

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.03.01 – «Химическая технология»

Кафедра ХТТ и ХК

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Моделирование процесса агрегирования и вязкостно-температурного поведения парафинистых нефтей	

УДК 66.011

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2В	Асатурян Диана Эдуардовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ушева Наталья Викторовна	к.х.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Экспериментальные исследования, расчеты и аналитика»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
сотрудник ИХН СО РАН	Лоскутова Юлия Владимировна	к.х.н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор кафедры ЭБЖ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	д.б.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ХТТ и ХК	Юрьев Егор Михайлович	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.03.01 – «Химическая технология»

Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

Юрьев Е.М.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

<i>бакалаврской работы</i>
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2В	Асатурян Диана Эдуардовна

Тема работы:

Моделирование процесса агрегирования и вязкостно-температурного поведения парафинистых нефтей	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	1749/с от 2016г.
Срок сдачи студентом выполненной работы:	04 июня 2016 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	1. Высокопарафинистая нефть. 2. Новые полимерные присадки 3. Вязкостно-температурные свойства 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; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Теоретические основы вязкостно-температурного поведения парафинистой нефти 2. Выбор методов исследования 3. Проведение экспериментальных исследований 4. Обсуждение результатов 5. Заключение (выводы)
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Цель, методика и результаты исследований.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Экспериментальные исследования, расчеты и аналитика	Лоскутова Юлия Владимировна, с.н.с., ИХН СО РАН
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Ахмеджанов Рафик Равильевич

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08. 02. 2016г.
--	-----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ХТТ и ХК	Ушева Наталья Викторовна	к.х.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2В	Асатурян Диана Эдуардовна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2В	Асатурян Диана Эдуардовна

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования качества товарных бензинов.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Расчёт денежного потока
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2В	Асатурян Диана Эдуардовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2В	Асатурян Диана Эдуардовна

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Химическая технология топлива и химическая кибернетика
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является процесс агрегирования и вязкостно-температурное поведение парафинистой нефти, обработанной присадками. Действие присадок исследуется на установках ИНПН, работающей по принципу постоянного охлаждения исследуемой среды. Исследования проводятся в лаборатории реологии нефти ИНХ СО РАН.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Профессиональная социальная безопасность 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.	1.1 Вредные и опасные факторы, которые может создать объект исследования: Нефть Ондатрового месторождения, толуол, гексан и депрессорные присадки относятся к ядовитым (токсичным) веществам. Помимо этого они являются легковоспламеняющимися жидкостями. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. 1.2 Вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть в лаборатории: электромагнитное излучение (источником является компьютер и лабораторная установка), шум и вибрация лабораторной установки, опасность возникновения взрыва или пожара при работе на установке, поражение электрическим током, микроклимат, освещение. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты ; 22.07.2013 г. №123 – ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности; СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
---	--

	СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение; ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
2. Экологическая безопасность:	Во время исследований действия депрессорных присадок на агрегативную устойчивость нефти возможны вредные воздействия на воздушную среду (выброс газов, например, CO, O ₂ , углеводородных газов и органических растворителей). Во избежание таких загрязнений проводится ряд мер по их предотвращению: -максимально эффективная очистка выбросов, которая сведет к минимуму попадание вредных выбросов в окружающую среду; -создание замкнутой безотходной технологической системы. Жидких отходов нет.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 3.1. Анализ возможных чрезвычайных ситуаций при работе в лаборатории 3.2. Мероприятия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций	3.1 Вероятные чрезвычайные ситуации: -загрязнение атмосферы лаборатории ядовитыми парами или газами; -возгорание объектов исследования, возникновение пожара на рабочем месте. 3.2 Мероприятия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций: Противопожарная защита. В целях обеспечения надежности и безопасности работы, предусматривается ряд мероприятий, обеспечивающих безопасное ведение технологического процесса. В случае возникновения ЧС предусмотрены первичные средства пожаротушения: огнетушители ОХП-10 и ОУ-5 для тушения электрооборудования.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Организация рабочего места в лаборатории и правила работы. Хранение опасных веществ.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Ахмеджанов Рафик Равильевич	д.б.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2В	Асатурян Диана Эдуардовна		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ООП «Химическая технология»18.03.01)

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1), CDIO(п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), CDIO (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1,5,8,9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), CDIO (1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия , общества и окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3) CDIO (п.1.3, 4.4, 4.7)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4,21,22,23,24,25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), CDIO (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,10,12,13,14,15, ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5) CDIO (п. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5,9,10,11), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), CDIO (п. 2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего	Требования ФГОС (ОК-1,2,7,8,12), Критерий 5

	периода профессиональной деятельности.	АИОР (2.6), CDIO (п. 2.4)
P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14) , Критерий 5 АИОР (п.2.2), CDIO (п. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3) CDIO (п. 4.7, 4.8, 3.1)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 89 страниц, 12 рисунков, 18 таблиц, 32 источника, 6 приложений.

Ключевые слова: высокопарафинистая нефть, полимерная присадка, вязкость, смолисто-асфальтеновые вещества, парафиновые углеводороды, нефтяные осадки

Объектом исследования является высокопарафинистая нефть Ондатрового месторождения Томской области. В качестве депрессорных реагентов были выбраны различные полимерные присадки.

Цель работы – исследование влияния новых полимерных присадок на основе поли(алкил)акрилата и поли(алкил)метакрилата на структурно-реологические свойства высокопарафинистой нефти.

В процессе работы проведены исследования влияния полимерных присадок на температуру застывания, температуру массовой кристаллизации, температуру помутнения и динамическую вязкость высокопарафинистой нефти.

Основные методы, используемые в работе: определение температуры застывания нефти, температуры массовой кристаллизации, температуры помутнения и динамической вязкости на приборе ИНПН«Кристалл».

В результате исследования получены новые данные по влиянию депрессорных присадок на вязкостно-температурные характеристики нефти Ондатрового месторождения.

Степень внедрения: Находится на стадии исследования.

Область применения: Полученные в лабораторных условиях зависимости могут быть использованы при дальнейшем изучении процесса осадкообразования высокопарафинистых нефтей различного состава.

Экономическая эффективность/значимость работы: с точки зрения экономики работа является экономически-выгодной и ресурсоэффективной.

В будущем планируется продолжение работы по данной тематике.

