

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование процессов разрушения водонефтяных эмульсий с применением математической модели

УДК 665.622.43:519.876

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM71	Щетинина Мария Евгеньевна		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

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		

Планируемые результаты освоения ООП

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
P1	Применять глубокие математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3), СУОС ТПУ (УК-1, УК-2), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: Профессиональный стандарт 40.011- Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам. Профессиональный стандарт 19.012 – «Специалист по оперативно-диспетчерскому управлению нефтегазовой отрасли»
P2	Станвить 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.	Требования ФГОС ВО (ОПК-4, ОПК-5), СУОС ТПУ (УК-2, УК-6) <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: Профессиональный стандарт 40.011- Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам. Профессиональный стандарт 19.012 – «Специалист по оперативно-диспетчерскому управлению нефтегазовой отрасли»
P3	Разрабатывать и проектировать новые технологические процессы на основе математического моделирования, проектировать и использовать энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС ВО (ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-14), СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-5, УК-6) <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: Профессиональный стандарт 40.011- Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам. Профессиональный стандарт 19.002 – «Специалист по химической переработке нефти и газа».
P4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области разработки и оптимизации технологических процессов и систем с позиций энерго- и ресурсосбережения	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ОПК-3, ПК-5), СУОС ТПУ (УК-1, УК-6), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: Профессиональный стандарт 40.011- Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам. Профессиональный стандарт 19.002 – «Специалист по химической переработке нефти и газа».

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.	Требования ФГОС ВО (ОК-2, ОПК-2, ОПК-3, ПК-5), СУОС ТПУ (УК-5, УК-6), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: Профессиональный стандарт 19.002 - Специалист по химической переработке нефти и газа Профессиональный стандарт 19.0024 – «Специалист по контролю качества нефти и нефтепродуктов»
P6	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности, заниматься педагогической деятельностью в сфере профессионального образования.	Требования ФГОС ВО(ОК-1, ОК-3), СУОС ТПУ (УК-4, УК-5), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: Профессиональный стандарт 01.004 – «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»
Профиль «Инжиниринг нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств»		
P7	Формулировать, разрабатывать и реализовывать методы решения научно-исследовательских задач, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств представлять и защищать результаты	Требования ФГОС ВО (ОПК -3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17), СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-3), , <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.011- «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 19.002 – «Специалист по химической переработке нефти и газа».
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	Требования ФГОС ВО (ПК-18, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22, ПК-23), СУОС ТПУ (УК-1, УК-2), , <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.011- «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 19.002 - «Специалист по химической переработке нефти и газа».
P9	Разрабатывать учебно-методическую документацию, ставить новые лабораторные работы, проводить практические занятия по теме, ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств	Требования ФГОС ВО (ПК-25, ПК-26), СУОС ТПУ (УК-4, УК-5), , <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 01.004 - «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»

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) Отделение 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
2KM71	Щетининой Марии Евгеньевне

Тема работы:

Исследование процессов разрушения водонефтяных эмульсий с применением математической модели	
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>	Физико-химические свойства нефтяной эмульсии; процессы и технология промышленной подготовки нефти
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;</i>	1. Литературный обзор; Нефтяные эмульсии, методы разрушения эмульсий. Механизм действия деэмульгаторов при разрушении водонефтяных эмульсий. Деэмульгаторы, применяемые при промышленной подготовке нефти; 2. Объекты и методы исследования;

содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Нефтяная эмульсия, оборудование и технология промышленной подготовки нефти; Математическое моделирование; 3. Расчеты и аналитика; 3.1 Описание математической модели; 3.2 Модернизация модели и программы расчета с применением методик расчета размеров капель и учета влияния расхода деэмульгаторов; 3.3 Проведение исследований влияния технологических параметров на процессы разрушения водонефтяных эмульсий и анализ результатов; 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5. Социальная ответственность; 6. Заключение.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Исходные данные – 1 л; Математическая модель – 1 л; Результаты проведенного исследования – 3 л.
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	Щеголихина Юлия 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	Щетинина Мария Евгеньевна		11.03. 2019 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту

Группа	ФИО
2KM71	Щетинина Мария Евгеньевна

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет научного исследования должен обеспечить полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Методические указания по разработке раздела</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления на социальные нужды в 2019 году составляют 27,1 %</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	
1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>1.1. Потенциальные потребители результатов исследования 1.2. Диаграмма Исикавы 1.3. Оценка готовности проекта к коммерциализации 1.4. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>2.1. Устав проекта 2.2. Организационная структура проекта 2.3. Ограничения и допущения проекта</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ</i>	<i>3.1. Иерархическая структура работ проекта 3.2. Контрольные события проекта 3.3. План проекта 3.4. Бюджет научного исследования</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>4.1. Оценка сравнительной эффективности исследования</i>
Перечень графического материала:	
1. <i>Диаграмма Исикавы</i> 2. <i>Сегментирование рынка</i> 3. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 4. <i>График проведения и бюджет НТИ</i> 5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>	

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. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM71	Щетинина Мария Евгеньевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту

Группа	ФИО
2KM71	Щетинина Мария Евгеньевна

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

Исследование процессов разрушения водонефтяных эмульсий с применением математической модели. Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и область его применения	Объектом исследования является математическая модель процессов каплеобразования и отделения воды от нефти при промышленной подготовки нефти. Рабочая зона – компьютерный класс. Математическая модель может быть применена как в образовательных учреждениях, так и на нефтеперерабатывающих заводах.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Технический перерыв, организация рабочего места и правила работы (ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере; – ГОСТ 12.0.003–201 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация; – ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 4. Требования к клавиатуре); – СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95; – СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха; – ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности; – ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов; – ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление; – ГОСТ Р 56397-2015. Техническая
--	--

	экспертиза работоспособности радиоэлектронной аппаратуры, оборудования информационных технологий, электрических машин и приборов. Общие требования; – Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123-ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности; – ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных опасных и вредных факторов; 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1.1. К вредным факторам относятся: – Микроклимат; – Освещение на рабочем месте; – Электромагнитное излучение (источник – компьютер). 1.2. К опасным факторам относятся: – Электробезопасность; – Возникновение пожара.
3. Экологическая безопасность	Воздействие на литосферу (отходов).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	К ЧС программа не относится, она только может служить, как объектом защиты от ЧС.

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
2КМ71	Щетинина Мария Евгеньевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалифицированная работа содержит 108 стр., 24 рис., 23 табл., 43 источника, 2 приложения.

Ключевые слова: водонефтяные эмульсии, максимальный диаметр капли, математическая модель, поверхностное натяжение, концентрация химического реагента.

Объектом исследования являются процессы промышленной подготовки нефти и водонефтяные эмульсии с разными физико-химическими свойствами. Методом исследования является математическое моделирование.

Цель работы: исследование влияния технологических параметров на процессы разрушения водонефтяных эмульсий при промышленной подготовке нефти с применением математической модели.

Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

- поиск и анализ методик расчета размера капель при разрушении водонефтяной эмульсии и включение их в математическую модель;
- включение в математическую модель зависимостей влияния концентрации деэмульгатора на величину межфазного натяжения;
- модернизация программы расчета процесса каплеобразования с учетом полученных зависимостей;
- проведение исследований влияния технологических параметров на показатели процесса каплеобразования с применением математической модели;

В результате данного исследования найдены различные методики расчета максимального диаметра капли воды и теоретические зависимости, учитывающие влияние концентрации химического реагента на поверхностное натяжение, которые были включены в математическую модель и программу расчета процесса отделения воды от нефти.

Практическая значимость: применение результатов исследования влияния технологических параметров в прогнозировании процесса отделения воды от нефти.

Экономическая эффективность/значимость работы: анализ, проведенных научных исследований показал, что данный проект является значимым в плане финансовой и ресурсной эффективности.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	14
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	15
1.1 Нефтяные эмульсии	15
1.2 Методы разрушения водонефтяных эмульсий	18
1.3 Стабилизаторы нефтяных эмульсий	20
1.4 Деэмульгаторы	22
1.5 Методы определения поверхностного натяжения	29
1.6 Методики расчета диаметра капли воды при разрушении водонефтяных эмульсий	35
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	38
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА	41
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	53
4.1 Предпроектный анализ	53
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	53
4.1.2 Диаграмма Исикавы	54
4.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации	56
4.1.4 Методы коммерциализации результатов научного исследования ...	58
4.2 Инициация проекта	59
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом	61
4.3.1 Иерархическая структура работ проекта	61
4.3.2 Контрольные события проекта	62
4.3.3 План проекта	63
4.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	65
4.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	65
4.3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	66
4.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	66
4.3.5 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	68

4.3.6 Отчисления на социальные нужды	68
4.3.7 Накладные расходы	69
4.3.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	69
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	70
4.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	70
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	73
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	74
5.2 Производственная безопасность	76
5.3 Экологическая безопасность	85
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	87
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования	75
5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	88
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ	90
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ А	95
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	107

ВВЕДЕНИЕ

При добыче, в нефти присутствует много нежелательных компонентов, например, хлористые соли, механические примеси, пластовая вода, содержание которой может достигать до 99% и другие, от которых необходимо избавиться, так как их присутствие отрицательно влияет на оборудование, дальнейшие процессы, качество продуктов и т.д. Вода с нефтью образует эмульсии разной стойкости, которые нужно разрушить. Поэтому необходима промысловая подготовка нефти для разрушения водонефтяных эмульсий или для последующего отделения воды от нефти.

Метод, который применяется в настоящее время и является одним из самых эффективных для разрушения водонефтяных эмульсий – это метод с применением химических реагентов (деэмульгаторов).

Исследование химико-технологического процесса проводилось с применением моделирующей системы, которое позволило выявить наилучшие технологические параметры процесса, а также прогнозировать дальнейшее проведение процесса. Поэтому применение математического моделирования для поиска эффективных режимов проведения процессов – актуально.

Результаты данной работы были апробированы на XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени профессора Л.П.Кулева. Темой доклада являлось «Исследование процесса разрушения водонефтяных эмульсий».

Научная новизна: поиск и применение методик расчета размеров капель и учета влияния расхода деэмульгаторов в модели процесса каплеобразования при разрушении водонефтяных эмульсий, модернизация модели и программы расчета.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Нефтяные эмульсии

Эмульсии представляют собой системы, состоящие из двух или более несмешивающихся жидких фаз.

Существуют различные эмульсии, которые встречаются в природе, а также используются во многих областях промышленности. Примерами эмульсий являются многочисленные косметические средства, молоко, нефтяные эмульсии, лекарства и т.д.

Благодаря присутствующим в системе ПАВ, вследствие возникающих поверхностных явлений на границе раздела фаз, образуются эмульсии определенного типа.

Во время добычи нефти, изменение давления в паровых каналах приводит к образованию эмульсий. Эмульсии типов вода в нефти (В/Н) и нефть в воде (Н/В) самые часто встречаемые эмульсии. Также эти эмульсии называют обратными и прямыми, соответственно (рисунок 1.1.1). Для эмульсий, состоящих из непрерывной и дисперсной фаз, используется термин – простые эмульсии.

Помимо, типов рассмотренных выше, также могут встречаться множественные эмульсии. Это такие эмульсии, в которых сама дисперсная фаза выступает в роли эмульсии. Например, эмульсии «масло в воде в масле» и «вода в масле в воде» (рисунок 1.1.2) .

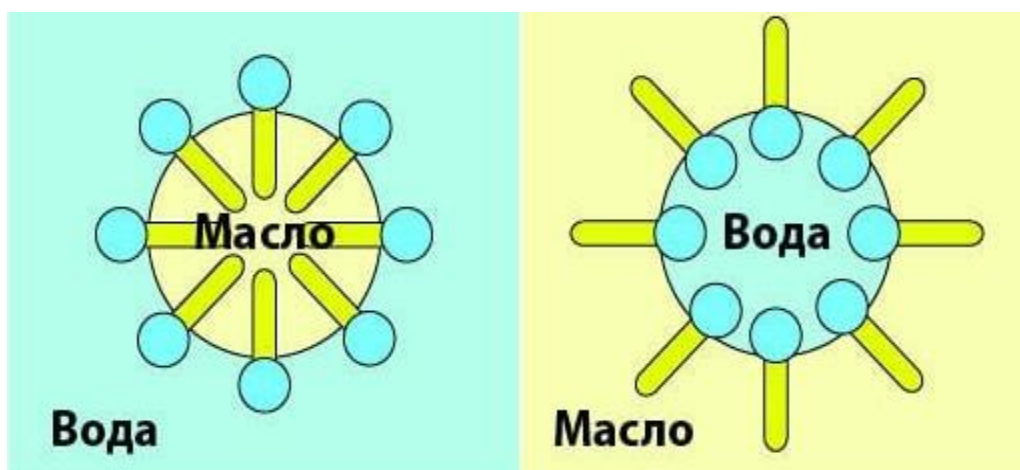


Рисунок 1.1.1 – Прямая и обратная эмульсии

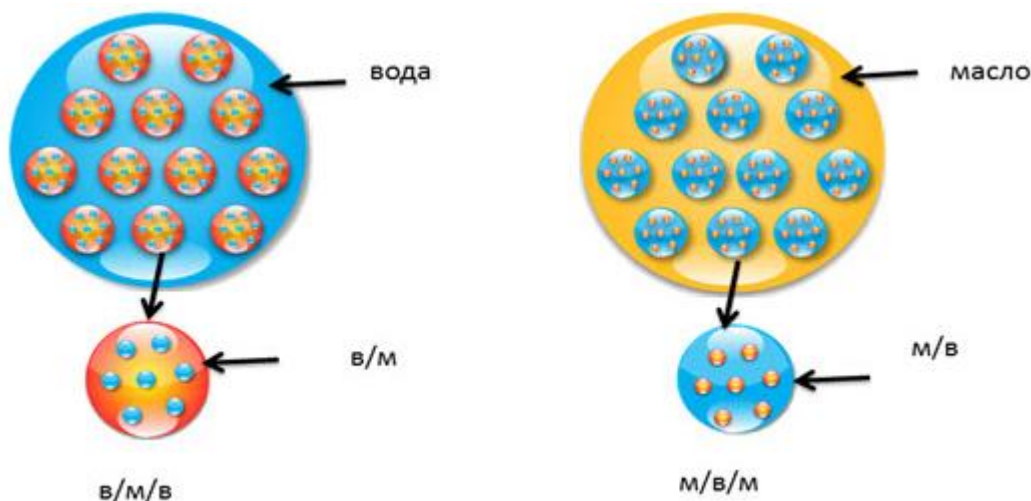


Рисунок 1.1.2 – Эмульсии множественного типа

Простые эмульсии характеризуются распределением капель по размерам и долей фаз. Доля фаз зависит от объемов дисперсной и непрерывной фаз.

Капли имеют разные размеры и формы. Чем больше мелких капель распределено в дисперсионной среде, тем труднее разрушить эмульсию.

При добыче нефти помимо пластовой воды, также поступают механические примеси (глина, песок и т.д.), минеральные соли, которые представляют сложные эмульсии и др. Например, как известно, на многих месторождениях нефть добывается с большим количеством минеральных солей. Их удаление возможно с применением таких методов, как обезвоживание и обессоливание нефти, состоящих из нескольких стадий [1].

