TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование влияния углеводородного состава, физико-химических свойств и концентрации депрессорной присадки на низкотемпературные свойства дизельных топлив

УДК 665.753.4.038.64

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Павлова Анастасия Андреевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник ОХИ ИШПР	Францина Евгения Владимировна	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Аспирант ОХИ ИШПР	Бердникова Анастасия Анатольевна	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес Ольга Ефимовна	к.т.н.		

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

18.03.01 Химическая технология

Код компетенции	Наименование компетенции
Профессиональные компетенции	
Р1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности.
Р2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
Р3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии.
Р4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий.
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химикотехнологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
Общекультурные компетенции	
Р7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
Р8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
Р9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
Р10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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 (специальность) 18.03.01 Химическая технология
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ _____ Мойзес О.Е.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д8Б	Павлова Анастасия Андреевна

Тема работы:

Исследование влияния углеводородного состава, физико-химических свойств и концентрации депрессорной присадки на низкотемпературные свойства дизельных топлив	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 28.01.2022 г. №28-92/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Образцы дизельного топлива различного углеводородного состава, депрессорная присадка
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Литературный обзор 1.1 Низкотемпературные свойства дизельного топлива 1.1.1 Современные требования, предъявляемые к низкотемпературным свойствам дизельных топлив 1.1.2 Способы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив 1.2 Депрессорные присадки для дизельных топлив 1.2.1 Требования, предъявляемые к присадкам 1.2.2 Механизм действия депрессорных присадок 2 Объекты и методы исследования 2.1 Объекты исследования

	2.2 Методы исследования 2.2.1 Определение группового углеводородного состава дизельных топлив хроматографическим методом 2.2.2 Определение углеводородного состава дизельного топлива методом хромато-масс-спектрометрии 2.2.3 Методика определения молекулярной массы дизельных топлив 2.2.4 Методика определения низкотемпературных свойств дизельных топлив 2.2.5 Методика определения фракционного состава дизельных топлив 3 Результаты экспериментальных исследований 3.1 Исследование влияния физико-химических свойств на низкотемпературные свойства дизельных топлив 3.2 Исследование влияния углеводородного состава на низкотемпературные свойства дизельных топлив 3.2.1 Влияние молекулярно-массового распределения н-парафинов на низкотемпературные свойства дизельного топлива 3.3 Исследование влияния углеводородного состава дизельного топлива на его низкотемпературные свойства в присутствии депрессорной присадки 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5 Социальная ответственность
Перечень графического материала	Нет

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	к.э.н., доцент ОСГН ШБИП Рыжакина Т.Г
«Социальная ответственность»	старший преподаватель ООД ШБИП Гуляев М.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Нет

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.01.2022 г.

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник ОХИ ИШПР	Францина Е.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Павлова Анастасия Андреевна		

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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 (специальность) 18.03.01 «Химическая технология»
Уровень образования бакалавриат
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии
Период выполнения весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.03.2022 г.	Введение	15
01.04.2022 г.	Литературный обзор: современные требования, предъявляемые к низкотемпературным свойствам дизельного топлива; способы получения низкозастывающих дизельных топлив; депрессорная присадка и механизм ее действия	15
15.04.2022 г.	Объекты и методы исследования: объект исследования; определение углеводородного состава методом хроматографии и хромато-масс-спектрометрии; определение физико-химических и эксплуатационных свойств (плотности, температуры помутнения и температуры застывания, предельной температуры фильтруемости, фракционного состава, молекулярной массы)	15
10.05.2022 г.	Результаты экспериментальных исследований: исследование влияния физико-химических свойств, углеводородного состава, молекулярно-массового распределения н-парафинов, концентрации депрессорной присадки на низкотемпературные свойства дизельных топлив	25
20.05.2022 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Раздел «Социальная ответственность».	15
31.05.2022 г.	Выводы	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник ОХИ ИШПР	Францина Е.В.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес О.Е.	к.т.н		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д8Б	Павлова Анастасия Андреевна

Школа	**ИШПР**	**Отделение школы (НОЦ)**	Отделение химической инженерии
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 потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения*	*Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта*
2. *Планирование и формирование бюджета научных исследований*	*Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования*
3. *Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования*	*Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения*
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*:	
1. *Оценка конкурентоспособности технических решений* 2. *Матрица SWOT* 3. *Альтернативы проведения НИ* 4. *График проведения и бюджет НИ* 5. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.02.2022

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		03.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Павлова Анастасия Андреевна		03.02.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО		
2Д8Б	Павлова Анастасия Андреевна		
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	**Отделение (НОЦ)**	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/ специальность**	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Исследование влияния углеводородного состава, физико-химических свойств и концентрации депрессорной присадки на низкотемпературные свойства дизельных топлив	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	Объектом исследования являются образцы дизельного топлива различного углеводородного состава. В рамках исследования определены углеводородный состав и физико-химические свойства дизельного топлива. Область применения: нефтеперерабатывающая промышленность Рабочая зона: 129 лаборатория 2-го корпуса Томского политехнического университета с общей площадью 127,8 м^2
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится: Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019). Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами: ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ потенциальных вредных и опасных производственных факторов – Обоснование мероприятий по снижению воздействия	В исследовательской лаборатории существуют следующие потенциально вредные факторы: – наличие химических веществ; – производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; – отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; – повышенный уровень шума; Потенциально опасные факторы:

	– производственные факторы, связанные с электрическим током; – пожар; В исследовательской лаборатории при проведении работ присутствуют вредные вещества такие, как: – пары дизельного топлива, – гексан, – толуол, – этиловый спирт. Средства защиты: хлопчатобумажные халаты, перчатки, защитные очки.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	Воздействие на атмосферу: пары дизельного топлива, нефтяных растворителей. Воздействие на гидросферу: отработанные органические сливы. Воздействие на литосферу: твердые отходы и люминесцентные лампы.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС при проведении исследований на рабочем месте: – пожар; – взрыв; – утечка химических реагентов. Наиболее типичная ЧС: пожар.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	**20.02.2022**

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Павлова Анастасия Андреевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 97 страниц, 20 рисунков, 28 таблиц, 37 источников.

