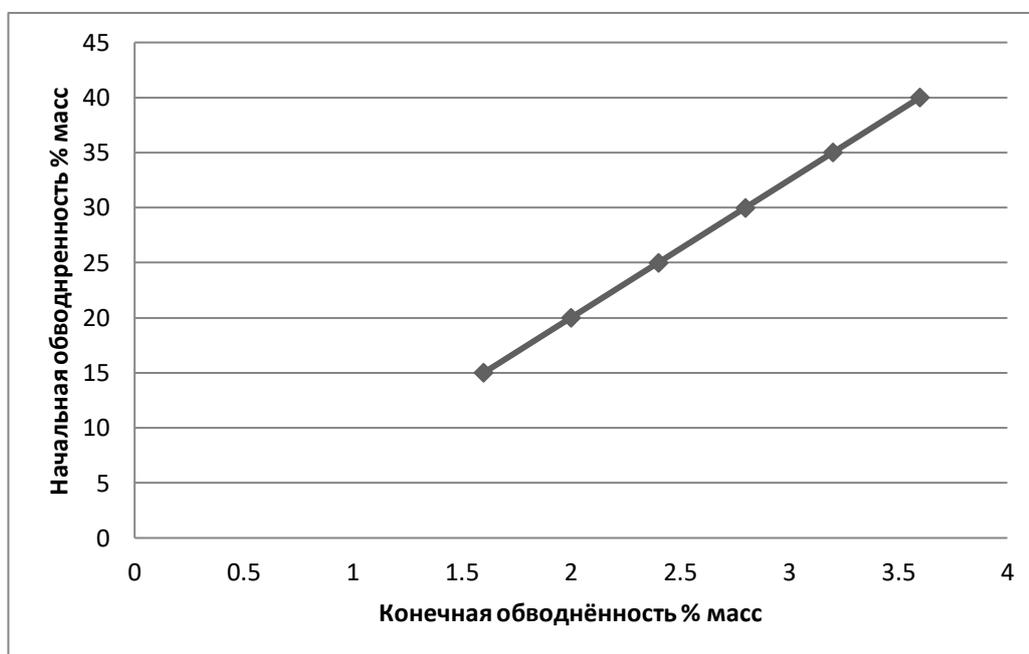


Рисунок 5— Зависимость начальной обводненности от конечной обводнённости

Для данного проекта были проведены расчеты процессов отстаивания и обессоливания. Расчеты основаны на эмпирических и полуэмпирических соотношениях между физико-химическими свойствами нефти (вязкость, плотность), временем отстаивания, емкостью отстойника и конечным объемом воды от начального объема воды. Такие параметры, как максимальный диаметр капли, высота водяной подушки и температура процесса, а также гидродинамические характеристики потока, могут быть учтены при расчете процесса отстаивания.

В таблице 2.2 приведена зависимость конечной обводненности нефти от величины максимального размера капель.

В таблице 2.3 приведены данные обводненности нефти на выходе от значения обводненности водонефтяной эмульсии на входе в отстойник при постоянной производительности. При увеличении обводненности нефти на входе в отстойник, в частности от 15 до 40%масс., обводненность на выходе увеличивается с 1,6 до 3,6%масс., что не удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 51858-2002.

Из остаточной обводненности было посчитано содержание солей в подготовленной товарной нефти. Содержание изменяется от 43,2 до 100,7 мг/л., что соответствует ГОСТ Р 51858-2002. Поэтому необходима реконструкция технологической установки подготовки нефти.

Целесообразность реконструкции заключается в том, что за счет даже незначительного снижения содержания воды и хлористых солей значительно увеличится срок службы основного оборудования и магистральных трубопроводов и снизятся затраты на текущее обслуживание.

В результате проведенных расчетов можно сделать вывод, что установка работает, но не является эффективной и требует экономических вложений для реконструкции технической схемы.

### 3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

#### 3.1 Обработка и анализ экспериментальных данных

С учетом известных требований и практики использования отстойников рекомендовано использовать отстойник с системой перегородок в зоне отстоя жидкости внутри аппарата. За основной аппарат был принят установленный на УПН распространенный отстойник ОГ-200.

Отстойник ОГ-200 представляет собой полый горизонтальный цилиндрический резервуар емкостью 200 м<sup>3</sup>. Однако отстойник ОГ-200 может быть установлен в любой емкости, а система отбойников может быть установлена на любой нефтяной резервуар.

Перегородки расположены поперек горизонтальной оси резервуара и имеют перегородку только в середине секции резервуара, т.е. верхняя и нижняя перегородки не доходят до стенки резервуара. Жидкости движутся от одного конца резервуара к другому, куда поступает газожидкостная смесь, масляная фаза движется через перегородку, а водная фаза эмульсии движется под перегородкой.

Каждая перегородка смещена вниз относительно предыдущей перегородки на расчетную высоту, создавая ступеньку вдоль верхнего и нижнего края перегородки. Газожидкостная смесь поступает в отстойник перед первой перегородкой, и как только отстойник заполняется жидкостью выше нижнего края перегородки, масло, отделенное от эмульсии, может перетекать из одного отсека в другой только через верхний край перегородки. Отделенная вода свободно течет из-под нижнего края перегородки в последний отсек, из которого откачивается вода.

Нефть скапливается в последнем отсеке, образованном отбойными пластинами, которые доходят до дна, образуя горизонтальный резервуар. Нефть с остаточной влагой освобождается от остаточного газа и воды путем заливки с верхней части отбойника, так как образуется тонкий слой нефти, который легко отделяет капли газа и воды. Повторное переливание масла через перегородку

позволяет за относительно короткое время более тонко отделить от масла свободный газ, воду и механические примеси.

### 3.2 Расчет отстойника с переливными перегородками

Основными параметрами конструкции отстойников с перегородками являются количество и размеры перегородок внутри отстойника. Количество и размеры отбойников определяются расчетом. Расчетная схема приведена на Рисунке 6.

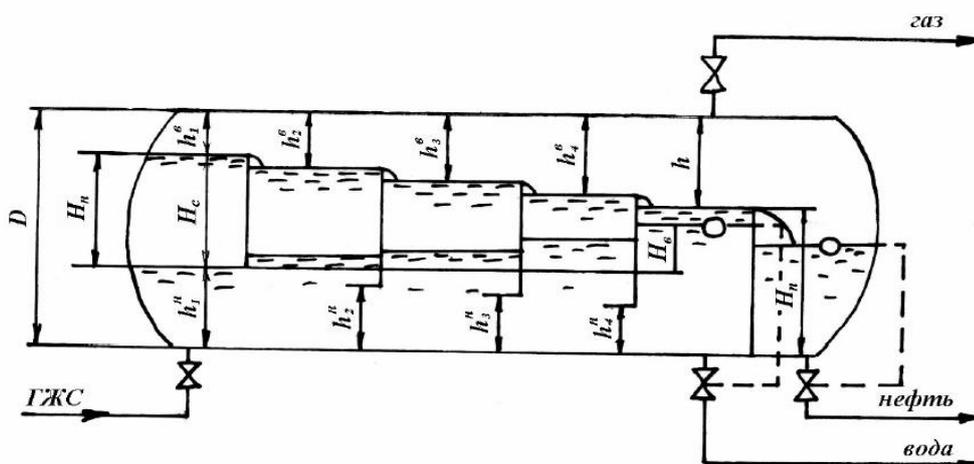


Рисунок 6 – Расчетная схема системы

Исходными данными для расчета являются плотность нефти  $\rho_n$ , плотность воды  $\rho_v$  и диаметр корпуса отстойника  $D$ . Расчетной формулой является формула, описывающая равенство гидростатического давления столбов нефти и воды разной высоты в сообщающемся сосуде:

$$H_n \cdot \rho_n = H_v \cdot \rho_v, \quad (3.1)$$

где,  $H_n$  – высота столба нефти;

$H_v$  – высота столба воды.