Концентрация минеральных солей в нефти может составлять, например, от 700 до 800 мг/л. Такая концентрация отрицательно влияет на трубопроводы и арматуру, т.к. возникает коррозия, которая приводит к их разрушению. Но также, растворенные или высокодисперсные минеральные соли приводят к повышению устойчивости водонефтяных эмульсий, в связи с этим образуются комплексы минеральных веществ, которые участвуют в

стабилизации бронирующих оболочек нефтяных глобул [2]. Во время процесса обессоливания из водонефтяных эмульсий извлекают растворы, которые насыщаются минеральными солями. Если учесть, что при первичной подготовке и отправке на нефтеперерабатывающие заводы возможно смешивание нефти из разных месторождений, то такое приводит к большим потерям важного сырья, и появляются расходы на его переработку [3].

Одним из главных показателей водонефтяных эмульсий является устойчивость. Она характеризуется неизменностью во времени основных параметров: дисперсности и равномерного распределения дисперсной фазы в среде.

Внешние силы способствуют диспергированию эмульсий типа «вода-нефть». Во время диспергирования происходит увеличение свободной энергии системы, и поверхностное натяжение в системе на границе раздела фаз достигает высоких значений.

При избытке свободной энергии, системы становятся термодинамически неустойчивыми. Снижение этого избытка возможно, когда для таких систем характерен самопроизвольный процесс.

Существует два вида устойчивости нефтяных эмульсий:

- кинетическая (седиментационная);
- агрегативная.

Для разбавленных систем кинетическую устойчивость может оцениваться как величина, обратная скорости оседания (или всплывания) частиц дисперсной фазы:

$$K_y = \frac{1}{W_r} = \frac{9\nu}{2(\rho_b - \rho_n)r^2g}, \quad (1.1.1)$$

где W_r – скорость осаждения дисперсной фазы, м/с; r – радиус дисперсной среды, м; $(\rho_b - \rho_n)$ – разность плотностей дисперсной фазы и дисперсионной среды, кг/м³; ν – кинематическая вязкость, м²/с; g – ускорение свободного падения, м/с².

Из формулы 1.1.1 видно, что на кинетическую устойчивость эмульсий влияет много величин: вязкость, разность плотностей эмульгируемых сред и радиус глобул нефти. Увеличение кинетической устойчивости эмульсий наблюдается при увеличении вязкости, но уменьшении разности плотностей эмульгируемых сред и уменьшении радиуса глобул нефти.

Максимальное снижение агрегативной и кинематической устойчивости газоводонефтяных эмульсий должны быть во время процесса подготовки продукции нефтяных скважин к расслоению.

Нефтяные эмульсии, несмотря на то, что представляют собой лиофобные коллоидные системы, которым присуща термодинамическая неустойчивость за счет сил притяжения (силы ван-дер-ваальса), остаются неизменными с течением времени. Причиной этому является присутствие сил отталкивания, которые мешают притяжению и обеспечивают стабилизацию системы. По-другому говоря, со стороны нефтяной фазы на поверхности капель воды образуются адсорбционные оболочки, которые имеют высокую структурной прочность, представляющая собой сложную наноструктурированную систему из природных стабилизаторов, которые содержатся в нефти. Но, несмотря на то, какой бы стойкой не была эмульсия, существует и нарушение устойчивости. Это связано с протеканием в системе процессов седиментации, флокуляции и коалесценции капель, так их слияния, и последующего расслоения системы [4].

1.2 Методы разрушения водонефтяных эмульсий

Основная задача промысловой подготовки нефти заключается в том, чтобы разрушить водонефтяные эмульсии или разделить воду от нефти [5].

Разрушение водонефтяных эмульсий осуществляется по следующему механизму, который состоит из 3-х стадий:

- 1 – глобулы воды сталкиваются;
- 2 – коалесценция капель дисперсной фазы;

З – выделяются капли воды или выделяются в виде сплошной водной фазы.

Самопроизвольное столкновение капель практически невозможно, или этот процесс может иметь длительный характер, поэтому существует достаточно большое количество методов, которые помогают повысить скорость движения капель воды в нефти:

- подогрев электрическим полем;
- центробежными силами;
- перемешиванием в мешалках и смесителях, и т.д.

Только столкновение не приведет к коалесценции капель воды, так как структурно-механическая прочность слоев высока, поэтому нужно использовать методы, которые уменьшат величину прочности, а также создать необходимые условия, приводящие к быстрому и совершенному отделению капель воды от нефти [6].

Существует следующая классификация методов разрушения водонефтяных эмульсий:

- механические: фильтрация, центрифугирование, обработка ультразвуком и т.д.;
- термические: подогрев и отстаивание при атмосферном давлении и под избыточным давлением; промывка нефти горячей водой;
- электрические: обработка в электрическом поле переменного или постоянного тока;
- химические: обработка эмульсий различными реагентами-деэмульгаторами.

В настоящее время в нефтяной промышленности популярно одновременное применение нескольких методов разрушения водонефтяных эмульсий. И такие методы невозможно отнести только к одному из выше перечисленных методов.

Наиболее часто используемым методом является термохимическое обезвоживание. Суть термохимического обезвоживания водонефтяных

эмульсий в том, что нефть, которую подвергают обезвоживанию, перед тем, как подать на ступень отстаивания её сначала нагревают примерно до температуры 40-75°C и добавляют химический реагент (деэмульгатор). Нагревание способствует уменьшению поверхностного натяжения, в результате чего улучшается коалесценция капель воды. Также уменьшается разница плотностей дисперсной фазы и дисперсионной среды, что способствует к расслоению эмульсии на нефть и воду. Данный метод применяется даже тогда, когда остальные методы не применимы.

В качестве примера рассмотрим один из методов термохимического обезвоживания как воздействие микроволнового излучения на водонефтяную эмульсию. Суть метода заключается в более быстром нагреве нефти под действием микроволнового излучения в отличие от других компонентов среды водонефтяной эмульсии. Тепло, необходимое для нагрева, является итогом образования энергии дипольного вращения молекул среды под действием микроволнового излучения при наличии мощных межмолекулярных связей. В ходе этого наблюдается гистерезис между приложенным полем и индуцированным откликом. При последующей релаксации энергия выделяется в виде тепла. Данный способ термохимического обезвоживания имеет преимущество перед другими методами в виду ускоренного процесса нагрева и как следствие более эффективное разделение водонефтяной эмульсии на нефть и воду [6].

1.3 Стабилизаторы нефтяных эмульсий

При добыче, помимо нефти добывается и вода, содержание которой в нефти, приводит к повышению температуры застывания нефти, к интенсивному образованию асфальтосмолопарафиновых отложений и к увеличению вязкости, что отрицательно влияет на процессы хранения и транспортировки нефти.

Также в нефти присутствуют природные эмульгаторы, которые обладают прочными адсорбционными слоями на границе раздела фаз и влияют на стабильность эмульсий. И чем больше в нефти содержится эмульгаторов, тем больше стойкость нефти.

К таким эмульгаторам нефти относятся:

- асфальтены;
- смолы;
- кристаллы парафина;
- нафтеновые кислоты;
- порфирины;
- твердые минеральные соли, глина [7].

Из всех вышеперечисленных стабилизаторов, к основным стабилизаторам водонефтяных эмульсий относятся смолы (С), асфальтены (А) и парафиновые углеводороды (ПУ). Присутствие данных компонентов непосредственно оказывает влияние на физико-химические показатели нефтей и их эмульсий. Способ разрушения водонефтяных эмульсий определяется только из значения соотношения (С+А)/ПУ. На структурно-механические свойства водонефтяных эмульсий помимо природных нефтяных эмульгаторов, также влияет количество и минерализация пластовых вод, которые извлекаются одновременно с нефтью. В пластовой воде присутствуют такие эмульгаторы, как кислоты и соли, присутствие которых увеличивает общую минерализацию воды, которая на прямую влияет на стойкость. Нефть, которая содержит больше парафинов, обладает меньшей стойкостью, чем нефть, в которой содержится больше нафтен.

Помимо природных стабилизаторов, в большинстве случаев промысловая подготовка нефти включает себя применение химических реагентов, которые служат для разрушения водонефтяных эмульсий или отделения воды от нефти. В 1936 году П.А. Ребиндером было сделано заключение о том, что для необходимого процесса коалесценции капель воды, необходимо разрушить структурно-механический барьер на

поверхности дисперсной фазы (воды) со стороны дисперсионной среды (нефти). Для разрушения структурно-механического барьера, применяются ПАВ или по-другому деэмульгаторы, которые являются более активными, чем коллоидные стабилизаторы.

Также ранее были проведены исследования научными деятелями: Н.Н. Серб-Сербиной, Б. П. Тонкошурова, А.М. Смирновой, М.З. Мавлютовой, В.Г. Беньковского, А.Г. Гобжилы и др., которые пришли к выводу, что все стабилизаторы, которые находятся в нефти, перечисленные выше, входят в состав защитных слоев нефтяных эмульсий.

Из всех природных стабилизаторов, сильней всего на стабильность водонефтяных эмульсий влияют асфальтены. Поэтому изучению роли асфальтенов уделяют много времени и посвящают достаточное количество исследовательских работ. Например, такие исследователи, как Лоренс и Келлнер, которые еще в середине 20-го века, пришли к итогу, что именно асфальтены стабилизируют эмульсию. Но, если из нефти удалить асфальтены, то такие нефти будут нестойкие и легко могут разрушиться. К такому же заключению пришли и другие научные деятели, как Бартел и Недерхаузер и Петров. Исследователь Петров сделал такой вывод, что после удаления асфальтенов из нефти, её эмульгирующая способность сильно уменьшается [8].

1.4 Деэмульгаторы

В главе 1.2 были рассмотрены методы разрушения водонефтяных эмульсий. Один из методов, который чаще используется – это применение химического реагента.

Как было отмечено, эмульсии обладают разной устойчивостью, на которую влияют все различные факторы, поэтому для определенного вида эмульсий, необходимо подобрать оптимальный по составу деэмульгатор, что вызывает сложности. Присутствие в составе эмульсий высокодисперсных

компонентов вызывают проблемы. Например, такими веществами являются химикаты (ПАВ, мыла и другие), которые в результате добыче нефти были добавлены в скважины, с целью повышения показателя нефтеотдачи. Данные вещества как и минеральные примеси осложняют и затрудняют выбор деэмульгатора для процесса удаления эмульгаторов из нефти [10].

Основная задача деэмульгатора заключается в том, что при добавлении его в водонефтяную эмульсию, уменьшить действие эмульгаторов на поверхности капель до такого состояния, при котором коалесценция капель становится возможной. Воздействие деэмульгатора на бронирующую оболочку воды может оказывать влияние лишь в установленных рамках, которые свойственны для водонефтяной нефти. Также деэмульгатор должен обладать особенностью – это скоростью распределения. Слой новой капли изначально только частично занят поверхностно-активным веществом. Далее распространяется на ту часть слоя, которая была изначально незанятой. Результатом является сначала градиент концентрации поверхностно-активного вещества на границе раздела, который более или менее быстро компенсируется для равномерного распределения поверхностно-активного вещества в зависимости от скорости распространения. Однако, поскольку концентрация поверхностно-активного вещества на границе раздела в целом слишком мала (для большей границы раздела требуется больше деэмульгатора), молекулы поверхностно-активного вещества должны диффундировать до достижения максимума концентрации [11].

Для описания механизма действия деэмульгатора существуют различные теории. По сей день, на теорию, которую предложил П.А.Ребиндер и его школа, опираются при объяснении механизма действия деэмульгатора. Суть теории заключается в том, что при добавлении в водонефтяную эмульсию химического реагента, сначала происходит расщепление крепких гелеобразных слоев, образовавшихся за счет эмульгаторов, которые присутствуют в нефти. Затем, эмульгаторы

вытесняются с межфазной границы нефть и вода. Из-за того, что происходит адсорбция молекул деэмульгатора на частицах природных стабилизаторов, которые имеют разные размеры, совершается изменение их смачиваемости. Это приводит к переходу данных частиц в одну из фаз нефтяной эмульсии. В результате создаются на их месте адсорбционные слои деэмульгатора, необладающие практически структурно-механическими свойствами. Адсорбция происходит интенсивно из-за значительной поверхностной активности деэмульгатора, в итоге появляются силы взаимного притяжения между капельками воды. Эти силы способствуют флокуляции и коалесценции капель [11].

Для реализации процесса разрушения водонефтяных эмульсий добавляют деэмульгатор, в результате чего протекает физико-химический процесс, который зависит от:

- компонентного состава и свойств защитных оболочек природных стабилизаторов обрабатываемых нефтяных эмульсий;
- температуры, интенсивности и времени перемешивания нефтяной эмульсии с химическим реагентом;
- типа, коллоидно-химических свойств и концентрации применяемого деэмульгатора.

Технология производства деэмульгаторов состоит из нескольких стадий сложного синтеза. Одним из самых эффективно применяемых способов с использованием деэмульгатора является обработка эмульсии, стабилизированной FeS. Стадии данной технологии таковы:

1-ая стадия – происходит одно двухкратное воздействие воды (гидрофильная жидкость) с добавлением моющих реагентов, что позволяет перевести примеси в водную фазу.

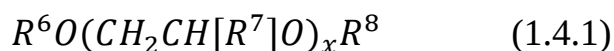
2-ая стадия – происходит слияние капель за счет добавления деэмульгатора высокой степени гидрофобности. Такое воздействие

позволяет увеличить выход нефти и снизить её потери с пластовой водой [12].

В современном мире выпускается огромное количество деэмульгаторов, таких как:

- нафтенол
- диссолван,
- кемеликс и т.д, которые имеют дорогую поставку.

В США защищен патент, согласно которому разработана деэмульгирующая композиция для предотвращения или разделения эмульсий в водных растворах, которая содержит (а) ≥ 1 солей арилалкилсульфоновой кислоты, эффективных для осуществления деэмульгирования эмульсий; (б) первое солюбилизующее вещество типа ПАВ (деэмульгатора) имеющего формулу:



где R^6 -алкил C_{8-16} , R^7 -H алкил C_{1-6} ; $x = 2-20$; (в) второе солюбилизующее вещество, состоящее из взаиморастворимых растворителей типа водорастворимых простых эфиров гликоля, водорастворимых амидов, кетонов и спиртов типа метанола, этанола, пропанола-1, пропанола-2, причем взаимные растворители солюбилизуют компоненты А и Б.

Спектр деэмульгаторов, представленных на рынке, достаточно широк. Но такое разнообразие деэмульгаторов все равно не позволяет полностью отделить воду от нефти, так как нефть насыщена различными компонентами [13].

Процесс разрушения водонефтяных эмульсий является длительным процессом, который по времени может длиться до нескольких часов и более. Что приводит нефтедобывающие и нефтеперерабатывающие предприятия к различным экономическим затратам. Для сокращения времени и улучшения точности разделения при процессе удаления эмульгаторов из водонефтяных эмульсий, используют методы, которые являются нетрадиционными [14]. В

таких методах помимо использования деэмульгатора применяются и другие воздействия, например, электрическое, тепловое и т.д.

Одним из важных аспектов нефтедобычи, не зависимо от схемы технологического процесса подготовки нефти, является разделение добываемой нефти от воды, механических примесей и коллоидно взвешенных частиц (КВЧ). Прибыль нефтяной компании зависит от эффективности процесса подготовки нефти. В то же время важны методы подготовки воды под закачку в пласт эффективными и экологически чистыми способами. Эффективное разделение эмульсий – ключ к успеху в обоих направлениях. Это одно из основных сфер деятельности Nalco.