Ключевые слова: дизельное топливо, физико-химические свойства, углеводородный состав, молекулярно-массовое распределение, низкотемпературные свойства, депрессорная присадка.

Работа представлена введением, 5 разделами и выводами, приведен список исследуемых источников.

Объект исследования – 7 образцов дизельного топлива различного углеводородного состава, депрессорная присадка. Предмет исследования – физико-химические свойства и углеводородный состав исследуемых образцов дизельного топлива, а также изменение низкотемпературных свойств в присутствие депрессорной присадки.

В данной работе исследованы углеводородный состав, физико-химические свойства и молекулярно-массовое распределение парафинов нормального строения 7 образцов дизельного топлива различного углеводородного состава. Проанализировано влияние углеводородного состава и физико-химических свойств дизельного топлива на изменение таких низкотемпературных характеристик, как температура помутнения, предельная температура фильтруемости, температура застывания в присутствии депрессорной присадки и без. Установленные закономерности подтверждены экспериментальными данными.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в возможности использования полученных закономерностей для прогнозирования оптимальной концентрации присадки с целью производства низкозастывающих дизельных топлив.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ДТ – дизельное топливо;

УВ – углеводороды;

НТ – низкотемпературные;

ФС – фракционный состав;

ХМС – хромато-масс-спектрометрия;

ММР – молекулярно-массовое распределение;

КЦ – короткоцепочечные;

ДЦ – длинноцепочечные;

$Т_п$ – температура помутнения;

ПТФ – предельная температура фильтруемости;

$Т_з$ – температура застывания;

ПДК – предельно-допустимая концентрация.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....16
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....19
1.1 Низкотемпературные свойства дизельного топлива.....19
1.1.1 Современные требования, предъявляемые к низкотемпературным свойствам дизельных топлив 19
1.1.2 Способы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив 21
1.2 Депрессорные присадки для дизельных топлив.....26
1.2.1 Требования, предъявляемые к присадкам.....26
1.2.2 Механизм действия депрессорных присадок.....26
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....29
2.1 Объекты исследования.....29
2.2 Методы исследования.....29
2.2.1 Определение группового углеводородного состава дизельных топлив хроматографическим методом 30
2.2.2 Определение углеводородного состава дизельного топлива методом хромато-масс-спектрометрии.....31
2.2.3 Методика определения молекулярной массы дизельных топлив.... 32
2.2.4 Методика определения низкотемпературных свойств дизельных топлив 33
2.2.5 Методика определения фракционного состава дизельных топлив.. 35
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 36
3.1 Исследование влияния физико-химических свойств на низкотемпературные свойства дизельных топлив 36
3.2 Исследование влияния углеводородного состава на низкотемпературные свойства дизельных топлив 39
3.2.1Влияние молекулярно-массового распределения н-парафинов на низкотемпературные свойства дизельного топлива.....42

3.3 Исследование влияния углеводородного состава дизельного топлива на его низкотемпературные свойства в присутствии депрессорной присадки..... 48
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ..... 53
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения..... 53
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования..... 53
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений..... 54
4.1.3 SWOT-анализ..... 56
4.2 Планирование научно-исследовательских работ..... 59
4.2.1 Структура работ в рамках проводимого исследования 59
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ 60
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования 62
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)..... 64
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности..... 70
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ 73
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..... 73
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства..... 73
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя 74
5.2 Производственная безопасность..... 75
5.2.1 Анализ потенциально опасных и вредных 75
производственных факторов..... 75
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)..... 86
5.3 Экологическая безопасность 86

5.3.1 Воздействие на атмосферу 86
5.3.2 Воздействие на гидросферу 87
5.3.3 Воздействие на литосферу 87
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС) 87
5.4.1 Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения 87
5.4.2 Выбор наиболее типичной ЧС 88
5.4.3 Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС 89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 90
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 94

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом спрос на дизельное топливо на мировом и внутреннем рынках растет, что объясняется дизелизацией рынка потребления легкового транспорта. По данным на 2021 год потребление дизельного топлива по сравнению с предыдущим годом выросло на 2%. Однако появление новых путей использования дизельного топлива автотранспортной техникой требует ужесточения эксплуатационных и экологических требований топлив. Одними из важных эксплуатационных характеристик дизельного топлива являются низкотемпературные свойства.

В настоящее время используются несколько способов доведения значений низкотемпературных характеристик дизельного топлива до регламентируемых требований: различные гидрокаталитические процессы (каталитическая изомеризация и депарафинизация), смешение дизельной и керосиновой фракций, введение в топливо депрессорных или депрессорно-диспергирующих присадок.

Введение в топливо присадок, улучшающих низкотемпературные показатели дизельного топлива, остается одним из наиболее простых и экономически выгодных способов получения зимних и арктических марок дизельного топлива. Однако из-за большого разнообразия углеводородов, входящих в состав дизельного топлива, и их различного влияния на низкотемпературные свойства и взаимодействия с депрессорной присадкой, поиск необходимой оптимальной концентрации присадки осуществляется в лабораторных условиях методом «ручного» перебора.

Целью данной работы является исследование влияния углеводородного состава, физико-химических свойств и концентрации депрессорной присадки на низкотемпературные свойства дизельных топлив с привлечением современных методов исследования.

Основные задачи исследования:

1. Определение физико-химических и эксплуатационных свойств образцов дизельного топлива различного углеводородного состава.