Перечень условных обозначений, сокращений:

НДС – нефтяная дисперсная система;

ССЕ – сложная структурная единица;

АСПО – асфальтосмолопарафиновые отложения;

ПУ – парафиновые углеводороды;

ДП – депрессорная присадка;

T_z – температура застывания;

$T_{нк}$ – температура начала кипения;

$T_{ск}$ – температура спонтанной кристаллизации;

ρ_{20} – плотность нефти при 20°C;

$T_{п}$ – температура помутнения;

ПАА– поли(алкил)акрилат;

ПАМА– поли(алкил)метакрилат;

ДМАЭМ – диметиламиноэтилметакрилат;

ДМАПМА – диметиламинопропилметакрилат;

МПЭГ – метоксиполиэтиленгликоль;

АБСК – алкилбензилсульфокислота;

η – вязкость;

Еакт – энергия активации вязкого течения;

$T_{фп}$ – температура фазового перехода;

САВ – смоло-асфальтеновые вещества;

ГАС гетероатомные соединения;

УВ углеводороды.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	14
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	16
1.1 Современные представления о природе нефтяных дисперсных систем	16
1.2 Состав и свойства нефтяных систем	17
1.3 Твердые алканы (парафины)	20
1.4 Смоло-асфальтеновые вещества (САВ)	21
1.5 Асфальтосмолопарафиновые отложения.....	22
1.6 Общая характеристика и классификация депрессорных присадок.....	26
1.6.1 Характеристика депрессорных присадок, применимых к нефтям	27
1.6.2 Механизм действия депрессорных присадок	28
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	30
2.1 Объект исследования	30
2.1.1 Характеристика объекта исследования.....	30
2.1.2 Характеристика полимерных присадок.....	31
2.2 Методы исследования	33
2.2.1 Метод экспресс-анализа для определения температуры помутнения и застывания, а также динамической вязкости нефти и нефтеподобных систем при низких температурах	33
2.2.2 Определение группового состава	34
3 ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, РАСЧЁТЫ И АНАЛИТИКА.....	36
3.1 Изучение влияния полимерных присадок на агрегативную устойчивость и структурно-реологические свойства нефти Ондатрового месторождения	36

4	ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПОЗИЦИИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ	37
4.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	37
4.1.1	Анализ конкурентных технических решений	38
4.1.2	SWOT-анализ.....	40
4.2	Планирование научно-исследовательских работ	45
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	45
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	47
4.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	48
4.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	48
4.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	55
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	68
5.1	Производственная безопасность	68
5.1.1	Характеристика используемых веществ	68
5.1.2	Характеристика микроклимата	71
5.1.3	Производственное освещение.....	72
5.1.4	Шумы и вибрация.....	74
5.1.5	Электробезопасность	76
5.1.6	Пожаровзрывобезопасность.....	78
5.2	Экологическая безопасность	80
5.2.1	Воздействие на атмосферу	80
5.2.2	Воздействие на гидросферу	81
5.2.3	Воздействие на литосферу	81

5.3	Чрезвычайные ситуации	81
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	83
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	84
	СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ	85
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	86
	Приложение А	89
	Приложение Б	91
	Приложение В.....	93
	Приложение Г	96
	Приложение Д.....	97
	Приложение Е.....	98

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Осложненные условия добычи, подготовки и перекачки нефтей, характеризующихся повышенной температурой застывания, вязкостью и образованием асфальтосмолопарафиновых отложений на поверхности оборудования, требуют дополнительных энергоресурсов и материальных затрат. Для предотвращения осложнений используются различные физико-химические методы воздействия: тепловая обработка, смешение, ввод химических реагентов, обработка добываемой продукции различными видами физических полей.

Реологические свойства парафинистых нефтей можно значительно улучшить депрессорными присадками – нефтерастворимыми полимерными продуктами, которые при введении в небольших количествах в нефть с повышенным содержанием парафина, способны изменять ее реологические свойства. Эффективность присадок, во многом зависит от состава нефти и соответствия молекулы присадки молекулам компонентов, образующих структуру. Из-за сложности и многообразия составов нефтей ни одна депрессорная присадка не может быть одинаково эффективной для всех типов нефтей. Поэтому в настоящее время подбор присадки проводится индивидуально путем исследования реологических свойств нефтей в лабораторных условиях, определяющих в итоге эффективность присадки.

Целью дипломной работы являлось изучение влияния новых депрессорных присадок на основе поли(аклил)акрилатов на агрегативную устойчивость высоkozастывающей нефти Ондатрового месторождения.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**: изучить влияние различной концентрации высокополимерных присадок на реологические свойства нефти, а так же изменение кинетики температуры

помутнения, кристаллизации, застывания и динамической вязкости после химической обработки.

Научная новизна. Получены данные по изменению температурно-вязкостных свойств высокозастывающей нефти при вводе в неё новых полимерных присадок отечественного производства.

Практическая значимость. Использование депрессорных присадок, синтезированных в г. Дзержинск (РФ) позволит предприятиям, занимающимся добычей, подготовкой и транспортировкой нефти значительно снизить энергозатраты на перекачку и транспортировку, снизить количество асфальтосмолопарафиновых отложений на стенках трубопровода и в резервуарах, улучшить реологические свойства нефти, а так же сократить материальные затраты на приобретение присадок.

Реализация и апробация работы. Основные положения работы были обсуждены и одобрены на XIX Международном научном симпозиуме имени академика М.А.Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», г.Томск, XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке» г.Томск, XIII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» г.Томск.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Современные представления о природе нефтяных дисперсных систем

Нефть представляет собой сложную смесь органических соединений (более 1000), преимущественно углеводородов (УВ) разного состава и строения, гетероатомных соединений (ГАС), включающих атомы S, N, O, V, Ni, Fe и др.

С позиций коллоидной химии нефть – многокомпонентная система, которая, проявляет свойства молекулярного раствора или дисперсной системы в зависимости от внешних условий

Нефтяные дисперсные системы – это как минимум двухфазные системы с развитой поверхностью раздела фаз. В действительности может быть и большее число фаз. Одна из фаз образует сплошную непрерывную среду – **дисперсную среду**, в которой распределена **дисперсная фаза** в виде мелких частиц, находящихся во взвешенном состоянии [1].

В состав дисперсионной среды входят полярные и неполярные соединения и она взаимодействует с надмолекулярными структурами. В результате взаимодействия вокруг ассоциата формируются сольватные оболочки. Такая дисперсная частица сложного строения (надмолекулярная структура + сольватный слой) получила название сложной структурной единицы (ССЕ), так как она способна к самостоятельному существованию.