Nalco поставляет реагенты и интегрированные программы обработки воды и усовершенствования процессов для многих отраслей промышленности по всей территории России и бывшего СССР, в основном для металлургии, энергетики, целлюлозно-бумажной, горнодобывающей, химической, пищевой и др.

Линейка реагентов Nalco BREAXIT насчитывает более 190 наименований деэмульгаторов и более 40 наименований реагентов для очистки воды от нефтепродуктов. Эти продукты применяются во всём мире, что позволяет подобрать проверенный реагент под любой тип нефти, начиная от лёгких нефтей до битумных песков.

Наличие обширной технологической базы помогает быстрее подобрать нужный деэмульгатор, добавление которого в водонефтяную эмульсию, разрушит её.

Деэмульсация водонефтяной эмульсии – это одна из ключевых проблем в нефтедобывающей отрасли.

В процессе эксплуатации нефтяной скважины возникает момент, когда объёмы попутно-добываемой воды начинают превышать объёмы нефти. Пластовая вода находится в продуктивном горизонте вместе с углеводородами и постепенно проникает внутрь нефтенасыщенной части

пласта. В итоге, пластовая вода становится частью скважинной продукции, независимо от метода эксплуатации скважин.

Пластовая вода – неизбежный побочный продукт при добыче нефти. Фактически около 90 процентов нефти в мире представляют собой нефтяные эмульсии. Постепенное проникновение воды в нефтеносные пласты и совершенствование методов увеличения нефтеотдачи повлекло к разработке новых технологий разделения водонефтяных эмульсий [15].

Деэмульгаторы серии BREAXIT предназначены для разрушения водонефтяных эмульсий, они позволяют готовить товарную нефть при низком удельном расходе.

В настоящее время Nalco продолжает разработку новых деэмульгаторов для нефтегазовой промышленности. Новыми областями научных исследований являются: увеличение нефтеотдачи пласта посредством снижения вязкости нефти и упрощение разрушения тяжелых нефтей, в том числе тех, которые добываются по технологии гравитационного дренирования при закачке пара. Деэмульгаторы данной компании имеют следующие преимущества:

- быстрое разделение, четкая граница фаз;
- отсутствие примесей тяжелых металлов и хлороорганических соединений;
- универсальность в обработке всех типов эмульсий;
- удобство в способах и видах поставки, модификация под критерии заказчика.

Пластовая вода, содержащая нефтепродукты и другие механические примеси, подвергается очистке, если используется в качестве вспомогательного агента при полимерном заводнении или при нагнетании пара в пласт. Нефтепродукты и механические примеси ведут к быстрому загрязнению фильтров с ионообменными смолами, предназначенные для умягчения воды. Загрязненная нефтепродуктами вода может привести к

снижению приёмистости нагнетательных скважин, что подразумевает дополнительные расходы на мероприятия по восстановлению приёмистости.

Из этого следует, что качество очищаемой воды от нефтепродуктов достигается за счёт применения различных типов оборудования и обработкой воды химикатами. Флокулянты и коагулянты для очистки воды могут применяться для повышения эффективности сепарации нефти и снижения капитальных затрат [15].

Механические примеси, содержащиеся в пластовой воде, как правило, представляют собой частицы ила, песка и глины, выносимые из пласта, либо являются продуктами коррозии и солеотложений. Обычно они извлекаются из скважины вместе с нефтью. В итоге они удаляются из процесса подготовки нефти или поступают на нефтеперерабатывающий завод с товарной нефтью.

Химрегененты BREAXIT EOR специально разработаны для обработки стабилизированных эмульсий, сформировавшихся в процессе повышения нефтеотдачи пластов, когда используются технологии заводнения щелочными поверхностно-активными полимерами или поверхностно-активными полимерами. При полимерном заводнении поверхностно-активные вещества низкой концентрации используются для снижения поверхностного между заземленной нефтью и нагнетаемыми жидкостями, а полимер повышает вязкость заканчиваемых сред для минимизации протекания и обеспечения контроля за подвижностью жидкостей. Однако на определенном этапе реализации проекта повышения нефтеотдачи полимер и поверхностно-активные вещества проникают в действующие скважины и приводит к возникновению значительных проблем с эмульсией. Новая запатентованная технология Nalco BREAXIT EOR способствует эффективному разделению стойких эмульсий, состоящих из нефти и воды, которые возникают при заводнении щелочными поверхностно-активными полимерами или поверхностно-активными полимерами.

Также существует технология применением реагентов для понижения вязкости эмульсий (EVR). Технология BREAXIT EVR применяется для понижения структурной вязкости нефти, содержащей естественные эмульсии. Управляемая реакция по разделению эмульсий с помощью химреагентов EVR приводит к понижению структурной вязкости добываемых сред. Правильное применение продуктов Nalco EVR обычно способствует и уменьшению общих эксплуатационных расходов, благодаря уменьшению энергозатрат, нагрузки насосов, а также необходимости в использовании деэмульгаторов для разделения эмульсий в наземном оборудовании.

Химреагенты EVR можно применять в гибких подводных кабелях и капиллярных трубопроводах для снижения обратного давления в забое скважины и увеличения добычи сырой нефти. При нагнетании EVR в скважину достигается заметное увеличение нефтедобычи [15].

1.5 Методы определения поверхностного натяжения

После введения в водонефтяную эмульсию деэмульгатора, химическая реакция играет не главную роль среди протекающих физико-химических процессов. Основную роль играют: явление адсорбции, смачивания, изменение межфазного поверхностного натяжения и т.д.

Концентрация химического реагента влияет на поверхностное натяжение.

Методы, которые используются в настоящее время, позволяют определить значения поверхностного натяжения с точностью до 0,01 мН/м и в редких случаях до 0,001 мН/м.

При выборе метода по определению поверхностного натяжения должно учитываться следующее: точность результатов, нетрудоёмкость при проведении исследования и результаты должны быть пригодны для корреляции.

Существующие методы по определению поверхностного натяжения разделяются на статические и динамические. В статистических методах определяемая поверхность находится в статике, т.е. каких-либо изменений не происходит. К этим методам относятся: метод поднятия в капилляре, вытягивающейся пластинки, висячей и лежащей капли.

Если определяемая поверхность раздела фаз либо разрушается, либо движется, то это динамические методы. К этим методам относятся: отрыв кольца, счет капель, максимальное давление пузырька, осциллирующая струя, капиллярные волны на поверхности раздела фаз и т.д.

По иной классификации выделяют полустатические методы, при реализации которых поверхность может находиться в неизменности, но во время определения поверхность разрушается. К этим методам относятся: отрыв кольца, счет капель, максимальное давление пузырька [16].

В первую очередь, при выборе метода по определению поверхностного натяжения, нужно учесть скорость установления равновесия.

В случае жидких или растворов ПАВ встречается немало тонкостей, на которых в каждом конкретном случае следует остановиться. К примеру, амины адсорбируются на стеклах и гидрофобизируют их, щелочи адсорбируются на платине и т.д.

Существует множество модификаций отдельных методов. Эти модификации позволяют увеличить приборную точность, но не устраняют принципиальных основных минусов методов.

Рассмотрим особенности двух наиболее часто используемых методов определения поверхностного натяжения.

Первый метод – сталагмометрический метод или метод Харкинса (метод счета капель). Суть метода заключается в том, что определяется вес капельки, которая отрывается от капилляра и удерживается силами поверхностного натяжения.

В данном методе используется прибор сталагмометр. Он состоит из калиброванной бюретки, которая завершается толстостенным капилляром с

отшлифованным концом. Капилляр – это самый важный элемент, т.к. капилляр должен равномерно смачиваться жидкостью.

Определение межфазного натяжения осуществляется путем опускания капилляра в сосуд со второй жидкостью, и направление которого по вертикали может быть различным. На направление влияет лишь разность плотностей фаз и смачивающая способность.

Формула, которая позволяет определить с какой силой происходит отрыв, выглядит следующим образом:

$$W = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma, \quad (1.5.1)$$

Существует целый ряд причин, которые приводят к отклонениям от указанной зависимости: отрыв капли сопровождается отрывом маленькой капли – спутника (шарик Плато); отрыв происходит не по радиусу капилляра, а сначала вытягивается шейка. На данные эффекты есть поправки [16, 17].

Основной недостаток метода – трудоемкость. После каждого определения в присутствии поверхностно активных веществ требуется тщательная очистка капилляра. Если этого не делать, то может произойти отрыв жидкости непосредственно от капилляра, а не от жидкости, и результат получается не верным.

Как и все динамические методы необходимо проводить проверку на установление равновесия. Для системы с длительно устанавливающимся равновесием метод не пригоден, т.к. каплю достаточного для отрыва размера долго удерживать на конце капилляра трудно, а слишком маленькая капля не дает эффекта.

Вторым, наиболее часто применяемым методом, является метод Кантора, Ребиндера (метод максимального давления пузырька). Суть его заключается в том, что капилляр, который погружен в испытываемую опущенный жидкость, продувают пузырьки воздуха или пропускают капли другой жидкости. Затем осуществляется замер скачка давления ΔP при отрыве пузырька. Отрыв пузырька наблюдается тогда, когда давление в нем

больше суммы гидростатического давления и давления, которое создается поверхностным натяжением в соответствии с формулой Лапласа.

Установка представляет собой тонкостенный капилляр с отшлифованным концом. Конец погружают в испытываемую жидкость. Капилляр соединен с устройством, который нагнетает воздух и манометром (лучше с наклонным водяным). Поверхностное натяжение можно найти из следующего выражения:

$$\Delta P = q \cdot h \cdot \rho_{\text{ж}} + 2 \cdot \sigma / r, \quad (1.5.2)$$

где $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости; h – глубина погружения капилляра; r – радиус капилляра.

В данный метод вводятся поправки, как и в предыдущем методе. Минус метода – трудоемкость, которая вызывается в трудном замере ΔP . Рассмотренный метод, по сравнению с методом отрыва кольца, является не таким точным и более трудоемким [17].

Поверхностное натяжение является фактором интенсивности поверхностной энергии, обусловленной некомпенсированным полем молекулярных сил на межфазной поверхности. Поверхностная энергия является частью общего запаса энергии гетерогенной системы, который в соответствии с объединенным уравнением первого второго закона термодинамики относительно внутренней энергии выражается следующим образом:

$$dU = TdS - pdV + \sigma ds + \sum \mu_i dn_i + \phi dq, \quad (1.5.3)$$

где T – температура; S – энтропия; P – давление; V – объем; σ – поверхностное натяжение; s – площадь поверхности; μ_i – химический потенциал i -го компонента; n_i – число молей компонента i ; ϕ – электрический потенциал; q – количество электричества.

При постоянных S , V , n_i и q из (5) имеем:

$$\sigma = (\partial U / \partial s)_{S, V, n_i, q} \quad (1.5.4)$$

Следовательно, поверхностное натяжение есть частная производная от внутренней энергии по площади поверхности раздела фаз при постоянных

энтропии, объеме, числе молей и заряда системы. Аналогично, учитывая возможность записи объединенного уравнения первого и второго законов термодинамики относительно других термодинамических потенциалов, а именно – энергии Гиббса G , энергии Гельмгольца F и энтальпии H , получаем:

$$\sigma = (\partial G / \partial s)_{T, p, n_i} = (\partial F / \partial s)_{T, v, n_i} = (\partial H / \partial s)_{s, p, n_i} = (\partial U / \partial s)_{s, v, n_i} \quad (1.5.5)$$

Из формулы 1.5.5 видно, что поверхностное натяжение является частной производной от любого термодинамического потенциала по площади межфазной поверхности при параметрах, которые каждому из них соответствуют. Но чаще всего поверхностное натяжение находят из выражений, когда σ равно частной производной энергии Гиббса и Гельмгольца, так как при постоянных значениях температуры и давления, объема и температуры выполнить наиболее просто.

Отметим, что поверхностное натяжение индивидуальных веществ равно энергии Гиббса, приходящейся на единицу площади поверхности, а у растворов, состоящих минимум из двух компонентов, энергия Гиббса поверхности зависит от удельной поверхности, так как изменяется состав поверхностного слоя, следовательно, она не может быть равна поверхностному натяжению.

Исходя из размерности величины поверхностного натяжения (Н/м) можно дать два определения этой величины, раскрывающих ее физический смысл.

– поверхностное натяжение – это работа обратимого изотермического процесса, необходимая для образования единицы площади поверхности раздела фаз;

– поверхностное натяжение – это сила, направленная тангенциально (параллельно) к поверхности и приходящаяся на единицу длины периметра, ограничивающего эту поверхность.

Работу увеличения поверхностного слоя в тангенциальной плоскости формально возможно представить как работу против силы, действующей в

этой плоскости. Иные силы, которые действуют на поверхностный слой, схожи с межмолекулярными.

Для границы двух несмешивающихся жидкостей силовое поле двойной фазы необходимо учитывать. Действие силовых полей обычно является аддитивным и значение поверхностного натяжения для границы двух жидкостей называется пограничным натяжением, которое определяется по правилу Антонова. Правило гласит: «Пограничное натяжение равно разности поверхностных натяжений этих жидкостей на границах с воздухом в условиях взаимного насыщения жидкостей». Данное правило представлено в виде выражения:

$$\sigma_{ж_1 - ж_2} = \sigma_{ж_1 - Г} - \sigma_{ж_2 - Г} \quad (1.5.6)$$

В растворах в зависимости от природы растворенного вещества влияние добавок вещества на поверхностное натяжение межфазной границы может быть самым различным. Вещества, снижающие поверхностное натяжение, называются поверхностно активными веществами, а вещества, добавка которых или увеличивает поверхностное натяжение на межфазной границе, или не изменяет его, называются поверхностно неактивными веществами. К поверхностно активным веществам относятся в основном органические вещества (органические кислоты, их соли, эфиры, спирты, амины, белки и так далее); они, как правило, ограниченно растворимы в воде, молекулы их не симметричны и дифильны по своему строению. То есть, молекула поверхностно активного вещества состоит из двух частей: полярной, представленной той или иной функциональной группой, и неполярной, представленной углеводородным радикалом.

При растворении ПАВ, как уже говорилось выше, поверхностное натяжение уменьшается. Это происходит за счет самопроизвольного процесса адсорбции поверхностно активных веществ на межфазной границе в соответствие с уравнением Гиббса. Особенность специфичных, имеющих дифильные молекулы с большим углеводородным радикалом, поверхностная активность веществ заключается в большой поверхностной активности их к

воде, чем и объясняется сильная зависимость поверхностного натяжения водного раствора поверхностно активного вещества от их концентрации. В результате адсорбции концентрация поверхностно активных веществ в поверхностном слое становится на много больше их концентрации в объеме раствора [17].

1.6 Методики расчета диаметра капли воды при разрушении водонефтяных эмульсий

Самая распространенная методика расчета максимального диаметра капли – это методика Тронова [18]:

$$d_{\max} = 43,3 \cdot \frac{\sigma^{1,5+0,7\mu_B} \cdot u^{0,7} \cdot \sigma^{0,8}}{u^{2,4} \cdot Re^{0,1} \cdot \nu_{cm}^{0,1} \cdot \mu_H^{0,5} \cdot \rho_H}, \quad (1.6.1)$$

В формулу 1.6.1 входят такие величины: поверхностное натяжение, динамические вязкости воды и нефти, линейная скорость потока, критерий Рейнольдса, плотность нефти и кинематическая вязкость смеси. Из формулы видно, что при увеличении поверхностного натяжения и уменьшении скорости потока, диаметр капли возрастает и уменьшается, соответственно. И диаметр капли уменьшается с увеличением турбулентности потока, вязкости и эмульсии нефти, плотности нефти. Эмульсии, движущиеся по трубопроводам, капли которых имеют диаметр меньший, чем $d_{\max}$, тогда эти капли способны к укрупнению.