2. Определение углеводородного состава образцов дизельных топлив с применением жидкостно-адсорбционной хроматографии и хромато-масс-спектрометрии;
3. Установление взаимозависимостей низкотемпературных свойств дизельного топлива с его углеводородным составом и физико-химическими свойствами.
4. Оценка влияния концентрации депрессорной присадки на низкотемпературные свойства различных образцов дизельного топлива.
5. Исследование приемистости дизельного топлива к депрессорной присадке.

Научная новизна работы:

1. Показано, что НТ свойства ДТ определяются его углеводородным составом, что отражается в его физико-химических и эксплуатационных свойствах.
2. Показано, что НТ свойства ДТ наиболее точно коррелируют с такими физико-химическими свойствами как широта фракционного состава, температура выкипания 10% и 90% фракций. С ростом этих свойств НТ свойства ДТ ухудшаются, что связано с появлением в их составе «тяжелых» углеводородов, выкипающих при более высоких температурах.
3. Установлено, что НТ свойства ДТ определяются преимущественно общим содержанием парафинов и соотношением н-парафинов и изо-парафинам (коэффициент нормальности). При этом с ростом соотношения КЦ/ДЦ (концентрации короткоцепочечных к длинноцепочечным) парафинам НТ свойства ДТ улучшаются. Влияние нафтенов и ароматики на НТ свойства ДТ не является очевидным.
4. Установлено, что приемистость ДТ к депрессорной присадке определяется содержанием в его составе ДЦ парафинов, т.е.

улучшается с увеличением широты фракционного состава. Что подтверждается более высокими значениями оптимальных концентраций присадки, при которых достигается максимальная депрессия температуры застывания фильтруемости. Концентрации составляют 0,5%об. - для ДТ широкого ФС и 0,15%об. – для топлив узкого ФС.

Практическая значимость работы:

Полученные закономерности влияния углеводородного состава и физико-химических свойств дизельного топлива на его низкотемпературные свойства и приемистость к депрессорным присадкам позволят эффективнее подбирать оптимальные концентрации депрессорных присадок для достижения требуемых значений ПТФ и температуры застывания.

Апробация работы:

Основные положения работы были представлены на: XXVI Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр»; XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера; Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Химия. Экология. Урбанистика».

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Низкотемпературные свойства дизельного топлива

1.1.1 Современные требования, предъявляемые к низкотемпературным свойствам дизельных топлив

Дизельное топливо (ДТ) – это нефтяная фракция, выкипающая в интервале температур 180 – 360°С. Представляет собой вязкую жидкость от светло желтого до светло-коричневого цвета в зависимости от содержания смолисто-асфальтеновых веществ. Дизельное топливо получается в результате прямой перегонки нефти преимущественно из керосиново-газойлевых фракций.

В России потребность в зимних и арктических сортах дизельных топлив удовлетворена только на 14%. В связи с этим, особое внимание стоит уделять таким эксплуатационным характеристикам как температура помутнения, предельная температура фильтруемости, температура застывания.

Температура помутнения ($T_п$) – это максимальная температура, при которой топливо начинает мутнеть в силу образования кристаллов льда и кристаллов строения парафиновых углеводородов. Подвижность топлива при последующем выпадении кристаллов становится невозможной, что характеризуется температурой застывания ($T_з$). Третий важный фактор, предельная температура фильтруемости (ПТФ) – способность топлива при охлаждении в стандартизированных условиях проходить через фильтрующую установку с необходимой скоростью [1].

В соответствии с ГОСТ 305-2013 в зависимости от условий эксплуатации выделяют следующие марки дизельного топлива [2]:

- Л – летнее ДТ, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха от -5 °С и выше;
- Е – межсезонное ДТ, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха от -15 °С и выше;

- З – зимнее ДТ, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха до -25 °С (ПТФ = -25°С и ниже) и до -35°С (ПТФ = -35 °С и ниже);
- А – арктическое ДТ, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха от -45 °С и выше.

Требования, предъявляемые к предельной температуре фильтруемости дизельного топлива согласно ГОСТ 305-2013, приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Требования к ПТФ дизельного топлива по ГОСТ 305-2013

Наименование показателя	**Значение для марки**			
	Л	**Е**	**З**	**А**
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	Минус 5	Минус 15	Минус 25	-
	-	-	Минус 35	Минус 45

В настоящее время на территории Российской Федерации нормируются только температура помутрения и предельная температура фильтруемости. По ГОСТ Р 32511 – 2013 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» выделяются следующие сорта дизельного топлива и требования, предъявляемые к их низкотемпературным свойствам, указанные в таблице 1.2 и 1.3 [3].

Таблица 1.2 – Требования к летнему топливу (сорт A, B, C, D) и межсезонному топливу (сорт E, F) по ГОСТ Р 32511 – 2013

Наименование показателя	**Значение показателя для сорта**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	5	0	Минус 5	Минус 10	Минус 15	Минус 20

Таблица 1.3 – Требования к зимнему топливу (классы 0, 1, 2, 3) и арктическому топливу (класс 4) по ГОСТ Р 32511 – 2013

Наименование показателя	**Значение для класса**				
	0	**1**	**2**	**3**	**4**
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	Минус 20	Минус 26	Минус 32	Минус 38	Минус 44

Температура помутнения, °С, не выше	Минус 10	Минус 16	Минус 22	Минус 28	Минус 34

Низкотемпературные свойства зависят как от углеводородного состава, так и от физико-химических свойств дизельных топлив, что обуславливает важность их детального изучения.

1.1.2 Способы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив

Существует несколько основных методов доведения низкотемпературных свойств до необходимых требований технических регламентов:

- уменьшение содержания нормальных парафиновых углеводородов в дизельном топливе при помощи каталитических гидрогенизационных процессов (каталитическая изомеризация, каталитическая депарафинизация, карбамидная, цеолитная и микробиологическая депарафинизация);
- облегчение фракционного состава;
- смешение дизельного топлива с керосиновой фракцией;
- введение в топливо депрессорных или депрессорно-диспергирующих присадок.