ССЕ представляется как ядро, окруженное сольватной оболочкой. Благодаря сольватным оболочкам, частицы высокомолекулярных парафинов (ВМП), образующие ядро ассоциата, не слипаются между собой и, вследствие этого, сложная структурная единица может самостоятельно перемещаться в дисперсионной среде.

В нефтяных дисперсных системах (НДС) сложные структурные единицы могут быть первичными, которые образовались из зародыша и покрыты адсорбционно-сольватным слоем, и вторичными, которые образовались в результате слияния первичных ССЕ.

Как правило, НДС полидисперсные. Ядра некоторых ССЕ имеют очень сложное строение. Ядро сложной структурной единицы асфальтеносодержащей системы образовано асфальтенами, смолами, высокомолекулярными полициклическими углеводородами и окружено компонентами с постепенно снижающимся количеством колец. Сложная структурная единица, образованная из молекул алканов, представляет собой ассоциат с параллельной укладкой молекул. ССЕ, ядра которых образованы асфальтенами и алканами, характеризуются обратимым переходом от молекулярного к дисперсному состоянию, и, наоборот, под действием внешних факторов.

ССЕ могут образовывать свободнодисперсные системы (золи) и связаннодисперсные системы (гели). Свободнодисперсной система – система, в которой частицы дисперсной фазы не связаны друг с другом и могут перемещаться под действием внешних сил. Связаннодисперсная система - система, в которой дисперсная фаза образует сплошной каркас (пространственную структуру), внутри которой содержится дисперсионная среда [2].

1.2 Состав и свойства нефтяных систем

Нефть представляет собой сложную смесь органических соединений. В ее составе обнаружены сотни углеводородов различного строения, многочисленные гетероорганические соединения. Полностью разделить такую смесь на индивидуальные соединения невозможно, но это и не

требуется, ни для технической характеристики, ни для ее промышленного использования [4].

Компоненты, входящие в состав нефти, на основе различий в растворимости и полярности могут быть сгруппированы в 4 группы: парафины, насыщенные ароматические соединения, смолы и асфальтены.

Процентное содержание алканов (парафиновых углеводородов) зависит от происхождения нефти и колеблется в пределах 25-30 %. В некоторых нефтях, имеющих в своем составе растворенные газы, содержание алканов может достигать 50-70%. Если рассматривать фракционный состав нефти: по мере увеличения температуры кипения фракции количественное содержание парафинов в нефти уменьшается. На физические свойства нефти увеличение содержания парафиновых углеводородов сказывается отрицательно: чем больше алканов, тем выше температура застывания нефти и, следовательно, реологические свойства нефти ухудшаются.

Асфальто-смолистая часть составляет 1-40% группового состава нефти. Смолы и асфальтены не относятся ни к одному классу органических соединений, в их состав входят высокомолекулярные соединения, затрудняющие добычу, подготовку и транспортировку нефти.

Нефть имеет химические и физические свойства. К физическим свойствам относятся: плотность, кинематическая вязкость, теплота сгорания и растворимость в воде.

Плотность нефти зависит от месторождений и колеблется от 0,77 до 0,980 г/см³ (легкая <0,85, средняя 0,85– 0,90, тяжелая >0,90). Большинство нефтей мировых запасов (более 80%) относятся к тяжелому типу нефтей, реологические свойства которых осложнены большим содержанием серы, тяжелых металлов (ванадий, никель), асфальтенов и высокой плотностью.

Показатель кинематической вязкости нефти в основном находится в пределах 40-60 мм²/с при температуре 20°C и зависит от количественного содержания асфальтосмолистых веществ.

Теплота сгорания нефти составляет 43,7–46,2 МДж/кг. Для сравнения, теплоты сгорания таких альтернативных топлив, как водород – 103 МДж/кг, этиловый спирт – 26 МДж/кг.

Нефть в воде не растворима, так как она легче воды, и по этому образует на поверхности воды растекающиеся (до мономолекулярного слоя) пятна, а при интенсивном перемешивании образует стойкие, медленно расслаивающиеся эмульсии [5;6].

Молекула асфальтена состоит из фрагментов гетероциклических, алициклических, конденсированных углеводородов, которые состоят из 5—8 циклов. Крупные фрагменты молекул связаны между собой метиленовыми группами и гетероатомами. Алкилы с небольшой углеводородной цепью и такими функциональными группами как карбоксильная, меркаптогруппа, карбонильная — наиболее характерные заместители в циклах. Асфальтены склонны вступать в реакции ассоциации с образованием надмолекулярных структур, представляющих собой стопку плоских молекул с расстоянием между ними около 0,40 нм. Определение молекулярной массы проводят обычно эбулиоскопически при повышенных температурах или низких концентрациях в нитробензоле.

Смолы – это твердые аморфные вещества или вязкие жидкости, молярная масса которых 600 –1000 г/моль. Смолы являются нестабильными веществами. Они легко окисляются кислородом воздуха, уплотняясь до асфальтенов. Без доступа воздуха превращение в асфальтены происходит при 260 – 300°С. При первичной перегонке температура часто превышает 300°С, и часть смол переходит в асфальтены или промежуточные продукты, отличающиеся по составу и структуре молекул от исходных смол. Смолы легко сульфатируются, переходя в раствор серной кислоты; на этом основан сернокислотный метод очистки топлив и масел.

Смолы считаются гомологами асфальтенов, но соединения, входящие в их состав, имеют более низкую молекулярную массу, чем асфальтены.

Смолы растворимы в растворителях, в которых асфальтены выпадают в осадок (н-алканы, пентан, гексан, петролейный эфир).

1.3 Твердые алканы (парафины)

Твердые углеводороды – это алканы C_{16} и выше при нормальных условиях, входящие в состав нефтяных парафинов и церезинов.

Разделение твёрдых углеводородов на парафины и церезины основано на различии кристаллической структуры этих углеводородов, так же на различии их физических и химических свойств.

Нефтяные парафины являются смесью алканов с разной молекулярной массой. Плотность парафинов в твердом состоянии составляет от 865 до 940 кг/м³. В органических веществах они практически не растворимы, исключение составляют сероводород и легкий бензин. Температура плавления индивидуальных парафинов возрастает с ростом температуры. Так как природный нефтяной парафин представляет собой смесь углеводородов, он не имеет четкого значения температуры плавления.

Церезины – твердые углеводороды нафтеных нефтей. Следовательно, основным компонентом церезинов являются нафтеные углеводороды, которые содержат боковые цепи нормального и изостроения. Нельзя говорить однозначно о химическом составе церезинов: некоторые авторы утверждают, что они преимущественно состоят из высокомолекулярных соединений, а другие, что церезины представляют собой циклоалканы с длинными боковыми цепями.