Формула Слейчера, по которой рассчитывается максимальный диаметр капель:

$$\frac{d_{\max} \cdot \rho_H \cdot U^2}{\sigma} \sqrt{\frac{\mu_H U}{\sigma}} = 38 \cdot \left[1 + 0,7 \cdot \left(\frac{\mu_B \cdot U}{\sigma} \right)^{0,7} \right], \quad (1.6.2)$$

А критическая скорость потока из условия:

$$\frac{U^{2,9} \cdot \gamma_{cm}^{0,1} \cdot \mu_H \cdot \rho_H}{(\rho_d - \rho_H)^{0,5} \cdot g^{0,5} \cdot Re^{0,025} \cdot (\sigma^{1,5+0,7\mu_B} \cdot U^{0,7} \cdot \sigma^{0,8})} \geq 22,8, \quad (1.6.3)$$

где U – средняя скорость потока в трубопроводе, м/с;

ρ_B, ρ_H – плотность воды и нефти, кг/м³;

σ – межфазное напряжение на границе нефть/вода, Н/м;

$\mu_в, \mu_н$ – динамическая вязкость нефти и воды, Па·с;

$\nu_{см}$ – кинетическая вязкость смеси, м²/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Подобные формулы имеют вид:

$$d_{\max} = \frac{2^5 \sqrt{2}}{\left[(1 - Wo) \cdot (1 - 0,863 \cdot Wo \cdot Me^{0,15}) \right]^{0,4}} \cdot \left(\frac{\sigma}{\varepsilon \cdot \rho_H} \right)^{0,6} \cdot \frac{d^{0,4}}{U^{1,2}}, \quad (1.6.4)$$

$$K \geq \frac{0,86 \cdot We^{-0,05} \cdot Re^{0,028}}{\left[(1 - Wo) \cdot (1 - 0,863 \cdot Wo \cdot Me^{0,15}) \right]^{0,2}}, \quad (1.6.5)$$

где d – диаметр трубы, м;

Wo – средняя обводненность нефти;

ε – коэффициент сопротивления капли, $\varepsilon = 0,4$;

$K = U \cdot [\rho_с^2 / (g \cdot \sigma \cdot \Delta \rho)]^{0,25}$ – критерий Кутателадзе;

$Me = \mu_с^5 \cdot U^3 / (d \cdot \rho_H \cdot \sigma^4)$ – число Медведева;

$We = \rho_H \cdot U^2 \cdot d / \sigma$ – число Вебера.

$$d_{\max} = 22 \cdot \sigma / (\rho_H \cdot U^2) \quad (1.6.6)$$

$$U = 2,44 \cdot \frac{d^{0,026} \cdot \sigma^{0,41} \cdot [(\rho_B - \rho_H) \cdot g]^{0,205}}{\mu_H^{0,231} \cdot \mu_H^{0,384}} \quad (1.6.7)$$

Для расчета максимального диаметра нефтяных эмульсий обратного типа можно воспользоваться модифицированной формулой Слейчера:

$$d_{\max} = 6,45 \cdot d^{0,2} \cdot \sigma^{1,4} / \rho_H^{0,8} / U^{2,2} / \mu_H^{0,6} \quad (1.6.8)$$

Известно, что при значительной обводненности, вязкости нефтяных эмульсий обратного типа зависит экспоненциально от концентрации дисперсной фазы:

$$\mu_с = \mu_H \cdot \exp(k_r \cdot W) \quad (1.6.9)$$

где Kr – реологическая константа, $Kr = 1,5$

В формулу для расчета диаметра капли входит поверхностное натяжение на границе нефть и вода.

В таблице 1.6.1 представлены методики Тронова, Синайского, Гусейнова, Левича, Слейчера и Васильева. Номер методик соответствует порядку перечисления [19].

Таблица 1.6.1 – Методики расчета максимального диаметра капли

1	$d_{max} = 43,3 \cdot \frac{\sigma^{1,5} + 0,7\mu_B \cdot u^{0,7} \cdot \sigma^{0,8}}{u^{2,4} \cdot Re^{0,1} \cdot \nu_{CM}^{0,1} \cdot \rho_H \cdot \mu_H^{0,5}}$
2	$d = 2 \left(\frac{\sigma}{K_f \rho_c} \right)^{3/5} \cdot \left(\frac{D \cdot \rho_c}{\rho_d} \right)^{2/5} \cdot u^{-6/5}$
3	$d = 0,18D \left(\frac{\rho_c}{\rho_d} \right)^{1/7} \left(\frac{1}{u} \sqrt{\frac{2\sigma}{\rho_d \cdot D}} \right)^{6/7}$
4	$d = 2\sqrt[5]{2} \left(\frac{\sigma}{k \cdot \rho_c} \right) \frac{D^{0,4}}{u^{1,2}}$
5	$d = \frac{c \cdot \sigma^{1,5} \cdot [1 + 0,7 \cdot (\mu_d \cdot u / \sigma)^{0,7}]}{\mu_c \cdot \rho_c \cdot u^{2,5}}$
6	$d = \frac{22 \cdot \sigma}{\rho_c \cdot U^2}$

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования в данной работе являются процессы промышленной подготовки нефти и водонефтяные эмульсии с различными физико-химическими свойствами (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Физико-химические свойства нефти

	Плотность нефти, кг/м ³	Плотность эмульсии, кг/м ³	Вязкость нефти динамическая, Пуаз
1	825	829,5	0,084340
2	836	915,0	0,034667
3	843	852,0	0,12103

Методом исследования является метод математического моделирования.

Определение влияния технологических параметров на процессы каплеобразования и отделения воды от нефти при промышленной подготовке выполнялось с использованием математической модели, разработанной на кафедре ХТТ и ХК НИ ТПУ, в которой предусмотрен расчет массообменной и коалесцирующей секций.

Основные этапы моделирования:

Расчет массообменной секции

– Расчет гидродинамических параметров потока.

Объемная скорость потока эмульсии, которая выходит из блока сепарации:

$$U = \frac{GS}{3600 \cdot \rho_3}, \quad (2.1)$$

где GS – расход смеси на выходе из блока сепарации, кг/ч;

U – объемная скорость потока, м³/с.

Расчет линейной скорости потока:

$$U_0 = \frac{U}{3.14 \cdot D^2 / 4}, \quad (2.2)$$

где D – диаметр массообменной секции, м;

U_0 – линейная скорость потока, м/с.

Число Рейнольдса в массообменной секции:

$$Re = U_0 \cdot D \cdot \frac{\rho_n}{\mu \cdot 0.1}, \quad (2.3)$$

– Расчет кинетики массообмена

Расчет времени протекания процесса массообмена:

$$t = \frac{\ln\left(\frac{1/0.999 - 1}{W - W_{p0}} W_{p0}\right)}{-K_c \sqrt{\frac{W}{Re^{0.25}} \cdot \frac{u_0}{d_{cp}} \cdot 100}}, \quad (2.4)$$

В формуле (2.4) учитывается, что W_p чаще равно 0,999 – количество в нефти воды, которая обогащена деэмульгатором в результате массообменных процессов.

Где W_{p0} – количество первоначально введенного раствора реагента в объемных единицах по отношению к общему объему эмульсии;

K_c – константа эффективности столкновений;

d_{cp} – средний диаметр капель, м.

u_0 – линейная скорость потока, м/с.

Расчет изменения объема жидкости, получившей реагент и существующей в потоке в виде капель:

$$\frac{W_p}{W} = \frac{1}{1 + \frac{W - W_{p0}}{W_{p0}} e^{-K_c \sqrt{\frac{W}{Re^{0.25}} \cdot \frac{u_0}{d_{cp}}} t}}, \quad (2.5)$$

где W_p – часть обводненности, представленная раствором реагента, об. доли;

W – обводненность нефти, объем. доли;

W_{p0} – количество первоначально введенного раствора реагента, об.доли;

K_c – константа эффективности столкновений, обычно задается 0,0001;

d_{cp} – диаметр капель воды в нефти, обрабатываемой в массообменной секции, м;

t – время протекания процесса, с.

Расчет коалесцирующей секции

Линейная скорость потока в коалесцирующей секции:

$$U_2 = \frac{U}{3.14 \cdot \frac{d_2^2}{4}}, \quad (2.6)$$

где U_2 – линейная скорость потока, м/с;

U – объемная скорость потока, м³/с;

d_2 – диаметр коалесцирующей секции, м.

Число Рейнольдса в коалесцирующей секции:

$$Re_1 = \frac{U_2 \cdot D_2 \cdot \rho_n}{\mu_3 \cdot 0.1}, \quad (2.7)$$

где ρ_n – плотность нефти на выходе из блока сепарации, кг/м³;

μ_3 – вязкость эмульсии, Пуаз.

– Расчет кинетики процесса коалесценции

Коэффициент турбулентной диффузии определяется по формуле:

$$D_{\text{турб}} = \frac{0.0033 \cdot d_2 \cdot U_2}{\sqrt[8]{Re_1}}, \quad (2.8)$$

где U_2 – линейная скорость потока в коалесцирующей секции, м/с;

d_2 – диаметр коалесцирующей секции, м.

4 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.

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

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Для данной разработки целесообразно использовать такие критерии сегментирования рынка: размер компании, отрасль, географический и поведенческий критерии.

Размер компании очень важен, так как крупные компании часто используют новые технологии и могут поддаться риску, а также имеют возможность возместить убытки.

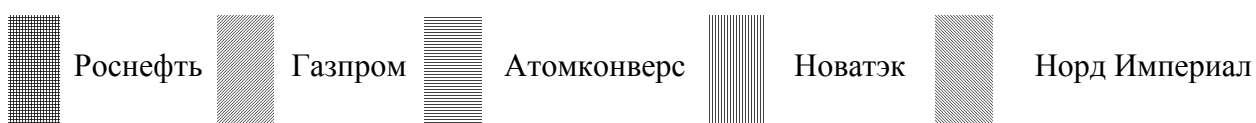
Что касается отраслей, то не все предприятия могут пользоваться данным исследовательским проектом, а только нефтяная промышленность. Отсюда вытекает географический критерий, потому что не всякий регион и не всякая страна имеет газовые и нефтяные ресурсы.

Поведенческий критерий тоже важен, ведь клиенты – выгода для потребителя, выбирает товар исходя из выгоды, цены, качества, срочности приобретения товара.

Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и отрасль, по которым будет производиться сегментирование рынка (таблица 4.1.1.1).

Таблица 4.1.1.1 – Карта сегментирования рынка

		Отрасль	
		Газодобывающие предприятия	Нефтегазодобывающие предприятия
Размер компании	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		



Как видно из таблицы основными сегментами данного рынка являются крупные и малые компании. 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

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) – это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Область применения диаграммы:

- Выявление причин возникновения проблемы;
- Анализ и структурирование процессов на предприятии;
- Оценка причинно-следственных связей.

Построение диаграммы начинают с формулировки проблемной области/темы, которая является объектом анализа и наносится на центральную горизонтальную стрелку диаграммы.

Затем выявляются факторы/группы факторов, влияющие на объект анализа. Часто, для выявления таких факторов используется прием 6М:

- персонал (Manpower);
- оборудование (Machine);
- сырье, материалы, комплектующие (Material);
- технология проведения работ (Method);
- средства измерения и методы контроля (Measurement);
- производственная среда (Media).

Выявленные факторы подводят к стрелкам диаграммы первого уровня.

Далее к каждой стрелке подводят стрелки второго уровня, к которым, в свою очередь, подводят стрелки третьего уровня и т. д. до тех пор, пока на диаграмму не будут нанесены все стрелки, обозначающие факторы, оказывающие заметное влияние на объект анализа. Каждый фактор более низкого уровня будет являться следствием по отношению к причине более высокого уровня.

Пример причинно-следственной диаграммы представлен на рисунке 4.1.2.1.

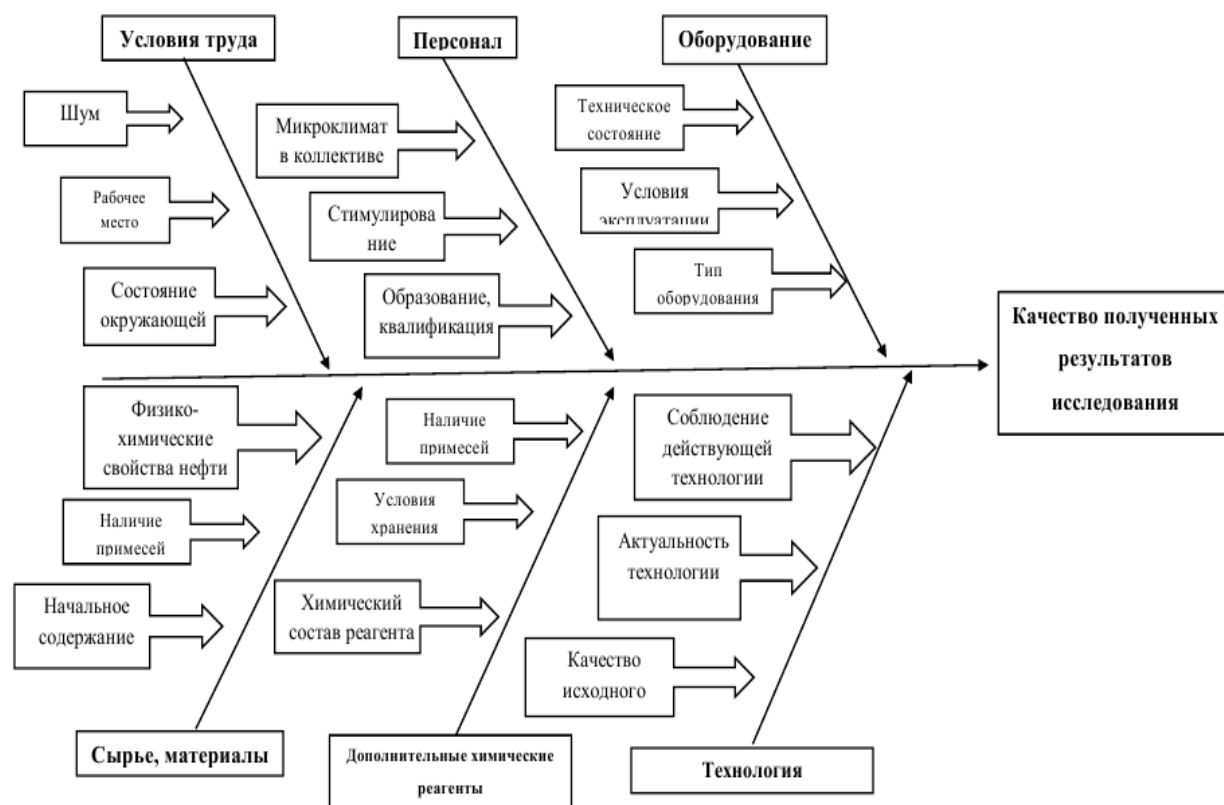


Рисунок 4.1.2.1 – Диаграмма Исикавы

4.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

В данном разделе будет оценена степень готовности разработки к коммерциализации и выяснен уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 4.1.3.1 – 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	3	4

3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	4
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	50	53

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий

вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоритических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (4.1.3.1)$$

где B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Если значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточным для успешной ее коммерциализации. Если от 59 до 45, то такая перспективность выше среднего.