1.1.2.1 Облегчение фракционного состава

Для получения зимних и арктических топлив с заданными температурами помутнения и застывания можно использовать наиболее простой и распространённый способ – уменьшения содержания высококипящих парафинов нормального строения при прямой перегонке нефти [5]. Так, для снижения температуры застывания на 28°С необходимо понизить температуру конца кипения с 370 °С до 280 °С. Однако это снижает потенциал использования нефти на 17 % масс. При этом некондиционный остаток будет вовлекаться в мазут (фракция 280 – 370 °С для получения арктических топлив или фракция 320-370 °С – для зимнего топлива).

Применение дизельного топлива с облегчённым фракционным составом также негативно сказывается на работе двигателя: затрудняет его пуск и прогрев, так как увеличивается теплота испарения топливовоздушной смеси, снижается температура в камере сгорания.

На данный момент снижение температуры конца кипения дизельных фракций с целью улучшения низкотемпературных свойств носит ограниченный характер.

1.1.2.2 Смешение дизельной и керосиновой фракций

Значительное понижение показателей, характеризующих низкозастывающие свойства топлива, наблюдается при смешении дизельной фракции с фракцией, имеющей меньшую температуру кипения, например, с керосиновой. Понижение температур застывания и фильтруемости происходит за счет увеличения содержания парафинов нормального строения C_6-C_{14}. Однако введение 10% мас. керосиновой фракции менее эффективно для улучшения низкотемпературных свойств, чем снижение температуры конца кипения.

Недостатками данного метода являются уменьшение цетанового числа, вязкости, температуры вспышки и смазывающей способности. Помимо этого, фракционный состав разбавленного дизельного топлива керосином не удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия». Все это обуславливает ограниченное использование данного метода в условиях НПЗ.

1.1.2.3 Адсорбционная и карбамидная депарафинизации

Адсорбционный процесс («Парекс») с использованием цеолита, обладающего молекулярно-ситовым эффектом, позволяет получить жидкие н-парафины высокой степени чистоты и компоненты зимних и арктических топлив. Цеолит обладает селективным действием по отношения к углеводородам нормального строения относительно углеводородов изо- и циклического

строения. В России установки выделения нормальных парафинов «Парекс» действуют на ООО «КИНЕФ» и Новокуйбышевском НПЗ.

При карбамидной депарафинизации образуются кристаллические комплексы н-парафиновых углеводородов с карбамидом $(NH_2)_2CO$. Образование данных комплексов обусловлено переходом карбамида в гексагональную структуру удобную для расположения парафинов нормального строения. Однако эффективность карбамидной депарафинизации падает с повышением температуры кипения фракции, т.к. уменьшается доля н-парафинов. Поэтому данный метод целесообразно применять для улучшения температуры застывания только дизельных и легких масляных фракций. В настоящее время установки с использованием данного метода повсеместно демонтированы [6].

1.1.2.4 Каталитическая гидродепарафинизация

Всё большее применение на нефтеперерабатывающих заводах России находит метод каталитической депарафинизации. Депарафинизация с катализаторами, имеющими в своем составе благородные металлы, такие как платина и палладий, в большей степени увеличивают скорость реакции изомеризации, чем скорость реакции расщепления углеводородов нормального строения, что приводит к уменьшению выхода газообразных продуктов и бензиновых фракций [6,7]. Однако платина и палладий чувствительны к содержащейся в сырье сере, что обуславливает обязательное комплексное использование процесса гидродепарафинизации с предварительным процессом гидроочистки сырья. При этом водородсодержащий газ используется как для стадии гидроочистки, так и для уменьшения коксообразования в процессе реакций депарафинизации. Недостатком использования подобных катализаторов является высокая стоимость, что увеличивает и стоимость самого процесса депарафинизации, а также необходимость использования водородсодержащего газа и проведение процесса под давлением.

Применение полифункциональных цеолитсодержащих катализаторов значительно уменьшает стоимость процесса, однако снижает выход продуктов целевой реакции, а также увеличивает количество газообразных и бензиновых фракций.

1.1.2.5 Гидроизомеризация

В процессе каталитической изомеризации полученные в результате реакций изопарафины остаются в составе целевого продукта, что обеспечивает высокий выход целевой фракции. Однако данный процесс требуется проводить с обессеренным сырьем, так как используются бифункциональные катализаторы на основе благородных металлов, которые дезактивируются соединениями серы. Преимуществами данного топлива являются низкие температуры застывания и фильтруемости (-50 °C и -35 °C соответственно), высокая температура вспышки, а также сверхнизкое содержание серы и смол [9].

Данный процесс используется совместно с установкой гидроочистки на Ангарском нефтехимическом комбинате и ПАО «Славнефть-ЯНОС».

1.1.2.6 Гидрокрекинг

В ходе процесса гидрокрекинга в присутствии водородсодержащего газа и катализатора происходит расщепление высокомолекулярных углеводородов на углеводороды с меньшей молекулярной массой. Катализаторами данного процесса служат бифункциональные системы, обладающие гидрирующей и крекирующей функцией (Ni-W и/или Ni-Mo, или Pt, Pd), нанесенные на кислотную подложку – аморфный алюмосиликат, фторированная окись алюминия [6,10]. Дизельное топливо процесса гидрокрекинга отличается низким содержанием серы и низкими низкотемпературными свойствами.

1.1.2.7 Добавление депрессорных и депрессорно-диспергирующих присадок

Использование присадок при производстве ДТ позволяет добиться значительного снижения низкотемпературных свойств и, как следствие, улучшения текучести топлив при низких температурах. Присадки позволяют модифицировать кристаллы парафинов, предотвратить рост их агрегатов, являющихся основной причиной замерзания нефтепродуктов [11].