Основным отличительным признаком церезинов от парафинов является их мелкокристаллическая структура. Они состоят из более мелких кристаллов, чем парафины. Несмотря на различие в кристаллической структуре физические свойства парафина и церезина схожи, но показатель

преломления для церезинов значительно выше, чем для парафинов. В химическом соотношении парафины более стойки.

1.4 Смоло-асфальтеновые вещества (САВ)

Присутствие смолистых веществ в нефти лишь отрицательно сказывается на её свойствах, и, соответственно, на переработке и качестве полученных продуктов: ухудшается цвет, увеличивается коксообразование. Наиболее отрицательно присутствие САВ сказывается на качестве смазочных масел, так как при хранении масел и при их работе смолы легко превращаются в асфальтены, которые в свою очередь понижают смазывающую способность масел и еще больше повышают образование кокса.

Смолисто-асфальтеновые вещества в основном сконцентрированы в тяжелых нефтяных остатках – гудронах и битумах. Они могут составлять от 40 до 60 – 70% тяжелого нефтяного остатка в зависимости от глубины переработки и природы нефти. Молодые нефти, нефти нафтенно-ароматического или ароматического типа наиболее богаты смолами, так же в смолистых нефтях их содержание может достигать 50%.

Смолы представляют собой малоподвижные жидкости или аморфные тела темно-коричневого или темно-бурого цвета и с плотностью, приближающейся к единице или к значениям больше единицы. Они нестабильны, могут превращаться в асфальтены, таким образом, теряя свою способность растворяться в алканах нормального строения.

Асфальтены – это аморфные тела темно-бурого или черного цвета. При нагревании до температуры в пределах 300°C не плавятся, а переходят в пластичное состояние. При температурах выше 300°C разлагаются с образованием газообразных, жидких и твердых веществ (кокс). Плотность асфальтенов больше плотности смол. Так же способны ассоциировать в

более сложные молекулы, вследствие чего увеличивается молекулярная масса.

Характерным отличием смол является обязательное наличие гетероатомов в молекуле. Так как атомы серы и азота в смолах обязательно входят в циклическую ароматическую структуру тиафена, пирола и пиридина, то часть ароматических циклонов молекул будет гетероароматическим. Молекулы смол содержат два конденсированных ароматических (гетероароматических) кольца.

Асфальтены резко отличаются от остальных компонентов тем, что их молекулы имеют три ароматических или гетероароматических кольца. Благодаря этому молекулы асфальтенов имеют практически плотное пространственное строение.

1.5 Асфальтосмолопарафиновые отложения

Наиболее распространенной проблемой добычи, хранения, подготовки, транспортировки и переработки нефти является образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО). Они могут образовываться в трубах или в породах-коллекторах. В состав сырой нефти в основном входят три группы соединений:

- насыщенные углеводороды и парафины;
- ароматические углеводороды;
- смолы и асфальтены.

Из результатов исследования состава нефтей, гудронов и битумов различного происхождения видно, что состав нефти состоит в основном из насыщенных и ароматических углеводородов, а на смолы и асфальтены отводится небольшой процент, но тяжелые нефтяные остатки, такие как гудрон и битум, содержат в большей части смолы и асфальтены, которые являются высокомолекулярными соединениями.

Асфальтены представляют собой высокомолекулярные компоненты нефти, содержащие азот, серу и кислород. Этот широкий класс соединений, очевидно не углеводородный, поскольку они содержат большую часть гетероатомов в своей структуре. Соединения с наименьшей молекулярной массой, входящие в состав асфальтенов, называются смолами.

Асфальтены состоят в основном из конденсированных ароматических колец, связанных алифатическими хвостиками. В сырой нефти асфальтеновые структуры рассеиваются и находятся в виде суспензии под действием смол. Если достаточное количество молекул смол присутствует в сырой нефти, асфальтены остаются диспергированными в растворе. Тем не менее, добавление большого количества алканов или удаление фракций, содержащих смолы, может привести к потере растворимости, так как молекулы асфальтенов образуют крупные агрегаты или мицеллы и выпадают в осадок. Эти мицеллы или агрегаты видны под оптическим микроскопом в виде темных, твердых агрегатов, за счёт которых происходит осаждение асфальтенов. Таким образом, растворимость асфальтенов является функцией от температуры, давления, и состав сырой нефти. Любое действие, которое влияет на композиционное равновесие сырой нефти, может повлиять на её способность сохранять диспергированное состояние асфальтенов в растворе.

Парафиновые отложения образуют алканы с высоким молекулярным весом (углеводороды C_{20}), которые могут накапливаться в стволе скважины.

Эти органические отложения могут выступать в качестве дросселей в стволе скважины, что приводит к постепенному снижению производительности пласта.

Основной причиной отложений асфальтенов, смол и парафина является уменьшение коэффициента растворимости в нефти[7,8]. Уменьшение коэффициента, как правило, является результатом снижения температуры, давления или состава нефти в результате потери растворенных в ней газов. Парафины, имеющие самую высокую температуру плавления и молекулярную массу, первыми выпадают в осадок, парафины с более низкой

температурой плавления и молекулярной массой выпадают в осадок при дальнейшем снижении температуры окружающей среды. Кристаллы парафина в нефти могут находиться во взвешенном состоянии, и их количество определяется двумя показателями:

- температура застывания;
- температура помутнения.

Точка помутнения определяется как температура, при которой парафины начинают выпадать в осадок из раствора и чистый раствор углеводородов становится мутным. Очевидно, что трудно измерить температуру помутнения для темной сырой нефти, так как помутнение не видно. В таких случаях присутствие кристаллов парафина, возможно, может быть обнаружено с помощью поляризационного светового микроскопа.

Температура застывания определяется как температура, при которой сырая нефть больше не становится пластичной. При понижении температуры, кристаллы парафина образуют взаимосвязанную кристаллическую решетку. Температуру застывания относительно легко измерить в полевых условиях, либо обеспечить хорошую индикацию условий, при которых большее количество парафина выпадет в осадок из раствора сырой нефти.

Самой распространенной причиной уменьшения коэффициента растворимости парафина в сырой нефти является снижение температуры, которое может возникать по разным причинам [9]:

- расширение газа во время подъема жидкости на поверхность;
- излучение тепла от скважины к окружающей формации, вызванное вторжением воды в ствол скважины или вокруг него;
- потеря более легких компонентов сырой нефти из-за парообразования.