Первоначально необходимо задать величину  $H_v$  с учетом диаметра корпуса отстойника  $D$ , высоты используемого пространства для газа, нефти и воды.

При известной величине  $H_v$  по формуле (3.1) находится  $H_n$  и определяется разность высот столбов нефти  $H_n$  и воды  $H_v$ :

$$\Delta H = H_n - H_v. \quad (3.2)$$

Необходимо задавать высоту  $\Delta h$  – понижением последующей перегородки по сравнению с предыдущей. Рекомендуется принимать  $\Delta h = 0,02 \dots 0,03$  м.

Далее определяется максимальное число перегородок  $N_{\max}$  как отношение  $N_{\max} = \Delta H / \Delta h$ .

При размещении перегородок по высоте отстойника необходимо учитывать разделение емкости отстойника для каждого компонента газожидкостной смеси (газ, нефть и вода). Количество каждого компонента должно быть принято во внимание для обеспечения соответствующей части емкости резервуара. Поскольку уровень раздела фаз нефть-вода в конечном отсеке колеблется в пределах регулирования контроллера раздела фаз, нижний конец отбойника должен быть опущен на величину колебаний от проектного значения раздела фаз.

В общем, можно распределить объем отстойника так, чтобы каждый компонент газожидкостной смеси (газ, нефть и вода) занимал примерно равные доли, т.е. по 1/3 части вместимости.

Вместимость отстойника зависит от скорости всплытия частиц нефти в воде и скорости оседания капель воды в нефти, определяемой следующим уравнением:

$$V = \frac{0,056(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}}) d^2 g}{\mu} \quad (3.3)$$

где,  $\rho_{\text{н}}$ ,  $\rho_{\text{в}}$ , – плотности нефти и воды, кг/м<sup>3</sup>;

$d$  – диаметр частиц нефти или капель воды, мкм;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\mu$  – динамическая вязкость среды, т.е. нефти или воды, МПа\*с.

Как видно из формулы, скорость отстоя сильно зависит от размера частиц  $d$ . Укрупнением частиц нефти или воды можно ускорить процесс отстоя. Поэтому для любого отстойника определяющим фактором является подготовленность эмульсии к отстою.

При известной скорости оседания частиц пропускная способность отстойника определяется временем оседания частиц через слой жидкости в отстойнике. Время оседания частиц в отстойнике принимается за необходимое время пребывания эмульсии в отстойнике. Время оседания частиц в отстойнике оказывается тем меньше, чем тоньше слой жидкости, где происходит отстой. Если в обычных отстойниках слой жидкости, где происходит отстой, составляет порядка 2 метров, а в рассматриваемом отстойнике с перегородками слой жидкости выше и ниже перегородок, где происходит отстой, составляет 0,1...0,2 м, т.е. толщина слоя жидкости меньше более чем в 10 раз, это означает, что время отстоя в таких отстойниках уменьшается во столько же раз. При этом необходимо учитывать, что толщина слоя жидкости при переливе через верхнюю кромку перегородки непосредственно связана с расходом жидкости. Так, по теории водослива, расход жидкости через водослив (перегородку) определяется по формуле

$$Q = m \times b \sqrt{2g} \times H^{3/2}, \quad (3.4)$$

где,  $Q$  – расход жидкости;  $b$  – ширина водослива (перегородки);

$H$  – геометрический напор (толщина слоя жидкости выше кромки перегородки);

$m$  – коэффициент расхода водослива.

Из формулы (3.4) видно, что  $Q$  и  $H$  зависят друг от друга. При этом скорость оседания частиц в слое жидкости  $H$  является ограничивающим фактором пропускной способности отстойника.

С учетом вязкости жидкости экспериментальным путем найден коэффициент расхода водослива  $m$  применительно к отстойнику с перегородками:

$$m = 0,069 + 2,476 \frac{\mu_B}{\mu_H} \quad (3.5)$$

где,  $\mu_B$  – динамическая вязкость воды;

$\mu_H$  – динамическая вязкость нефти.

С учетом изложенных факторов, для ориентировочных расчетов, пропускную способность отстойника с перегородками рекомендуется определить по формуле

$$Q = 300 \times V, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (3.6)$$

где,  $V$  – вместимость отстойника,  $\text{м}^3$ .

Используя приведённые выше рекомендации, любой пустотелый отстойник, сепаратор может быть модернизирован и преобразован в трехфазный отстойник-сепаратор, работающий с высокой эффективностью.

В соответствии с действующими нормативно-техническими документами выполнены расчеты аппарата на прочность. При этом было определено взаимное влияние толщины стенок корпуса, днища и отверстий на корпусе на прочность и указано усиление участка корпуса в месте выхода патрубка.

Исходные данные для расчета ОГ-200 с перегородками:

$L=22800\text{мм}$  – длина отстойника;

$D=3400\text{мм}$  – диаметр отстойника;

$P_v=1012,8\text{кг}/\text{м}^3$  – плотность воды;

$P_n=844,4\text{кг}/\text{м}^3$  – плотность нефти;

$P_{\text{э}}=860,0\text{кг}/\text{м}^3$  – плотность эмульсии;

$d=0,0309\text{см}$  – диаметр капли воды;

$\mu_v=1,0\text{МПа}\cdot\text{с}$  – вязкость воды;

$\mu_n=1,15\text{МПа}\cdot\text{с}$  – вязкость нефти.

Результаты расчетов:

$H_v=0,8\text{м}$  – высота водяной подушки;

$H_n=0,96\text{м}$  – высота нефтяного столба;

$\Delta H=0,16\text{м}$  – разница между столбами воды и нефти;

$N_{\text{max}}=7\text{шт}$  – Максимальное количество перегородок.

Высота перегородок:

1=2,4м; 2=2,08м; 3=1,76м; 4=1,44м; 5=1,12м; 6=0,8м; 7=0,48м.

Масса аппарата 25000 кг.

Материальный баланс процесса:

	Расход, кг/час
Водонефтяная эмульсия	195975,0
Нефть	168993,0
Вода	26980,0

С учетом рассчитанных параметров перегородок провели исследование подготовки нефти.