Депрессор – это самый распространенный и эффективный вид присадок, используемый для улучшения низкотемпературных свойств ДТ. Основу депрессорных присадок в основном составляют полимеры метакриловой кислоты, сополимеры этилена с винилацетатом, компоненты ароматических и алифатических дистиллятов нефти.

Молекулы депрессора осаждаются на поверхности частиц парафинов нормального строения на стадии помутнения дизельного топлива и препятствуют формированию агломератов с размерами более 3 мкм. Частицы такого размера способны проходить через фильтр тонкой очистки с заданной скорость.

Однако из-за свойства депрессора блокировать только выпавшие кристаллы парафинов, при длительном хранении топлива происходит его расслоение: образуется верхний слой, который практически не содержит парафиновые углеводороды, и нижний – с высокой концентрацией н-парафинов, препятствующим нормальной работе двигателя. Это обуславливает использование депрессора совместно с диспергаторами парафинов.

Молекулы диспергатора осаждаются на частицах н-парафинов и создают электростатическое отталкивание между этими частицами, что позволяет добиться их равномерного распределения по всему объему.

Основной недостаток использования присадок является то, что данные химические соединения обладают узким спектром действия, т.е. необходимо для каждого топлива различного углеводородного состава подбирать нужную

концентрацию присадки, позволяющую довести его низкотемпературные свойства до требуемых.

1.2 Депрессорные присадки для дизельных топлив

1.2.1 Требования, предъявляемые к присадкам

Имеется ряд требований, которым должны удовлетворять присадки:

- эффективно улучшать низкотемпературные свойства топлива, не оказывая при этом негативного влияния на другие показатели;
- иметь хорошую растворимость в топливе, низкую летучесть, т.е. высокую температуру кипения;
- обладать достаточной термической и термоокислительной стабильностью;
- обладать инертностью по отношению к другим добавкам и конструкционным материалам системы;
- не токсичность;
- небольшая стоимость.

1.2.2 Механизм действия депрессорных присадок

В зависимости от количества атомов углерода в молекуле н-парафинов, а также температуры кристаллизации индивидуальных полиморфных соединений, возможны четыре формы кристаллизации: гексагональная, ортомбическая, моноклинная и триклинная. Установлено, что при добавлении депрессора размеры элементарных ячеек, а также вид пространственных решеток кристаллов нормальных парафиновых углеводородов остается неизменным. Это позволяет сделать вывод о том, что не происходит образования объемно смешанных кристаллов с молекулами н-парафинов и депрессором.

Эффективность депрессоров также определяется кинетикой кристаллизации молекул н-парафинов. Если скорость роста кристаллов н-парфинов значительно превышает скорость взаимодействия между депрессором и молекулами н-парафинов, то образование пространственного каркаса не предотвращается. Данное явление можно наблюдать при охлаждении дизельных фракций или топлив, имеющих узкие температуры выкипания и содержащих узкий набор н-парафинов. Молекулы н-парафинов при достижении соответствующей температуры быстро кристаллизуются, что не дает возможности функционирования депрессора [12].

При понижении температуры дизельных топлив, имеющих широкий фракционный состав, кристаллизация молекул парафинов происходит постепенно, в первую очередь кристаллизуются высокомолекулярные, а затем с меньшей длиной цепи. В этом случае скорость роста кристаллов н-парафинов уменьшается и депрессор тормозит их дальнейший рост. Одна и та же скорость роста наблюдается при гораздо больших пресыщениях раствора в присутствии сополимера, чем в его отсутствие. Это доказывает, что размеры кристаллов н-алканов в присутствии депрессора будут гораздо меньше, чем в его отсутствии при одинаковых температурах.

Сополимер, который обеспечивает максимальное снижение температуры застывания, задерживает сращивание кристаллов, образование каркаса, а также одновременно препятствует росту кристаллов. Как следствие, происходит снижение предельной температуры фильтруемости. При этом близость значений температур выделения кристаллов н-парафинов и депрессора обуславливает эффективность депрессора. В этом случае, депрессор сможет ограничить рост кристаллов н-парафиновых углеводородов на начальной стадии роста и, как следствие, снизит предельную температуру фильтруемости. Это позволяет получить хорошую депрессию как температуры застывания, так и предельной температуры фильтруемости.

Стоит учитывать, что уменьшение размеров кристаллов н-парафинов возможно как при ограничении их роста, так и при увеличении числа центров

кристаллизации. Обеспечивающий максимальное снижение предельной температуры фильтруемости сополимер выделяется при более высокой температуре, чем температура помутнения топлива, т.е. является зародышеобрезователем. Такой сополимер слабо оказывает влияние на температуру застывания, так как находясь внутри кристалла н-парафинов, не может задерживать слипание между кристаллами. Для оптимального увеличения депрессии температуры застывания и ПТФ необходимо выбрать сополимер, температура помутнения которого совпадает с температурой помутнения дизельного топлива.

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объекты исследования

В качестве объекта исследования выпускной работы были взяты 7 образцов дизельного топлива, полученные с различных НПЗ. Физико-химические свойства и углеводородный состав исследуемых образцов дизельных топлив приведены в таблицах 4 и 5 соответственно.

С целью улучшения низкотемпературных свойств и оценки влияния приемистости присадки к дизельным топливам различного углеводородного состава была использована промышленно выпускаемая депрессорная присадка.

Данная присадка обладает рядом преимуществ:

- невысокая стоимость;
- доступность;
- хорошая депрессия температуры застывания и ПТФ дизельного топлива без негативного влияния на физико-химические и эксплуатационные свойства;
- универсальность.

Функции компонентов депрессорной присадки заключаются в образовании центров кристаллизации и замедлении роста кристаллов парафинов нормального строения.