Давление практически не имеет никакого влияния на растворимость парафина, асфальтенов и смол в сырой нефти. Тем не менее, оно оказывает значительное влияние на состав сырой нефти. Снижение давления обычно

приводит к потере летучих компонентов из сырой нефти и может вызвать осаждение парафинов. Это основная причина образования асфальтосмолопарафиновых отложений на более старых месторождениях: когда давление пласта уменьшается и более легкие компоненты сырой нефти улетучиваются, вероятность осадкообразования парафина возрастает.

Удаление АСПО.

Способы удаления отложений можно разделить на три группы:

- механическое удаление парафиновых отложений;
- использование растворителей для удаления парафиновых отложений;
- использование тепла для расплава и удаления смол.

Механические методы, к которым относится использование скребков и других инструментов, наиболее часто применяются для удаления отложений в стволе скважины. Они являются эффективными и относительно недорогими.

Наиболее распространенным способом удаления АСПО в призабойной области скважины является использование растворителей. Растворители могут быть как органические, так и неорганические. К ним относят: сырую нефть, керосин, дизельное топливо, а так же поверхностно-активные составы, которые могут солубилизировать парафин. Органические растворители, состоящие из смеси ароматических углеводородов, как правило, используются для удаления смеси парафиновых и асфальтеновых отложений. Тем не менее, стоимость такой обработки может быть значительно выше, чем у метода нагрева.

Нагрев обычно используется на менее производительных скважинах и является наименее затратным. Сырая нефть нагревается до температуры 300 градусов по Фаренгейту и более, затем закачивается обратно в пласт. За счет высокой температуры нефти практически весь парафин растворяется. Метод нагрева эффективен, но не безопасен, так как он может привести к повреждению пласта.

Способы предотвращения АСПО.

Для предотвращения отложений АСПО могут использоваться как механические, так и химические способы. Если рассматривать механические способы, к ним относится изменение конструкции продуктовой скважины, которые сведут к минимуму вероятность осаждения парафина, снижая охлаждение нефти. Это может быть достигнуто путем проектирования насосных скважин или размеров труб, которые минимизируют расход нефти, а следовательно и потери тепла в окружающую среду. Использование более дорогих методов, таких как пластиковых покрытий и электрических нагревателей может быть ограничено экономическим фактором.

Химическим методом является использование присадок. Присадки представляют собой класс соединений, которые состоят из кристаллических модификаторов, которые предотвращают осаждение парафина на поверхности труб. Эти поверхностно-активные вещества тормозят отложение парафина путем ингибирования адгезии парафина на поверхность трубы. Поверхностно-активные вещества, используемые в этих приложениях, включают: смачивающие агенты, диспергаторы, и модификаторов кристаллов [3]. Каждые из этих химических веществ, должны быть проверены на конкретной сырой нефти с целью оценки их эффективности.

1.6 Общая характеристика и классификация депрессорных присадок

Депрессорные присадки (ДП), как правило, представляют собой растворы активного вещества в органическом растворителе. Роль последнего заключается в обеспечении быстрой растворимости и равномерного распределения депрессора в нефти или нефтепродуктов, а так же придание присадке товарной формы. По химической природе и активному веществу присадки классифицируют следующим образом:

- полимерные вещества;
- органические вещества.

Депрессорные присадки по составу активного вещества могут быть одно-, двух- и многокомпонентными, причем второй и последующие компоненты не всегда являются соединениями, самостоятельно обеспечивающими депрессорный эффект.

По назначению присадки подразделяют на присадки:

- к дистиллятным топливам;
- к смазочным маслам;
- к остаточным топливам;
- к нефтям.

1.6.1 Характеристика депрессорных присадок, применимых к нефтям

Депрессорные присадки к нефтям предназначены для улучшения низкотемпературных свойств и максимального сокращения вовлекаемых в неё фракций дизельного топлива. Основным критерием оценки эффективности действия депрессорной присадки к нефти является снижение температуры застывания.

Немаловажным показателем, отражающим низкотемпературные свойства нефти, являются её реологические характеристики при низких температурах: динамическая вязкость и предельное напряжение сдвига. По снижению этих показателей можно судить об эффективности депрессорных присадок. Если температура застывания характеризует подвижность при малых напряжениях сдвига и используется как показатель поведения топлива в складских резервуарах и танкерах, то реологические свойства характеризуют подвижность при значительных напряжениях и скоростях сдвига, которые реализуются при перекачивании.

1.6.2 Механизм действия депрессорных присадок

Первые представления о механизме действия присадок появились в 1930 – 1950 г.г. Н.И. Черножуковым, Т.П. Жузе, П.А. Ребиндером, П.И. Саниным и рядом других исследователей.

В настоящее время существует несколько концепций, касающихся взаимодействия кристалла н-алкана и депрессора:

- взаимодействие за счет адсорбции;
- взаимодействие только за счет сокристаллизации;
- взаимодействие за счет адсорбции в сочетании с сокристаллизацией.

Взаимодействие за счет адсорбции основывается на том, что ДП адсорбируется на гранях кристаллов н-алканов, причем, полярные фрагменты молекул ДП обращены к поверхности кристаллов н-алканов, а неполярные – к углеводородной среде. Адсорбируясь, ДП вызывает изменение формы и размера кристаллов н-алканов и, вследствие большого объема неполярных фрагментов, молекулы препятствуют сближению кристаллов н-алканов друг с другом, что предотвращает образование пространственного каркаса и застывание нефти или нефтепродукта [9].

Однако исследование механизма действия полиакрилатного ДП методом ИК-спектроскопии показало, что с парафиновыми углеводородами (ПУ) взаимодействуют не функциональные полярные группы ДП, а его алкильные заместители. Таким образом, алкильные заместители обращены к н-алканам, а не в дисперсионную среду, как полагается по адсорбционному механизму. Алкильные группы поли(алкил)акрилатов входят в состав кристаллов н-алканов, а основная цепь полимеров с полярными группами остается на поверхности, т.е. имеет место сокристаллизация в поверхностном слое. Остающиеся на поверхности полярные группы полимеров затрудняют присоединение следующих молекул н-алканов, тем самым ограничивая рост кристаллов, возможности его контакта с соседними кристаллами и

образования пространственного каркаса. Согласно поверхностной сокристаллизации при взаимодействии кристаллов *n*-алканов и сополимеров предполагается рост кристаллов по механизму спиральной дислокации. По этому механизму присоединение молекулы депрессора происходит путем включения одного из алкильных отрезков молекулы депрессора на ступеньке роста [12]. Установлено, что в присутствии ДП рост кристалла по механизму спиральной дислокации полностью прекращается, так как ДП блокирует рост кристаллов.