В данном случае получили перспективность разработки выше среднего. Это говорит о том, что необходимо проработать вопросы финансирования научной разработки, определить путь продвижения научной разработки на рынок, разработать стратегию реализации научной разработки и возможно привлечь требуемых специалистов в команду проекта.

4.1.4 Методы коммерциализации результатов научного исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект. При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности.

Для продвижения научной разработки можно использовать два метода

коммерциализации: торговля патентными лицензиями и передача ноу-хау, поскольку разработка представляет собой не товар, а техническое, научно-обоснованное решение или новая технология в области подготовки нефти. Использование этих методов позволит получить средства для продолжения своих научных исследований и разработок, необходимое оборудование, материалы и другие научно-технические разработки охраняются режимом коммерческой тайны и использоваться для достижения конкурентного преимущества над другими субъектами предпринимательской деятельности.

4.2 Инициация проекта

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.

Для начала, определим заинтересованных сторон проекта, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Заинтересованным стороны проекта представлена в таблице 4.2.1.

Таблица 4.2.1 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ, ИШПР, отделение химической инженерии	Результаты исследования процесса разрушения водонефтяных эмульсий

В таблице 4.2.2 представлена информация о целях проекта, критериях достижения целей, а также требования к результатам проекта.

Таблица 4.2.2 – Заинтересованные стороны проекта

Цели проекта	Исследование процесса разрушения водонефтяных эмульсий
Ожидаемые результаты проекта	Результаты исследований разрушения водонефтяных эмульсий с использованием деэмульгаторов
Критерии приемки результата проекта	Адекватные результаты исследования, исходя из физико-химических свойств нефти и свойств деэмульгаторов
Требования к результату проекта	Выявление самого эффективного деэмульгатора для разделения эмульсии

Расчетная группа проекта отображена в таблице 4.2.3.

Таблица 4.2.3 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Мойзес Ольга Ефимовна, НИ ТПУ, к.т.н., доцент отделения химической инженерии	Руководитель проекта	Консультирование, определение задач, контроль выполнения	90
2	Щетинина Мария Евгеньевна, студент гр. 2 КМ71	Исполнитель проекта	Анализ литературных источников, теоретическое обоснование и проведение экспериментальных исследований	490
3	Криницина Зоя Васильевна, НИ ТПУ, отделение социально-гуманитарных наук ШИП, доцент	Руководитель проекта по разделу «Финансовый менеджмент»	Координирует выполнение раздела «Финансовый менеджмент»	2
4	Сотникова Анна Александровна,	Руководитель проекта по	Координирует выполнение раздела	2

	ассистент	разделу «Социальная ответственность»	«Социальная ответственность»	
5	Щеголихина Юлия Викторовна	Руководитель проекта раздела ВКР на немецком языке	Координирует выполнение раздела ВКР на немецком языке	2
ИТОГО:				586

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. В таблице 4.2.4 приведены всевозможные ограничения научно-технического исследования.

Таблица 4.2.4 – Ограничения проекта

№	Фактор	Ограничения / допущения
1	Бюджет проекта	620000
2	Источник финансирования	НИ ТПУ
3	Сроки проекта	февраль 2018-май 2019
4	Дата утверждения плана управления проектом	11.03.2018 г.
5	Дата завершения проекта	май 2019

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 4.3.1.1 представлена иерархическая структура по проекту.



Рисунок 4.3.1.1 – Иерархическая структура работ проекта

4.3.2 Контрольные события проекта

Список контрольных событий – это список важных моментов или событий проекта.

Таблица 4.3.2.1 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Составление и утверждение технического задания	25.02.2019- 28.02.2019	Отчет о плане работ
2	Выбор направления исследований	1.03.2019	Отчет о плане работ
3	Календарное планирование работ по теме	2.03.2019- 5.03.2019	Отчет о плане работ
4	Изучение литературы	6.03.2019- 26.03.2019	Литературный обзор

5	Экспериментальная часть	27.03.2019- 9.04.2019	Отчет
6	Оценка эффективности полученных результатов	10.04.2019- 11.04.2019	Отчет о результатах НТИ
7	Определение целесообразности проведения ОКР	12.04.2019- 13.04.2019	Отчет о результатах НТИ
8	Составление пояснительной записки	14.04.2019- 25.04.2019	Отчет
9	Подготовка к защите дипломной работы	26.04.2019 - 10.06.2019	Презентация, раздаточный материал
10	Защита дипломной работы	11.06.2019	Готовая магистерская диссертация

4.3.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта [20].

Таблица 4.3.3.1 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Составление и утверждение технического задания	4	25.02.2019	28.02.2019	Мойзес О.Е.
2	Выбор направления исследований	1	1.03.2019	1.03.2019	Мойзес О.Е., Щетинина М.Е.
3	Календарное планирование работ по теме	4	2.03.2019	5.03.2019	Мойзес О.Е.
4	Изучение	21	6.03.2019	26.03.2019	Щетинина М.Е.

	литературы				
5	Экспериментальная часть	14	27.03.2019	9.04.2019	Щетинина М.Е.
6	Оценка эффективности полученных результатов	2	10.04.2019	11.04.2019	Мойзес О.Е., Щетинина М.Е.
7	Определение целесообразности и проведения ОКР	2	12.04.2019	13.04.2019	Мойзес О.Е.
8	Составление пояснительной записки	14	14.04.2019	25.04.2019	Щетинина М.Е.
9	Подготовка к защите дипломной работы	45	26.04.2019	10.06.2019	Мойзес О.Е., Щетинина М.Е.
10	Защита дипломной работы	1	11.06.2019	11.06.2019	Щетинина М.Е.
Итого:		108			

На основе таблицы 4.3.3.1 строим календарный план-график.

Таблица 4.3.3.2 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполни- тели	T _{кi} , дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр аль		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руко- водитель	4														
2	Выбор направления исследований	Руково- дитель, магистр	1			 											
3	Календарное планирование	Руково- дитель	4														

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (4.3.4.1.1)$$

Таблица 4.3.4.1.1 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Ед. Измерения	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага	пачка	2	250	500
Ручка	шт	2	50	100
Картридж для принтера	шт	1	590	590
Тетрадь для записей	шт	2	40	80
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				65
Итого:				1335

4.3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Таблица 4.3.4.2.1 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Персональный компьютер	1	25	25
2	ПО Microsoft Office	2	5,0	10
3	Лицензия на программный пакет Pascal	1	27	27
4	Амортизационные отчисления	1	8	8
Итого				70

4.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты).

Основная заработная плата руководителя от ТПУ рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда, которая предполагает следующий

состав заработной платы: оклад, распределяемый в соответствии с занимаемыми должностями; стимулирующие выплаты за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.; районный коэффициент.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1813,2 \cdot 58 = 105165,6 \text{ руб.}, \quad (4.3.4.3.1)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.; T_p – продолжительность работ научно-технического работника, раб. дн.;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{43763,2 \cdot 10,4}{251} = 1813,2 \text{ руб.}, \quad (4.3.4.3.2)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени, раб.дн.

Таблица 4.3.4.3.1 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
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	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.3.4.3.2.

Таблица 4.3.4.3.2 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	Z_b , руб	k_p	Z_m , руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	доцент	33664	1,3	43763,2	1813,2	58	105165,6
Исполнитель	инженер	11792,64	1,3	15330,4	579,7	98	56815,7
Итог							161981,3

4.3.5 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.3.5.1)$$

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

Таблица 4.3.5.1 – Заработная плата исполнителей НП

Заработная плата Исполнители	Основная, $З_{\text{осн}}$,руб.	$k_{\text{доп}}$	Дополнительная, $З_{\text{доп}}$,руб	Итоговая зарплата, $С_{\text{зп}}$,руб
Руководитель	105165,6	0,15	15774,84	120940,44
Исполнитель	56815,7		8522,35	65338,05
Итого:	161981,3		24297,19	186278,49

Расчеты показали, что годовая заработная плата за время выполнения проекта составляет 186278,49 руб.

4.3.6 Отчисления на социальные нужды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн.} + З_{доп.}) = 186278,49 \cdot 0,271 = 50481,47 \text{ руб.}, \quad (4.3.6.1)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, равный 27,1% [21].

4.3.7 Накладные расходы

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot (З_{осн} + З_{доп.}), \quad (4.3.7.1)$$

где $k_{накл}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$C_{накл} = 186278,49 \cdot 0,8 = 149022,79 \text{ руб.}$$

4.3.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.3.8.1

Таблица 4.3.8.1 – Расчет бюджета затрат НТИ

	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты	1335	Пункт 4.3.4.1
2	Затраты на оборудование	70000	Пункт 4.3.4.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	161981,3	Пункт 4.3.4.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате научно-производственного персонала	186278,49	Пункт 4.3.5

5	Отчисления на социальные нужды	50481,47	Пункт 4.3.6
6	Накладные расходы	149022,79	Пункт 4.3.7
7	Бюджет затрат НТИ	619099,05	Сумма ст. 1-6

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, нахождение которого связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования и определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.4.1.1)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом (таблица 4.4.1.1):

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.4.1.2)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Таблица 4.4.1.1 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Адекватность разработки	0,30	5	4	5
2. Унифицированность	0,20	4	4	4
3. Простота применения	0,26	5	5	4
4. Универсальность	0,24	3	3	3
Итого	1	4,32	4,02	4,06

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \dots \quad (4.4.1.3)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (табл.4.4.1.2), которая рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (4.4.1.4)$$

Таблица 4.4.1.2 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,99	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,32	4,02	4,06
3	Интегральный показатель эффективности	4,32	4,06	4,10
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,94	0,95

Вывод: На основании значений интегральных показателей эффективности вариантов исполнения, оптимальным считается вариант текущего исполнения.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников во время трудовой деятельности – это самый главный приоритет для сохранения человеческого капитала. Поэтому необходимо постоянно улучшать условия и охрану труда промышленной и экологической безопасностей. При этом также необходимо совершенствование нормативной правовой базы в целях повышения эффективности систем оценки условий труда работающих, выявления и управления профессиональными рисками.

Для обеспечения соблюдения требований охраны труда на предприятии существуют контролирующие органы власти, в качестве которых выступают: правительство РФ и уполномоченные исполнительные органы на местах, а также Федеральная служба по труду и Государственные инспекции труда.

В соответствии с [22] необходимо непрерывно совершенствовать систему страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, формированию страховых тарифов в зависимости от условий труда и уровня его охраны на рабочих местах.

Специальная оценка условий труда осуществляется согласно [23].

Объектом исследования данной работы является математическая модель процессов каплеобразования и отделения воды от нефти при промысловой подготовке нефти. Цель данной работы – оптимизировать математическую модель процесса каплеобразования с учетом влияния деэмульгатора при разрушении водонефтяной эмульсии.

Экспериментальная часть дипломной работы осуществлялась в аудитории №224, расположенная на втором этаже учебного корпуса 16б Томского политехнического университета. Данная аудитория оборудована 10 ЭВМ, 1 интерактивной доской и столом.

Экспериментальная часть магистерской диссертации осуществлялась на персональном компьютере (далее ПК) при работе с различными программными обеспечениями в отделении химической инженерии. Рабочая зона представляет собой аудиторию, оборудованную системами отопления, кондиционирования воздуха. Освещение рабочего места комбинированное – сочетание естественного света из окон и искусственного.

Рабочее место в аудитории представляет собой стол, на котором расположены монитор и системный блок ЭВМ, и офисный стул. Рабочее место – стационарное, оборудованное компьютером, соответствует требованиям.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Статья 212 ТК РФ обязывает работодателя разработать и утвердить инструкции по охране труда и обеспечить ознакомление с ними работников. Таким образом, в организации может быть утвержден специальный документ, предусматривающий правила выполнения трудовых операций с компьютерной техникой, который может называться, например, инструкцией по технике безопасности при работе за компьютером. Отдельные положения по данному вопросу могут содержаться в инструкции по охране труда для офисных работников.

С целью избежать переутомления работника СанПиН рекомендуют делать перерывы длительностью от 10 до 15 минут после 45-60 минут работы. Во время перерыва работнику следует выполнять гимнастику для глаз и физические упражнения, предусмотренные приложениями 8-10 к СанПиН [24].

Соблюдение правил работы за компьютером позволит снизить негативное воздействие компьютера на здоровье работника. Однако чаще

всего именно работники пренебрегают данными правилами, и задача работодателя в данном случае – постоянно доводить до сведения своих сотрудников информацию о последствиях несоблюдения вышеизложенных требований и своими распоряжениями организовывать обязательные перерывы в работе.

Социальная ответственность возникает при выполнении служебных, семейных, гражданских, общественных и личных обязанностей. Она отражает склонность личности придерживаться в своем поведении общепринятых в обществе социальных норм и отвечать за результаты их исполнения. Социальная ответственность неразрывно связана с реализацией социальных инициатив в рамках принятых социальных целей.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

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 [25, 26, 27].



Рисунок 5.1.2.1 – Правильное положение при работе за компьютером

5.2 Производственная безопасность

Потенциально опасными и вредными факторами в компьютерном классе определяются в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 [28].

Факторы, которые могут воздействовать на исследователя в ходе работы, приведены в таблице 5.2.1.

Таблица 5.2.1 – Опасные и вредные факторы при исследовании

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Микроклимат	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
Электромагнитное излучение	+	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля

				радиочастот. Общие требования безопасности.
Освещение	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
Электробезопасность	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
Возникновение пожара	+	+	+	Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности

5.2.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Проанализируем факторы рабочей зоны на предмет выявления их вредных проявлений. В данном исследовании к факторам рабочей зоны относятся метеорологические условия, электромагнитные поля и освещение на рабочем месте.

– Микроклимат

Микроклимат компьютерного класса – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

Метеорологические условия рабочей среды (микроклимат) оказывают влияние на процесс теплообмена и характер работы. Микроклимат характеризуется температурой воздуха, его влажностью и скоростью

движения, а также интенсивностью теплового излучения. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий резко ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям. Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организма, тепловому удару или профзаболеванию. Низкая температура воздуха может вызвать местное или общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания либо обморожения.

Влажность воздуха оказывает значительное влияние на терморегуляцию организма человека. Высокая влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре она усиливает теплоотдачу с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению организма. Низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных органов работающего.

В помещении, где находится компьютер, средняя температура воздуха 21 °С, относительная влажность воздуха 52%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с. На рабочих местах пользователей ПК должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата в соответствии с нормативы СанПиН 2.2.4.548-96. Оптимальные характеристики микроклимата представлены в таблице 5.2.1.1.

Рассматриваемую работу пользователя ПК относим к категории тяжести работ 1а (работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением).

Таблица 5.2.1.1 – Оптимальные параметры микроклимата [29]

Сезон	Температура воздуха, t, °С	Относительная влажность, %
Холодный и переходный (средне суточная температура меньше 10 °С)	22-24	60-40

Теплый (среднесуточная температура воздуха 10 °С и выше)	21-23	60-40
--	-------	-------

– Электромагнитное излучение

Спектр электромагнитного излучения (источником является компьютер и системный блок) природного и техногенного происхождения, оказывающий влияние на человека как в условиях быта, так и в производственных условиях, имеет диапазон волн от тысяч километров (переменный ток) до триллионной части миллиметра (космические энергетические лучи). Есть два источника электромагнитного излучения: монитор и системный блок.

Длительное воздействие электромагнитного поля на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечнососудистой систем. Это выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, изменение кровяного давления и пульса.

Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах составляет: $T = 50/E - 2$. Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20-25 кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие людей в рабочей зоне разрешается в течение 8 часов [30].

– Освещение

Наиболее важной областью оптического спектра электромагнитных излучений является видимый свет (излучение с длиной волны от 0,38-0,4 до 0,75-0,78 мкм) []. Он обеспечивает зрительное восприятие, дающее около 90% информации об окружающей среде, влияет на тонус центральной и

периферической нервной системы, на обмен веществ в организме, его иммунные и аллергические реакции, на работоспособность и самочувствие человека. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию и сонливость, а в некоторых случаях способствуют развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождаются снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его активности. К таким же последствиям приводит длительное пребывание в световой среде с ограниченным спектральным составом света и монотонным режимом освещения.

Работа, связанная с документами, требует хорошего освещения. Излишне яркий свет снижает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность, нарушает механизм сумеречного зрения. Воздействие чрезмерной яркости может вызывать фотоожоги глаз и кожи, кератиты, катаракты и другие нарушения.

Гигиеническое нормирование искусственного и естественного освещения. Нормируемыми параметрами для систем искусственного освещения являются: величина минимальной освещенности $L_{\min}$, допустимая яркость в поле зрения $L_{\text{доп}}$, а также показатель ослепленности P и коэффициент пульсации $K_{\text{п}}$ (СНиП 23-05-95) [31].

Согласно [31] в компьютерных залах организовано естественное и искусственное освещение. Естественное освещение обеспечивается через оконные проемы с коэффициентом естественного освещения КЕО не ниже 1,2% в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5% на остальной территории.

– Электробезопасность

Источники опасности: повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, повышенный уровень статического электричества.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает на него сложное воздействие, являющееся совокупностью термического, электролитического, биологического и механического воздействий, что приводит к различным нарушениям в организме, вызывая как местные повреждения тканей и органов, так и общее его поражение.

Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве и повреждении кровеносных сосудов, нервов, мозга и других органов, что вызывает их серьезные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока проявляется в разложении крови и других жидкостей в организме, вызывает значительные нарушения их физико-химического состава, а также ткани в целом.

Биологическое действие тока выражается главным образом в нарушении биологических процессов, протекающих в живом организме, что сопровождается разрушением и возбуждением тканей и сокращением мышц.

Механическое действие тока проявляется в разрывах кожи, кровеносных сосудов, нервной ткани, а также вывихах суставов и даже переломах костей вследствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека.

Наиболее сложным является биологическое действие, которое свойственно только живым организмам [32].

– Пожар на рабочем месте

В соответствии со ст. 26 [33] учебная аудитория, оборудованная компьютером относится к категории «В». Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях составлен «План эвакуации людей при пожаре», который регламентирует действия персонала в случае

возникновения очага возгорания и указывает места расположения пожарной техники.

Горючими компонентами в помещении являются: строительные материалы для акустической и эстетической отделки помещений, перегородки, двери, полы, изоляция кабелей и др.

Источниками возгорания могут служить электрические схемы от ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционирования воздуха, где в результате различных нарушений в работе элементы перегреваются, могут возникнуть электрические искры, способные вызвать загорания горючих материалов. Для тушения возгорания в помещении предусмотрен углекислотный огнетушитель [33].

5.2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

Перечислим мероприятия по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов.

– Микроклимат

Нормализовать температурный режим в помещениях можно путем улучшения теплоизоляции окон, дверей, стыков между панелями, регулировки системы отопления, чтобы разность температур на входе и выходе стояков была одинаковой, подачи в систему отопления большего количества теплоносителя.

Относительная влажность воздуха зависит от содержания паров воды в наружном воздухе и выделения влаги от технологических процессов внутри помещений. Если влажность воздуха в рабочей зоне ниже допустимой, то можно нормализовать с помощью увлажнителя. При высокой влажности

воздуха рабочей зоны можно использовать антипод увлажнителя – это осушитель [34].

Скорость движения воздуха на рабочих местах зависит от правильности устройства и регулировки работы вентиляционных систем. При отклонении скорости движения воздуха от предусмотренной санитарными нормами, необходимо проверить исправность системы и, путем открывания или закрывания шиберных заслонок на приточных вентиляционных отверстиях, установить оптимальные скорости движения воздуха на рабочих местах.

– Электромагнитное излучение

Следующие мероприятия:

1) Системный блок и монитор должен находиться как можно дальше от Вас;

2) По возможности сократите время работы за компьютером и чаще прерывайте работу;

3) В связи с тем, что электромагнитное излучение от стенок монитора намного больше, постарайтесь поставить монитор в угол, так чтобы излучение поглощалось стенами. Особое внимание стоит обратить на расстановку мониторов в офисах.

– Освещение

В первую очередь начинать организацию освещения необходимо с самого помещения.

Для взрослого человека рабочее место за компьютером должно составлять не меньше 6 м^2 , а объем – более 20 м^3 .

Освещение рабочего места за ПК всегда должно организовываться с помощью двух типов подсветки:

1) Естественное освещение. Для того, чтобы естественной подсветки было достаточно, необходимо разместить рабочее место вблизи оконных проемов;

2) Искусственное освещение. Такой тип подсветки организуется с помощью разнообразных осветительных приборов. Они используются тогда, когда естественной подсветки недостаточно.

– Электробезопасность

Для обеспечения непрерывного отвода зарядов статического электричества с тела человека, полы в производственном помещении необходимо покрывать электропроводным материалом – бетоном, керамической плиткой. Необходимо производить влажную уборку производственных помещений, что влечет к резкому снижению электрического сопротивления пола.

Все электрооборудование с напряжением свыше 36 В, а также оборудование и механизмы, которые могут оказаться под напряжением, должны быть надежно заземлены.

Для снижения интенсивности возникновения зарядов статического электричества, жидкости должны очищаться от загрязнений. Запрещается проведение работ внутри емкостей в одежде из электризующих материалов [35].

– Пожар

Профилактические меры включают: периодические проверки состояния пожарной безопасности, обеспечение контроля за своевременным выполнением предложенных мероприятий; проведение пожарно-технических обследований объекта представителями Государственного пожарного надзора, установление действенного контроля за выполнением предписаний и приказов, проведение бесед-инструктажей и специальных занятий, проверку исправности и правильного содержания стационарных автоматических и первичных средств пожаротушения, противопожарного водоснабжения и систем извещения о пожарах.

Основной метод профилактической работы – устранение выявленных в ходе проверки недочетов на месте, а при отсутствии такой возможности – в кратчайший срок.

При возникновении ЧС, мероприятия представляют собой проведение спасательных работ и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге поражения. Данные мероприятия определены в [33] и проводятся на основании положения комплекса государственных стандартов по предупреждению и ликвидации чрезвычайной ситуации.

5.3 Экологическая безопасность

Непосредственно математическая модель, реализованная в виде компьютерной программы, не оказывает влияния на окружающую среду. Но существует такая проблема, как утилизация компьютеров и другой оргтехники, ведь детали, из которых они выполнены, не являются такими безвредными для окружающей среды, как это может показаться на первый взгляд.

Каждый персональный компьютер содержит не только ценные цветные металлы, но и целый набор опасных для окружающей среды веществ. Это производные газов, тяжелые металлы, среди которых кадмий, ртуть и свинец. Попадая на свалку, все эти вещества под воздействием внешней среды постепенно проникают в почву, отравляют воздух и воду [36, 37, 38].

Также в процессе утилизации из техники извлекаются и материалы, которые могут быть использованы для вторичной переработки. «Начинка» каждого персонального компьютера содержит:

- ценные металлы – золото и серебро;
- черные и цветные металлы – алюминий, медь, железо;
- стекло и полимерные материалы.

Самый распространенный метод заключается в переработке оргтехники с последующим ее использованием для производства новых изделий. Данную задачу обычно поручают дочерним организациям, где

производится чистка, ремонт, а также замена всех изношенных частей принтеров, МФУ и прочего оборудования.

Другой метод подразумевает разложение списанной оргтехники. Он состоит из двух составляющих: механической и термической. Для начала все отработанные устройства разбираются на комплектующие, которые подвергаются дальнейшей сортировке и утилизации частями. Современные технологии позволяют решить эту задачу с минимальным уроном для окружающей среды и с высокой эффективностью

К примеру, из некогда компьютерного хлама можно выделить аффинированные металлы. Речь идет о золоте, серебре, платине, палладии с чистотой в пределах 99,95-99,99%. Замкнутый цикл производства состоит из следующих этапов: первичная сортировка оборудования; выделение драгоценных, черных и цветных металлов и других материалов; плавление; аффинаж и переработка металлов.

Соответственно, предприятия по переработке могут предложить такой ассортимент продукции:

- слитки и порошки из драгметаллов;
- аноды;
- проволока и припой, используемые в стоматологии;
- соли драгоценных металлов;
- ювелирные изделия.

Так что старое компьютерное «железо» может иметь новую жизнь, причем гораздо более интересную. Однако для того чтобы это стало возможным, следует найти в себе силы и желание не просто выбросить компьютер на свалку, а позаботиться о безопасной утилизации оргтехники. Это обязанность человека не только как гражданина страны, но и как составной части гражданского сознательного общества.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования

Разработанная программа не является причиной возникновения ЧС, так как она используется в учебных целях. Но если применить данную модель на нефтеперерабатывающих заводах, то она может служить, как объект защиты, так как с помощью полученных данных можно спрогнозировать и ликвидировать отклонения процессов, протекающих в аппаратах [39].

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

Информационная безопасность предполагает обеспечение защиты данных от хищений или изменений как случайного, так и умышленного характера. Система обеспечения информационной безопасности – эффективный инструмент защиты интересов пользователей информации.

Существуют различные способы информационной безопасности:

- Обеспечение контроля входа в АИС и загрузки баз данных при помощи уникальных идентификаторов (логин, пароль, код и др.);
- Обеспечение ограничения доступа пользователей к определенным компонентам АИС и ее внешним ресурсам;
- Безопасность информации от воздействия вирусного ПО и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время при исследовании химико-технологических процессов достаточно широко используются математические модели.

На кафедре ХТТ и ХК разработана математическая модель процесса каплеобразования, позволяющая учитывать влияние технологических параметров на процесс каплеобразования при промышленной подготовке нефти.

Анализ литературных источников показал, что универсальных теоретических зависимостей, которые бы учитывали влияние концентрации химического реагента на поверхностное натяжение, практически не существует. Поэтому на основании литературных экспериментальных данных в работе были получены теоретические зависимости поверхностного натяжения от концентрации деэмульгатора, которые были включены в математическую модель. Так же в литературе были найдены методики, которые позволяют рассчитать максимальный диаметр формирующихся при данных условиях подготовки нефти капель воды в нефтяной эмульсии, которые также были включены в математическую модель процесса каплеобразования.

С применением модернизированной модели и программы расчета были выполнены исследования влияния технологических параметров на показатели процесса каплеобразования.

Результаты исследования:

1) Анализ результатов исследований, представленных на рисунках 3.1-3.6 показывает, что с увеличением температуры от 15 - 40 °С при расходе эмульсии 250 т/ч максимальный диаметр капли увеличивается. Причем, нефть с меньшей плотностью (825 кг/м³) имеет большее значение максимального диаметра капли воды от 154,4 мкм до 173,2 мкм (методика 5). А нефть с большей плотностью (843 кг/м³) имеет меньшее значение максимального диаметра: от 36,3 мкм до 41,5 мкм.

2) Результаты исследований, представленных на рисунках 3.7 - 3.8 показывают, что при варьировании температуры от 15 до 40 °С вязкость нефти снижается от 0,0866 Пуаз. до 0,0783 Пуаз., плотность нефти и эмульсии уменьшается от 827,194 кг/м³ до 818,478 кг/м³ и от 866,704 кг/м³ до 856,126 кг/м³.

3) Показано, что при изменении расхода эмульсии (рис. 3.9 - 3.13) от 200 т/ч до 400 т/ч максимальный диаметр капель уменьшается от 119,91 мкм до 52,19 мкм (формула 5, методика 2). Наиболее эффективный для осаждения размер капель для каждой методики наблюдается по формулам: 2, 4, 6 методики – 2, 3, 5; 3 методика – 1, 3, 5; 5 методика – 3, 4, 5.

4) Из зависимостей, представленных на рисунках 3.14-3.17 видно, что с увеличением концентрации деэмульгатора 0,001...0,004 % масс. снижается максимальный диаметр капель воды от 119,91 мкм до 52,19 мкм (формула 5, методика 2).

5) С увеличением концентрации деэмульгатора (формула 5), например, 0,001...0,004 % масс. снижается поверхностное натяжение от 38,19 дин/см до 25,38 дин/см.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Золотухина К. В. Влияние технологических параметров на эффективность процесса электрокоалесценции / К. В. Золотухина, М. Е. Щетинина; науч. рук. О. Е. Мойзес // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина, Томск, 3-7 апреля 2017 г.: в 2 т. – Томск : Изд-во ТПУ, 2017. – Т. 2. – [С. 313-314].

2. Щетинина М. Е. Учёт влияния деэмульгатора при моделировании процесса разрушения водонефтяных эмульсий / М. Е. Щетинина, К. В. Золотухина; науч. рук. О. Е. Мойзес // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, 29 мая-1 июня 2017 г., г. Томск. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – [С. 343-344].

3. Щетинина М. Е. Исследование процесса разрушения водонефтяных эмульсий / М. Е. Щетинина; науч. рук. О. Е. Мойзес // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири, Томск, 2-7 апреля 2018 г.: в 2 т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – Т. 2. – [С. 427-428].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касимов Л.Н. Регулируемый экономический электропривод для станков-качалок малодебитных скважин / Л.Н. Касимов, Е.С.Шаныгин // Электротехника. – 1999. – №8.
2. Рябов В.Д. Физико-химические методы исследования углеводородов и других компонентов нефти. – М.: ГАНГ. – 2006. – 315 с.
3. Брагинский О.Б. Мировая нефтехимическая промышленность / О.Б. Брагинский. – М.: Наука. – 2003. – 556 с.
4. Леонтьева А.И., Балабаева Н.Н., Брянкин К.В. и др. Формирование структуры водонефтяных эмульсий // Вестник ТГТУ. – 2017. – № 4. – С. 635-637.
5. Плохова С.Е., Елпидинский А.А. Изучение влияния моющих ПАВ на деэмульгирующую эффективность неионогенных ПАВ [Текст] / С.Е. Плохова, А.А. Елпидинский // Вестник КТУ. – 2013. – №10. – С. 271-272.
6. Фазульзянов Р.Р. Исследование деэмульгирующих и поверхностных свойств композиционных реагентов для нефтепромыслов / Р.Р. Фазульзянов, А.А. Елпидинский, А.А. Гречухина // Вестник КГТУ. – 2011. – №10. – С. 169-171.
7. Мостобаев Б.Н., Локшин А.А., Муфтахова В.Н. Удаление вязких нефтепродуктов из прудов – шламонакопителей после их длительного хранения//Транспорт и хранение нефтепродуктов. – М.: ЦНИИТЭнефтехим. – 1997. – № 10-11. – С.15-17.
8. Сайфуллин Н.Р., Махов А.Ф., Зонов М.С. // Нефтепереработка и нефтехимия. – М.: ЦНИИТЭнефтехим. – 1995. – № 6. – С.32-35.
9. Очилов А.А., Кудратов М.А. Процесс разрушения устойчивых эмульсий местных нефтей с деэмульгатором. – г. Бухара: Изд-во Бухарского инженерно-технологического института. – 2014. – Т.2. – 278 с.