2.2 Методы исследования

Для определения физико-химических свойств дизельных топлив в работе были использованы следующие стандартные методы:

- ГОСТ Р 51096-97 – Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром;

- ГОСТ 2177-99 – Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава нефтепродуктов;
- ГОСТ 32508-2013 – Топлива дизельные. Определение цетанового числа;

Также использовался ряд исследовательских методик для определения углеводородного состава образцов дизельных топлив методом жидкостно-адсорбционной хроматографии, хромато-масс-спектрометрии и определения молекулярной массы, низкотемпературных свойств в присутствии депрессорной присадки и без.

2.2.1 Определение группового углеводородного состава дизельных топлив хроматографическим методом

В качестве метода исследования группового углеводородного состава использовалась жидкостно-адсорбционная хроматография (ЖАХ). Количественное разделение дизельных топлив производилось на углеводороды парафино-нафтенового и ароматического ряда, а также смол. Сущность метода ЖАХ заключается в различной способности компонентов смеси адсорбироваться в порах твердого носителя.

Хроматографическая колонна заполняется адсорбентом – смесью силикагеля с оксидом алюминия, обильно смоченного в гексане. Десорбция фракции парафино-нафтеновых углеводородов происходит с использованием в качестве элюента гексана. После вымывания парафино-нафтеновых углеводородов, проводят качественное реакцию на ароматические углеводороды с использованием концентрированной серной кислоты и формалина. Затем с помощью смеси гексан – толуол в соотношении 3:1 производится десорбция ароматических углеводородов. Вымывание смол производится при использовании смеси спирт-толуол в равном соотношении.

Отгонка растворителей осуществляется на роторном испарителе. Стабилизация фракций происходит в сушильном шкафу.

2.2.2 Определение углеводородного состава дизельного топлива методом хромато-масс-спектрометрии

Определение углеводородного состава дизельных топлив проводилось методом хромато-масс-спектрометрии (рисунок 2.1). Измерения проводились при помощи прибора GC-MS Agilent 7890B (GC) – Agilent Q-TOF 7200 (MS) в режиме полного диапазона масс (SCAN), регистрации единичного иона (SIM) и конфигурации MS-MS, позволяющей различать совместно элюирующие пики. Для этого была выбрана следующая температурная программа: капиллярная хроматографическая колонка HP-1MS с длинной 30 м и внутренним диаметром равным 0,25 мм, при этом толщина фазы составляет 0,25 мкм. Для подтверждения идентификации отдельных компонентов использовалась энергия соударения равная 10 эВ с повторной ионизацией соударений с азотом.

Идентификация соединений осуществлялась в соответствии с эталонном из библиотеки спектров NIST, а также с использованием справочной литературы по масс-спектрометрии [13].

Рисунок 2.1 – Газовый хроматограф Agilent 7890B

2.2.3 Методика определения молекулярной массы дизельных топлив

Определение молекулярной массы образцов дизельных топлив выполнялось методом криоскопии с использованием в качестве растворителя бензол на установке КРИОН-1 (рисунок 2.2).

Рисунок 2.2 – Установка КРИОН–1 для определения молекулярной массы

Метод основывается на разнице температур кристаллизации чистого растворителя и образца нефтепродукта. Расчёт молекулярной массы образца дизельного топлива происходит по формуле (1) с использованием получившегося значения депрессии температуры застывания:

$$\mathrm{M} = K \cdot \frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{G_1}{G_2} \cdot 1000, \qquad (1)$$

где М – молекулярная масса образца нефтепродукта, г/моль;

К – значение криоскопической постоянной растворителя, ºС·г/моль (для бензола К = 5,12 ºС·г/моль);

ΔT – разность температур застывания чистого растворителя и образца нефтепродукта, ºС;

G_1 – масса пробы, г;

G_2 – масса растворителя, г.

Для приготовления раствора пробы необходимо взвесить пустую чистую колбу с закрытой пробкой без пробы и с 0,3 мл пробы. Затем добавить в колбу

еще приблизительно 13 мл бензола и вновь взвесить. Масса пробы (G_1) рассчитывается как разность масс колбы с пробой и без, а масса бензола (G_2) – как разность между массой колбы со смесью образца нефтепродукта и бензола и массой колбы только с навеской пробы. Колбу необходимо встряхнуть в течение 1 минуты, а затем отобрать 4 мл полученного раствора в чистую виалу.

Измерение температуры кристаллизации происходит в соответствии с руководством по эксплуатации установки.

2.2.4 Методика определения низкотемпературных свойств дизельных топлив

Определение низкотемпературных свойств образцов ДТ проводилось при помощи высокоточного измерителя низкотемпературных показателей нефтепродуктов ИНПН «Кристалл» (рисунок 2.3).

Рисунок 2.3 – Измеритель низкотемпературных показателей нефтепродуктов «Кристалл»

Прибор предназначен для определения температуры помутнения, ПТФ, температуры застывания как в лабораторных, так и в заводских условиях. Метод определения температуры помутнения проводится по ГОСТ 5066-2018 «Топлива моторные. Методы определения температур помутнения, начала кристаллизации и застывания». Метод определения температуры застывания соответствует ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания».

Основными составными частями прибора являются измерительный блок, датчик застывания, комплект пробирок, шланги для подачи воды.

Криостат, входящий в состав прибора, способен охлаждать пробу дизельного топлива или моторного масла до температуры -60 ºС, а образец реактивных топлив – до -68 ºС. ЖК дисплей, расположенный на корпусе прибора, позволяет следить за испытанием в режиме реального времени.

Действие прибора основывается на постепенном понижении температуры пробы и фиксации значений оптической проницаемости топлива.

В криостат прибора необходимо установить пробирку с датчиком застывания в исходном состоянии. Проба предварительно охлаждается до температуры ниже предполагаемой температуры застывания на 5-15 ºС.

Размещенные по разные стороны пробирки излучаемый и поглощающий светодиоды позволяют регистрировать амплитуду инфракрасного светового потока по мере застывания образца дизельного топлива. При достижении заданной температуры застывания происходит опускание груза на поверхность пробы. При застывании пробы световой поток оказывается перекрытым. По мере нагревания пробы начинается движение груза, световой поток открывается.

