

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Отделение химической инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Моделирование процессов обезвоживания и обессоливания при промышленной подготовке нефти	

УДК 622.276.8:665.622.4-047.58

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM71	Рябкова Наталя Игоревна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес Ольга Ефимовна	к.т.н. доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницына Зоя Васильевна	к.т.н. доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сотникова Анна Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Самборская Марина Анатольевна	к.т.н. доцент		

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты освоения ООП

Код	Результат обучения
P1	Применять глубокие математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
P2	Становить и решать инновационные задачи производственного анализа и проектирования, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с учетом минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду.
P3	Разрабатывать и проектировать новые технологические процессы на основе математического моделирования, проектировать и использовать энерго- и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
P4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области разработки и оптимизации технологических процессов и систем с позиций энерго- и ресурсосбережения
P5	Внедрять и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
P6	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности, заниматься педагогической деятельностью в сфере профессионального образования.
P7	Формулировать, разрабатывать и реализовывать методы решения научно-исследовательских задач, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств представлять и защищать результаты

P8	Проводить все стадии проектирования с использованием методов математического моделирования, коммерческих симуляторов и пакетов прикладных программ, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств
P9	Разрабатывать учебно-методическую документацию, ставить новые лабораторные работы, проводить практические занятия по теме, ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств

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

Школа инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
 Отделение школы (НОЦ) химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Самборская М.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ71	Рябковой Наталье Игоревне

Тема работы:

Моделирование процессов обезвоживания и обессоливания при промышленной подготовке нефти	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	1132/с от 13.02.2019 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2019 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Физико-химические свойства нефти; процессы и технология установки промышленной подготовки нефти</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование</i>	1. Литературный обзор; Технологические основы и механизм процесса обезвоживания и обессоливания нефти в электрическом поле. Оборудование. Методики расчета процессов обезвоживания и обессоливания при промышленной подготовке нефти. 2. Объекты и методы исследования;

дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	<i>Нефтяная эмульсия Мамонтовского месторождения, технологическая схема установки промышленной подготовки нефти. Математическое моделирование</i> 3. Расчеты и аналитика; 3.1 Описание математической модели; 3.2 Модернизация модели и программы расчета; 3.3 Проведение исследований влияния технологических параметров на процесс обезвоживания и обессоливания нефти Мамонтовского месторождения и анализ результатов; 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5. Социальная ответственность; 6. Заключение.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	<i>Технологическая схема, исходные данные – 1 л.</i> <i>Математическая модель – 1 л;</i> <i>Результаты проведенного исследования – 3 л.</i>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Криницына Зоя Васильевна
«Социальная ответственность»	Сотникова Анна Александровна
Иностранный язык	Макаровских Александра Викторовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.03. 2019 г.
---	----------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес Ольга Ефимовна	К.Т.Н., доцент		11.03. 2019 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM71	Рябкова Наталья Игоревна		11.03. 2019 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ71	Рябковой Наталье Игоревне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет затрат НИ составляет 229332,52 рублей
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Отчисления на социальные службы 27,1% составляют: 10328,4 рублей.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Перспективность НИР средняя.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составлен календарный план-график проведения НИР. Распланирован бюджет проекта.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Сравнительная эффективность разработки составила 1,086

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Диаграмма Исикавы
4. Степень готовности научного проекта к коммерциализации
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
7. Организационная структура проекта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницына Зоя Васильевна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ71	Рябкова Наталья Игоревна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2KM71	Рябковой Наталье Игоревне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Объектом исследования является процесс обезвоживания и обессоливания нефти. Экспериментальная часть работы велась на ПК. Рабочее место – стационарное, оборудованное компьютером. Рабочая зона – аудитория, которая оборудованная системами отопления, кондиционирования воздуха и естественным и искусственным освещением. Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.
2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации. Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами. Для снижения вредного воздействия химических факторов работникам производства выдается молоко питьевое в количестве 0,5 литра за смену для выведения из организма токсических веществ. ГОСТ 12.1.038–82 ГОСТ 12.1.045–84 ГОСТ 12.2.003–91 ГОСТ 12.2.061–81. СП 60.13330.2012 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 СанПиН 2.2.4.548–96, СанПиН 2.2.4.1191–03, СанПиН 2.6.1.1015–01; СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03; СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96, инструкция по охране труда при работе на ПК
2. Производственная безопасность:	2.1 В производственной среде и при применении вычислительной техники

а. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) б. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	вероятно воздействие следующих вредных факторов: – освещение – шум; – электромагнитные излучения; – микроклимат, – вредные вещества; – зрительное напряжение; – монотонность трудового процесса; – нервно-эмоциональные перегрузки; 2.2 Вредные вещества. На установке обессоливания и обезвоживания присутствуют вредные вещества такие, как: – сероводород, – аммиак, – окись углерода, – МЭА, – пары нефтепродуктов и т.д. Средства защиты: хлопчатобумажные костюмы, защитные очки, ботинки кожаные, перчатки фильтрующие противогазы, каска. К опасным факторам относятся: – горючесть, взрывоопасность и токсичность веществ, применяемых и получаемых на установке; – наличие электротехнических устройств высокого напряжения; превышение токсичных веществ в воздухе рабочей зоны.
3. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Основными загрязнителями атмосферы на производстве являются: – Сероводород; – Аммиак; – Оксид углерода(II); – Углеводороды. – Пары нефтепродуктов Повышения экологической безопасности можно достигнуть путем снижения выбросов во время эксплуатации за счет использования улучшенных фильтрационных и очистительных сооружений, увеличения сгорания горючих компонентов, с помощью специальных форсунок в топочных устройствах, использование паров нефтепродуктов в качестве сырья в других нефтехимических процессах; Работающий компьютер уменьшает влажность воздуха. Комплектующие ПК на 90% состоят из химикатов, опасно воздействующих на экологию. Использование макулатуры позволяет экономить древесину.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Возникновение ЧС, требующих обеспечения электро- и пожаровзрывобезопасности на рабочем месте. Перечень возможных ЧС: – пожар; – взрыв; – розлив продуктов/компонентов производства;

	Для обеспечения безопасной эксплуатации установки предусмотрена рациональная технологическая схема с комплексной автоматизацией технологического процесса, позволяющая обеспечить его непрерывность и стабильную работу оборудования. Предусмотрено отключение электрооборудования со щита операторной.
--	---

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сотникова Анна Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM71	Рябкова Наталья Игоревна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 110 с., 33 рис., 27 табл., 47 источников, 3 прил.

Ключевые слова: водонефтяная эмульсия, деэмульгатор, математическое моделирование, промысловая подготовка нефти, обезвоживание, обессоливание.

Объектом исследования являются нефтяная эмульсия Мамонтовского месторождения, технологическая схема установки промысловой подготовки нефти.

Целью данной работы является: исследование процессов обезвоживания и обессоливания при промысловой подготовки нефти Мамонтовского месторождения с применением моделирующей системы.

Для достижения цели должны быть решены следующие задачи:

- анализ технологии промысловой подготовки нефти Мамонтовского месторождения;
- обработка экспериментальных данных;
- разработка расчетной схемы и модернизация программы расчета;
- проведение исследований влияния технологических параметров на процессы обезвоживания и обессоливания при промысловой подготовке нефти с применением моделирующей системы.

В процессе работы выполнен анализ технологии Мамонтовского месторождения, обработаны экспериментальные данные, выполнены исследования влияния технологических параметров: температуры и расхода нефти на процессы обезвоживания и обессоливания при промысловой подготовке нефти с применением моделирующей системы.

Область применения: на основании анализа проведенных исследований могут быть даны рекомендации по эффективному проведению процессов разделения водонефтяных эмульсий, результаты исследований могут быть применены в практике работ установок промысловой подготовки нефти, а также в учебном процессе при выполнении лабораторных и курсовых работ.

Экономическая значимость работы: анализ перспективности проведения научных исследований показал, что работа считается значимой с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ЦППН – цех подготовки и перекачки нефти

УПН – установка подготовки нефти

УПСВ – установка предварительного сброса воды

УПОГ – установка предварительного отбора газа

КСУ – концевая сепарационная установка

РВС – резервуар вертикальный стальной

ЭГ – электродегидратор

НДС – нефтяные дисперсные системы

ПАВ – поверхностно-активные вещества

УТПН – установка товарной подготовки нефти

СГ – сепаратор газовый

МС – моделирующая система

НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы

НТИ – научно-техническое исследование

НИР – научно-исследовательская разработка

ИСР – иерархическая структура работ

ПДК – предельно допустимая концентрация

СИЗ – средства индивидуальной защиты

СВЧ излучение – сверхчастотное излучение

ЭМИ – электромагнитное излучение

ЭВМ – электронно-вычислительные машины

ЭМП – электромагнитное поле

ЧС – чрезвычайная ситуация

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	15
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	16
1.1 Предпосылки процессов обезвоживания и обессоливания	17
1.2 Классификация методов разрушения эмульсий	18
1.2.1 Химический метод	18
1.2.2 Гравитационное осаждение	19
1.2.3 Электростатическая обработка	20
1.3 Оборудование для электрообезвоживания	21
1.3.1 Электростатическая сила притяжения между каплями	22
1.3.2 Формы сливающихся капель	24
1.3.3 Сила сопротивления	25
1.3.4 Разрыв тонкой пленки	26
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	28
4.1 Предпроектный анализ	28
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	28
4.1.2 Диаграмма Исикавы	29
4.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации	32
4.1.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	34
4.2 Инициация проекта	34
4.2.1 Организационная структура проекта	36
4.2.2 Ограничения и допущения проекта	36
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом	37
4.3.1 Контрольные события проекта	37
4.3.2 План проекта	38
4.3.3 Бюджет научного исследования	41
4.3.4 Организационная структура проекта	44

4.3.5 Матрица ответственности	45
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	46
4.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования	46
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	50
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	50
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	50
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследования	51
5.2 Производственная безопасность	51
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	52
5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	54
5.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	58
5.3 Экологическая безопасность	59
5.3.1 Анализ возможного влияния объекта исследования на окружающую среду	59
5.3.2 Анализ влияния использования ПК на окружающую среду	60
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	61
5.4.1 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	61
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ	63
Список использованных источников	64
Приложение 1	68
Приложение 2	84
Приложение 3	86

ВВЕДЕНИЕ

С увеличением длительности эксплуатации месторождения увеличивается и обводненность нефти и рано или поздно нефтяная скважина начинает производить всё больший процент воды. Необходимо удалить эту воду путем дегидратации или обессоливания.

Уже давно стандартной практикой является соответствие нефти требованиям, чтобы содержание примесей и воды было снижено до значения, не превышающего установленный небольшой процент до того, как нефть поступит в систему трубопроводного транспорта для последующей поставки на экспорт. Такое снижение содержания необходимо как для минимизации повреждений трубопровода и оборудования, например, в результате коррозии и абразивного износа, так и для минимизации экономических потерь, возникающих при транспортировке и обработке не нефтяных компонентов. Хотя требования варьируются в зависимости от местности и нефтеперерабатывающих заводов, в общих технических условиях прописаны показатели массовой доли воды и механических примесей [1].

С течением времени более остро становится проблема подготовки нефти. Наиболее действенным способом является воздействие на нефть электрического поля. В свою очередь математическая модель позволяет прогнозировать эффективность разделения водонефтяной эмульсии.

Научная новизна работы: модернизация математической модели и адаптация её к технологии конкретного месторождения, а также корректировка программы расчета процессов обезвоживания и обессоливания при промышленной подготовки нефти, прогнозирование эффективных режимов для проведения процессов отделения воды.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Эмульсии сырой нефти и воды можно встретить на многих этапах: во время бурения, добычи, транспортировки и переработки сырой нефти, а также во многих местах, таких как углеводородные пласты, скважины, наземные сооружения, транспортные системы и нефтеперерабатывающие заводы. Вода или рассол обычно сопровождают сырую нефть во время ее извлечения из пласта. Количество водной фазы, сопровождающей нефть, может варьироваться от следа до очень большого процента от всей добываемой жидкости. Из-за естественного присутствия эмульгаторов большая часть водной фазы, получаемой с нефтью, эмульгируется в ней, образуя стабильные эмульсии типа вода в нефти.

Часть воды, называемая свободной, легко отделяется от сырой под действием силы тяжести, пока скорость жидкости достаточно мала. Оставшаяся добываемая вода тесно связана с сырой нефтью в форме эмульсии, т.е. стабильной дисперсии мелких капель одной жидкости в другой [2].

Эмульсия может быть определена как непрозрачная, гетерогенная система из двух несмешивающихся жидких фаз (нефть и вода), где одна из фаз диспергирована в другой в виде капель микроскопического или коллоидного размера. Существует два вида простых эмульсий: нефть в воде и вода в нефти, в зависимости от того, какая фаза содержит капли. Более распространена дисперсия воды в нефти. Эмульсии типа нефть в воде образуются изредка. Они называются «обратными» в нефтяной промышленности.

Эмульсии, полученные при перемешивании чистых несмешивающихся жидкостей, очень нестабильны и быстро распадаются на объемные фазы. Такие эмульсии могут быть стабилизированы путем добавления поверхностно-активного материала, который защищает вновь образованные капли от повторного слияния. Эмульгатор представляет собой поверхностно-активное вещество, которое способствует образованию эмульсии и стабилизации за счет сочетания поверхностной активности и возможного образования структуры на границе раздела.