10. Хафизов А. Р., Пестрецов Н. В., Чеботарев В. В. и др. Сбор, подготовка и хранение нефти. Технология и оборудование // Учебное пособие. – Уфа. – 2002.
11. Борисов С.И., Катеев М.В., Калинина Е.С., Калинина О.С. Механизм действия ПАВ как деэмульгаторов нефтяных эмульсий // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 4. – С.74-76.
12. Виноградов В.М., Винокуров В.А. Образование, свойства и методы разрушения нефтяных эмульсий // Методические указания. – М.: ФГУП «Нефть и газ», РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, – 2007. – 31 с.
13. Очилов А.А., Олимов Б.С. Деэмульгаторы для разрушения устойчивых водонефтяных эмульсий // Молодой ученый. – 2015. – №8. – С. 12-13.
14. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа // Учебное пособие для вузов. – Уфа: Гилем. – 2002. – 672 с.
15. Dow Jones. Деэмульгаторы BREAXIT. Технологии разделения водонефтяных эмульсий для нефтяных месторождений // Nalco – 2009. – №10. – С. 2-7.
16. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия. – Москва: АГАР. – 1999. – 316 С.
17. Савицкая Т.А., Шиманович М.П. Практикум по коллоидной химии. – Мн.: БГУ. – 2003. – Часть 1 –100 с.
18. Тронов В.П. Промысловая подготовка нефти. – Казань: ФЭН. – 2000. – 16 с.
19. Пергушев Д.Р. Расчет скорости транспортирования высокообводненной эмульсии по трубопроводу без ее расслоения // Нефтепромышленное дело. – 2001. – №12. – 23-31 с.
20. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В.

Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2014. – 36 с.

21. Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования».

22. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).

23. ФЗ от 28.12.2013 №426 ФЗ (ред. от 27.12.2018) «О специальной оценке условий труда».

24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

25. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

26. Технический перерыв, организация рабочего места и правила работы (ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере.

27. ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 4. Требования к клавиатуре).

28. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

29. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

30. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.

31. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

32. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

33. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
34. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
35. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.
36. ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
37. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.
38. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест.
39. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.
40. Н. Schubert: Emulgiertechnik Grundlagen Verfahren und Anwendungen. Behr's Verlag, Hamburg 2005, ISBN 3-89947-086-9 (online in Auszügen einsehbar bei Google-Books), zuletzt abgerufen Juli 2012.
41. Patent: Demulgator für Öl-in-Wasser-Emulsionen und Verfahren zu seiner Anwendung. patent-de 69530032. Abgerufen am 19. November 2010.
42. Helmar Schubert: Emulgiertechnik. B. Behr's Verlag. S. 79. 2005. Abgerufen am 19. November 2010.
43. Demulgatoren zur Spaltung von Emulsionen und zur Öl-Rückgewinnung. GS INTECH. Abgerufen am April 2017.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Раздел (1)
Erforschungsprozesse der Zerstörung von Wasser-Öl Emulsionen anhand eines mathematischen Modells

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM71	Щетинина Мария Евгеньевна		

Консультант школы отделения (НОЦ) ИШПР, ОХИ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес Ольга Ефимовна	Кандидат технических наук		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) ШПИБ, ОИЯ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Щеголихина Юлия Викторовна	Кандидат филологических наук		

Emulsion

Emulsionen sind Systeme, die aus zwei oder mehr nicht mischbaren flüssigen Phasen bestehen. Dabei liegt eine Phase als Tropfenphase verteilt vor. Sie wird als disperse Phase bezeichnet [1]. Die Phase, welche die disperse Phase umgibt, bildet die kontinuierliche Phase. Die weiteste Verbreitung haben Wasser-in-Öl- (W/O-) und Öl-in-Wasser- (O/W-) Emulsionen (Abb. 1 a, b). W/O-Emulsionen werden auch als inverse und O/W-Emulsionen als direkte Emulsionen bezeichnet. Für diese Emulsionen, bestehend aus einer kontinuierlichen und einer dispersen Phase, wird auch der Begriff Einfachemulsionen verwendet. Wenn die disperse Phase selbst eine Emulsion ist, so handelt es sich um eine so genannte Doppelemulsion. Es treten sowohl Öl-in-Wasser-in-Öl- als auch Wasser-in-Öl-in-Wasser-Doppelemulsionen auf (Abb. 1 c, d).

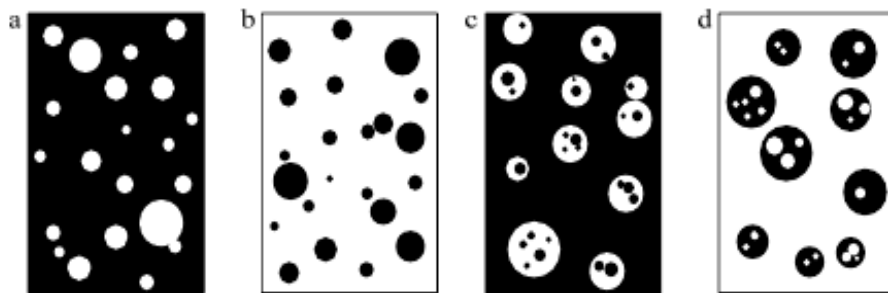


Abbildung 1: Arten von Emulsionen: a) Wasser-in-Öl-Emulsion, b) Öl-in-Wasser-Emulsion, c) Öl-in-Wasser-in-Öl-Doppelemulsion, d) Wasser-in-Öl-in-Wasser-Doppelemulsion (schwarz: Ölphase, weiss: Wasserphase)

Einfachemulsionen werden durch den Phasenanteil und die Tropfengrößenverteilung charakterisiert. Der Dispersphasenanteil ϕ wird nach Gl. (1) bestimmt

$$\phi = \frac{V_{dis}}{V_{dis} + V_{konti}} \quad (1)$$

Hierin beschreibt V_{dis} das Volumen der dispersen Phase und V_{konti} das Volumen der kontinuierlichen Phase. Für kugelförmige Tropfen gleicher Grösse kann ein maximaler Volumenanteil von $\phi = 0,74$ erreicht werden. Bei sehr hohen

Phasenanteilen deformierbarer Tropfen wird auch die Bezeichnung «bilibiquid foam» verwendet, da eine Schaum ähnliche Struktur vorliegen kann.

Für viele Anwendungen sollen alle Tropfen einer Emulsion die gleiche Grösse und Form haben. Bei diesen monodispersen Emulsionen lässt sich das Verhalten bezüglich Stofftransport und Fluidodynamik gut beschreiben. Entgegen dieser idealisierten Bedingungen liegen in realen Flüssig/flüssig-Systemen meist polydisperse Tropfengrössenverteilungen vor. Die Tropfen unterscheiden sich in ihrer Grösse und Form. Je breiter die Verteilung ist, desto schwieriger wird die Beschreibung der Vorgänge innerhalb einer Emulsion. Als repräsentativer Durchmesser wird meist der so genannte Sauter-Durchmesser

$$d_{32} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i^3}{\sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (2)$$

verwendet, wobei n den Stichprobenumfang angibt und d_i die einzelnen Tropfendurchmesser sind. Der Sauter-Durchmesser setzt das Volumen und die Oberfläche der dispersen Phase ins Verhältnis. Die angegebene Gleichung gilt für kugelförmige Tropfen.

Anhand der Tropfengrösse wird zwischen Mikro- und Makroemulsionen unterschieden. Für Tropfendurchmesser deutlich kleiner als 350 nm liegen Mikroemulsionen vor. Diese gelten als thermodynamisch stabil und erscheinen transparent. Makroemulsionen haben Tropfengrössen über 350 nm und sind thermodynamisch instabil. Es finden sich in der Literatur auch abweichende Tropfengrössengrenzen zur Unterscheidung zwischen Mikro- und Makroemulsionen [40].

Das Ziel der meisten Emulsionserzeugungen ist es, die disperse Phase homogen und mit einer engen Tropfengrössenverteilung in der kontinuierlichen Phase zu verteilen. Hierzu ist in den meisten Fällen ein Energieeintrag notwendig. Bei konstanter Temperatur und konstantem Druck ist die Arbeit dW proportional zur Änderung der Grenzfläche dA , wobei die Grenzflächenspannung σ dem Proportionalitätsfaktor entspricht

$$dW = \sigma \cdot dA \quad (3)$$

Um einen energetisch günstigeren Zustand der Emulsion zu erreichen, kann die Grenzflächenspannung verringert oder die Grenzfläche verkleinert werden. Da sich die Grenzflächenspannung nur über eine Temperaturänderung sowie eine Zugabe weiterer Stoffe beeinflussen lässt, wird bei konstanten Bedingungen die Grenzfläche minimiert. Dies geschieht durch Koaleszenz, also durch das Zusammenfließen der dispersen Phase.

Zur Herstellung von Makroemulsionen kommen unterschiedliche Verfahren und Apparate zum Einsatz. Die weiteste Verteilung haben Rotor-Stator-Systeme, die sowohl im diskontinuierlichen als auch im kontinuierlichen Betrieb eingesetzt werden. Zu diesen Apparaten zählen Rührbehälter, Zahnkranzdispergiermaschinen und Kolloidmühlen. Auch Düsen und Hochdruckhomogenisatoren werden zur Tropfenerzeugung eingesetzt. Zur Dispergierung in Rohrleitungen werden statische Mischer verwendet. Die genannten Verfahren beruhen auf der Scherung der dispersen Phase und dem daraus resultierenden Tropfenzerfall.

An Membranen werden einzelne Tropfen nicht direkt durch den Energieeintrag zerkleinert, sondern an den Poren gebildet. Diese können als viele einzelne Mikrokanäle interpretiert werden. Die Vorteile des Membranemulgierens sind geringe Scherraten, ein niedriger Energieeinsatz und eine enge resultierende Tropfengrößenverteilung. Aufgrund der niedrigen Durchsätze und des aufwändigen numbering-up eignen sich Mikrokanäle und Mikrofluidik derzeit noch nicht für den industriellen Einsatz. Allerdings bieten sie für die Forschung grosse Potenziale aufgrund der genauen Einstellbarkeit der Tropfengrösse und der sehr engen Tropfengrößenverteilung.

Ein alternatives Verfahren zur Erzeugung von Emulsionen liegt im Bereich der Phaseninversion. Hierbei wird beispielsweise eine O/W-Emulsion in eine W/O-Emulsion umgekehrt [40].

Eine Tropfenerzeugung kann auch mittels Ultraschall erreicht werden. Allerdings sind die zu Grunde liegenden Mechanismen bis heute nicht vollständig verstanden.

Mikroemulsionen können durch Über- oder Unterschreiten der Phaseninversionstemperatur (PIT) erzeugt werden. Bei diesem Verfahren wird die Temperaturabhängigkeit der Lösungseigenschaft des verwendeten Emulgators ausgenutzt.

Metastabile W/O- und O/W-Mikroemulsionen können ohne Zugabe von Emulgatoren und ohne den Einsatz mechanischer Energie durch den Louche- oder Ouzo-Effekt erzeugt werden. Hierbei wird durch Verdünnung oder Temperaturänderung die Löslichkeit einer Phase gesenkt und es entstehen Mikroemulsionstropfen mit engen Tropfengrößenverteilungen.

Neben den vorgestellten Emulgierv Verfahren können Emulsionen auch nicht zielgerichtet und unerwünscht entstehen. Dies ist beispielsweise in Pumpen oder an Ventilen der Fall. Ohne Energieeintrag kann es durch die später beschriebene partielle Koaleszenz zu einer oftmals ungewollten Erzeugung von Feinstropfen kommen. Auch bei vollständiger Koaleszenz zweier Tropfen oder eines Tropfens und einer ebenen Grenzfläche kann es zum Einschluss des abfließenden Grenzflächenfilms kommen. Hierdurch werden Feinstropfen der kontinuierlichen Phase in die disperse Phase eingetragen. Makroemulsionen finden sich in Farben, Beschichtungen, zur Papierherstellung, als Bitumenemulsion für den Strassenbau und in Schmierstoffen. Viele Produkte der Lebensmittelindustrie bestehen aus Emulsionen. Auch in Kosmetika und pharmazeutischen Erzeugnissen werden Emulsionen verwendet. Zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln werden O/W-Emulsionen eingesetzt. Die genannten Emulsionen werden mit Hilfsstoffen zur Erhöhung der Stabilität gegen Koaleszenz und Aufrahmen beziehungsweise Sedimentieren geschützt. Mikroemulsionen finden Anwendung in kosmetischen und pharmazeutischen Produkten, aber auch in der Ölförderung. Reinigungs- und Waschmittel basieren häufig auf Mikroemulsionen.

In der chemischen Industrie treten Emulsionen teilweise als Zwischenprodukt auf und sollen zum Beispiel nach erfolgtem Stofftransport wieder vollständig in beide Phasen getrennt werden. Nach der Erdölförderung müssen die meist in Form von W/O-Emulsionen vorliegenden Gemische für die weitere Verarbeitung getrennt werden. Aufgrund der Vielzahl unterschiedlichster Komponenten, unter anderem Asphaltene, Harze und Naphthenat, können sehr stabile Emulsionen entstehen. Diese erfordern aufwendige Trennverfahren. Die hier genannten vielfältigen Anwendungsbereiche und Vorkommen von Einfachemulsionen sind nicht vollständig und beispielhaft zu verstehen [40].

Physikalische Betrachtung

Die wichtigsten Werte bei der Betrachtung von Emulsionen sind das Verhältnis des Volumens der Phase (das Verhältnis des Volumens der inneren Phase zum Volumen der äußeren), die mittlere Teilchengröße (D_m) und die Teilchengrößenverteilung.

Bis zu einem Volumenverhältnis der Phasen 0,3 / 0,7 (30% der inneren Phase, 70% der äußeren Phase) hängen die Eigenschaften der Emulsion im wesentlichen von den Eigenschaften der äußeren Phase ab. Die Tröpfchen können sich in der äußeren Phase nahezu unabhängig voneinander bewegen und die Viskosität nähert sich auch der Viskosität der äußeren Phase an.

Wenn das Verhältnis von Phase zu Volumen zunimmt, werden die Eigenschaften der inneren Phase viel offensichtlicher. Wenn der Volumenanteil der internen Phase zu hoch wird, kann sich die Position der Phase ändern. O / W-Emulsion ohne Emulsion ohne Emulsion und umgekehrt. Dies wird eine andere Phaseninversion genannt. Die Inversion der Öl-in-Wasser-Emulsion kann auch die Temperatur erhöhen, da sie durch höhere Temperaturen hydrophil wird, so dass in einem System mit einer Ölphase eine energetisch günstige Situation entstehen kann.

Emulsionen sind niemals monodispers, aber die Größen der Tröpfchen sind in einem bestimmten Bereich verteilt (siehe auch Dispersionsanalyse).

Infolgedessen kann in einer Emulsion mit einem höheren Füllraum verwirklicht werden, als dies in einer monodispersen hexagonalen Packung möglich gewesen wäre. Die Zwischenräume zwischen den großen Tropfen sind mit kleineren Tropfen gefüllt.