Таблица 3.1 – Результаты расчётов

Обводненность, %масс	Конечная обводненность, % масс	Пропускная способность, м <sup>3</sup> /с	Время осаждения, мин	Содержание солей, мг/л
15	0,04	0,036	76,9	21,2
20	0,08	0,043	66,5	23,8
25	0,15	0,051	6,7	26,5
30	0,24	0,060	47,6	28,9
35	0,36	0,071	39,5	33,1
40	0,62	0,084	35,4	36,7

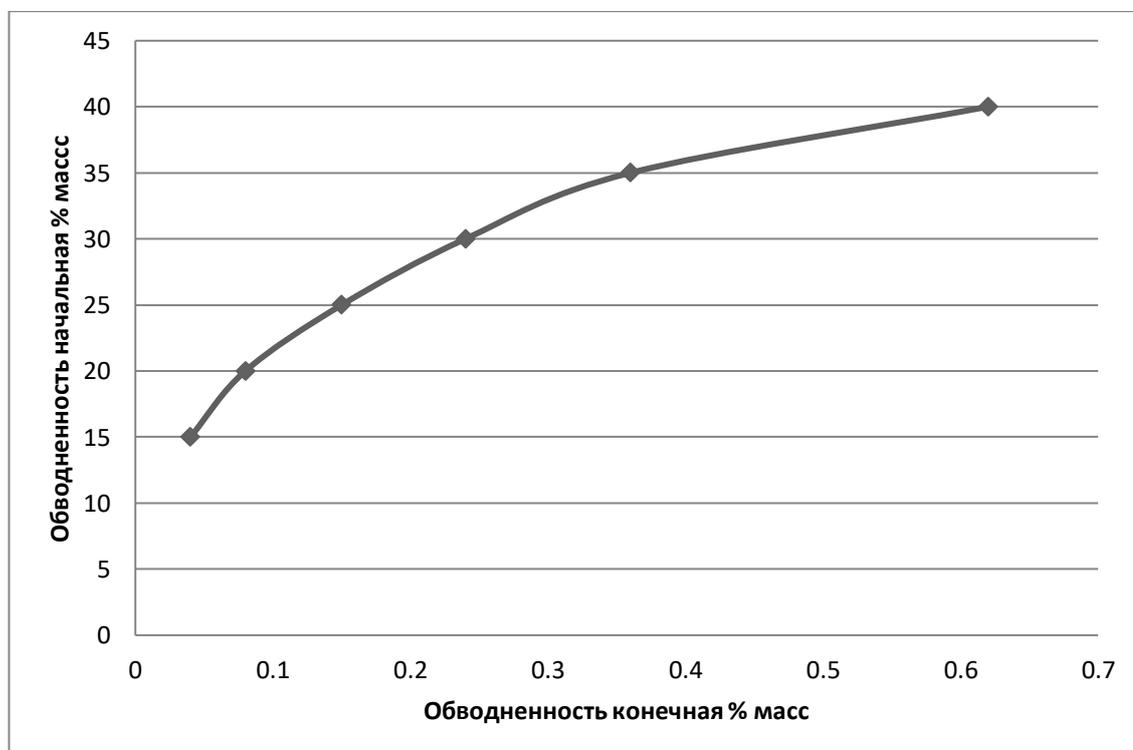


Рисунок 7 – Зависимость начальной обводненности от конечной обводнённости

При начальной обводненности ГЖС в диапазоне от 15 до 35% конечная обводненность составила от 0,04 до 0,036%, что соответствует требованиям ГОСТ Р 51858-2002. А при начальной обводненности в 40% конечная обводненность составила 0,62% что не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к качеству подготовленной нефти по ГОСТ Р 51858-2002 и необходима дальнейшая подготовка нефти. Расчеты показывают, что водонефтяная емкость увеличилась в 1,5 раза.

#### **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Разработка НИ производится группой работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Данная выпускная квалификационная работа заключается в исследовании влияния технологических параметров на процесс расслоения водонефтяных эмульсий высоковязких нефтей.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НИ, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НИ.
2. Осуществить планирование этапов выполнения исследования.
3. Рассчитать бюджет затрат на исследования.
4. Произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

##### **4.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

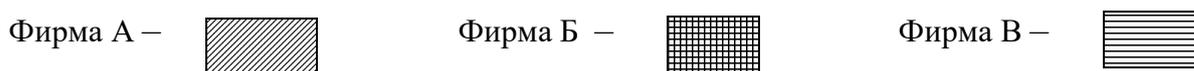
Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. Для данного проекта целевым рынком являются предприятия нефтяной отрасли.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Сегментировать рынок услуг по исследованию процессов образования и разрушения водонефтяных эмульсий можно по следующим критериям: вид деятельности, тип предприятия в соответствии с Рисунком 8.

Размер компании	Вид деятельности		
	Промысел	НИИ	ВУЗ
Крупные			
Средние			
Малые			

Рисунок 8– Карта сегментирования рынка услуг по исследованию водонефтяных эмульсий:



На приведенной выше карте сегментирования показано, какие ниши на рынке услуг по исследованию процессов образования и разрушения водонефтяных эмульсий не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок. Как правило, выбирают сегменты со сходными характеристиками, которые будут формировать целевой рынок.

#### 4.2 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.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 4.1

Таблица 4.1 –Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Количество выхода продукта	0,17	4	5	3	0,68	0,85	0,51
2. Качество продукта	0,09	5	4	3	0,45	0,36	0,27
3. Энергоемкость процессов	0,05	4	5	3	0,2	0,25	0,15
4. Надежность моделирования	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6

5. Безопасность	0,17	4	4	4	0,68	0,68	0,68
6. Качество интеллектуального интерфейса	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
7. Цена	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
8. Конкурентоспособность продукта	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
9. Уровень проникновения на рынок	0,04	4	5	5	0,16	0,2	0,2
10. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
11. Срок выхода на рынок	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
12. Финансирование научной разработки	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>4,52</b>	<b>4,26</b>	<b>3,72</b>

$B_f$  – продукт проведенной исследовательской работы;

$B_{к1}$  – ПАО «Газпромнефть»;

$B_{к2}$  – ОАО «Сургутнефтегаз».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_j \quad (4.1)$$

где,  $K$  – конкурентоспособность вида;

$B_i$  – вес критерия (в долях единицы);

$B_j$  – балл  $i$ -го показателя.

По данным оценочной карты можно увидеть, что для повышения конкурентоспособности с минимальными издержками более эффективно использовать магнитную обработку нефти для предупреждения образования парафинов.

В ходе анализа конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения выявлено, что разработка является конкурентоспособной как по техническим критериям, так и с экономической точки зрения.

### 4.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Произведем также в данном разделе SWOT – анализ НИ, позволяющий оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

Сильные стороны — это факторы, которые положительно сказываются на развитии проекта. Сюда обычно включают все, что превращает функционирование в успешную и конкурентную работу.