Известно, что депрессорные присадки должны обладать способностью, образовывать с молекулами ПУ достаточно прочные ассоциативные комплексы с упорядоченной структурой, снижая, таким образом, температуру начала кристаллизации твердых углеводородов в нефтях, и, как следствие, смещать начало процессов кристаллизации парафиновых углеводородов в область более низких температур. В таком случае присадка удерживает молекулы парафиновых углеводородов как бы «на плаву», мешая осадкообразованию в нефти [19].

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

В качестве объекта исследования была выбрана:

- нефть Ондатрового месторождения (Томская область);

В качестве депрессорных реагентов были выбраны 10 новых перспективных полимерных присадок (№ 1/15 – 10/15) российского производства (г. Дзержинск). Полимерные присадки созданы на основе полиалкил(C_{16-20})акрилатов и различаются по содержанию активного вещества в растворителе, молекулярной массе полимера, а также модифицирующими добавками азотсодержащих соединений.

2.1.1 Характеристика объекта исследования

В качестве объекта исследования была выбрана парафинистая нефть Ондатрового месторождения (Томская область).

Физико-химические характеристики *ондатровой нефти* представлены в таблице 2.1. Исследуемая нефть является легкой ($\rho=0,753$ г/см³), маловязкой, имеет низкую температуру начала кипения (33°C), в ней отсутствуют асфальтены и содержится порядка 1,5 % мас. смол. Однако за счет повышенного содержания парафинов (~ 6 % мас.) она характеризуется высокой температурой застывания (минус 4,4°C).

Таблица 2.1 – Физико-химические характеристики нефти Ондатрового месторождения

Параметр	Значение
Плотность ρ_{20} при 20 °C, г/см ³	0,753
Вязкость кинематическая ν_{50} при 50 °C, мм ² /с	1,42

Продолжение таблицы №2.1

Параметр	Значение
Температура начала кипения $T_{нк}$, °C	33
Температура застывания T_z , °C	-4,4
Парафины (% масс.)	6,0
Смолы (% масс)	1,5
Асфальтены (% мас.)	—
Сера (% мас.)	0,067
Вода (% мас.)	<0,03

2.1.2 Характеристика полимерных присадок

В качестве добавок использовали полимерные присадки комплексного действия, обладающие депрессорными, ингибирующими парафинообразование и диспергирующими свойствами (концентрация в нефти 0,03% 31масс., 0,05 % 31асс. И 0,075% 31асс.). Характеристика полимерных присадок представлена в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Характеристика полимерных присадок

Номер образца	Химический состав	Характеристики
1/15	ПАА C_{16-20} в масле И–20А.	AB=60%.
2/15	ПАМА:ПАА C_{16-20} = 30:70 в толуоле.	AB = 55,8%; Mn = 26850; Mw = 156,500.
3/15	ПАА C_{16-20} : ДМАЭМ = 9:1 в толуоле.	AB = 51%; Mn = 17200; Mw = 32600.

Продолжение таблицы № 2.2

Номер образца	Химический состав	Характеристики
4/15	ПАА C ₁₈ в толуоле.	AB = 50,6%; Mn = 25250; Mw = 60750.
5/15	ПАА C ₁₆₋₂₀ : ДМАПМА = 9:1 в толуоле.	AB = 53,63%; Mn = 7000; Mw = 8100.
6/15	ПАА C ₁₆₋₂₀ : ДМАЭМ = 9:1 в толуоле.	AB(ПАА) = 49,85%; AB(ПАА+амин) = 49,85%, Mn = 16200; Mw = 28500.
7/15	ПАА C ₁₆₋₂₀ : МПЭГ 550 ММА = 9:1 в толуоле.	AB = 52,8%; Mn = 20150; Mw = 44000.
8/15	ПАА C ₁₆₋₂₀ + додециламин в толуоле.	AB = 49,0%; Mn = 18950; Mw = 44950.
9/15	Отходы ПАВ	-
10/15	ПАА (в толуоле) + соль додециламина и АБСК = 9:1 (в дизтопливе)	AB (ППА)= 49,8%; AB (ППА + АБСК)= 55,3%; Mn = 26850; Mw = 156,500.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Метод экспресс-анализа для определения температуры помутнения и застывания, а также динамической вязкости нефти и нефтеподобных систем при низких температурах

Метод экспресс-анализа основан на определении температуры застывания или помутнения нефтей и нефтепродуктов, а также динамической вязкости при низких температурах с помощью экспресс-анализа на приборе “Кристалл” (ИХН СО РАН, г. Томск) в лабораторных и заводских условиях (Рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Измеритель низкотемпературных показателей нефтепродуктов ИНПН «Кристалл»

Принципы работы прибора ИНПН в зависимости от модификации:

Определение температуры застывания нефтей и нефтепродуктов.

Образец масла охлаждается до заданной температуры. На застывшую поверхность образца автоматически устанавливается груз, температура в криостате постепенно повышается. За температуру застывания принимается температура, при которой началась подвижка груза в образце. Скорость охлаждения и точность измерения температуры в пробе поддерживаются микропроцессором.

Определение динамической вязкости нефтей и нефтепродуктов.

Принцип действия прибора «ИНПН» при определении динамической вязкости основан на измерении крутящего момента при постоянной сдвиговой скорости – 85 об/мин. Измерение и анализ результатов осуществляется микропроцессорным блоком в автоматическом режиме, начиная с заданной температуры и через определенный температурный интервал – 2 или 5°C. В памяти прибора сохраняется до 30 точек, которые в ручном режиме выводятся на дисплей после окончания измерения. Точность измерения температуры пробы составляет $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, точность определения динамической вязкости – 2 %.

2.2.2 Определение группового состава

Определение массовой доли асфальтенов, содержащихся в нефтяном остатке, проводилось при помощи выделения асфальтенов «холодным» способом Гольде, смолистых веществ - с помощью хроматографического (колоночно - адсорбционного) метода.