1.1 Предпосылки процессов обезвоживания и обессоливания

Вода диспергируется в виде мелких капель в сырой нефти, а большая часть солей растворяется в каплях воды. Поскольку вода является солевым носителем, термины обезвоживание и обессоливание используются как синонимы. Накопление поверхностно-активных молекул и неорганических твердых частиц из неочищенного материала на границе раздела нефть-вода приводит к образованию механически прочной, жесткой, вязкоупругой застойной пленки, которая противостоит каплеобразованию [2,3]. Поэтому деэмульгирование является важным промышленным процессом, главным образом, используемым для удаления воды и солей из сырой нефти. На сегодняшний день существует несколько методов для улучшения разделения эмульсий вода в нефти, таких как добавление химического деэмульгатора [4], регулировка pH [5], гравитационное или центробежное осаждение [6], фильтрация [7], нагревание и электростатическое деэмульгирование [8, 9].

Разрушение эмульсии является многостадийным процессом, который может происходить из-за подавления или усиления одного из явлений, определяющих стабильность. Процессы обезвоживания предназначены для увеличения скорости первой стадии; все они связаны с физическими изменениями, такими как нагрев, который уменьшает вязкость внешней фазы и, в некоторой степени, увеличивает разницу в плотности между жидкостями. Другим физическим эффектом является введение большого количества внутренней фазы, как при опреснении, например, для уменьшения среднего расстояния, пройденного каждой каплей, прежде чем она соприкоснется с другой. Для увеличения вероятности или скорости контакта и/или размера капель также могут использоваться силы, отличные от естественной силы тяжести: искусственная гравитация с помощью центрифугирования [5], капиллярные силы в осадочных фильтрах [6] или электростатические силы в электродегидрататорах [7].

Метод электростатического деэмульгирования является одним из самых эффективных и самых простых методов разделения. Электростатические силы

вызывают слияние мелких капель воды и их рост в более крупные капли, которые затем легко падают под действием электростатических сил или силы тяжести [8-11].

Этот эффективный процесс деэмульгирования может быть достигнут с помощью постоянного, переменного и импульсного полей постоянного тока.

Различные механизмы были предложены до сих пор, и несколько параметров были изучены для оценки уровня разделения. Из-за множества параметров, которые необходимо исследовать, например, рабочие условия (напряжение, частота, температура) и свойства эмульсии (плотность, вязкость, размер капли воды, обводненность), полное уравнение скорости, которое учитывает все эти факторы, еще не было представлено [2].

1.2 Классификация методов разрушения эмульсий

1.2.1 Химический метод

Химический метод подразумевает под собой применение деэмульгатора. Деэмульгирующие химические вещества аналогичны эмульгаторам (то есть они поверхностно-активны). Деэмульгаторы имеют четыре основных действия:

1. Вытеснение и/или нейтрализация эмульгатора, уже находящегося на поверхности раздела капель.

2. Флокуляция. Они должны нейтрализовать любые отталкивающие электрические заряды между рассеянными каплями и, таким образом, позволить каплям соприкасаться.

3. Слияние. Они должны позволять маленьким капелькам объединяться в капли, достаточно большие, чтобы осесть; это требует, чтобы пленка, окружающая и стабилизирующая капельки, была разрушена.

4. Смачивание. Они должны предотвращать физическое блокирование коалесценции мелких частиц на границе раздела капель.

Теории действия деэмульгаторов неполны. Они не могут объяснить крайнюю специфичность различных типов химикатов в какой-либо конкретной

смеси сырой нефти. Тем не менее, два обобщения верны. Во-первых, эффективные деэмульгаторы имеют высокую молекулярную массу, сравнимую с массой природных ПАВ. И, во-вторых, если они используются в качестве эмульгаторов, они имеют тенденцию вызывать эмульсии, противоположные по типу.

Традиционная теория о том, почему деэмульгаторы работают, заключается в том, что деэмульгатор «нейтрализует» эмульгатор; другими словами, для разрушения эмульсии требуется химическое вещество, которое обычно дает обратную эмульсию. Другое объяснение состоит в том, что деэмульгатор делает пленку, окружающую каплю воды, очень жесткой. Когда капля нефти расширяется при нагревании, пленка разрывается. В качестве альтернативы, если химическое вещество приводит к сокращению пленки, для разрыва пленки не требуется нагрев.

1.2.2 Гравитационное осаждение

Гравитационное осаждение обычно достигается в относительно больших резервуарах для хранения, отстойниках и т.д., в которых обеспечивается необходимое время покоя.

Сброс свободной воды предназначен для удаления только большого процента свободной воды. Свободная вода - это вода, которая переносится в производимом потоке, но не эмульгируется в нефти. Свободная вода легко оседает менее чем за 10-20 минут.

Сброс воды часто используется в сочетании с другими методами в качестве предварительного этапа или первого этапа удаления воды. Сырая нефть, выходящая из резервуара, может содержать от 1 до 30-40% эмульгированной воды. Эти устройства могут использовать или не использовать перегородки для направленного потока через устройство, а иногда использовать коалесцирующие пластины. Часто это только отстойники под давлением с регулирующим клапаном уровня воды и клапаном сброса. Вода удаляется гравитационным разделением. Удаление свободной воды перед подачей эмульсии в нагреватель с подогревом экономит значительное количество топлива. Нагревание ненужной воды - это не

только бесполезная трата тепла, но и нагретая вода может накипать или требовать дорогих химикатов для предотвращения образования накипи.

1.2.3 Электростатическая обработка

Гравитационное осаждение приводит к очень медленным скоростям оседания, что доказывает закон Стокса.

$$V_{ос.} = \frac{\rho_v}{18} \frac{D_0^2}{\mu_n} \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_v} \right) g,$$

где ρ_n, ρ_v – плотность капли воды и нефти, кг/м³; D_0 – диаметр капли, м; g – ускорение силы тяжести, м/с²; μ_n – динамическая вязкость нефти (Па·с).

Молекула воды является полярной, следовательно, электрическое поле усиливает слияние капель воды, рассеянных в сырой нефти, двумя механизмами, которые действуют одновременно.

1. Капли воды могут приобретать суммарный заряд прямым контактом с заряженным электродом или конвективным переносом заряда с электрода органической фазой.

2. Электрические градиенты поляризуют капли воды, выравнивая первоначально случайно ориентированные полярные молекулы воды с внешним полем и перераспределяя подвижные заряженные частицы внутри капель.

При применении электродегидраторов можно сделать следующие выводы:

1. Скорость падения увеличивается с увеличением размера капли и напряженности электрического поля;

2. Силы сопротивления или гидродинамические напряжения увеличиваются как квадрат размера капли и электрического поля;

3. Эти гидродинамические напряжения ограничивают размер капли, которая может существовать в поле;

4. Максимально допустимый размер капли уменьшается при увеличении электрического поля;

1.3 Оборудование для электрообезвоживания

Глубокое обезвоживание предполагает оптимизацию применения четырех методов, а именно: введение деэмульгатора, время удержания, тепло и электростатическое поле для получения товарной нефти.

Обеспечение времени удержания и нагревание обычно обходятся дешевле, чем введение деэмульгатора и создание электростатических полей. Деэмульгатор используются почти в каждом случае.

Лучшей промышленной практикой является применение электрического поля с переменным током для непрерывной деформации капель, и попытка улучшить их столкновения в эмульсии, чтобы постепенно увеличивать средний диаметр водяных капель. Такой узел называется электродегидратором.

Электродегидратор хорошо зарекомендовал себя в нефтегазовых процессах; однако, физические явления, которые управляют его поведением, еще не полностью поняты.

Применение электрического поля для снижения стабильности эмульсий вода в нефти и, следовательно, для улучшения разделения фаз является особенно эффективным благодаря эффекту поляризации капель, который способствует притяжению и, следовательно, коалесценции.

Использование электрического поля имеет некоторые ограничения, потому что избыточное напряжение может разрушить капли, образуя множество мелких капель и вызывая противоположный эффект улучшения стабильности эмульсии.

Электродегидратор работает с переменным или постоянным током. Когда используется переменный ток, деформация капли меньше, чем при использовании постоянного тока. Тем не менее, литература продемонстрировала превосходные характеристики при переменном токе [10].

В литературе рассматриваются кинетика электрокоалесценции и определяющие параметры, такие как приложенное поле, свойства жидкости, форма капли и течение. Также, подробно обсуждаются неблагоприятные эффекты, такие как образование цепи и частичное слияние.

Анализ литературы показывает, что использование импульсных электрических полей постоянного и переменного тока предпочтительнее постоянных полей постоянного тока для эффективной коалесценции, но выбор оптимальной частоты поля априори все еще невозможен и требует дальнейших исследований. Некоторые недавние исследования помогли прояснить важные аспекты процесса, такие как частичная коалесценция и не коалесценция. С другой стороны, некоторые ключевые явления, такие как разрыв тонких пленок и образование цепей, до сих пор неясны. Недавно были предложены некоторые конструкции встроенных электрокоагуляторов, однако с ограниченным успехом: неадекватное знание основополагающей физики все еще не позволяет этой технологии покинуть сферу эмпиризма и полностью развиваться в той, которая основана на строгой научной методологии.

1.3.1 Электростатическая сила притяжения между каплями

Механизм коалесценции двух капель в присутствии электрического поля включает в себя три отдельных этапа. Приложенное электрическое поле поляризует индивидуальную каплю, и каждая капля действует как диполь с индуцированными положительными и отрицательными зарядами на двух полярных концах. Диполь выравнивается в направлении приложенного электрического поля. Первый этап электрокоалесценции предполагает взаимодействие двух капель за счет притяжения между полюсами противоположной полярности. В больших пределах разделения различные силы, действующие на каплю, могут быть электростатической силой, силой сопротивления и гравитационной силой (если капли являются грубыми). Когда две капли движутся навстречу друг другу, при небольшом расстоянии между промежуточными гранями капель существует промежуточная пленка среды жидкости. Второй этап электрокоалесценции включает сжатие жидкости на границе тонкой пленки. По мере приближения капель толщина пленки уменьшается. На третьем этапе, когда пленка становится очень тонкой, совместное

действие электростатических и молекулярных сил разрушает пленку, позволяя двум каплям слиться вместе.

Если капли несут присущие заряды, «мигрирующая коалесценция» возникает в результате электрофореза (Williams and Bailey, 1986). В одном из первых исследований электрокоалесценции, Berg et al. (1963) обнаружили, что для двух закрепленных капель скорость коалесценции была пропорциональна напряженности приложенного электрического поля. Существует и много других параметров, которые могут влиять на силу притяжения между коалесцирующими каплями. Это расстояние между каплями, размер капель, искажение формы и свойства жидкости, такие как проводимость, диэлектрическая проницаемость, вязкость, межфазное натяжение и т.д. Последующие исследования электрокоалесценции были сосредоточены на этих параметрах, их оптимизации и, следовательно, ускорении процесса.

Влияние разделения на форму капли и, в свою очередь, на скорость электрокоалесценции было темой многих исследований (Latham and Roxburgh, Atten, Atten et al., Raisin et al.). Поскольку электростатическая сила между соседними каплями находится на небольшом расстоянии, чтобы две капли могли притягиваться и объединяться, они должны находиться в пределах диапазона, который определяется комбинацией приложенного поля, размера капли и свойств жидкости. В эмульсии межкапельное разделение определяется содержанием и размером дисперсной фазы (Панченков, Виноградов).

Оценка фактической разности электрических потенциалов между ведущими полюсами двух приближающихся капель во внешнем электрическом поле была решающим фактором в расчетах электрокоалесценции. Однако настоящие модели для оценки силы электростатического взаимодействия между двумя каплями основаны на приложенном извне электрическом поле.

Деформация и агрегация капель в эмульсии изменяет вязкоупругие свойства, такие как свойства текучести. Детальный анализ движения и взаимодействия двух капель, падающих в спокойной среде, параллельной и

перпендикулярной приложенному внешнему полю, был выполнен экспериментально, а также численно (Chiesa et al., 2005). Исследование было более сфокусировано на циркуляции потока, диполях и градиентах поверхностного натяжения. Анализ показал, что выражения для сопротивления, плавучести и осаждения пленки, применимые для твердых частиц, не дают точных результатов для взаимодействия двух капель из-за внутренних потоков, а также изменения поверхностного натяжения в присутствии электрического поля. Одновременное влияние гидродинамики и электрических напряжений на пару капель было изучено (Raisin et al., 2011). Они предложили экспериментальную установку для генерации пары незаряженных капель, помещения их в поток и применения электрического поля для изучения электрогидродинамических взаимодействий.

1.3.2 Формы сливающихся капель

Непосредственный эффект, который капля проявляет при приложении электрического поля, - это деформация формы. Две близко расположенные капли в электрическом поле проявляют деформацию, когда электрокапиллярное число является большим. При малых значениях деформация может наблюдаться только на ведущих полюсах коалесцирующих капель. Такая деформация является результатом сильного электрического поля между передними кромками двух капель и, следовательно, высокой плотности заряда. Капля может также показать переднюю и заднюю асимметричную деформацию, когда она находится близко к поверхности электрода (Imano and Beroual, 2006). Наличие капель в непосредственной близости от электродов не только вызывает деформацию, но и экранирует внутренние капли в эмульсии.