Максимальный сигнал с датчика застывания считается температурой застывания исследуемого образца. Температура помутнения топлива определяется и фиксируется в момент начала кристаллообразования в пробе, когда происходит уменьшение светового потока. ПТФ фиксируется в момент значительного помутнения пробы.

При проведении анализа пробы в присутствии депрессорной присадки необходимо:

- хорошо встряхнуть образец в бутылке;
- подготовить сухую чистую пробирку для проведения анализа;
- поместить образец комнатной температуры в подготовленную пробирку в объеме 2,5 мл;
- добавить к образцу в пробирке необходимое количество депрессорной присадки, тщательно перемешать;

- установить пробирку с пробой в криостат прибора и перед началом анализа выдержать в криостате не менее 5 минут.

2.2.5 Методика определения фракционного состава дизельных топлив

Определение фракционного состава дизельного топлива необходимо для обеспечения качества нефтепродуктов, их соответствия нормативным документам. Классическим способом определения фракционного состава является перегонка испытуемого образца объемом 100 мл в аппарате типа АРНС согласно ГОСТ 2177–99 (Рисунок 2.4).

Рисунок 2.4 – Прибор для определения фракционного состава дизельных топлив типа АРНС

В процессе проведения перегонки наибольшее значение представляют температуры выкипания 10 %, 50 % и 90 % фракций. Температура выкипания 10 % характеризует пусковые свойства ДТ. Устойчивость работы двигателя показывает температура, при которой испаряется 50 % топлива. От значения температуры выкипания 90% топлива зависит полнота сгорания топлива в двигателе, а также его расход.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Одними из важных эксплуатационных характеристик дизельного топлива являются низкотемпературные свойства. В настоящее время используются несколько способов доведения значений низкотемпературных характеристик дизельного топлива до регламентируемых требований: различные гидрокаталитические процессы (каталитическая изомеризация и депарафинизация и т.д.), смешение дизельной и керосиновой фракций, введение в топливо функциональных присадок.

Всё чаще для улучшения низкотемпературных свойств используются депрессорные присадки, так как этот метод отличается относительной простотой и дешевизной.

Целью данной работы является исследование влияния свойств дизельных топлив на низкотемпературные характеристики и на эффективность действия депрессорных присадок с привлечением современных методов исследования.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование [16].

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.

В таблице 4.1 представлена карта сегментирования целевого рынка.

В качестве целевого рынка представлены самые распространенные способы улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива, используемые на российских нефтеперерабатывающих предприятиях. Товарным продуктом является дизельная фракция с требуемыми значениями низкотемпературных характеристик.

Таблица 4.1 – Сегментирование рынка

НПЗ	Способы улучшения низкотемпературных свойств ДТ		
	Гидрокрекинг	Каталитическая депарафинизация	Введение депрессорной присадки
Крупные			
Средние			
Мелкие			

Анализируя данные таблицы, замечаем, что использование процессов гидрокрекинга и каталитической депарафинизации в качестве методов улучшения низкотемпературных свойств применимо только на средних и крупных НПЗ: использование данных методов на мелких НПЗ экономически нецелесообразно, так как уменьшается выход целевого продукта примерно на 12-18%. Введение в топливо депрессорных присадок остается наиболее оптимальным способом для любого типа НПЗ.

4.1.2 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. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления

для ее будущего повышения. В ходе данного анализа были подобраны критерии и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Анализ конкурентных технических решений определялся по формуле:

$$K = \sum \text{В}_i \cdot \text{Б}_i\,, \tag{1}$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; В_i – вес показателя (в долях единицы); Б_i – балл i–го показателя.

Результаты анализов представлены в виде оценочной карты (Таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$\text{Б}_{\text{ГК}}$	$\text{Б}_{\text{КД}}$	$\text{Б}_{\text{Д}}$	$\text{К}_{\text{ГК}}$	$\text{К}_{\text{КД}}$	$\text{К}_{\text{Д}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Эффективность	0,2	4	4	5	0,8	0,8	1
2. Материалоемкость	0,15	4	4	5	0,6	0,6	0,75
3. Безопасность	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
4. Простота эксплуатации	0,15	4	3	5	0,6	0,45	0,75
5. Ремонтопригодность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
6. Надежность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
7. Конкурентоспособность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
Итого	1	34	34	37	4,2	3,65	4,7

Сокращения: ГК – гидрокрекинг, КД – каталитическая депарафинизация, Д – введение депрессорных присадок

При анализе полученных данных таблицы 4.2 можем сделать вывод, что введение депрессорной присадки обладает преимуществом за счет простоты эксплуатации и безопасности. Цена данного метода значительно ниже остальных за счет уменьшения материалоемкости.

4.1.3 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.

Он проводится в несколько этапов. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Относительная простота и дешевизна проекта. С2. Выявление новых зависимостей низкотемпературных свойств ДТ от его физико-химических свойств и углеводородного состава для увеличения выхода целевого продукта. С3. Экологичность технологии. С4. Возможность проведения необходимых исследований без участия промышленной установки. С5. Приоритетное направление научных исследований.	**Слабые стороны научно-исследовательского проекта:** Сл1. Возможные погрешности исследования. Сл2. Недостаточное количество проведенных экспериментов. Сл3. Неподтвержденность некоторых теоретических обоснований; Сл4. Привлечение большого объема информации для реализации проекта.
Возможности научно-исследовательского проекта: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. В2. Увеличение спроса на данный способ. В3. Использование полученных данных предприятия нефтепереработки для оптимизации процесса производства дизельного топлива. В4. Уменьшение значимости или достоинства конкурентных разработок.	**Угрозы научно-исследовательского проекта:** У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция технологий производства. У3. Ужесточение требований к характеристикам дизельного топлива. У4. Уменьшение объема импортных депрессорных присадок.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа, который состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	0	+	+
	В2	+	+	+	+	+
	В3	+	+	+	0	-
	В4	+	0	0	-	-
Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	+	0	-	-
	У2	+	+	0	-	0
	У3	0	+	-	-	-
	У4	0	+	-	-	+
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	
	В1	+	+	+	-	
	В2	+	+	+	0	
	В3	+	+	+	-	
	В4	-	-	-	-	
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	
	У1	+	+	+	0	
	У2	0	+	-	-	
	У3	+	-	0	-	
	У4	-	+	-	-	