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта: тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в Таблице 4.2

Таблица 4.2–Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  С1. Экономичность; С2. Мобильность рабочего места; С3. Экологичность технологии.	<b>Слабые стороны научно - исследовательского проекта:</b>  Сл1. Длительность проведения анализа; Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей
--	---	---

		квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Переход нефтеперерабатывающей отрасли на ресурсосберегающие технологии;</p> <p>В2. Появление дополнительного спрос на новый продукт научных исследований;</p> <p>В3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</b></p> <p>1. Невысокие экономические затраты могут привлечь больше сотрудников;</p> <p>2. Анализ позволяет использовать данные для определения методики исследования процесса отстаивания.</p>	<p><b>Результаты анализа и интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</b></p> <p>1. Разработка научного исследования;</p> <p>2. Привлечение новых заказчиков;</p> <p>3. Повышение квалификации кадров;</p> <p>4. Приобретение оборудования опытного образца.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Низкий спрос на новые технологии производства;</p> <p>У2. Ограничение на экспорт технологии;</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p>	<p><b>Результаты Анализа интерактивной матрицы проекта «Сильные стороны и угрозы»:</b></p> <p>1. Сертификация продукции;</p> <p>2. Изучение законодательной базы; Продвижение новой технологии с целью появления спроса.</p>	<p><b>Результаты Анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:</b></p> <p>1. Привлечение новых заказчиков;</p> <p>2. Отсутствие прототип научной разработки говорит об отсутствии спроса на новые технологии и отсутствии конкуренции и проекта;</p> <p>Продвижения новой технологии с целью появления спроса.</p>

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. Её использование

помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 4.3, 4.4.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

Возможности проекта	Сильные стороны				Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2
1	+	+	-	+	-	+	-
2	+	+	-	+	-	+	-
3	+	+	-	+	+	-	-

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны			Слабые стороны		
		C1	C2	C3	Сл1	Сл2
1	+	+	+	-	-	-
2	+	+	+	-	-	-
3	+	+	+	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей или слабых сторон и возможностей:

- V1B2B3C1C2C4; V1B2C3;
- V1B2Сл2; V3Сл1;
- У1У2У3С1С2С3.

Самой большой угрозой для проекта и слабой стороной является отсутствие квалифицированных кадров для работы в лаборатории и расходы на приобретение, и монтаж нового оборудования, а также зависимость от поставщиков оборудования.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Данный подход несет оперативность исследований; С2. Данный подход несёт в себе экономичность и ресурсоэффективность; С3. Социальная ответственность при трудоустройстве людей; С4. Возможность разработки собственного оборудования и методик исследований	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие квалифицированных кадров для работы в лаборатории; Сл2. Расходы на приобретение и монтаж нового оборудования; Сл3. Постоянные расходы на амортизацию оборудования.
<b>Возможности:</b> В1. Большой потенциал сокращения расходов; В2. Внедрение разработанной схемы на предприятии для оптимизации процесса; В3. Снижение цен на сырьё.	1. Повышение эффективности использования сырья и ресурсов на предприятии. 2. Расходы предприятия прогнозируются и не подвержены влиянию внешних факторов	1. Приобретение нового оборудования. 2. Вовлечение новых интеллектуальных ресурсов. 3. Социальная ответственность предприятия
<b>Угрозы:</b> У1. Текучка кадров в связи со спецификой производства; У2. Отказ от технической поддержки поставщика оборудования; У3. Нарушение логистических поставок реагентов и оборудования.	1. Добыча и продажа качественного сырья. 2. Стандартизация и сертификация анализов. 3. На первых этапах внедрения лаборатории высокие капитальные затраты	1. Привлечение молодых специалистов, готовых к обучению новому методу обработки нефти. 2. Разработка новых методик оценки сырья

По результатам SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны проекта, а также угрозы и возможности. Так же было выявлено то, как можно компенсировать слабые стороны проекта за счет его возможностей и нейтрализовать угрозы с помощью сильных сторон проекта. Результаты SWOT-

анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

#### **4.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию**

##### **4.4.1 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 была сформирована рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр и научный руководитель выпускной квалификационной работы.

В данном разделе представлен перечень этапов работ в рамках научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.6

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределения исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материала по теме	Бакалавр
	3	Выбор направления исследования	Руководитель, Бакалавр
	4	Календарное планирование работ	Бакалавр
	5	Изучение литературы	Бакалавр
	6	Проведение экспериментов	Бакалавр
	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Бакалавр
	8	Составление пояснительной	Бакалавр

		записки	
<i>Проведение ВКР</i>			
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	9	Подготовка к защите дипломной работы (разработка презентации)	Бакалавр
	10	Защита дипломной работы	Бакалавр

#### 4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.2)$$

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

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоёмкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоёмкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (4.3)$$

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

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

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

#### 4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика 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 построение графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (4.5)$$

где,  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

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

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

Расчёт коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} = \frac{365}{365 - 54 - 14} = 1,22 \quad (4.6)$$

Таблица 4.7 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнитель	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$T_{\text{min}}$ , чел.-дни			$T_{\text{max}}$ , чел.-дни			$T_{\text{ож}}$ , чел.-дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Выбор темы ВКР	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Научный руководитель	1	1	1	1	1	1

Составление и утверждение технического задания	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Научный руководитель, студент	1	1	2	1	1	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	2	3	4	4	5	2,8	2,8	3,8	Студент	2	2	3	2	2	4
Выбор направления исследования	1	1	1	3	2	2	1,8	1,4	1,4	Студент	2	2	2	2	2	2
Календарное планирование работ	1	1	1	3	4	4	1,8	2,2	2,2	Студент	2	3	3	2	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	9	0	3	2	6	7	10,2	12,4	14,6	Научный руководитель, студент	12	13	16	16	17	22
Проведение эксперимента	0	2	4	2	5	7	0,8	3,2	5,8	Студент	11	14	15	13	18	19
Оценка эффективности полученных результатов	5	6	7	8	9	10	6,2	7,2	8,2	Студент	7	7	9	9	9	11
Составление пояснительной записки	4	4	5	6	6	8	4,8	4,8	6,2	Студент	4	5	5	4	7	7
Подгот	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Студент	5	5	5	5	5	5

овка к защите дипломной работы (разработка презентации)																
Защита дипломной работы	1	2	2	3	4	4	1,8	2,8	2,8	Студент	1	2	2	1	2	2

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика 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.

На основании таблицы 4.7 составляем календарный план-график, который наглядно показывает продолжительность работы исполнителей. План-график представлен в таблице 4.8.

Таблица 4.8–Календарный план-график проведения научного исследования

№ ра- бот	Вид работ	Испол- нители	Т <sub>с</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль			март			апрель			май				
				2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	1	■													
2	Подбор и изучение материала по теме	Студент	1		■												
3	Выбор направления исследования	Научный руководитель, студент	2		■	■											
4	Календарное планирование работ	Студент	2			■											
5	Изучение литературы	Студент	2				■										
6	Проведение экспериментов	Студент	16				■	■	■	■	■	■	■	■			
7	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент	13										■	■			
8	Составление пояснительной записки	Студент	9												■		
9	Подготовка к защите дипломной работы (разработка презентации)	Студент	4													■	
10	Защита дипломной работы	Студент	5														■

■ – научный руководитель;  
■ – студент.