Численно была исследована деформация двух идеально проводящих капель однородного размера в однородном электрическом поле. При больших расстояниях капли не взаимодействуют друг с другом и деформируются, как одна капля в электрическом поле. Изучена деформация и коалесценция двух закрепленных проводящих капель в электрическом поле. Результаты с использованием

асимптотических и численных методов показали, что для близко удерживаемых капель однородного размера происходит слияние. В однородном поле, когда капли одинакового размера выровнены по вертикали с электронами, капли могут взаимодействовать только тогда, когда они находятся в пределах критического разделения. Если капли находятся далеко друг от друга, они притягиваются к электродам из-за зеркальных зарядов на электроде (Bjorklund, 2009). Было приведено теоретическое и экспериментальное исследование влияния электрода на форму и коалесценцию капель. Капля ближе к электроду растягивается асимметрично из-за дисбаланса электрических сил. Время контакта двух свободно подвешенных и закрепленных капель в электрическом поле было изучено Raisin et al. (2011). Время контакта обратно пропорционально начальному максимальному электростатическому давлению. Также изучена деформация водовоздушных и водонефтяных поверхностей в электрическом поле.

1.3.3 Сила сопротивления

Когда две приближающиеся капли находятся на довольно большом расстоянии, сила сопротивления противодействует движению.

Тем не менее, в случае движения капли в вязкой среде фактическая сила сопротивления, испытываемая каплей, ниже из-за циркуляции по обе стороны интерфейса.

Сопротивление движению коалесцирующих капель на больших расстояниях разделения обусловлено, главным образом, силой сопротивления, тогда как при этом она определяется силой утоньшения пленки. Сила истончения пленки - это сила, обусловленная дренированием промежуточной жидкой пленки между сливающимися каплями.

При отсутствии электрического поля сила истончения пленки увеличивается с уменьшением вязкости среды. Увеличение силы можно отнести к увеличению относительной скорости капель на убывающей вязкости среды. При приложении электрического поля дипольная сила между передними кромками

капель противостоит силе истончения пленки. Эффект вязкости уменьшается по мере приближения капель друг к другу и полностью исчезает в начале коалесценции. Присутствие поверхностно-активных веществ сильно изменяет силу сопротивления путем образования застойных пленок.

Деформируемость коалесцирующих капель играет решающую роль на стадии дренирования пленки коалесценции. При численном исследовании слияния двух капель в текучей эмульсии в однородном электрическом поле пришли к выводу, что скорость электрокоалесценции зависит от деформации ведущих поверхностей, движения капли и дренажа пленки между каплями. Время контакта для близко расположенных очень маленьких капель с высоким коэффициентом вязкости больше по сравнению с деформируемыми каплями большего размера. Индуцированный извне поток жидкости также определяет скорость истончения пленки. Слив пленки занимает больше времени, и, следовательно, время слияния дольше. Однако время слияния уменьшается с увеличением электрокапиллярного числа. Экспериментальные наблюдения показывают, что уменьшение межфазного натяжения в отсутствие электрического поля может противостоять коалесценции, поскольку большие деформации препятствуют истончению пленки. Однако в присутствии электрического поля повышенная деформация при уменьшении межфазного натяжения способствует слиянию.

1.3.4 Разрыв тонкой пленки

Сближающиеся капли содержат пленку жидкости среды между их передними гранями. По мере приближения капель толщина пленки непрерывно уменьшается за счет сжатия на границе. При дальнейшем уменьшении толщины пленки молекулярные силы начинают играть свою роль. Сила Ван-дер-Ваальса помогает уменьшить толщину, в то время как двухслойное отталкивание пытается раздвинуть капли. Нестабильность пленки может возникнуть из-за термических / механических ударов или наличия примесей на границе раздела, что приводит к разрушению пленки, разделяющей две капли.

Когда две капли находятся на критическом расстоянии друг от друга, микроскопически тонкая пленка, разделяющая их, может быстро разорваться, после чего происходит слияние капель. В литературе был предложен ряд механизмов разрыва пленки и последующего слияния двух капель. Одна из гипотез предполагает, что пленка разрушается, когда электрическое поле поперек пленки достигает диэлектрической прочности при разрушении средней фазы (Pearce, 1953). Другая – что причиной разрыва пленки является искровой разряд. На основе анализа экспериментальных данных было доказано, что коалесценцию вызывает не диэлектрический пробой, а динамическая неустойчивость раздела вода-нефть, вызванная электрическим полем. Другая гипотеза гласит, что, когда приложенное электрическое поле велико, ионы в дисперсной фазе протягиваются через границу раздела. Или, что коалесценция включает в себя непрерывное создание, разрыв и перестройку межмолекулярных связей на двух контактных поверхностях. Противоположно заряженные капли притягивают друг друга, но слияние или отталкивание зависит от угла, который они образуют при контакте. Согласно [21] электрическая сила и сила поверхностного натяжения определяют коалесценцию. Когда электрическая сила слабее, чем сила поверхностного натяжения, капли могут слиться, в то время как более сильная электрическая сила может привести к отступлению капель после их контакта. Однако нынешние теории не могут убедительно объяснить механизм разрыва тонкой пленки.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Сложность технологии разрушения водонефтяных эмульсий заключается в необходимости одновременного учета множества параметров, меняющихся в динамике. К ним относятся как расход водонефтяной эмульсии, степень ее обводненности, температурный режим, тип деэмульгатора, так и количество подаваемой пресной промывной воды. Изменение содержания в нефти воды приводит к изменению её физико-химических свойств, что, в свою очередь, приводит к необходимости реконструирования технологических схем и корректировке технологических параметров основных аппаратов процесса подготовки нефти. Поэтому исследование влияния технологических параметров на качество подготовки товарной нефти является весьма актуальным.

Для исследования химико-технологических процессов в настоящее время достаточно широко применяются математические модели, основанные на физико-химических закономерностях протекающих процессов. Создание математической модели электродегидрататора позволяет производить оценку эффективности проведения процесса обезвоживания и обессоливания при изменении свойств и состава исходного сырья, а также производить оперативный поиск наилучших технологических параметров проведения процесса.

Обоснование целесообразности моделирующей системы, которая будет отвечать финансово-экономически-ресурсоэффективным требованиям является целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные сегменты, а также выбраны наиболее благоприятные (рисунке 21)

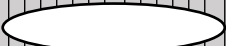
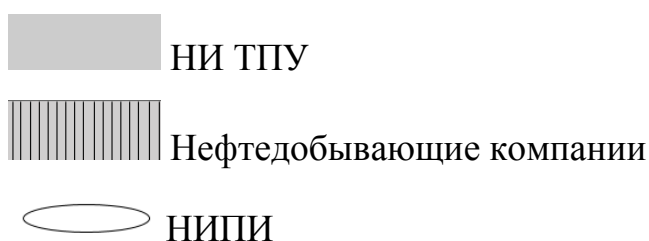
Профиль	Вид услуги		
	Проектирование	Мониторинг	Оптимизация
Нефтехимическая			
Промышленный			
Химический			

Рисунок 21 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке моделирующих систем:



Таким образом, наиболее благоприятным сегментом и направлением для исследования был выбран мониторинг процесса переработки в нефтехимической отрасли.

Основные потребители – нефтедобывающие компании, нефтеперерабатывающие заводы, НИПИ.

Отрасль применения: нефтяная промышленность.

Основными сегментами данного рынка являются крупные и средние компании нефтяной промышленности. Следовательно, наиболее перспективным сегментом в отраслях нефтегазодобычи и нефтегазопереработки для формирования спроса является сегмент независимых крупных и средних нефтедобывающих компаний.

4.1.2 Диаграмма Исикавы

Построение диаграммы причины-следствия Исикавы заключается в формулировке проблемы, являющейся объектом анализа, и выявлении факторов, влияющих на объект анализа. Диаграмма строится последовательно от факторов

более высокого уровня к факторам более низкого уровня. При этом каждый фактор более низкого уровня будет являться следствием по отношению к причине более высокого уровня.

Причинно-следственная диаграмма Исикавы для данного случая представлена на рисунке 22. Как видно на диаграмме, были выявлены факторы, приводящие к проблеме неполного исследования: методы, оборудование, исполнитель и материалы.

В формировании проблемы участвует такой фактор как исполнитель. Включение данного фактора связано с высокими требованиями, предъявляемыми к непосредственному реализатору проекта, так как от квалификации магистранта и его теоретических и практических знаний зависит результат выполнения проекта.

Существенную роль в формировании проблемы играет технология моделирования и такие факторы, как оборудование и материалы. Так, например, компьютерные программы для работы и анализа имеют большую базу информационных данных, но результаты исследования не применимы для всех месторождений и создают определенные неудобства при работе с расчетными данными, так как при изменении технологии процесса приходится выполнять повторный эксперимент, что приводит к энерго- и трудозатратам исполнителя, производящего исследование.

Применение метода математического моделирования требует точных расчетов и обработки экспериментальных данных. Неправильная обработка данных ведет к снижению эффективности процесса моделирования.

Внедрение моделирующей системы имеет как положительные, так и отрицательные моменты. С одной стороны, это обеспечение более высокой эффективности производства труда, а с другой - увеличение нагрузки на работающих в связи с интенсификацией производственной деятельности и специфическими условиями труда.

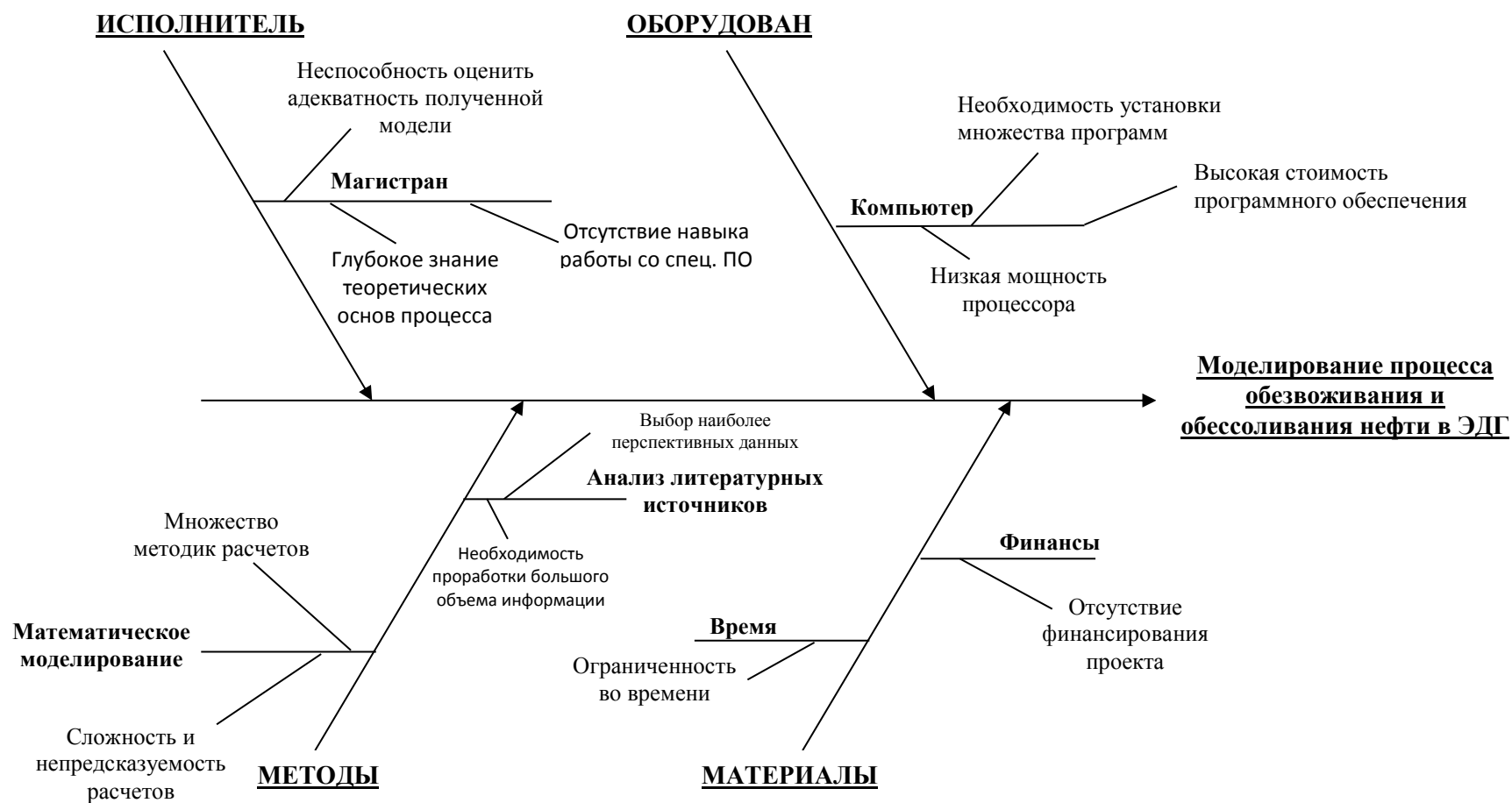


Рисунок 22 – Причинно-следственная диаграмма

4.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Завершением разработки объекта моделирования и создания математической модели является практическое применение на действующем промышленном объекте. Для осуществления реализации разработки необходимо представить её в виде коммерческого проекта.

Таблица 5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	4
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	5
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4

11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	4
ИТОГО БАЛЛОВ		35	51

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (1)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению; B_i – балл по i -му показателю.

По итогам степени готовности научного проекта к коммерциализации $B_{\text{сум}} = 35$. Перспективность научной разработки оказалась средней. Это вызвано недостатком финансирования, необходимого оборудования, квалифицированных специалистов, а также спроса на данный продукт. Для повышения перспективности следует проводить доработку научного проекта. В свою очередь уровень имеющихся знаний у разработчика находится в диапазоне 45-59, что говорит о перспективе выше среднего уровня.