Определение содержания асфальтенов в нефтях. Определение асфальтенов проводили по ГОСТ 11858. Навеску испытуемого нефтепродукта растворяют в 20-кратном объеме гексана. По окончании колбу закрывают пробкой и оставляют на ночь в темном месте при 15-20°C для выпадения асфальтенов. На другой день раствор фильтруют. Осадок переносят на фильтр с помощью свежих порций гексана и промывают его гексаном до тех пор, пока последний не будет стекать совершенно прозрачным. После этого осадок на фильтре быстро растворяют в горячем бензоле и промывают фильтр до обесцвечивания бензола. Растворив асфальтены в бензоле, отгоняют бензол, доводят до постоянного веса в сушильном шкафу при 102–105°C. Процентное содержание асфальтенов в

испытуемом продукте находят в соответствии с формулой (2.1):

$$X = 100 a/A, \quad (2.1)$$

где a – вес полученного осадка, г.;

A – навеска испытуемого продукта, г.

Определение содержания смол в нефтях. Определение смол в нефти с помощью метода колоночной хроматографии по ГОСТ 11868-66. В соответствии с этим способом полученный после осаждения, промывки и фильтрования асфальтенов деасфальтизат заливают в подготовленную хроматографическую колонку, наполненную силикагелем. После того как исходный продукт полностью впитается в силикагель, приступают к десорбции. Для десорбции масел в резервуар колонки заливают петролейный эфир, и одновременно снизу колонки начинается отбор элюента. Для выделения смол элюируют спиртобензольной смесью. Растворители отгоняют на водяной бане. После отгонки основной массы растворителя смолы переносят в тарированные стаканчики и сушат до постоянной массы. Содержание смол (X) в % масс. находят в соответствии с формулой (2.2):

$$X=100 \cdot m_1/m_2, \quad (2.2)$$

где m_1 – масса смол, г.;

m_2 – навеска нефти, г.

Определение содержания парафинов в нефтях и нефтепродуктах.

Парафины определялись по ГОСТ 11851-85. В охлаждающей бане укрепляют на резиновых пробках стеклянные воронки с фильтрами. Баню заполняют спиртом или бензином-растворителем. Температуру бани доводят до минус $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ и поддерживают в течение времени, необходимого для выделения парафина.

Смесь ацетона и толуола 35:65 приливают к нефти. Колбу с обессмоленной нефтью и растворителем охлаждают на водяной бане, имеющую температуру минус $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 1 ч.

Застывшую в колбе массу перемещают в воронку для фильтрования.

Парафин на фильтре промывают охлажденным растворителем.

После окончания фильтрования из бани удаляют охлаждающую смесь и доводят температуру бани постепенно до 50 – 60°C, подливая горячую воду. Парафин на фильтре плавится и стекает в колбу. Остатки парафина на воронке смывают небольшими порциями толуола, подогретого до 60°C.

Массовую долю парафина (X) в процентах вычисляют по формуле (2.3):

$$X = (m \cdot m_2) / (m_1 \cdot m_3) \cdot 100, \quad (2.3)$$

где m – масса парафина, выделенного из обессмоленной нефти, г.;

m_1 – масса нефти, взятая для обессмоливания, г.;

m_2 – масса обессмоленной нефти, г.;

m_3 – масса обессмоленной нефти, взятая для определения парафина, г.

4 ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПОЗИЦИИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

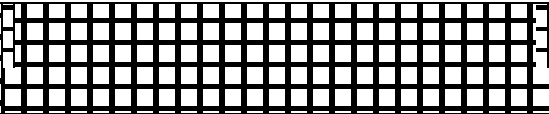
Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

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

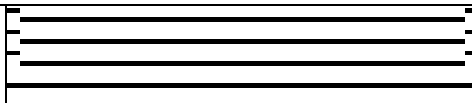
Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

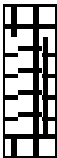
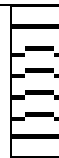
Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и отрасль, по которым будет производиться сегментирование рынка.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка

		Отрасль	
		Нефтеперерабатывающие предприятия	
Размер	Крупные		
	Средние		

Продолжение таблицы №4.1

	Мелкие		
--	--------	---	--

	Омский НПЗ		Киришский НПЗ		Рязанский НПЗ		Новоуфимский НПЗ
---	---------------	---	------------------	---	------------------	---	---------------------

Как видно из таблицы 4.1, наиболее перспективным сегментом в отраслях нефтепереработки для формирования спроса является сегмент крупных и средних нефтедобывающих компаний.

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. В настоящий момент в России можно выделить лишь два наиболее влиятельных предприятий-конкурентов в области разработок и производства депрессорных присадок для улучшения вязкостно-температурных свойств нефти: НПП «Квалитет» и ООО «НПП Астрохим»

В таблице 4.2 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства катализаторов ФТ.

Таблица 4.2 – Оценочная карта

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
2. Удобный в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,06	5	5	4	0,30	0,30	0,24
3. Помехоустойчивый	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
4. Энергосберегающий	0,07	5	4	5	0,35	0,28	0,35
5. Надежный	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,18
6. Безопасный	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,06	3	4	4	0,18	0,24	0,24
8. Простота эксплуатации	0,08	5	4	4	0,40	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,20
2. Уровень проникновения на рынок	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
3. Цена	0,03	5	4	5	0,15	0,12	0,15
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	4	3	4	0,12	0,09	0,12
5. Послепродажное обслуживание	0,02	4	4	3	0,08	0,08	0,06

Продолжение таблицы №4.2

1	2	3	4	5	6	7	8
6. Финансирование научной разработки	0,03	4	3	5	0,12	0,09	0,15
7. Срок выхода на рынок	0,04	5	3	4	0,20	0,12	0,16
8. Наличие сертификации разработки	0,03	5	5	4	0,15	0,15	0,12
Итого	1	86	77	78	4,32	3,85	3,89

B_{ϕ} – продукт проведенной исследовательской работы;

B_{K1} – «Квалитет»;

B_{K2} – «Астрохим».

Таким образом, на основании таблицы 2 можно сделать вывод, что разработанный в ходе исследовательской работы депрессорный присадки могут составить серьезную конкуренцию уже имеющимся на российском рынке производителям. Главными преимуществами данной разработки является довольно высокая производительность при относительно низкой цене.

4.1.2 SWOT-анализ

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

На основе анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы был составлен SWOT-анализ научно-исследовательского проекта. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3– Матрица первого этапа SWOT-анализа

	Сильные стороны научно- исследовательского проекта: С1. Экономичность С2. Мобильность рабочего места С3.Экологичность технологии	Слабые стороны научно- исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой Сл2. Длительный анализ
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт научных исследований В3. Переход нефтеперерабатывающей отрасли на ресурсосберегающие технологии		

Продолжение таблицы №4.3

Угрозы: У1. Низкий спрос на новые технологии производства У2. Переход на альтернативное топливо У3. Истощение природных ресурсов		
--	--	--

На втором этапе SWOT-анализа строятся интерактивные матрицы, которые представлены в таблицах 4.4, 4.5, 4.6, 4.7.