#### 4.5.1 Расчет материальных затрат НИИ

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (4.7)$$

где,  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента ( $k_T$ ), принимаем в пределах 20% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, отражены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		Лаб.1	Лаб.2	Лаб.3		Лаб.1	Лаб.2	Лаб.3
Посуда	Шт.	15	15	15	2500	37500	37500	37500
Реагенты	Кг.	45	49	51	4800	216000	235200	244800
Канцелярские изделия	Шт.	10	10	10	100	1000	1000	1000
Электроэнергия	кВт·ч	0*	4500	6500	3,5	0	15750	22750
Итого, руб.						254500	289450	306050

\*Электроэнергия собственного производства

#### 4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме (таблица 4.9). Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 4.9 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, т. руб.	Сумма амортизационных отчислений, т. руб.
1.	Компьютер	1	30	3
2.	Испытательный стенд	1	50	5
3.	Программное обеспечение	1	4	-
<b>Итого</b>				<b>94</b>

#### 4.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. 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 20-30 % от тарифа или оклада.

Численность исполнителей принимается как  $N_{рук}=1$ ,  $N_{исп}=1$ , общее число исполнителей – 2 человек.

Таблица 4.10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	41	75

Количество нерабочих дней		
– выходные дни	17	17
– праздничные дни	2	2
Номинальный фонд рабочего времени		
Потери рабочего времени		
– отпуск	-	-
– невыходы по болезни	-	-
Эффективный фонд рабочего времени	22	56

Таблица 4.11 – Расчет основной заработной платы по проекту №1

Исполните ли	Разряд	к <sub>т</sub>	З <sub>тс</sub> , руб.	к <sub>пр</sub>	к <sub>д</sub>	к <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб.	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Научный руководите ль	Старший преподав атель	1,866	30000	0,3	0,5	1,3	70200	3191	22	70202
Бакалавр	Инженер	1,407	15000	0,3	0,1	1,3	35100	1254	56	70224
Итого										140426

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы по проекту №2

Исполнит ели	Разряд	к <sub>т</sub>	З <sub>тс</sub> , руб.	к <sub>пр</sub>	к <sub>д</sub>	к <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб.	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Научный руководит ель	Старший преподава тель	1,866	30000	0,3	0,5	1,6	86400	3927	22	86394
Бакалавр	Инженер	1,407	15000	0,3	0,1	1,6	43200	1543	56	86408
Итого										172802

Таблица 4.13 – Расчет основной заработной платы по проекту №3

Исполнит ели	Разряд	к <sub>т</sub>	З <sub>тс</sub> , руб.	к <sub>пр</sub>	к <sub>д</sub>	к <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб.	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Научный руководит ель	Старший преподава тель	1,866	30000	0,3	0,5	2	108000	4909	22	107998
Бакалавр	Инженер	1,407	15000	0,3	0,1	2	54000	1929	56	108024
Итого										216022

#### 4.5.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает 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.). В представленном исследовании отклонение от нормальных условий труда отсутствуют.

#### 4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

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 формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (4.5)$$

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

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Лаб.1	Лаб.2	Лаб.3	Лаб.1	Лаб.2	Лаб.3
Руководитель проекта	70202	86394	107998	-	-	-
Студент	70224	86408	108024	-	-	-
Коэффициент отчислений во внебюджетные	0,30					

фонды	
Итого	
Исполнение 1	42127,8
Исполнение 2	51840,6
Исполнение 3	64806,6

#### 4.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (4.6)$$

где,  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы для 1 проекта составили:

$$Z_{\text{накл}} = (254500+60000+140426+42127,8) \cdot 0,16 = 79528,608 \text{ рублей}$$

Накладные расходы для 2 проекта составили:

$$Z_{\text{накл}} = (289450+60000+172802+51840,6) \cdot 0,16 = 92334,816 \text{ рублей}$$

Накладные расходы для 3 проекта составили:

$$Z_{\text{накл}} = (306050+75000+216022+64806,6) \cdot 0,16 = 105900,576 \text{ рублей}$$

#### 4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно–исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект приведено в таблице 4.15.

Таблица 4.15 –Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Лаб.1	Лаб.2	Лаб.3	
1. Материальные затраты НИИ	254500	289450	306050	Пункт 4.5.1
2. Затраты на	60000	60000	75000	Пункт 4.5.2

специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ				
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	140426	172802	216022	Пункт 4.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	-	-	-	Пункт 4.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	42127,8	51840,6	64806,6	Пункт 4.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	-	Отсутствуют
8. Накладные расходы	79528,608	92334,816	105900,576	Пункт 4.5.6
9. Бюджет затрат НТИ	576582,4	666427,4	767779,2	

#### **4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (4.7)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}1} = \frac{576582,4}{767779,2} = 0,75;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{666427,4}{767779,2} = 0,87;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{767779,2}{767779,2} = 1;$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (4.8)$$

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.

Таблица 4.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда	0,25	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	3
3. Надежность	0,20	5	5	4
4. Воспроизводимость	0,25	4	4	4
5. Материалоемкость	0,15	5	4	4
ИТОГО	1	4,6	4,4	3,5

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{\text{исп}i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{\text{р-исп1}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}}} = \frac{4,05}{0,75} = 5,4$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_{\text{р-исп2}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}}} = \frac{3,5}{0,87} = 4$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{\text{р-исп3}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}}} = \frac{3,35}{1} = 3,35$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}} \quad (4.9)$$

Таблица 4.17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,75	0,87	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,05	3,5	3,35
3	Интегральный показатель эффективности	5,4	4	3,35
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,74	0,62

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении, а именно запуск собственной лаборатории является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

## 5 Социальная ответственность

В настоящее время требования к социальной ответственности предприятий нефтегазовой отрасли приобретают все большее значение. В теории и практике утвердилось понятие о корпоративной ответственности предприятий.

Разработка научного проекта связана с аналитической работой с использованием вредных веществ и материалов: нефтяной эмульсии и реагентов, необходимых для проведения требуемых исследований, – и специального лабораторного оборудования для проведения анализов.

Анализы нефти проводятся с использованием электрооборудования и легковоспламеняющихся и токсичных жидкостей, поэтому необходимо разработать комплекс мероприятий технического, организационного, режимного и правового характера, минимизирующих негативные последствия с точки зрения безопасности для работников, общества и окружающей среды.

С развитием научно-технического прогресса немаловажную роль играет возможность безопасного исполнения людьми своих трудовых обязанностей.

Охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасности условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма составляет одну из главных забот человеческого общества. Обращается внимание на необходимость широкого применения прогрессивных форм научной организации труда, сведения к минимуму ручного, малоквалифицированного труда, создания обстановки, исключаящей профессиональные заболевания и производственный травматизм.

На рабочем месте необходимо предусмотреть меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов производства. Уровни этих факторов не должны превышать предельных значений, оговоренных правовыми, техническими и санитарно-техническими нормами. Эти

нормативные документы обязывают к созданию на рабочем месте условий труда, при которых влияние опасных и вредных факторов на работающих либо устранено совсем, либо находится в допустимых пределах.

Задачей данного раздела является анализ проблем социальной ответственности с точки зрения потребителя результатов работы.