4.1.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для обеспечения коммерческой отдачи от реализации проекта возможно применение таких методов коммерциализации научных разработок как торговля патентными лицензиями, передача ноу-хау, инжиниринг, франчайзинг, организация собственного предприятия и т.д.

В качестве метода коммерциализации данной математической модели выбран проектный инжиниринг. Анализ рынка, проведенный ранее показал, что для данного проекта целевыми потребителями (Заказчиками) выступают нефтедобывающие компании и НИПИ, при этом выбор инжиниринга в качестве метода коммерциализации позволит проецировать результаты исследования на аналогичные процессы, а также позволит использовать работу в качестве шаблона, последовательности определенных операций для выполнения исследований других процессов.

Таким образом, инжиниринг, в данном случае, реализуется путем заключения договора на осуществление изучения и оптимизации промышленного процесса. Стороной консультантом выступает научно-исследовательская группа научной организации (университет, кафедра). Заказчик представлен в лице производственной организации (нефтедобывающая компания, проектный институт).

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

Таблица 6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научное объединение кафедры (студенты, преподаватели)	Освоение принципиально новой (для научной группы) области исследования и моделирования
Нефтеперерабатывающие компании	Получить готовый программный продукт для регулирования технологических параметров процесса обезвоживания и обессоливания нефти в ЭДГ, способствующего оптимизации и повышению энерго- и ресурсосбережения
НИПИ	Получить модель процесса обезвоживания и обессоливания нефти в ЭДГ; Развить и укрепить связи с научным объединением кафедры для дальнейших совместных разработок

Таблица 7 – Цели и результат проекта

Цели проекта	Разработка математической модели и программного продукта с целью регулирования технологических параметров процесса обезвоживания и обессоливания нефти в электродегидраторе при ее промышленной подготовке
Ожидаемые результаты проекта	Готовый модуль расчета процесса, проходящего в электродегидраторе
Критерии приемки результата проекта	Адекватность результатов; Универсальность для различных условий проведения процесса; Простота разработанного интерфейса
Требования к результату проекта	Требование:
	Стандартизация готового продукта
	Регистрация программного продукта

4.2.1 Организационная структура проекта

Таблица 8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Трудозат., час.
1	Мойзес Ольга Ефимовна, НИ ТПУ, доцент отделение химической инженерии ИШПР, руководитель проекта	Координирует деятельность участников проекта	90
2	Рябкова Наталья Игоревна, НИ ТПУ, отделение химической инженерии ИШПР, магистрант	Выполняет отдельные работы по проекту	490
3	Криницына Зоя Васильевна, НИ ТПУ, отделение социально-гуманитарных наук ШИП, доцент	Координирует выполнение раздела «Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент»	2
4	Сотникова Анна Александровна, НИ ТПУ, ассистент	Координирует выполнение раздела «Социальная ответственность»	2
5	Макаровских Александра Викторовна	Координирует выполнение раздела на иностранном языке	2
ИТОГО:			586

4.2.2 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	Отсутствует
Источник финансирования	Отсутствует
Сроки проекта:	1.02.2019 - 31.05.2019
Дата утверждения плана управления проектом	9.02.2019
Дата завершения проекта	31.05.2019

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

4.3.1 Контрольные события проекта

Основные контрольные события разрабатываемого исследовательского проекта и их сроки представлены в таблице 6.

Таблица 10 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1.	Получение задания и составления плана работ	1.02.2019-9.02.2019	Отчет о плане работы
2.	Изучение теоретических материалов	10.02.2019-10.03.2019	Отчет
3.	Работа с литературой	11.03.2019-18.04.2019	Литературный обзор
4.	Ознакомление с экспериментальными данными	19.04.2019-22.04.2019	Отчет
5.	Обработка и обсуждение результатов	23.04.2019-28.04.2019	Отчет

6.	Выполнение экономической и экологической оценки проекта	29.04.2019- 9.05.2019	Пояснительная записка
7.	Оформление отчета и разработка презентационного материала	10.05.2019- 31.05.2019	Презентация, раздаточный материал

4.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта был построен календарный график проекта в виде таблицы (Таблица 12)

Таблица 12 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Составление технического задания	7	1.02.19	7.02.19	Мойзес О.Е.
2	Постановка задачи исследования	2	7.02.19	10.02.19	Рябкова Н.И.
3	Литературный обзор	28	11.02.19	11.03.19	Рябкова Н.И.
4	Теоретический анализ	19	12.03.19	1.04.19	Рябкова Н.И.
5	Разработка программы расчета и проведение расчетов	15	2.04.19	17.04.19	Рябкова Н.И.
6	Оценка эффективности полученных расчетов	12	18.04.19	30.04.19	Мойзес О.Е. Рябкова Н.И.
7	Оформление дополнительных разделов	17	1.05.19	18.05.19	Рябкова Н.И.
8	Оформление отчета, презентации и раздаточных материалов	11	19.05.19	31.05.19	Рябкова Н.И.

Для данной НИР выбран линейный график планирования, так как работа выполняется последовательно, она характеризуется сравнительно небольшим количеством этапов и относится к простым.

Таблица 13 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме: «Моделирование процессов обезвоживания и обессоливания при промысловой подготовке нефти»

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февр.			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление технического задания	Руководитель	7												
2	Постановка задачи исследования	Магистрант	2												
3	Литературный обзор	Магистрант	28												
4	Теоретический анализ	Магистрант	19												
5	Разработка программы расчета и проведение расчетов	Магистрант	15												
6	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель Магистрант	12												
7	Оформление дополнительных разделов	Магистрант	17												
8	Оформление отчета, презентации и раздаточных материалов	Магистрант	11												

 - Руководитель

 - Магистрант

На основе таблице 13 был построен календарный план-график (таблица 14) по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам за период времени дипломирования.

4.3.3 Бюджет научного исследования

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты по данной статье заносятся в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет затрат на сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Единица измерений	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага	уп.	2	270	540,00
Флэш карта	шт.	1	610	610,00
Ручки	шт.	3	45	135,00
Картридж для принтера	шт.	1	3200	3200,00
Эл.энергия	кВт*ч	1200	2,17	2604,00
Всего за материалы				7089,00
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				345,45
Итого по статье С _м				7443,45

Таблица 15 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	ПК или ПЭВМ	1	25000,00
2	ПО Microsoft Office	1	3399,00
3	ПО Pascal ABC	1	3933,85
4	ПО Borland Delphi 7	1	8549,82
Итого			40882,67

Использование ПО Borland Delphi 7 производилось в течение срока выполнения данной научной работы в III и IV семестре и составило 9 месяцев (с сентября 2018 по июнь 2019). Для учета стоимости данного программного обеспечения с учетом времени использования, произведем расчет амортизационных отчислений. Учитывая, что срок полезного использования данного продукта составляет 5 лет, а первоначальная стоимость по данным

интернет-ресурсов составляет 56999 рублей, можно произвести следующие расчеты:

$$\text{Годовая норма амортизации} = \frac{100\%}{5 \text{ лет}} = 20\%$$

$$\text{Ежегодная сумма амортизации} = 56999 \text{ руб} \cdot 20\% = 11399,8 \text{ руб}$$

$$\text{Ежемесячная сумма амортизации} = \frac{11399,8 \text{ руб}}{12} = 949,98 \text{ руб}$$

С учетом использования программы в течение 9 месяцев, стоимость данного ПО составляет:

$$\text{Стоимость по статье 4} = 949,98 \text{ руб} \cdot 9 = 8549,82 \text{ руб}$$

Статья «Основная заработная плата» включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{\text{зп}} = C_{\text{осн}} + C_{\text{доп}}, \quad (2)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата; $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (3)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника; $T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_d} \quad (4)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

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

Таблица 16 – Баланс рабочего времени одного исполнителя НИР

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	44	48
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (5)$$

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 17.

Таблица 17 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{б}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	36664	1,3	47663,2	2126,8	16	34028,8
Магистрант	26300	1,3	34190	1392,5	85	118362,5

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (6)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.; $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты; $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 18 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	34028,8	118362,5
Дополнительная зарплата	4083,5	14203,5
Итого по статье $C_{зп}$	38112,3	132566

Статья «отчисления на социальные нужды» включает в себя отчисления во внебюджетные фонды:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (7)$$

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

Рассчитываем отчисления на социальные нужды (27,1%):

$$C_{\text{внеб.рук}} = 0,271 \cdot (34028,8 + 4083,5) = 10328,4,$$

Результаты расчета затрат на проведение исследования сведем в Таблицу.

Таблица 19 – Смета затрат на выполнение научно–исследовательской работы

Статьи затрат	Затраты, руб.
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	7443,45
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	40882,67
Заработная плата	170678
Отчисления на социальные нужды и накладные расходы	10328,4
Итого:	229332,52

4.3.4 Организационная структура проекта

Исходя из рекомендаций [1] выбран проектный вариант организационной структуры проекта.



Рисунок 23 – Проектная структура проекта

4.3.5 Матрица ответственности

Матрица ответственности формируется с целью распределения задач между участниками проектам (таблице 20).

Таблица 20 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель проекта	Магистрант
Установление проблемы и задач, составление технического задания	О	И
Литературный обзор	С	И
Проведение расчетов	С	И
Анализ полученных данных	С	И
Оформление результатов	С	О

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

1. *Ответственный (О)* – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.
2. *Исполнитель (И)* – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.
3. *Утверждающее лицо (У)* – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

4. *Согласующее лицо (С)* – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

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

4.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (8)$$

где I_{ϕ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{191561,1}{195076,1} = 0,982$$

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{193576,1}{195076,1} = 0,992$$

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{195076,1}{195076,1} = 1,000$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы.

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (9)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a , b_i^p – балльная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Адекватность разработки	0,3	5	4	5
2. Унифицированность	0,2	4	4	4
3. Простота применения	0,26	5	5	4
4. Универсальность	0,24	3	3	3
ИТОГО	1	17	16	16

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,26 + 3 \cdot 0,24 = 4,32$$

$$\text{Аналог 1} = 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,26 + 3 \cdot 0,24 = 4,02$$

$$\text{Аналог 2} = 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,26 + 3 \cdot 0,24 = 4,06$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}$$

$$I_{финр}^p = \frac{4,32}{0,982} = 4,399$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{4,02}{0,992} = 4,052$$

$$I_{финр}^{a2} = \frac{4,06}{1,000} = 4,060$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}$$

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{4,399}{4,052} = 1,086$$

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{4,399}{4,060} = 1,083$$

где $\mathcal{E}_{cp}$ – сравнительная эффективность проекта; $I_{тэ}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{тэ}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 22 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,992	1	0,982
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,02	4,06	4,32
3	Интегральный показатель эффективности	4,052	4,060	4,399
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,086		1,083

В результате проведенной работы была спроектирована и создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Экспериментальная часть магистерской работы осуществлялась на персональном компьютере (далее ПК) при работе с различными программными обеспечениями в отделении химической инженерии Томского политехнического университета. Рабочая зона представляет собой аудиторию, оборудованную системами отопления, кондиционирования воздуха и естественным и искусственным освещением. Также в аудитории находится аптечка первой медицинской помощи, углекислотный огнетушитель для тушения пожара. Рабочее место – стационарное, оборудованное компьютером.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны)

правовые нормы трудового законодательства

Для выполнения задачи сохранения жизни и здоровья работника, согласно приказу, при поступлении на работу проводится медосмотр, с целью проверки здоровья кандидата на соответствие. Согласно Приложению, N1 данного документа, во время работы проводятся плановые медосмотры с участием врачей и проведением лабораторных исследований, для выявления воздействия вредных факторов и вероятности развития профессиональных заболеваний. Для сохранения и поддержания здоровья работников, применяют комплексные меры. Они включают в себя средства индивидуальной защиты, которые обеспечивают механическую, термическую, химическую и электрическую безопасность, а также согласно документу, для снижения вредного воздействия химических факторов (969 компонентов) работникам выдается молоко питьевое в количестве 0,5 литра за смену для выведения из организма токсических веществ (возможна замена молока равноценными продуктами, согласно Приложению N1 или же денежная выплата). Согласно выполняется бесплатная выдача смывающих и (или) обезвреживающих средств (жидкое и твердое мыло, очищающие и восстанавливающие кремы и т.д.), если

выполнение обязанностей работника связано с действием опасных производственных факторов, температурных условий и загрязнений.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследования

Каждый гражданин РФ имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, и на охрану здоровья, приведенным в Конституции Российской Федерации.

Удобная поза и свобода трудовым движениям обеспечивается правильным расположением и компоновкой рабочего места. Кроме этого, при использовании оборудования, отвечающего требованиям эргономики и инженерной психологии, трудовой процесс становится эффективней, уменьшается утомляемость и предотвращается опасность возникновения профессиональных заболеваний.