Der durchschnittliche Teilchendurchmesser (D_m) in Emulsionen beträgt üblicherweise 100 Nanometer bis 1 Millimeter. Je größer der mittlere Teilchendurchmesser und je breiter die Teilchengrößenverteilung ist, desto stärker ist die milchigweiße Trübung der Emulsion. Emulsionen wie Milch erscheinen im Auflicht bläulich und im Durchlicht teilweise rot. Der Grund dafür ist die Abhängigkeit der Streuung vom Partikeldurchmesser.

Emulsionen mit einem Tröpfchendurchmesser [58]

- größer 1 Mikrometer nennt man Makroemulsionen,
- im Bereich von 1 Mikrometer oder kleiner nennt man Miniemulsion oder submikrone Emulsion (diese sind thermodynamisch stabil),
- unterhalb von 100 Nanometern nennt man Nanoemulsion.

Stabilität von Emulsionen

Makroemulsionen sind thermodynamisch instabil. Neben physikalischen Instabilitäten führen auch chemische und biologische Vorgänge zu Veränderungen der Emulsionseigenschaften. Im Folgenden wird nur auf die physikalische Stabilität von Emulsionen eingegangen. Für die Anwendung von Emulsionen ist hierbei neben der Lagerungsbeständigkeit auch die Hitze- und Kältebeständigkeit, Resistenz gegen pH-Wert-Änderungen, die Zugabe von Salzen und mechanische Beanspruchung von Bedeutung. Die Tropfengrößenverteilung und die örtliche Verteilung der Tropfen innerhalb der Emulsion sollen sich für die meisten Anwendungen mit der Zeit möglichst nicht ändern. Für physikalische Instabilitäten sind neben der Dichtedifferenz auch anziehende van der Waals-Kräfte ursächlich. Stabilisierend wirken elektrostatische Abstossungskräfte und sterische Kräfte. Somit wird die Stabilität von Emulsionen nicht alleine durch die leicht messbaren

Stoffsystemgrößen Dichtedifferenz $\Delta\rho$, dynamische Viskositäten der kontinuierlichen und dispersen Phase η_{konti} und η_{dis} sowie die Grenzflächenspannung σ beschrieben.

Emulsionen sollten für einen bestimmten Zeitraum und unter bestimmten Bedingungen (Temperaturbereich, pH-Bereich) gelagert werden. Wenn die Emulsion zerfällt, tritt sie in getrennten Phasen auf, die jedoch gleichzeitig auftreten.

1. Phase: Stabile Emulsion

Beispielsweise Fetttröpfchen sind in der äußeren Phase (Wasser) dispergiert.

2. Phase: Aufräumung oder Sedimentation (reversibel)

Aufgrund der Gravitationskraft erfolgt eine Trennung der gemischten Phasen in die spezifisch leichtere und die spezifisch schwerere.

3. Phase: Ostwald-Reifung (Ripening)

4. Phase: Aggregation (reversibel)

Die Fetttröpfchen bilden Aggregate, der Teilchendurchmesser wird vergrößert und nach dem Stokes'schen Gesetz erhöht sich die Sedimentationsgeschwindigkeit der dispergierten Fetttröpfchen.

5. Phase: Koaleszenz

Die Fetttröpfchen vereinigen sich; dies kann im Extremfall zum Brechen der Emulsion führen.

Herstellung von Emulsionen

Durch die Verkleinerung der Tropfen bei der Herstellung einer Emulsion erhöht sich die Grenzfläche zwischen den beiden Phasen. Dabei muss die Grenzflächenspannung überwunden und eine neue Grenzfläche geschaffen werden. Dies erfordert Arbeit, die mechanisch in das System eingebracht werden muss. Durch dabei auftretende Scherkräfte werden die Tröpfchen immer kleiner.

Tenside (Emulgatoren)

Tenside, oft als Emulgatoren bezeichnet, können die Grenzflächenspannung erheblich verringern. Das Tensid sollte auch das

Wiederzusammenführen (Zusammenführen) der neu gebildeten Tröpfchen verhindern. Dazu sollte es sich so schnell wie möglich auf die neue Oberfläche ausbreiten. Synthetische Tenside können dies in wenigen Millisekunden erledigen. Große Tensidmoleküle, die die Viskosität signifikant erhöhen (z. B. Stärke), benötigen einige Minuten bis eine halbe Stunde, um einen neuen Tropfen vollständig zu bedecken. Eine höhere Viskosität wirkt sich jedoch auch stabilisierend aus, da die Bewegung der Tröpfchen und damit die mögliche Verschmelzung komplexer wird.

Eine genauso zu beachtende Eigenschaft bei der Auswahl eines geeigneten Tensids ist seine Spreitungsgeschwindigkeit (Ausbreitungsgeschwindigkeit). Die Grenzfläche eines neuen Tropfens ist zunächst nur teilweise von Tensid belegt. Dieses spreitet nun zu jenem Teil der Grenzfläche, der zunächst noch unbelegt war. So entsteht zunächst ein Tensidkonzentrations-Gradient an der Grenzfläche, der je nach Spreitungsgeschwindigkeit mehr oder weniger schnell zu einer gleichmäßigen Tensidverteilung ausgeglichen wird. Weil die Konzentration des Tensids an der Grenzfläche aber insgesamt zu gering ist (größere Grenzfläche benötigt mehr Emulgator), müssen Tensidmoleküle nachdiffundieren, bis ein Konzentrationsmaximum erreicht wird [41].

Normalerweise bleibt jene Phase, in der sich der Emulgator besser löst, die äußere Phase. Bei einem HLB-Wert von 3 bis 6 wird die Emulsion eine W/O-Emulsion, von 8 bis 18 eine O/W-Emulsion (Bancroft-Regel). Die benötigte Menge an Tensid hängt wesentlich von der gewünschten Tröpfchengröße (kleinere Tröpfchen → mehr Oberfläche → mehr Tensid) und dem Phasenvolumenverhältnis ab. Fast immer liegt die Tensidkonzentration deutlich oberhalb des entsprechenden Mizellbildungspunktes cmc (engl.: critical micelle concentration).

Feststoffstabilisatoren

Eine Emulsion kann auch durch den Zusatz bestimmter Feststoffe stabilisiert werden. Senfpulver wird z. B. schon seit langem (neben

geschmacklichen Gründen) zur Stabilisierung von Mayonnaise eingesetzt. Feststoffstabilisierte Emulsionen werden nach ihrem Entdecker oft Pickering-Emulsionen genannt – S. U. Pickering hat 1907 gezeigt, dass kleine Teilchen, die von Wasser besser als von Öl benetzt werden, O/W-Emulsionen stabilisieren können. Für eine ausreichende Stabilisierung ist es wichtig, dass sich um die dispergierte Phase ein mechanisch stabiler fester Film bilden kann.

Die Methoden der Zerstörung der Wassererdölemulsionen

Die Klassifikation der Weisen der Zerstörung der Emulsionen:

- Mechanisch (die Filtrierung, die Bearbeitung von den akustischen und Ultraschallschwingungen u.a.);
- Thermisch (die Anwärmung mit dem Abklären, die Wäsche der Heissen zu Wasser);
- Elektrisch (die Bearbeitung in den elektromagnetischen Feldern);
- Chemisch (die Bearbeitung von den Reagenzien- Demulgator).

Wir betrachten eine chemische Methode.

Demulgator

Ein Demulgator ist eine Tensidverbindung oder ein Gemisch von Tensidverbindungen in einem geeigneten Lösungsmittelsystem zur Trennung einer Emulsion in ihre Bestandteile [41]. Er wirkt durch Destabilisierung des Emulsionssystems im Wege der Verdrängung der bereits absorbierten, das System stabilisierenden Tenside, der Emulgatoren.

Verwendung finden Demulgatoren in der Rohöl- und Abwasser-Konditionierung, zum Beispiel in Emulsionsspaltanlagen [42].

Demulgatoren zur Spaltung von Emulsionen und zur Öl-Rückgewinnung

In vielen industriellen petrochemischen Prozessen, insbesondere in der chemischen Industrie, gibt es viele Beispiele für eine unerwünschte Emulgierung oder ein Interesse an der schnellen "Zerstörung" einer Emulsion, wie zum Beispiel dem Brechen einer Emulsion oder dem Spalten einer Emulsion.

Bei Emulsionen vom w/o Typ liegen feinst verteilte Wassertropfchen als homogene Mischung in der organischen Phase vor. Dieser energetisch quasistabile Zustand kann durch den Eintrag von mechanischer Energie (zum Beispiel Emulgieren durch schnelles Rühren) oder durch die Wirkung oberflächenaktiver/grenzflächenaktiver Substanzen, das heißt Tenside/Emulgatoren hervorgerufen werden. Selbst für eigentlich ganz andere Zwecke zugesetzte Additive, beispielsweise Korrosionsinhibitoren, Biozide, können emulgierende Wirkung haben. Emulsionen können auch durch elektrische Ladungen (Polarisierungen) stabilisiert werden (polare organische Phase oder Änderungen des pH-Wertes im Produktions-/Verfahrensprozess infolge der Zugabe von Säuren/Basen).

Die Emulsionsstabilität ist relativ. Die monatliche Trennung von Wasser und organischer Phase ist für kontinuierliche Produktionsprozesse nicht interessant, da sie zu langsam sind. Daher werden solche Emulsionen als stabil bezeichnet. Besondere Probleme bereiten Emulsionen, die nur teilweise abgetrennt (entfernt) sind und eine schwierige oder unmögliche Mischphase zwischen Wasser und organischer Phase aufweisen (ohne klare Phasen- / Grenzflächengrenze)[43].

Zum gezielten Emulsionsabbau (d. H. Emulsionstrennung oder Wassertrennung) wird versucht, die Phasentrennung signifikant zu beschleunigen oder die Bildung von Emulsionen zu verhindern. Dies kann durch Zugabe von Chemikalien (Demulgatoren, Emulsionsabscheider, Emulsionsbrecher) oder durch Vermeidung des Energie- oder Tensideintrags erreicht werden. Zur Destabilisierung und Trennung der Emulsion nach dem Stand der Technik eignen sich prinzipiell folgende Methoden, die sich auch mit elektrostatischen Prozessen wie der Elektroflotation kombinieren lassen:

- Fügen Sie Demulgatoren hinzu, um die mikroenergetischen Bedingungen (Ladungen, Polarisationen an der Grenzfläche) zu ändern, dh um die Abstoßungskräfte von feinen Wassertröpfchen zu verringern.

- Modifizieren von Tensiden (Emulgatoren), um ihre Wirkung zu blockieren (z. B. Säurebehandlung, wenn anionische Tenside die Ursache für die Emulgierung sind).

Die Zugabe von Demulgatoren ist typisch für die Behandlung von w/o-Emulsionen oder die Vermeidung deren Bildung, während die Verringerung der emulgierenden Wirkung vorhandener Tenside eher für o/w-Emulsionen (Beispielsweise Abwasserbehandlung, Entölung) angewandt und mit weiteren Verfahrensschritten (Zugabe von Primärflockungsmitteln / Flockungshilfsmitteln) kombiniert wird. Eines der bedeutendsten Beispiele für die «Unterdrückung» einer Emulsionsbildung ist die Zugabe entsprechender «non-emulsifiers» in wässrige Flüssigkeiten, die man zur effektiveren Ölförderung in das Ölfeld pumpt um durch Risserzeugung das Gestein durchlässiger für das Rohöl zu machen (Fracturing-Verfahren). Grundsätzlich sind alle Tenside, die in einer Emulsion zur Beeinflussung der Oberflächenenergien an den Grenzflächen geeignet sind, als Demulgatoren so möglich, dass sich feine Wassertröpfchen zu größeren Tröpfchen verbinden lassen. Diese großen Tropfen können dann viel besser ausfallen (Phasentrennung). Dementsprechend werden zu diesem Zweck Chemikalien verschiedener Stoffklassen unter den Bezeichnungen Emulsionsspalter, Antihafmittel, Entsalzungsmittel oder Demulgator vorgeschlagen [43].

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

{Для пересчета единиц измерения:

1Па*с=10Пуаз=1кг/(м*с);

H=кг*м/(с*с);}

program kapleobrasovatel;

uses crt;

var t5:array [1..201] of real;

f:array [1..200] of real;

rg:array [1..10] of real;

st:array [1..20] of string;

st1:array [1..16] of string[16];

mx:array [1..14] of string [80];

mb:array [1..13] of string [75];

mv:array [1..11] of string [80];

mc:array [1..20] of string [75];

dan:array [1..16] of real;

w11,w22,t33,f33,f44:real;

VZN,VZW,RW,Q,A1,T1,W,WR0,DK1,SIG,SIG1:real;

RN,S,d,D1,D2,S2,tem,re,dpr,tn,x,h,a,b:real;

vzem,vzemk,u,u1,u2,vznk,h1,wr,sigk:real;

sum113,x10,rg1,rg2,re1,gs,t2,t,dsr:real;

dmax,d3,dtur,t20,h2,t4,dn:real;

vv:real;

code,i,n,m:integer;

ff1,ff2,ff3,ff4,ff5,ff6,ff7:text;

{function fun(d:real):real;

begin

{РАСЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ, Дин/см}

{аппроксимация экспериментальной зависимости межфазного натяжения на гр. нефть-вода от массового содержания диссолюванта 4411}

{[sig]=1Дин/см=0.001Н/м} {1Дин=0.00001Н}

{sig:=exp(-wr0); writeln(ff2, 's==',s:12);

SIG:=1000/(19648.7-19589*EXP(-wr0));

sig:=2e9*wr0*wr0*wr0*wr0-9e7*wr0*wr0*wr0+1e6*wr0*wr0-10101*wr0+46.536;

SIG:= 201726*wr0*wr0 - 4843,2*wr0+41,699;

SIG:=78733*wr0*wr0 - 2745,8*wr0+31,213;

SIG:=40528*wr0*wr0 - 4471,1*wr0+42,622;

SIG:=5,5287*EXP(-0,239*ln(wr0));

Edit5.Text:=FloatToStr(SIG);

{методики расчета максимального диаметра капли}

dmax1:=43.3*((exp(1.5*ln(SIG))+0.7*VZW*(exp(0.7*ln(U2*100)))*(exp(0.8*ln(SIG)))))/

(exp(2.4*ln(U2*100))*exp(0.1*ln(RE1))*exp(0.1*ln(VZEMK*10000))*RG1/1000*(exp(0.5*ln(VZN))));

StringGrid3.Cells[1,1]:=FloatToStr(dmax1);

Kf:=0.4;

A:=EXP(3/5*ln(sig*0.001/Kf/Rg1));

B:=exp(2/5*ln(d3*rg/rn));

X:=exp(-6/5*ln(U2));

dmax2:=2*A*B*X;

StringGrid3.Cells[2,1]:=FloatToStr(dmax2);

```

A:=exp(1/7*ln(Rg/Rn));
B:=sqrt(2*SIG*0.001/Rn/d3);
dmax3:=0.18*d3*A*exp(6/7*ln(1/U2*B));
StringGrid3.Cells[3,1]:=FloatToStr(dmax3);

dmax4:=2.297*sig*0.001/0.2/rg*exp(0.4*ln(d3))/exp(1.2*ln(u2));
StringGrid3.Cells[4,1]:=FloatToStr(dmax4);

dmax5:=43*exp(1.5*ln(SIG*0.001))*(1+0.7*exp(0.7*ln(VZW*U2*1000/SIG)))/
(VZN*RG1*exp(2.5*ln(U2)));
StringGrid3.Cells[5,1]:=FloatToStr(dmax5);

dmax6:=22*sig*0.001/rn/u2/u2;
StringGrid3.Cells[6,1]:=FloatToStr(dmax6);
end.

```