Поскольку результаты проекта будут использоваться нефтегазовой промышленностью, то в качестве потребителя будет выступать химическая лаборатория, для которой будет произведен анализ вредных, опасных и негативных воздействий; выявлены всевозможные риски жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, несчастные случаи на производстве и профессиональные заболевания; анализированы условия труда и охраны труда, промышленной и экологической безопасности.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Химико-аналитическая лаборатория является опасным производственным объектом, на котором производится работа с применением горючих и токсичных веществ. Существует необходимость строгого соблюдения мер безопасности, предусмотренных федеральным законом от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".

Государственные гарантии трудовых прав и свобод граждан, создание благоприятных условий труда, защита прав и интересов работников и работодателей соблюдаются в соответствии с «Трудовым кодексом Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019). Все работники, занятые на производстве, должны проходить периодический медосмотр. К работам на объектах допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие соответствующее обучение и аттестацию по безопасным методам ведения работ.

При работах с вредными и опасными условиями в соответствии с типовыми нормами работникам бесплатно выдаются специальная одежда,

специальная обувь, другие средства индивидуальной защиты (средства защиты органов зрения, средства защиты органов дыхания), а также смывающие и (или) обезвреживающие средства согласно Приказу Минтруда России от 09.12.2014 N 997н «Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением» (зарегистрировано в Минюсте России 26.02.2015 N 36213).

Работникам, работающим и проживающим в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, предоставляются дополнительные отпуска, устанавливаются гарантии и компенсации, предусмотренные в Законе РФ «О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях» от 19 февраля 1993 г. N 4520-1.

## 5.2 Производственная безопасность

Работа в химической лаборатории регулируется техникой безопасности предприятия и требует соблюдения предписанных норм. Техника безопасности работ в аналитических лабораториях изложена в методических рекомендациях [24].

Согласно ГОСТ 12.0.003 2015 в таблице 5.1 представлен перечень опасных и вредных факторов на объекте:

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы на объекте

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	

## Продолжение таблицы 5.1

1. Отклонение показателей микроклимата в помещении	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений»
3. Превышение уровня шума	-	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»
4. Воздействие вредных веществ	-	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»
5. Подвижные части производственного оборудования	-	+	+	ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»
6. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	-	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
7. Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
8. Нервно-психические перегрузки	+	+	+	ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

### 5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В соответствии с таблицей 5.1 проведём анализ опасных и вредных производственных факторов.

#### 1. Отклонение показателей микроклимата в помещении.

Показателями, характеризующими микроклимат рабочей зоны, являются температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового излучения.

Источник возникновения фактора: холодный или теплый период года, работа систем приточно-вытяжной вентиляции и отопления.

Воздействие фактора на организм человека: повышенная утомляемость; снижение производительности труда; рост опасности возникновения производственных травм и заболеваний, в том числе профессиональных.

Установленные нормы: температура воздуха (18 - 25) °С; влажность воздуха (20 - 75) %; скорость движения воздуха не более 0,3 м/с.

На рабочем месте осуществляется постоянный контроль показателей температуры и влажности воздуха с помощью термогигрометра. При необходимости проводятся проветривания помещений.

## 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны.

Поскольку местом проведения работ является помещение, то возникает необходимость максимального приближения освещения к естественному солнечному свету.

Источник возникновения фактора: неисправность, отсутствие осветительных приборов или невозможность их установки.

Воздействие фактора на организм человека: повышенная утомляемость, снижение зрения.

Согласно ГОСТ Р 55710-2013. Для помещений лабораторий установленная норма освещенности составляет не менее 500 лк. В исследуемой химической лаборатории организовано естественное освещение через светопроемы, обеспечивающее коэффициенты естественной освещенности не ниже 1,5 %. Искусственное освещение представлено комбинированной системой. Освещенность в химической лаборатории составляет 750 лк, что соответствует нормам.

## 3. Превышение уровня шума.

Шум, как раздражающий фактор, оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. Источник его возникновения фактора: системы вентиляции и отопления.

Воздействие фактора на организм человека: снижение слуховой чувствительности, повышенная утомляемость, раздражительность,

ухудшение памяти.

В соответствии с санитарными нормами [25] уровень шума в лаборатории не должен превышать 60 дБА. На рабочем месте исследователя уровень шума не превышает установленные нормы.

#### 4. Воздействие вредных веществ.

Так как рабочее место располагается в химико-аналитической лаборатории, необходимо уделить внимание нормам ПДК вредных химических веществ.

Источник возникновения фактора: работа с едкими и токсичными летучими веществами.

Воздействие фактора на организм человека. При вдыхании: тошнота, головные боли, при длительном воздействии возможно возникновение хронических заболеваний. При попадании на кожу: раздражение (нефть и нефтепродукты) или химические ожоги (концентрированные кислоты, щелочи).

Согласно [26] рабочая зона представляет собой пространство высотой до двух метров над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих. Для таких помещений установлены следующие ПДК вредных веществ, участвующих в исследовании:

- пары нефти, класс опасности III: 300 мг/м<sup>3</sup>;
- деэмульгатор, класс опасности III: 5 мг/м<sup>3</sup>;
- пары нефраса, класс опасности IV: 100 мг/м<sup>3</sup>.

На рабочем месте исследователя осуществляется контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны при помощи газоанализатора. Концентрация вредных веществ не превышает установленные нормы.

#### 5. Подвижные части производственного оборудования.

Источник возникновения фактора: движущиеся и подвижные части оборудования, стеклянная посуда и оборудование.

Воздействие фактора на организм человека: ушибы, глубокие порезы.

К травмированию может привести несоблюдение правил безопасности, конструктивные недостатки оборудования, неисправности защитных средств и оградительных устройств.

6. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов. Источник возникновения фактора: электронагревательное оборудование. Воздействие фактора на организм человека: термические ожоги.

7. Поражение электрическим током.

При нормальном режиме работы оборудования опасность электропоражения невелика, однако возможны аварийные режимы работы оборудования.

Источник возникновения фактора: электрооборудование.

Воздействие фактора на организм человека: термические ожоги, механические повреждения тканей и органов, изменение состава крови.

Согласно классификации помещений по электробезопасности дипломный проект разрабатывался в помещении без повышенной опасности (класс 01 по ГОСТ 12.1.019–2017), характеризующимся наличием следующих условий:

- напряжение питающей сети 220 В, частота 50 Гц;
- относительная влажность воздуха не более 75 %;
- средняя температура не более 35 °С.

8. Нервно-психические перегрузки.

Источник возникновения фактора: большой объем работ, высокие требования к скорости и качеству исполнения, работа с опасными веществами, конфликты в коллективе.

Воздействие фактора на организм человека: повышенная утомляемость, раздражительность.

Меры по предотвращению воздействия вредного фактора заключаются в формировании распорядка работы и отдыха, четком распределении заданий

в трудовом коллективе.

### **5.2.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя**

Следует отличать средства коллективной защиты населения и трудовых коллективов от средств индивидуальной защиты.

К средствам нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест относятся устройства для:

вентиляции очистки воздуха; локализации вредных факторов; отопления; автоматического контроля и сигнализации.