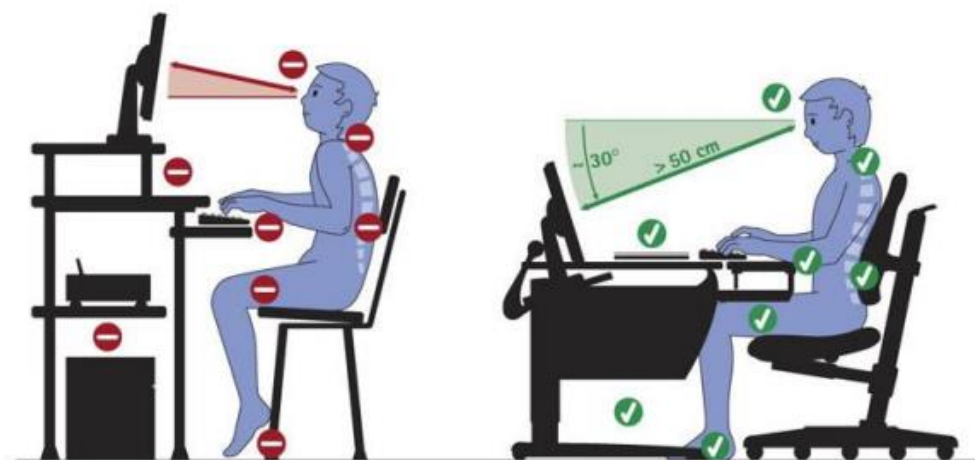


Рисунок 24- Правильное положение при работе за компьютером.

5.2 Производственная безопасность

Работа за персональным компьютером регулируется техникой безопасности предприятия и требует соблюдения предписанных норм. При выполнении работ на персональном компьютере (ПК) согласно ГОСТу 12.0.003-2015 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» могут иметь место следующие факторы:

- неудовлетворительные микроклиматические условия на рабочем месте
- шум в помещении
- недостаточная освещенность на рабочем месте
- повышенная нагрузка на зрение
- напряжение внимания и интеллектуальные нагрузки
- длительная статическая нагрузка и монотонность труда
- электромагнитное излучение монитора
- электростатический заряд на экране монитора
- возможность поражения электрическим током.

Проанализируем основные факторы рабочей зоны на предмет выявления их вредных проявлений.

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Технологическая установка подготовки нефти является взрыво- и пожароопасным объектом. Применяемые на установке реагенты обладают токсичностью и являются опасными для здоровья человека. Вредное влияние, оказываемое нефтепродуктами на организм человека при систематическом соприкосновении с ними или вдыхание их паров, может привести к профзаболеваниям и отравлениям. Анализ причин пожаров, взрывов и несчастных случаях на нефтеперерабатывающих предприятиях показывает, что в подавляющем большинстве они возникли из-за несоблюдения графика планово-предупредительного ремонта, из-за отклонения технологического режима, а зачастую из-за незнания или грубого нарушения техники безопасности.

Вредные вещества

Сырьем процесса является нефтегазоводяная смесь, поступающая из фонда скважин и содержащая в своем составе широкий спектр углеводородов, а

также углекислый газ, сероводород, оксид азота, воду и растворенные в ней минеральные соли.

Опасные и вредные свойства газожидкостной среды обусловлены ее токсичностью и химической агрессивностью отдельных компонентов, а также способностью проникать в закрытые полости и пространства, здания и сооружения, скапливаться в различных углублениях и распространяться на большие расстояния и площади по воздуху, земле и водной поверхности.

Кроме того, на промыслах применяют широкий спектр других химических веществ (деэмульгаторы, ингибиторы коррозии, метанол и др.).

В таблице 21 приведены характеристика, ПДК и класс опасности применяемых на УПСВ веществ, согласно ГОСТ 12.1.007–76 «ССБТ. Вредные вещества».

Таблица 21 — Характеристика, ПДК и класс опасности веществ

№	Наименование	Агрегатное состояние	Класс опасности	Характеристика токсичности	Предельно допустимая концентрация веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений, мг/м ³
1	Нефть	Жидкость	3	токсичен	300
2	Нефтяной газ	Газ	3	токсичен	300
3	Деэмульгаторы	Жидкость	3	токсичен	5
4	Нефтешламы	Жидкость	4	токсичен	300

Нефть и большинство продуктов ее переработки являются нервными ядами, обладающими наркотическим действием и поражающими главным образом центральную нервную систему. Они повышают возбудимость человека, вызывают головокружение, сердцебиение, слабость, потерю сознания. Нефть, попадая на кожу, обезжиривает и сушит ее.

Нефтяной газ, попадая в организм, оказывает физиологическое действие, общий характер которого напоминает опьянение.

Деэмульгаторы оказывают слабовыраженное местно-раздражающее действие, обладают кумулятивными свойствами, аллергенным действием, раздражают дыхательные пути и слизистые оболочки глаз.

Опасные и вредные факторы

Таблица 22 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ на УПН

Наименование работ	Источник фактора	
	Факторы по ГОСТ 12.0.003-74	
	Вредные	Опасные
1. Отбор проб эмульсии; 2. Проведение испытания с добавлением деэмульгатора; 3. Измерение технологических параметров установки	1. Повышенная загазованность воздуха; 2. Недостаточная освещенность; 3. Повышенный уровень шума и вибрации. 4. Психофизические факторы	1. Пожаровзрывоопасность материалов; 2. Повышенный уровень напряжения в электрической цепи в электродвигателях насосов; 3. Повышенная температура поверхности оборудования.

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

Уровень электромагнитных полей (ЭМП) и мягкого рентгеновского излучения

Согласно СанПиН 2.2.4.1191–03. «Электромагнитные поля в производственных условиях» при напряженности электрического поля в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц и в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц временные допустимые уровни электромагнитного поля составляют 25 В/м и 2,5 В/м соответственно. Мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса видеодисплейного терминала не превышает 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч).

Полностью избежать воздействия ЭМП ПЭВМ невозможно. Но можно максимально снизить это воздействие. Меры снижения интенсивности ЭМП состоят в рациональном размещении рабочих мест - соседний ПК находится на

расстоянии 1,5 м, особенно его боковые и задние стенки. Отделка помещения представлена диффузионно-отражающими материалами с заданными коэффициентами отражения. К тому же уменьшение излучения в источнике достигается за счет применения согласованных нагрузок и поглотителей мощности, преобразующих энергию излучения в тепловую.

Уровень акустического шума и вибрации

Шум, как раздражающий фактор, оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. При работе с ПК возможно появление нервного напряжения и снижение работоспособности. Источники шума - процессор компьютера, электролампы, системы вентиляции и отопления.

В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки», уровень шума на рабочем месте пользователей ПК не превышает значений 50 дБА. В помещениях всех типов образовательных учреждений, в которых эксплуатируются ПЭВМ, уровень вибрации не превышает допустимых значений. Рабочее место не имеет собственных источников вибрации, но испытывает общетехнологические воздействия. Следовательно, согласно классификации по источнику возникновения вибрации, рабочее место относится к Категории 3 и Типу В. Для снижения уровня звукового давления на рабочих местах и местах постоянного пребывания людей в производственных и общественных зданиях используются звукопоглощающие конструкции, такие как звукопоглощающая облицовка, которая размещается на потолке и стенах помещений, экраны, изготовленные из сплошных твердых щитов, облицованных звукопоглощающим материалом.

Освещение на рабочем месте

Особая роль отводится контролю по обеспечению должного уровня освещения рабочего места. Поскольку местом проведения работ является помещение, то возникает необходимость максимального приближения

освещения к естественному солнечному, чтобы избежать снижения зрения и повышение утомляемости работника. Для обеспечения нормируемых показателей освещенности обеспечен постоянный контроль исправности осветительного оборудования и его замена, в случае неисправности.

Рабочий стол установлен таким образом, чтобы световой поток направлен слева от работника.

Согласно СНиП 23–05–95 «Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение», в помещениях для эксплуатации ПК организовано естественное освещение через светопроемы, обеспечивающее коэффициенты естественной освещенности (КЕО) не ниже 1.5%. Искусственное освещение представлено комбинированной системой. Поскольку монитор ПК также является источником света, то в целях снижения мерцания экрана установлена частота кадров 60 Гц для ЖКИ-мониторов.

Согласно пункту 6.15 для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПЭВМ проводится чистка стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводится своевременная замена перегоревших ламп.

Микроклимат на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Под термином «микроклимат» понимается совокупность нескольких опасных факторов - температура окружающей среды, влажность воздуха и скорость движения воздуха. Отклонение данных показателей от нормы влияет главным образом на осуществление теплообмена организма с окружающей средой.

На рабочих местах пользователей ПК обеспечены оптимальные параметры микроклимата в соответствии с СанПиНом 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Согласно данному документу, работа с ПК относится к категории тяжести работ 1а (работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим

напряжением). Исходя из данной классификации, температура воздуха в холодный период года не более 22-24оС, в теплый период года 23-25оС. Относительная влажность составляет 40-60%, скорость движения воздуха — 0,1 м/с для холодного и теплого периода года.

Психофизические вредные и опасные факторы

Согласно ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» существуют следующие психофизиологические опасные и вредные производственные факторы:

- статические перегрузки;
- динамические;
- умственное перенапряжение;
- монотонность труда;

Работа на ПК сопровождается постоянным и значительным напряжением функций зрительного анализатора. Расстройство органов зрения резко увеличивается при работе более четырех часов в день.

Нервно-эмоциональное напряжение при работе на ПК возникает вследствие дефицита времени, большого объема и плотности информации, особенностей диалогового режима общения человека и ПК, ответственности за безошибочность информации. Продолжительная работа на дисплее, особенно в диалоговом режиме, может привести к нервно-эмоциональному перенапряжению, нарушению сна, ухудшению состояния, снижению концентрации внимания и работоспособности, хронической головной боли, повышенной возбудимости нервной системы, депрессии.

Кроме того, при повышенных нервно-психических нагрузках в сочетании с другими вредными факторами происходит “выброс” из организма витаминов и минеральных веществ. При работе в условиях повышенных нервно-эмоциональных и физических нагрузок гиповитаминоз, недостаток микроэлементов и минеральных веществ (особенно железа, магния, селена) ускоряет и обостряет восприимчивость к воздействию вредных факторов

окружающей и производственной среды, нарушает обмен веществ, ведет к изнашиванию и старению организма.

Повышенные статические нагрузки у пользователей ПК приводят к жалобам на боли в спине, шейном отделе позвоночника и руках. Из всех недомоганий, обусловленных работой на компьютерах, чаще встречаются те, которые связаны с использованием клавиатуры.

Для существенного уменьшения боли и неприятных ощущений, возникающих у пользователей ПК, необходимы частые перерывы в работе и удобное рабочее место, чтобы исключать неудобные позы и длительное напряжение.

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

Воздействие опасных и вредных факторов возможно при работе на установке подготовки нефти. Методы защиты от вышеупомянутых вредных факторов следующие.

Работа с вредными и опасными химическими реактивами проводится в специализированных помещениях, оборудованных вытяжными шкафами. Каждый работник или посетитель производства обеспечивается следующими средствами защиты: головы (каска); органов дыхания (изолирующие дыхательные аппараты, противогазы, респираторы); лица и органов зрения (лицевые щитки, защитные очки, прозрачные экраны); кожи рук (защитные перчатки, рабочие рукавицы).

- аппараты и оборудование, являющиеся источником интенсивного выделения зарядов статического электричества должны быть заземлены;

- для ослабления генерирования зарядов статического электричества, легко воспламеняющиеся жидкости следует транспортировать трубопроводам с не высокими скоростями, ограничение которых зависит от свойств жидкости, диаметра и длины трубопровода;

– защита технологических установок, от электрической и электромагнитной индукции и заноса высоких потенциалов через наземные и подземные металлические коммуникации. От прямых ударов молний сооружения защищаются специально установленными молниеотводами.

Для того, чтобы избежать термических повреждений при эксплуатации технологических печей необходимо следить за показаниями контрольно-измерительных приборов, вести визуальный контроль за состоянием работы печи. Дверцы камер в процессе работы печи закрыты.

Все оборудование, трубопроводы и арматура, расположенные в помещении и подвергающиеся нагреванию, обеспечены устройствами, предотвращающими или ограничивающими выделение конвекционного или лучистого тепла (теплоизоляция, экранирование, отведение тепла и т.д.); температура поверхности изоляции не превышает 45 °С.

Горячие поверхности оборудования и трубопроводов с арматурой, расположенных вне помещения, в местах возможного соприкосновения с ними обслуживающего персонала имеют тепловую изоляцию. Температура на поверхности изоляции не превышает 60 °С.

Если теплоизоляцию осуществить невозможно, горячую поверхность ограждается. Ведется наблюдение за установленным режимом работы, подготовка к остановке и ремонту оборудования выполняются в строго установленном технологическом порядке.

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ возможного влияния объекта исследования на окружающую среду

При эксплуатации технологического оборудования по подготовки нефти через неплотности запорно-регулирующей арматуры и дыхательные клапаны емкостей выделяется небольшое количество легких углеводородов.

При сгорании газа на факеле будут выделяться в атмосферу: оксиды азота и углерода, сажа и углеводороды.

В целях предупреждения загрязнения атмосферы (СанПиН 2.1.6.1032- 01. «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест»), на УПСВ предусмотрен ряд мероприятий по предотвращению аварийных выбросов вредных веществ в атмосферу:

- полная герметизация системы сбора и транспорта нефти;
- стопроцентный контроль швов сварных соединений трубопроводов;
- защита оборудования от коррозии
- оснащение предохранительными клапанами всей аппаратов, в которых может возникнуть давление, превышающее расчетное, с учетом требований «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ 10–115–96).

Для защиты гидросферы (ГОСТ 17.1.3.06–82 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод», ГОСТ 17.1.3.13–86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений»), на УПСВ предусматривается герметизированная система водоснабжения и водоотведения, исключая попадание загрязняющих веществ в подземные воды и в почву при нормальной работе оборудования.