Таблица 4.4– Интерактивная матрица «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	B1	+	-	-
	B2	+	0	+
	B3	-	+	+

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и возможности»

Сильные стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	+	-
	B2	0	+
	B3	+	-

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта				
Угрозы		C1	C2	C3
	У1	+	-	-
	У2	+	-	+
	У3	-	-	+

Таблица 4.7 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1	Сл2
	У1	-	-
	У2	+	-
	У3	+	-

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 4.8).

Таблица 4.8–Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Экономичность С2. Мобильность рабочего места С3.Экологичность технологии	Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой Сл2. Длительный анализ

Продолжение таблицы №4.8

Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт научных исследований В3. Переход нефтеперерабатывающей отрасли на ресурсосберегающие технологии	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности» 1 Анализ позволяет использовать данные для определения направленности дальнейшей переработки торфа. 2 Невысокая затратность проекта может привлечь больше сотрудников и исполнителей.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности» 1. Повышение квалификации кадров 2. Привлечение новых заказчиков 3. Разработка научного исследования 4. Приобретение необходимого оборудования опытного образца
Угрозы: У1. Низкий спрос на новые технологии производства У2. Переход на альтернативное топливо У3. Истощение природных ресурсов	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» 1. Продвижение новой технологии с целью появления спроса 2. Применение технологии к	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» 1. Повышение квалификации кадров 2. Привлечение новых заказчиков 3. Продвижение новой технологии с целью

	альтернативным топливам	появления спроса 4. Отсутствие прототипа научной разработки говорит об отсутствии спроса на новые технологии и отсутствии конкуренции проекта.
--	----------------------------	---

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 4.9).

Таблица 4.9–Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы, консультанты СО, ЭЧ, бакалавр

Продолжение таблицы №4.9

Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Патентный поиск	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
	7	Проведение экспериментов	Бакалавр
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	10	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель,
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирования	11	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	12	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн. $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Результаты расчетов занесены в таблицу 4.10 (приложение В).

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

На основе таблицы 10 строится календарный план-график (табл. 11, приложение Г). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения выпускной квалификационной работы.

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (4.5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования; Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов; k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данного НТИ, представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Материальные затраты

№ п/п	Наименование затрат	Единица измерений	Расход	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
1	Нефть	л	20	1 баррель – 66 \$	415
2	Толуол	л	2	69	138

Продолжение таблицы №4.12

3	Гексан	л	1	480	480
4	Бензол	л	1	478	478
Итого					1511

4.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для проведения экспериментальных работ

Расчет затрат на приобретение специального оборудования для проведения исследований приведены в таблице 4.13 (приложение Д).

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}, \quad (4.6)$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость, руб.; $T_{\text{пи}}$ – время полезного использования, год.

Результаты расчетов приведены в таблице 14.

4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Для расчета основной заработной платы используем месячный оклад руководителя, консультанта ЭЧ, консультанта СО.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (4.7)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата; $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Т_p , \quad (4.8)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб; $Т_p$ – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн. (таблица 11).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot М}{F_d} , \quad (4.9)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн.

В таблице 4.14 приведен расчет основной заработной платы.

Таблица 4.14–Основная заработная плата

Исполнители	Основная заработная плата			Дополнительная заработная плата, руб.
	Трудоемкость, чел.-дн. $Т_p$	Заработная плата приходящаяся на один чел.-дн. Руб/здн	Месячная зарплата, руб./мес.	
Руководитель	25	1500	37500	1470
Бакалавр	50		2500	

Продолжение таблицы №4.14

Консультант по экономике	1,7	1500	2550	178,5
Консультант по охране труда	1	1500	1500	105
Итого	44050			1753,5
Расходы по заработной плате исполнителей темы				47557

4.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (4.10)$$

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

На 2016г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 15.

Таблица 4.15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполни- тель	Заработ- ная плата исполни- телей темы	Социальные отчисления				
		ПФР (22%)	ФСС (2,9%)	ФОМС (5,1%)	Страхова- ние по классу опасности (0,5%)	Итого
Руководи- тель проекта	37500	8250	1087,5	1912,2	187,5	11437,2
Консультант по экономике	2728,5	600,27	79,1	139,1	13,6	832,07
Консультант по охране труда	1605	353,1	46,5	81,8	8,0	489,4
Итого	12758,67					

4.2.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (4.11)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 19%. Результаты расчета накладных расходов на НТИ приведены в таблице 19.

4.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ (Сырье)	1511	1300	2000
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	611711	550623	820158
3. Затраты на электроэнергию	239	500	550
4. Затраты по заработной плате исполнителей темы	47557	40300	50480
5. Социальные отчисления	12758	11650	13000
6. Накладные расходы	2500	2000	2400
7. Бюджет затрат НТИ	676276	606373	888588

На основании таблицы 4.16 можно сделать вывод, что основные затраты НТИ приходятся на специальное оборудование для проведения экспериментальных работ.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.12)$$

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.

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.13)$$

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, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 4.17– Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	3	4	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	5	4	4
3. Помехоустойчивость	0,20	4	5	3
4. Энергосбережение	0,25	3	4	4
5. Надежность	0,25	4	5	3
6. Материалоемкость	0,10	5	4	3
ИТОГО	1	4,6	4,3	3,6

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения

разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.} \quad (4.14)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 4.18, приложение Е) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Асатурян Д., Э., Лоскутова Ю.В., Литвинец И.В. Влияние депрессорных присадок на агрегативную устойчивость высокопарафинистой нефти - XIX Международный научный симпозиум имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», г. Томск. Проблемы геологии освоения недр: Труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского Политехнического Университета; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – С. 62
2. Асатурян Д. Э., Литвинец И.В. Изучение влияния новых полимерных присадок на агрегативную устойчивость нефти/ XVII Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых имени Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке». Материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых (Томск, май 2016).- Томск: Изд – во ТПУ, 2007. –С. 317
3. Асатурян Д. Э., Небогина Н.А., Лоскутова Ю.В. Влияние новых полимерных присадок на вязкостно-температурные свойства высокопарафинистой нефти/ XIII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» г. Томск. Сборник научных трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» (Томск, май 2016).- Томск: Изд – во ТПУ, 2007. –С. 36