К средствам нормализации освещения производственных помещений и рабочих мест относятся источники света и осветительные приборы.

К средствам защиты от поражения электрическим током относятся устройства автоматического отключения; предохранительные устройства; знаки безопасности.

В химической лаборатории применяются следующие СИЗ:

– халаты лабораторные для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий;

– полукombineзон для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий;

– ботинки кожаные для выполнения технологических операций при интенсивном контакте обуви с нефтью и нефтепродуктами;

– перчатки из латекса (неопрена, нитрила) для работ в лабораториях с оборудованием при наличии кислот и щелочей до 30 %;

– нарукавники (поливинилхлорид, 100 %) для работ с маслами, нефтепродуктами, с кислотами и щелочами (до 70 %);

– фартук защитный из синтетических материалов, защищающий от кислот и щелочей от 20 % до 90 % (в зависимости от материала);

– очки защитные для защиты глаз от механического воздействия, от воздействия агрессивной среды, пыли, газов, паров, аэрозолей и капель химических продуктов;

– противоаэрозольные и противогазоаэрозольные респираторы для любых работ в атмосфере повышенной запыленности и незначительным превышением (не более обозначенной на маркировке фильтрующей способности) концентрации газов и паров;

– противогазы со сменными фильтрами для защиты органов дыхания, а также глаз и лица от газов, паров и аэрозолей в атмосфере повышенной запыленности и загазованности;

– газоанализатор для измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Для повышения уровня безопасности на рабочем месте работников обучают оказанию первой помощи, пожарно-техническому минимуму и присваивают группу по электробезопасности. Проводят периодические проверки знаний, как по выше перечисленным курсам, так и по курсу основной профессии лаборанта. Проводится ознакомление работников с действующими документами (инструкциями, методиками, стандартами и т. д.). На рабочем месте проводятся инструктажи вводные, первичные, повторные, целевые и внеплановые. В целях недопущения повторения аварий и происшествий, выпускают информационные листы с их подробным описанием и анализом. Периодически проводятся «Часы безопасности», посвященные определенным темам безопасной организации труда.

Все работники применяют СИЗ, которые проверяются на соблюдение требуемых норм эксплуатации. Соблюдаются нормы хранения и учета прекурсоров, ЛВЖ и ГЖ и других веществ. Перед началом работы работниками производится оценка возможных опасных и вредных факторов, в том числе проводится контроль загазованности воздушной среды. Оборудование своевременно проходит проверку (поверку, калибровку) в соответствии с установленными сроками, а также подвергается техническому обслуживанию со стороны персонала.

Автор данной работы считает, что вышеописанные мероприятия обеспечивают высокий уровень безопасности на рабочем месте лаборантов

химического анализа.

### **5.3 Экологическая безопасность**

Химические лаборатории являются источниками опасного для окружающей среды мусора.

Жизненный цикл химических реактивов в лаборатории начинается поставкой необходимых веществ от фирмы – поставщика сотруднику. В процессе использования образуются загрязненные исходные материалы, побочные продукты, загрязненные растворители и реагенты, ветошь и стеклотбой. Для сбора каждого типа отхода необходимо используются специальные контейнеры.

Сточные воды представляют собой любые жидкости, которые выливают в раковину. На практике они содержат водные растворы, которые предварительно нейтрализуют до рН от 6 до 8, и не содержат тяжелых металлов. В процессе утилизации сточных вод должны соблюдаться предельные концентрации, принятые для бытовых сточных вод. Основные параметры, существенные для качества сточных вод:

- величина рН в интервале (6,0–10,5) ед;
- температура не более 35 °С;
- токсичность сточных вод должна быть меньше такой, при которой вещество воздействует на биологические процессы на станциях водоочистки, переработки или и его утилизации.

Воздействие на атмосферу со стороны химической лаборатории незначительно, так как отсутствуют объемные выбросы газообразных веществ.

Правовую основу охраны окружающей среды и обеспечения необходимых условий жизнедеятельности составляют: Закон РСФСР "Об охране окружающей природной среды"; Водный кодекс РФ; Земельный кодекс РСФСР; Законы РФ "О недрах", "Об экологической экспертизе", "Об охране атмосферного воздуха".

#### 5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможные ЧС при работе в лаборатории. Наиболее вероятными источниками несчастных случаев являются: неумелое обращение с химическими веществами (отравление, химические ожоги, пожары, взрывы), с лабораторными приборами (поражение электрическим током, термические ожоги и травмы), а также со стеклянными приборами и посудой (порезы и т. д.). Только хорошая организация и охрана труда, строгое соблюдение правил работы и мер безопасности, соблюдение трудовой и учебной дисциплины позволяют полностью исключить возможность несчастных случаев и аварий в лабораториях.

Пожаробезопасность. Пожарную опасность могут создать электрический ток, искрение, перегрев при плохом соединении проводов, а так же короткое замыкание. Очень часто пожары в химических лабораториях возникают в результате работы с огнеопасными веществами; к ним относятся большое число органических растворителей и взрывчатые вещества. Огнеопасные вещества требуют осторожности не только при работе с ними, но и при хранении их на складах.

Превентивные меры по предупреждению пожара. Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

В каждой лаборатории должна быть составлена инструкция по пожарной безопасности, в которой указываются обязанности каждого работника по предупреждению пожаров и принятию необходимых мер к быстрой их ликвидации. Инструкция вывешивается во всех помещениях лаборатории на видном месте.

В целях предупреждения пожаров и взрывов в лабораториях и на складах химических реактивов должен быть вывешен перечень химических веществ и материалов, совместное хранение которых не допускается.

Раздельно необходимо также хранить реактивы, способные при горении выделять токсичные пары и газы, затрудняющие процессы тушения

и эвакуацию находящихся в помещениях материальных ценностей, а также те, для которых нельзя использовать одинаковые средства пожаротушения.

В помещении лаборатории должны быть первичные средства пожаротушения. К ним относятся:

- переносные и передвижные огнетушители (углекислотные, порошковые);
- пожарные краны и средства обеспечения их использования;
- пожарный инвентарь (ломы, багры пожарные, лопаты, емкости для воды и ящики для песка, ведра и ручные насосы и т.д.);
- противопожарное полотно для изоляции очага возгорания.

При выборе средств ликвидации пожаров необходимо учитывать химические превращения, которые могут произойти в условиях повышенной температуры.

Действия в результате возникновения пожара и меры по его ликвидации.

Последовательно ликвидации пожаров в химической лаборатории:

- немедленно сообщить по телефону 01 пожарному посту (команде) о возгорании или включить пожарную сигнализацию;
- перекрыть магистральные вентили, краны газовой сети, вентиляции, обесточить электропроводку;
- удалить из лаборатории в безопасное место все огне - и взрывоопасные вещества;
- воспользоваться средствами ликвидации пожаров в химической лаборатории для тушения пожара.

### *Заключение к разделу*

Основными целями Общества в области промышленной безопасности являются: безопасная эксплуатация опасных производственных объектов, предупреждение инцидентов, аварий; снижение риска аварий на опасных производственных объектах; обеспечение готовности подразделений к локализации и ликвидации последствий аварий и инцидентов на опасных производственных объектах.