5.3.2 Анализ влияния использования ПК на окружающую среду

Для обеспечения экологической безопасности, при использовании ПК и периферии, следует приобретать технику, полностью соответствующую стандарту ТСО99, а также утилизировать, в соответствии со всеми правилами, все комплектующие, после использования. Переработка вторичного сырья, дает возможность сохранять природные ресурсы и эффективно использовать материалы, которые уже отслужили своё. Это касается не только ПК и комплектующих, а также бумаги, люминесцентных ламп и др.

Отходы в виде макулатуры, люминесцентных ламп и периферии ПК в обязательном порядке сдаются в специальные аккредитованные центры утилизации.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность обеспечивается согласно Приказу МЧС РФ от 18 июня 2003г. N313 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03)» системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. На всех объектах (помещениях) размещены таблички с указанием номера телефона вызова пожарной охраны, кроме того размещен схематичный план эвакуации людей при пожаре; дополнительно разработана инструкция, определяющая действия персонала в случае возникновения очага возгорания.

В случае возникновения пожара на производстве с участием объекта исследования, необходимо оповестить о случившемся руководство объекта, незамедлительно вызвать штатный отряд пожарной службы и скорую помощь. Промышленная установка при этом выводится на снижение производительной мощности, остановку.

Действия обслуживания персонала УПН в аварийных ситуациях направлены:

- на спасение людей, находящихся в опасной зоне при аварии и оказание первой помощи пострадавшим;
- на локализацию аварий, отключение аварийного оборудования и приборов;
- на принятие мер по снижению возможных последствий аварий (ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.)

К числу таких мероприятий можно отнести: строгое соблюдение специальных мер безопасности; организация оповещения руководящего состава, формирований и населения; специальная подготовка и оснащение формирований; оказание медицинской помощи пострадавшим.

В рабочих помещениях на объектах находится инвентарь противопожарной безопасности, ящик с песком, план эвакуации при пожаре, телефоны пожарной службы, соблюдать регламент техники безопасности.

Заключение

В ходе выполнения раздела магистерской диссертации «Социальная ответственность», были даны характеристики объекта исследования, область его применения. Выявлены основные вредные факторы при производстве и эксплуатации объекта исследования. Приведены основные средства защиты.

Проведен анализ загрязнений окружающей среды, воздействие объекта на окружающую среду, разработаны решения по обеспечению экологической безопасности.

Также, в данной работе представлен перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации объекта исследования, разработаны действия в результате возникновения наиболее типичной ЧС.

Рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда.

При выполнении диссертации соблюдаются все правовые и организационные нормы, работник обеспечен средствами защиты от вредных факторов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

Рябкова Н.И. Improving the energy efficiency of the distillation unit for the production of ethylbenzene // Интернаука: научный журнал. № 19(101). Часть 4. – М., Изд. «Интернаука», 2015. – С. 25-27.

Рябкова Н.И. Повышение энергоэффективности ректификационной установки для производства этилбензола // Молодой ученый. - 2016. - №21. - С. 23-25.

Рябкова Н.И. Исследование влияния технологических параметров на процессы обезвоживания и обессоливания // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва: в 2 т. – Томск: ТПУ, 2017. – Т. 2. – С. 93-94.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Experimental investigation of crude oil desalting and dehydration / M.Al-Otaibi, A.Elkamel, T.Al-Sahhaf & A.S.Ahmed - 2010 – P.65-82
2. Electrostatic phase separation: A review / S.Mhatre, V.Vivacqua, M.Ghadiri, A.M.Abdullah, M.J.Al-Marri, A.Hassanpour, B.Hewakandamby, B.Azzopardi, B.Kermanie – 2015 – Vol.96 – P.177-195.
3. Upstream Operations in the Oil Industry: Rigorous Modeling of an Electrostatic Coalescer / Francesco Rossi, Simone Colombo, Sauro Pierucci, Eliseo Ranzi, Flavio Manenti – 2017 - Vol.3 – P.220-231.
4. Pintor A.M.A. et al. Oil and grease removal from wastewaters: sorption treatment as an alternative to state-of-the-art technologies. A critical review // Chemical Engineering Journal. – 2016. – Vol.297. – P.229-255.
5. Sotelo C. et al. Control Structure Design for Crude Oil Quality Improvement in a Dehydration and Desalting Process // Arabian Journal for Science and Engineering. – 2018. – Vol.43. – №.11. – P.6579-6594.
6. Biniiaz P., Farsi M., Rahimpour M.R. Demulsification of water in oil emulsion using ionic liquids: Statistical modeling and optimization // Fuel. – 2016. – Vol.184. – P.325-333.
7. Mohayjeji M., Farsi M., Rahimpour M.R. Optimization of crude oil dehydration in an industrial spiral-type gravitational coalescer // Separation Science and Technology. – 2016. – Vol.51. – №.13. – P.2297-2306.
8. Issaka S.A., Nour A.H., Yunus R.M. Review on the fundamental aspects of petroleum oil emulsions and techniques of demulsification // Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology. – 2015. – Vol.6. – №.2. – P.1.
9. Gholam Reza Checka, Dariush Mowla Theoretical and experimental investigation of desalting and dehydration of crude oil by assistance of ultrasonic irradiation // Ultrasonics Sonochemistry. – 2013. – Vol.20. – P.378-385.
10. Binks B. Modern Aspects of Emulsion science // Royal Society of Chemistry. – P.442.

11. Francis S.Manning, Richard E.Thompson Oilfield Processing, Vol.2: Crude Oil. – P.435.
12. Garcia III J.M., Lordo S.A., Braden M.L. Method for removing metals and amines from crude oil: заяв.пат. 15702314 США. – 2018.
13. Rossi F. et al. Upstream Operations in the Oil Industry: Rigorous Modeling of an Electrostatic Coalescer // Engineering. – 2017. – Vol.3. – №.2. – P.220-231.
14. Adamski R. P. et al. Processes for desalting crude oil under dynamic flow conditions: заяв.пат. 14874496 США. – 2016.
15. Xu X. et al. Research on ultrasound-assisted Demulsification / dehydration for crude oil // Ultrasonics Sonochemistry. – 2019.
16. Cooks R. G. et al. Methods of analyzing crude oil: заяв.пат. 10197547 США. – 2019.
17. ГОСТ Р 51858-2002 Нефть. Общие технические условия (с Изменениями N 1, 2).
18. Alinezhad, K., Hosseini, M., Movagarnejad, K. et al. Korean J. Chem. Eng. (2010) 27.
19. Ковалева Л.А., Миннигалимов Р.З., Зиннатуллин Р.Р. Разрушение водонефтяных эмульсий в радиочастотном и микроволновом электромагнитных полях // Энергетика и топливо. – 2011. – Т.25. – №.8. – С.3731-3738.
20. Adams F. et al. Современные аспекты эмульсионной науки. – Королевское химическое общество, 2007.
21. Генеральное соглашение между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и Правительством Российской Федерации на 2014 - 2016 годы от 25 декабря 2013 г (с изм. от 29.12.2016), 14 с.
22. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие // Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский

политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

23. Кудашов В.И., Нечепуренко Ю.В. Формы и методы коммерциализации интеллектуальной собственности // Труды БГТУ. Экономика и управление. – 2015. – №7. – с. 34-38.

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

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

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

27. СНиП 23–05–95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение. – М.: Минстрой России, 1995.

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

29. 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 Постановлением Госкомсанэпиднадзора России 31 октября 1996 г. № 36. Москва.

30. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 40. Москва.

31. ГОСТ 12.1.002–84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни и требования к проведению контроля на рабочем месте. – введ. 01.01.1986. - М.: Стандартинформ, 2009. – 7 с.

32. СП 51.13330.2011. Защита от шума.

33. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

34. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест.
35. Правила устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением (ПБ 10–115–96). – ПИООБТ, 1996. – 156 с.
36. ГОСТ 17.1.3.06–82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
37. ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.
38. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
39. Приказ МЧС РФ от 18 июня 2003г. N313 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03)».
40. Федеральный закон от 23 февраля 2013 г. N 15-ФЗ "Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма и последствий потребления табака"
41. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения. 46. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.
42. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 30.12.2008) // СПС Консультант.
43. Конституция Российской Федерации (принята на всенародном голосовании 12 декабря 1993 г.).
44. Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".
45. Федеральный закон от 17.07.1999 N 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации" (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) // СПС Консультант.
46. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда.
47. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

Раздел 6
Литературный обзор

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM71	Рябкова Наталья Игоревна		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Макаровских А.В.	-		

INTRODUCTION

Among the many issues related to the preservation of natural wealth in the oil industry, the question of the destruction of oil-water emulsion is considered one of the most important. Water-oil emulsions have always been one of the most serious commercial losses. In order to extract a product of commercial quality and in order to allow oil pipeline transfer of oil, it is necessary to remove water from oil emulsions.

Increasing the water content of the emulsions has a significant effect on their rheological characteristics. The study of the rheological behavior of emulsions is necessary to increase the efficiency during storage, transportation and processing of such systems.

The second significant factor in the dehydration of oil in the regions of its production is considered to be the significant cost of transport of ballast-formation water. With an increase in the water content of oil by 15 percent, transport costs for each transfer increase by an average of 3-5%.

Oil from the well contains in its composition stratal water (in free or emulsified state), containing various mineral salts: sodium chloride NaCl , calcium chloride CaCl_2 , magnesium chloride MgCl_2 , as well as mechanical impurities. These salts increase the corrosivity and, as a result, hamper transportation and further processing. Mechanical impurities and salts without obstacles are deposited in small places, turns, bends, narrowing the living section of the tubes, which significantly impairs the process of heat transfer in the equipment. Mechanical impurities and salts of oil remain in the heavy residue of oil refining, deteriorating its properties. The composition of oil also includes various gases, such as CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , H_2S , and CO_2 . Based on the above, we can conclude that, it is necessary to separate from the oil formation water and salt, in the conditions of the field. Together with water, when dehydrated, salts and mechanical impurities dissolved in it, which cause corrosion, as well as clogging of pipelines and apparatus, are removed from the oil. In the field, the bulk of water, salts and mechanical impurities are removed from the oil, and the oil is transported for further processing with a water content not exceeding 1-2%. But there is a tendency to reduce this rate to 0.5%, which is more economically and technologically profitable.

Physico-chemical properties of oil emulsions

The term “emulsion” is derived from the Latin *emulgeo* - “milked”, since it was one of the first to study a milk emulsion in which droplets of animal fat are found in a volume of water. In the literature, you can find many different definitions of the concept of an emulsion.

An emulsion is a heterogeneous system consisting of two immiscible liquids, one of which (called the internal or dispersed phase) is distributed in the other (external phase or dispersion medium) in the form of small droplets (globules).

Oil emulsions are polydisperse, i.e. they contain globules of various sizes. Emulsions are coarsely dispersed systems with particle sizes from about 10–1 μm and above, which can be visually observed with an optical microscope. Most common in nature and used in the technique of an emulsion formed by water and some organic liquid.

There are many different hypotheses about the mechanism of formation of an emulsion. In Russia, fundamental research on the mechanism of formation of emulsions was conducted by academician P.A.Rebinder and his school. The formation of an emulsion occurs not in reservoir conditions, but in the bottomhole zone or in the well, and the intensity of their formation in different stages of oil exploitation is not the same.

In accordance with the accepted classification [11] of heterogeneous dispersed systems, oil emulsions are divided into three main groups (types):

The first group - inverse emulsion (V / M) - water in oil. The content of the dispersed phase (water) in the dispersion medium (oil) of such an emulsion can vary from 0.1 to 97%. The properties of the oil emulsion of this group directly affect the process of oil production, field production collection, separation (gas separation) and the choice of technology and equipment for oil demulsification.

The second group - direct emulsion (M / V) - oil in water. Such an emulsion is mainly formed in the process of destruction of inverse emulsions, i.e., during the dehydration of oil. Oil emulsion of the direct type as compared with the reverse type

emulsion is mainly of low concentration. The properties of this group of emulsions are taken into account when developing the technology of purification and preparation of oil field wastewater.

The third group is a multiple emulsion. In practice, emulsions of B / H type are found in 95% percent of cases. The rarest emulsion of the third type - the multiple emulsion. Such an emulsion usually has a high concentration of various mechanical impurities.

One of the most important characteristics of the emulsion is the dispersion of water particles.

Particle size emulsions:

- $d_k = 0.1\text{--}20\ \mu\text{m}$ - finely dispersed
- $d_k = 20\text{--}50$ microns - medium dispersed
- $d_k = 50\text{--}100$ microns - coarse
- $d_k = <0.1\ \mu\text{m}$ – colloidal

Droplets of dispersed water have a diameter of 0.1-1000 microns. A shell, which is a concentrate of high-molecular substances of oil, surrounds each drop of water: resins, asphaltenes, and mechanical impurities. The presence of the solvation layer creates a protective shell and prevents the merging of water droplets even in a collision.

An important property of emulsions is their resistance to delamination, which is understood as the time required for complete separation of the emulsion by settling. This property is characterized by kinetic and aggregative stability.

Kinetic (sedimentation) stability is the ability of a system to resist sinking (floating) under the action of Archimedean forces.

$$K_y = 1/w_{oc}$$

This stability is directly proportional to the viscosity characteristics of oil, inversely proportional to the difference between the densities of water and oil, and the square of the radius of these particles.

Aggregative stability is the ability of the globules of the dispersed phase to maintain their original size when colliding with each other.

Coalescence is the process of merging globules when colliding with each other.

Flocculation - sticking of globules with formation of the unit.

The essence of the modern approach to the process of preliminary preparation of the emulsion and separation is the maximum reduction of its aggregative and kinetic stability before the processes of settling.

The main factors determining the stability of the emulsion include:

1. The average particle diameter of water. The smaller the diameter, the slower it will settle in the mass of oil, the more stable the emulsion, therefore, to reduce the stability of emulsions, it is necessary to create conditions for effective coalescence.

2. Emulsion lifetime. The more time passes since the formation of the emulsion, the thicker the solvation shell is around the water droplets, which prevents the coalescence of the droplets.

A large role is played by the hydrodynamic effect on the oil flow. The more oil is exposed to such effects, the more stable the emulsion. For example, the number of pumps, valves, pipeline length and profile, etc.

3. Physico-chemical properties of oil and the composition of emulsified water (density, viscosity and composition of emulsifiers). It should be noted that the difference between the density of water and oil increases with increasing temperature, since the density of oil changes much more than the density of water.

The deposition rate increases with decreasing viscosity. To do this, the temperature has to be increased.

4. Emulsion temperature. As the temperature rises, the composition and thickness of the solvation layer around water droplets changes and, as a result, the stability of the emulsions decreases.

Ways of destruction of water-oil emulsions

The stability of water-oil emulsions can be viewed through the following analysis. The relative difficulty of separating an emulsion into two phases is a measure

of its stability. A very stable emulsion is known as a hard emulsion and the degree of its stability depends on many factors.

Accordingly, it is possible to better understand the solution of problems and, therefore, the processing process, if we consider the following factors:

1. Oil viscosity: separation is easier for the low viscosity oil phase.
2. Density between oil and water phases: better separation is observed, with a large difference.
3. Surface tension between two phases (which is associated with the type of emulsifying agent): contributes to the separation if this force decreases (that is, a decrease in the interfacial tension).
4. Size of water droplets: the larger the size of water droplets, the faster the process of its separation.
5. Percentage of dispersed water: the presence of a small percentage of water content in oil under the conditions of turbulence leads to the formation of a highly emulsified mixture. Water droplets are finely divided and have a low probability of joining and forming larger particles.
6. Salinity of emulsified water: a high value of salinity will lead to a rapid separation of the phases due to the higher density difference between the oil and water phases.

The presence in the same oil of emulsion droplets with different properties of protective films and different dispersity significantly complicates the methods of their destruction. It is necessary to apply combined methods using heat, a set of demulsifiers and an electric field.

Reducing the strength of the stabilizing film can be achieved by mechanical destruction of it when filtering the emulsion and the use of demulsifiers. To bring the emulsion droplets closer, you can use centrifugation or high voltage alternating-current electric fields applied to the emulsions.

All existing methods of destruction of oil-water emulsions are divided into the following main groups:

1. Mechanical methods

These methods include methods of dividing emulsions in a natural way or using measures that contribute to the mechanical destruction of the reservation shell.

The oil-water emulsion is a very stable system, and, as a rule, under the action of gravity alone is not stratified. For its destruction certain conditions that would contribute to the collision and coalescence of water droplets, as well as the subsequent separation of two phases are required.

Mechanical methods of oil dehydration include methods of emulsion separation, which use the action of physical factors. These include gravity forces, centrifugal forces and the properties of fluids to pass through filters.

2. Thermal methods

The thermal method of destruction of water-oil emulsion is based on the use of heat. When the oil-water emulsion is heated, its viscosity decreases, the solvation shell expands and collapses, and the water droplets coalesce with each other. Water is settled beneath, oil is above. This process occurs in settling tanks at temperatures up to 70 °C, but there are emulsions that do not break even at 120 °C. In this case, use other methods of destruction of emulsions or carry out the process at higher temperatures, but with sealing to avoid loss of light fractions. The disadvantages of thermal destruction methods for emulsions include the following: increasing the temperature increases the saturated vapor pressure of especially light oil fractions. Therefore, in order to exclude possible losses of oil products, sludge leads under pressure, which in turn leads to a higher cost of construction due to greater metal intensity. In addition, the disadvantages of thermal methods include the loss of a significant amount of heat from the drained water.

The most significant drawback of thermal methods for breaking emulsions is that not all emulsions can be destroyed by these methods. In such conditions, only coarse droplets present in smaller quantities coalesce. First of all, this refers to oil emulsions of the eastern regions of Russia, the dispersed water phase of which has on its surface a very strong adsorption shell of emulsifiers.

3. Chemical methods

The chemical method of destruction is one of the most common now. The substances used for this - demulsifiers force out the solvation shell, or dissolve it, due to which the emulsion is destroyed. Recently, the most widely used demulsifiers of the type of non-ionic surfactants (based on ethylene oxide and propylene), which contribute to the formation of emulsions, the opposite type of destructible. At contact of such emulsions their emulsifying ability is paralyzed, and the emulsion stratifies.

The effectiveness of the chemical method of destruction of emulsion largely depends on the type of the used demulsifier, which is selected on the basis of special laboratory studies. The earlier the demulsifier is introduced into the resulting mixture of oil and water, the easier it is to further separate the emulsion. In addition, for the effective separation of the emulsion it is not enough to inject the demulsifier, it is necessary to ensure maximum contact with the treated emulsion. This is achieved by intensive mixing and heating of emulsions, or irrigation of watered oil with a concentrated demulsifier solution over the entire surface of its mirror in the tank-sump.

4. Electrochemical method

When ingested oil emulsion in an electric field, particles of water become polarized and begin to move in a certain direction, colliding with each other, enlarging.

The mechanism of their interaction is shown in Figure 1.1.

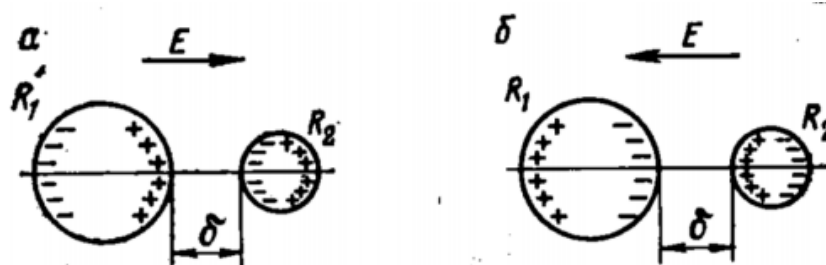


Figure 1.1 - Polarization of droplets of a uniform electric field of strength E with different polarities (a and b)

Hydrodynamic droplet formers (coalescentors)

An emulsion arrives at the oil treatment plant (OTP), the size of water droplets in which is several microns. Such drops cannot be precipitated within a technologically acceptable period. Therefore, before the process of settling, it is necessary to perform

operations on preliminary coalescence of water droplets to sizes that provide the required rate of emulsion separation.

The practice of industrial preparation has shown that the communication pipelines between the raw pumps and the settling equipment perform some technological functions; that is, along with the transportation of emulsions, this emulsion undergoes deep destruction due to the successive processes of crushing and merging of droplets. However, the length and diameter of these pipelines may not correspond to the optimal values. Therefore, the calculated decisions on the elongation of pipelines and changes in their diameters can contribute to improving the quality of oil dehydration (reduction of the time spent in sumps).

Aerodynamic droplet formers are designed to destroy the reservation shells on water droplets, coalesce droplets and separate the flow into two phases. In these devices, the fusion of droplets occurs directly in the flow of oil; on the walls of droplet formers or on embedded hydrophilic elements under the influence of turbulent pulsations.

There are volumetric and tubular droplets.

- Bulk dropping agent: in such devices the collision and coalescence of water globules is achieved by introducing the emulsion into the device through nozzles directed at different angles to each other, or by flow turbulization, by mechanical or other means.

- Tubular apparatuses are structurally made from packages of pipes of various lengths and diameters.

In some cases, linear droplet formers use centrifugal flow swirlers, sometimes incorporating embedded lamellar or tubular elements.

Advantages of volumetric machines:

- rather high performance;
- relatively small size;
- low metal consumption;

- the possibility of using them as autonomous vehicles, as well as elements built into the sump;
- the possibility of their use on technological platforms in cramped conditions.

The advantages of tubular apparatus:

- the ability to be used both as coalescing devices and communication lines between heat exchangers and settling equipment, between settling tanks of the first and subsequent stages, between settling tanks and tanks of goods parks, etc.

Surface-active substances - demulsifiers for oil-water emulsions

The special stability of oil-water emulsions is provided in the condition of stabilization due to the presence of an adsorption-solvate layer at the interface of the water-oil phase.

Substances capable of stabilizing emulsions are called emulsifiers. They are contained in petroleum and are resins, asphaltenes, naphthenic acids, paraffin crystals, and solid mineral particles: sand, clay, iron sulfide, and others. Emulsifiers in the form of salts and acids are also present in the formation water.

The ability to form emulsions is inherent in all oils, but their ability to emulsify is far from the same, for example, the increased content of polar components leads to an increase in the stability of the emulsion. Thus, the stability of paraffinic oils is less than naphthenic. Increased mineralization also increases the resistance of the resulting emulsions.

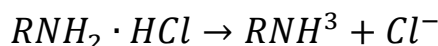
The separation of oil emulsions is the destruction of the structural-mechanical barrier on the surface of the droplets. It is possible to destroy this shell by introducing into the system substances with more pronounced surface-active properties than natural emulsifiers. Such substances are called demulsifier reagents. The mechanism of action of surfactants is to concentrate them on the interface, causing a decrease in surface tension. The surface activity of the emulsifier reagent should be much higher than the surface activity of natural emulsifiers.

The classification of surfactants is determined by the charge of its ionized hydrophobic part. If the organic ion is negatively charged, then this is an anionic substance; if positive, then this is a cationic substance.

- Anionic surfactants dissociate in water to form negatively charged surface-active ions.



- When dissociated in water, cationic substances form positively charged surface-active ions.



- Non-ionic surfactants practically do not form ions in aqueous solution.
- Ampholytic surfactants are formed in an aqueous solution depending on the conditions (pH, solvent, etc.) or anionic and cationic substances.
- High molecular weight (polymeric) surfactants are separated into a separate group and consist of a large number of repeating units, each of which has polar and nonpolar groups.

The demulsifiers used for the destruction of oil emulsions must meet the following basic requirements:

- Rapid migration through the volume of the oil phase to the interface, where it should produce the effect of destroying the reservation shells on the drops of emulsified water.
- The ability to flocculation. The demulsifier must have the ability to provide attraction to each other and the convergence of water droplets. As a result, large accumulations of water droplets are formed, which look like clots, associates under a microscope.
- The maximum reduction in the strength of the structural - mechanical adsorption layers at the interface, facilitating coalescence. After flocculation, the emulsifier film is still solid. Flocculation forces may not be enough to cause the coalescence of the droplets. However, in most cases the demulsifier causes the film to break on the surface of the droplets, which gives rise to the process of coalescence.

Tears of the film in the composition of floccules lead to an increase in the size of the droplets.

- Wetting solids. The demulsifiers intended for the destruction of emulsions stabilized by a large number of mechanical impurities should change the wettability of the surface of solid components and ensure their transition from the interface to the inside of water droplets.

- High efficiency. The effectiveness of demulsifiers is characterized by their consumption, the quality of the prepared oil, or the content of water and mechanical impurities, residual chloride salts, the minimum heating temperature and the duration of oil settling.

- Higher surface activity than of emulsion stabilizing components. The maximum reduction of the surface tension at the interface should be achieved with relatively low costs of the demulsifier.

- Lack of interaction with components of formation waters with the formation of precipitation.

Along with this, demulsifiers should be cheap, heat-resistant, transportable, and have a certain universality, i.e. destroy emulsions of various deposits.

Theoretically, the demulsifier can be effective only for one specific emulsion having a strict ratio of liquid phases, a given degree of dispersion, a certain amount of emulsifier of unchanged composition. Consequently, the type of demulsifier during the development of an oil field should be adjusted as the composition of the emulsions and their physical properties change.

The mechanism of the process of dehydration and desalting in an electric field

Since the first apparatus for electrically separating reverse-type emulsions was proposed in 1911, electric dehydrators have taken a firm place in the oil-producing and oil-refining industries, proving that electric fields are the most powerful and effective means of deep dehydration and desalting of oil. The main advantages of electrodehydrators over conventional thermochemical clarifiers, in which the

separation of oil-water emulsion phases occurs uncontrollably in a natural way under the action of gravitational force and require a long time, are forced coalescence and coarsening of water emulsified in oil, as a result of which both water separation rate and depth increase dehydration and desalting oil.

The duration of sedimentation of droplets under the action of gravity varies considerably. First of all, it depends on the size of the water droplets.

If the speed depends linearly on the difference between the densities of water and oil and the viscosity of oil, then it depends quadratically on the radius of the droplets, so the task of acting on the emulsion with an electric field is to maximize the emulsified water droplets.

Entering into the external electric field, water droplets in oil are polarized and deformed into ellipsoids of rotation, oriented by large axes in the direction of the field lines. As a result, the forces of dipole-dipole attraction appear between adjacent drops.

Dipole-dipole forces of mutual attraction are the main factor ensuring the convergence of water droplets and their coalescence.

When the dipoles collide, the shells weakened by the deformation are broken, the particles merge, become larger and settle under the action of gravity (Figure 1.2).