Главной целью предприятия в области охраны труда является улучшение условий труда и снижение производственного травматизма.

На предприятии успешно функционирует система экологического менеджмента, соответствующая требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 14001-2016 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению». Цели, охватывают все аспекты природоохранной деятельности.

Таким образом, можно сделать вывод, что большое внимание уделяется всем аспектам социальной ответственности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были изучены процессы промышленной подготовки нефти.

В литературном обзоре представлены наиболее важные процессы промышленной подготовки нефти, их теоретические основы и рассмотрены наиболее распространенные виды оборудования. Анализ литературных данных показал, что процессы промышленной подготовки нефти играют важную роль в нефтегазовой промышленности.

В результате анализа собранных данных был рассчитан блок отстаивания водонефтяной эмульсии УПН. Были рассчитаны основные параметры горизонтального отстойника. Но так как на УПН подается нефть с большим процентом обводненности был проведен расчет процесса подготовки нефти, который позволил выяснить, что подготовленная нефть не соответствует требованиям предъявляемым к качеству нефти по ГОСТ Р 51858-2002. Поэтому был произведен расчет переливных перегородок для повышения качества подготовки нефти, который показал что при начальной обводненности от 15 до 35% конечная обводненность составила от 0,04 до 0,36%, что удовлетворяет требования по качеству ГОСТ Р 51858-2002. Но при увеличении обводненности до 40% исходный продукт не будет соответствовать нормам по первой и второй группе товарной нефти, поэтому потребуется дальнейшая подготовка.

Данный расчет позволяет сделать вывод о необходимости дальнейшей реконструкции технологической схемы подготовки товарной нефти и изменении параметров проведения процесса.

В проекте также рассмотрены Разделы финансового менеджмента, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, а так же раздел социальной ответственности.

### Список использованных источников

1. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. – М.: Недра, 1967. – 280 с.
2. Жумаев, К. К. Причины образования водонефтяных эмульсий / К. К. Жумаев, Хусен Хабибов. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 2 (106). – С. 153-155. – URL: <https://moluch.ru/archive/106/25414/> (дата обращения: 23.05.2021).
3. Лобков А.М. Сбор и обработка нефти и газа на промысле. -М.: Недра, 1968г.-285с.
4. Позднышев Г. Н. Стабилизация и разрушение нефтяных эмульсий / Г. Н. Позднышев. – М.: Недра, 1982. – 224 с.
5. Логинов В. И. Обезвоживание и обессоливание нефтей / В. И. Логинов. – М.: Химия, 1979. – 214 с.
6. Абрамзон. А. А. Поверхностно-активные вещества / А. А. Абрамзон. – Л.: Химия, 1981. – 304 с.
7. Дерягин Б. В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок / Б. В. Дерягин. – М.: Наука, 1986. – 368 с.
8. Лобков А.М. Сбор и обработка нефти и газа на промысле. -М.: Недра,1968г.-285с.
9. Ребиндер П. А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. Избранные труды / П. А. Ребиндер. – М.: Наука, 1978. – 177 с.
10. Тронов В. П. Разрушение эмульсии при добыче нефти / В. П. Тронов. – М: Недра, 1974. – 271 с.
11. Абрамзон А. А. Поверхностно-активные вещества, свойства и применение / А. А. Абрамзон. – Л.: Химия, 1981. – 69 с.
12. Семихина Л. П., Москвина Е. Н., Кольчевская И. В. Явление синергизма в смесях поверхностно-активных веществ // Вестник Тюменского государственного университета. – № 5. – 2012. – 85-91 с.

13. Казакова Л. П. Твердые углеводороды нефти / Л. П. Казакова. – М.: Химия, 1986. – 176 с.
14. Фаизов А. А, Дряхлов В. О., Фазуллин Д. Д., Ягафарова Г. Г., Ягафарова Д. И. Разделение водонефтяных эмульсий с использованием мембранных фильтров // Вестник Технологического университета. – Т. 18, № 24. – 2015. – 136-138 с.
15. Гимазова Г. К., Вахитова А. К., Ермеев А. М., Елпидинский А. А. Изучение влияния магнитного поля на процесс обезвоживания нефтяных эмульсий // Вестник технологического университета. – Т. 18, № 8. – 2015. – 107109 с.
16. Кашаев Р. С., Фасхиев Н. Р. Обезвоживание нефтей во вращающемся магнитном поле и контроль процесса методом ЯМР-релаксометрии // Нефтепромысловое дело. – № 5. – 2011. – 49-55 с.
17. Патент №2005113856/15 Российская Федерация , МПК В01D 17/06(2006.01) СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ , № 2005113856/15, заявл. 2005.05.05:опубликовано 2007.10.27 / Гуцин В.В, Яковенко Г.В, Кашараба О.В, Орлов Г.И, Кощеев В.И, Берлин М.А, Грабовский Ю.П. ;заявитель Автономная некоммерческая организация "Научно-исследовательский институт "Проблем промышленной безопасности" (АНО "НИИ "Проблем промышленной безопасности")- 1 с.
18. Патент № 2 286 195 С1 Российская Федерация , МПК В01D 17/06(2006.01) , заявл. 2005.05.05:опубликовано 2006.10.27/ Гуцин В.В, Яковенко Г.В, Кашараба О.В, Кощеев В.И, Орлов Г.И, Берлин М.А Грабовский Ю.П, Чернышев В.Н. ;заявитель Автономная некоммерческая организация "Научно-исследовательский институт "Проблем промышленной безопасности" (АНО "НИИ "Проблем промышленной безопасности")- 1 с.
19. Патент № 2 712 589 С1 Российская Федерация , МПК В01D 17/05(2006.01), В01D 17/06(2006.01), С10G 33/04(2006.01), В01J 19/10(2006.01) СПОСОБ РАЗРУШЕНИЯ ВЫСОКОУСТОЙЧИВЫХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ № 2019121004, заявл. 2019.07.05:опубликовано 2020.01.29/

Романова Ю.Н, Мусина Н.С, Марютина Т.А, Трофимов Д.А ;заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Центр изучения и исследования нефти" 1-4 с.

20. Патент № SU1 607 862 A1 Российская Федерация, МПК B01D 17/00(2006.01) Установка подготовки нефти №1607862 заявл. 1989.01.09:опубликовано 1990.11.23/ Коротков Ю.Ф, Николаев А.Н., 1-4 с.

21. Каспарьянц К.С. Промысловая подготовка нефти. - М.: Недра, 1966г.

22. Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.Н. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности /изд.2-е перер. и доп. – Л.: Химия, 1974. –344 с.

23. Эмирджанов Р. Т. Основы технологических расчетов в нефтепереработке. М-Л.: Изд-во «Химия», 1965. 544 с.

24. ПНД Ф 12.13.1-03 «Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)» от 04 сентября 2003 г.

25. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы»: утверждены и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. N 36.

26. Постановление от 13 февраля 2018 года N 25 «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.2.5.3532-18 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны"».