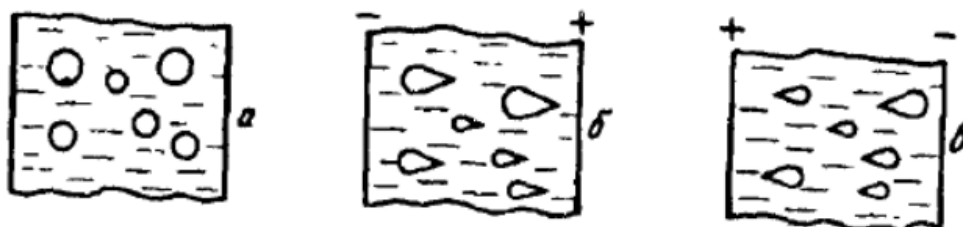


Figure 1.2 - Diagram of the effect of the electric field on the emulsion:
a - without applying the field; b and c - emulsion in an electric field when changing the polarity of the electrodes

The process of electrocoalescence includes three stages:

- Polarization of droplets and their deformation into ellipsoids of rotation;
- Transport stage - approach of droplets under the action of dipole attractive forces to distances not exceeding the range of the molecular attractive forces of Van der Waals-London (~ 500 nm);

– Actually an act of coalescence drops; Moreover, if stages 1 and 3 are fleeting, then the stage of approaching drops in a viscous medium is inertial and requires much more time.

The process of electrocoalescence is probabilistic, statistical in nature, and its effectiveness depends on the fulfillment of a number of conditions, however, in any case, the condition of preliminary elimination of the structural-mechanical barrier, that is, destabilization of the reservation shells on water droplets by the action of a properly selected demulsifier, is an axiom.

Equipment for electric dehydration

Historically, two directions of development have been formed in the electro-emulsion technique of oil: compact devices, called electrocoalescers, whose function is only the enlargement of the dispersed phase of oil emulsions with subsequent gravitational phase separation in settling equipment, and bulk electrohydrators, in which both these processes are combined. For one reason or another, the electrode dehydrators have become widespread. Currently, the Russian fleet of electric dehydrators in the overwhelming majority is represented by horizontal electric dehydrators of domestic production of 63 ... 200 m³, and at a number of refineries - also morally and physically obsolete spherical electrohydrators with a capacity of 600 m³ developed in the first half of the last century.

Thus, there are three types of design solutions for devices that have different technological parameters, which are schematically presented in Figure 1.3:

- Spherical dehydrator $V = 600 \text{ m}^3$; $P = 6-7 \text{ atm.}$;
- Vertical cylindrical electrode dehydrator $V = 30 \text{ m}^3$; $P = 16 \text{ atm.}$;
- Horizontal cylindrical electrode dehydrator $V = 160 \text{ m}^3$; $P = 16 \text{ atm.}$

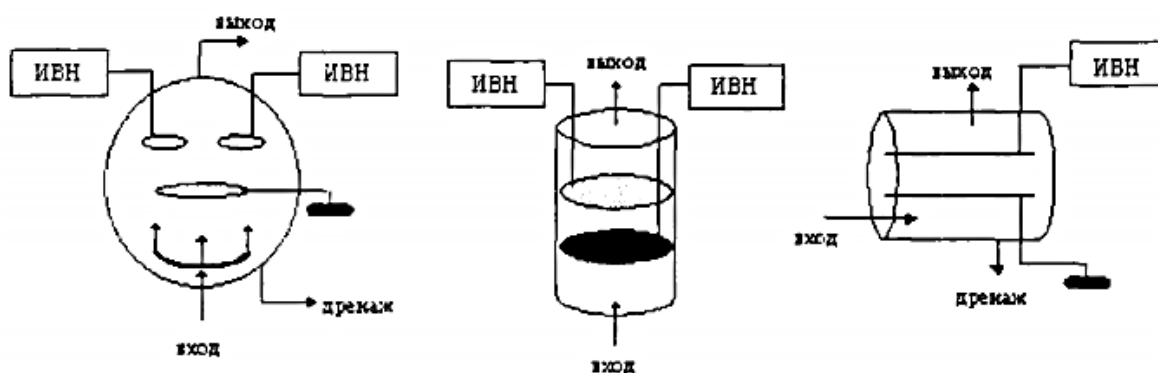


Figure 1.3 - Constructions of electric dehydrators

The characteristics of horizontal dehydrators should only be considered. As a rule, these are apparatuses with lower distributed input of raw materials under the layer of produced water and upper withdrawal of commercial oil through a collection collector. The electrode system is a potential and grounded horizontal lattice steel electrodes, which are suspended horizontally above each other and have the shape of rectangular frames occupying the entire cross section. The distance between the electrodes is 25-40 cm, they are powered by two transformers with a power of 50 kW.

The emulsion passes through three treatment zones. In the first zone, the emulsion passes a layer of distilled water, the level of which is maintained automatically 20-30 cm above the dispensing manifold. In this zone, the emulsion is subjected to water washing, because of which it loses the bulk of the produced water. Dehydrated emulsion, moving in a vertical direction at low speed, is sequentially processed first in the zone of weak electric field strength (second zone), between the level of settled water and the lower electrode, and then in the zone of strong tension, between both electrodes.

The analysis shows that a number of design and technological flaws that seriously limit their effectiveness, efficiency and safety characterizes these devices.

The first thing that cannot be noted is the interelectrode breakdowns that are inevitable when using metal electrodes. The mechanism of this phenomenon is well known and is due to the action of dielectrophoretic forces, which draw in polarized water droplets in the region of local inhomogeneities of the electric field with an increased intensity and build up conducting chains from water droplets. The process

proceeds spontaneously and uncontrollably up to a short circuit of the electrodes. That is why these electrode factors are extremely critical to the concentration of water in the emulsion entering the interelectrode space.

A serious disadvantage of the existing dehydrators is the imperfection of the collectors of the input of raw materials, leading to the occurrence of circulation flows and turbulence in the apparatus, significantly worsening the process of sludge in them.

The undoubted disadvantages of these devices should also be attributed to the inability to separate the intermediate layer as it accumulates and the absence of a system for erosion and removal of bottom sludge deposits without stopping the electric dehydrator, which is especially important when demulsifying oils with high content of mechanical impurities.

Extremely important factor affecting the efficiency, reliability and safety of operation of electric dehydrators are the characteristics of the used high-voltage power sources. Depending on the size of the electric dehydrators, the physicochemical and electrophysical properties of the raw materials of high-voltage power supplies, they must have the power and output voltage of alternating or direct current sufficient to stably maintain the required electric field strength in the apparatus, the ability to easily switch the output voltage, to be uncritical to sudden changes in current loads, sealed and explosion-proof.

Conclusion

The only reliable method of selecting the optimal demulsifier is an experimental test of the demulsifying ability on a model emulsion. In addition, modern enterprises prefer non-ionic demulsifiers.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 2.1 – Исследование влияния температуры на диаметр капли на входе в ТФС при расходе сырой эмульсии ($W = 70\%$) 6,23 млн.т/год.

	t=45 °C	t=50°C	t=55°C	t=60°C	t=65°C	t=70°C
$D_{\max}$, см	0,5039	0,5173	0,5309	0,5444	0,5581	0,5718
$W_{\text{вых}}$, %	2,4811	2,1161	1,8144	1,5625	1,3507	1,1715
Соли, мг/л	561,04	478,78	410,76	353,98	306,22	116,74
$l_{\text{мас}}$, м	51,75	52,06	52,37	52,68	52,98	53,27
$l_{\text{коал}}$, м	90,57	95,41	100,44	105,68	111,11	116,74

Таблица 2.2 – Исследование влияния температуры на диаметр капли на входе в ЭГ при расходе сырой эмульсии ($W = 70\%$) 6,23 млн.т/год.

	t=45°C	t=50°C	t=55°C	t=60°C	t=65°C	t=70°C
$D_{\max}$, см	1,336	1,453	1,573	1,699	1,832	1,973
$W_{\text{вых}}$, %	2,4801	1,0103	0,6001	0,3783	0,2456	0,1621
Соли, мг/л	560,82	227,98	135,46	85,46	55,53	36,69
$l_{\text{мас}}$, м	21,57	22,4	23,25	24,12	25,02	25,94
$l_{\text{коал}}$, м	21285,8	29745,22	41029,48	55997,01	75900,43	102391,1

Таблица 2.3 – Исследование влияния температуры на диаметр капли на входе в РВС при расходе сырой эмульсии ($W = 70\%$) 6,23 млн.т/год.

	t=45°C	t=50°C	t=55°C	t=60°C	t=65°C	t=70°C
$D_{\max}$, см	1,26	1,379	1,462	1,556	1,682	1,816
$W_{\text{вых}}$, %	2,4791	0,5325	0,2442	0,1196	0,0568	0,028
Соли, мг/л	564,08	120,74	55,36	27,13	12,91	6,36
$l_{\text{мас}}$, м	21,29	25,84	28,85	31,32	31,34	26,77
$l_{\text{коал}}$, м	18466,9	54669,57	103791	187337,6	340042,8	467584

Таблица 2.4 – Исследование влияния температуры подогрева в БКП на диаметр капли на входе в ЭГ при расходе сырой эмульсии ($W = 70\%$) 6,23 млн.т/год. Температура входа на установку 45 °С

t, °С	45	50	55	60	65	70
W, %	2,4801	1,6104	1,3247	1,1291	0,9804	0,8616
соли, мг/л	560,82	363,41	298,75	254,51	220,51	194,08

Таблица 2.5 – Исследование влияния температуры подогрева в БКП на диаметр капли на входе в ЭГ при расходе сырой эмульсии ($W = 70\%$) 6,23 млн.т/год. Температура входа на установку 50 °С

t, °С	50	55	60	65	70
W, %	1,0113	0,8682	0,7568	0,6665	0,5914
соли, мг/л	227,98	195,85	170,69	150,28	133,33

Таблица 2.6 – Исследование влияния температуры подогрева в БКП на диаметр капли на входе в ЭГ при расходе сырой эмульсии ($W = 70\%$) 6,23 млн.т/год. Температура входа на установку 55 °С

t, °С	55	60	65	70
W, %	0,6001	0,5284	0,4686	0,4181
соли, мг/л	135,46	119,26	105,76	94,34

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 3.1 – Исследование влияния расхода сырой эмульсии ($W = 70\%$) на диаметр капли на входе в ТФС.

	$G=5,73 \cdot 10^9$ млн.т/год	$G=6,03 \cdot 10^9$ млн.т/год	$G=6,23 \cdot 10^9$ млн.т/год	$G=6,43 \cdot 10^9$ млн.т/год	$G=6,63 \cdot 10^9$ млн.т/год
$D_{\max}$, см	0,6706	0,5905	0,5444	0,5032	0,4663
$W_{\text{вых}}$, %	0,9083	1,2607	1,5625	1,9331	2,3918
Соли, мг/л	205,46	285,42	353,98	438,33	542,9
$l_{\text{мас}}$, м	52,27	52,52	52,68	52,83	52,98
$l_{\text{коал}}$, м	152,05	121,56	105,68	92,52	81,55

Таблица 3.2 – Исследование влияния расхода сырой эмульсии ($W = 70\%$) на диаметр капли на входе в ЭГ.

	$G=5,73 \cdot 10^9$ млн.т/год	$G=6,03 \cdot 10^9$ млн.т/год	$G=6,23 \cdot 10^9$ млн.т/год	$G=6,43 \cdot 10^9$ млн.т/год	$G=6,63 \cdot 10^9$ млн.т/год
$D_{\max}$, см	2,219	1,893	1,699	1,52	1,354
$W_{\text{вых}}$, %	0,1064	0,2254	0,3783	0,6556	1,2263
Соли, мг/л	24,02	50,91	85,46	148,21	277,6
$l_{\text{мас}}$, м	29,96	25,21	24,12	23,1	22,14
$l_{\text{коал}}$, м	162500,09	85771,84	55997,01	36394,55	23435,75

Таблица 3.3 – Исследование влияния расхода сырой эмульсии ($W = 70\%$) на диаметр капли на входе в РВС.

	$G=5,73 \cdot 10^9$ млн.т/год	$G=6,03 \cdot 10^9$ млн.т/год	$G=6,23 \cdot 10^9$ млн.т/год	$G=6,43 \cdot 10^9$ млн.т/год	$G=6,63 \cdot 10^9$ млн.т/год
$D_{\max}$, см	2,018	1,729	1,556	1,395	1,239
$W_{\text{вых}}$, %	0,0163	0,0525	0,1196	0,2955	0,9679
Соли, мг/л	3,71	11,92	27,13	67,06	219,99
$l_{\text{мас}}$, м	26,28	29,6	31,32	28,52	25,03
$l_{\text{коал}}$, м	360435,32	386183,03	187337,58	87249	36989,53

Таблица 3.4 – Исследование влияния расхода сырой эмульсии ($W = 70\%$) на диаметр капли с подогревом в БКП перед ЭГ. Температура входа на установку 55 °С

$G=6,43 \cdot 10^9$ млн.т/год			
t , °С	55	60	65
W , %	1,1217	0,6556	0,4089
соли, мг/л	253,53	148,21	92,51

Таблица 3.5 – Исследование влияния расхода сырой эмульсии ($W = 70\%$) на диаметр капли с подогревом в БКП перед ЭГ. Температура входа на установку 55 °С

$G=6,63 \cdot 10^9$ млн.т/год				
t , °С	55	60	65	70
W , %	2,8061	1,2263	0,7046	0,4347
соли, мг/л	636,74	277,6	159,49	98,46