Далее составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – SWOT-анализ

	Сильные стороны проекта: С1. Относительная простота и дешевизна проекта. С2. Выявление новых зависимостей низкотемпературных свойств ДТ от его физико-химических свойств и углеводородного состава для увеличения выхода целевого продукта. С3. Экологичность технологии. С4. Возможность проведения необходимых исследований без участия промышленной установки. С5. Приоритетное направление научных исследований.	**Слабые стороны проекта:** Сл1. Возможные погрешности исследования. Сл2. Недостаточное количество проведенных экспериментов. Сл3. Неподтвержденность некоторых теоретических обоснований; Сл4. Привлечение большого объема информации для реализации проекта.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Увеличение спроса на данный способ. В3. Использование полученных данных предприятия нефтепереработки для оптимизации процесса производства дизельного топлива. В4. Уменьшение значимости или достоинства конкурентных разработок	Использование инновационного оборудования позволит определить новые закономерности при производстве ДТ, что обуславливает простоту проведения эксперимента без участия промышленных установок (В1В2С12С4С5). Невысокая стоимость проекта, экологичность технологии и выявление новых закономерностей в свойствах ДТ увеличит использование полученных данных в промышленных масштабах (В3С1С2С3). Невысокая затратность исследования может увеличить конкурентоспособность метода (В4С1).	Необходимо привлечь более квалифицированный персонал и использовать точные методы при проведении исследований (В1В2В3Сл1Сл2Сл3).
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция	Полученные закономерности позволят значительно сократить трудоемкость процесса, тем самым увеличив спрос на данную технологию производства (У1У2С2).	Недостоверность экспериментальных данных приведет к отсутствию спроса на новые технологии производства (У1Сл1Сл2Сл3). Сильная зависимость данного метода улучшения низкотемпературных

технологий производства. У3. Ужесточение требований к характеристикам дизельного топлива. У4. Уменьшение объема импортных депрессорных присадок.	Использование более новой информации и простота технологического оформления позволяют повысить конкурентоспособность метода (У2С1С2). Полученные закономерности позволят уменьшить расход депрессорных присадок (У4С2С5).	свойств от импорта депрессорных присадок обуславливает недостаточное количество проведенных экспериментов (У2У4Сл2). Необходимо уменьшить погрешность исследований для соответствия постоянно ужесточающимся требованиям по низкотемпературных свойствам дизельного топлива (У3Сл1).

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

Для составления плана предполагаемого комплекса работ была определена последовательность действий:

- определение структуры работ проводимого исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление временной продолжительности работ;
- построение графика проведения исследований в рамках ВКР.

4.2.1 Структура работ в рамках проводимого исследования

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по отдельным видам работ отражен в таблице 4.6. Для проведения исследований была сформирована группа исполнителей, состоящая из студента, аспиранта, научного руководителя и консультантов по части «Финансовый менеджмент» и «Социальная ответственность».

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, аспирант
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение литературы по теме исследования	Студент

	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ	
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Изучение методик проведения эксперимента	Студент
	6	Проведение экспериментальной части	Студент, аспирант
	7	Оценка полученных результатов и определение полученных закономерностей	Студент
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент
Выполнение ВКР			
Оформление ВКР	9	Оформление экономической части работы	Студент, консультант
	10	Оформление части по охране труда	Студент, консультант
	11	Составление пояснительной записки	Студент
	12	Сдача работы на рецензию	
	13	Защита ВКР	

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение трудоемкости работ каждого из участников проводимого исследования является важным моментом, поскольку именно трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки.

Трудоемкость выполнения исследовательской работы оценивается опытно-статистическим методом. Для расчета ожидаемого значения трудоемкости применим формулу 4.1. Результаты вычислений представлены в таблице 4.7:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{min\,i} + 2t_{max\,i}}{5} \qquad (2)$$

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

выполнения заданной i-ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_р$, которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{р_i} = \frac{t_{ож_i}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

Таблица 4.7 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ											
	$t_{min\ i}$, чел-дни			$t_{max\ i}$, чел-дни			$t_{ож\ i}$, чел-дни			*Tpi*		
	С	Н	А	С	Н	А	С	Н	А	С	Н	А
Составление и утверждение технического задания	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-
Выбор направления исследования	1	1	-	1	1	-	1	1	-	0,5	0,5	-
Подбор и изучение литературы по теме исследования	5	-	-	7	-	-	5,8	-	-	5,8	-	-
Календарное планирование работ по теме	1	1	-	1	1	-	1	1	-	0,5	0,5	-
Изучение методик проведения эксперимента	2	-	-	3	-	-	2,4	-	-	2,4	-	-
Проведение экспериментальной части исследования	10	-	10	30	-	30	18	-	18	18	-	18
Оценка полученных результатов и определение полученных закономерностей	5	5	-	7	7	-	5,8	5,8	-	5,8	5,8	-
Оформление отчета ВКР	20	-	-	25	-	-	22	-	-	22	-	-

Сдача работы на рецензию	2	-	-	3	-	-	2,4	-	-	2,4	-	-
Подготовка к защите дипломной работы	5	-	-	7	-	-	5,8	-	-	5,8	-	-
Защита дипломной работы	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-

Сокращения: С – студент; Н – научный руководитель; А – аспирант.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломной работы студент становится участником сравнительно небольшой по объему научной темы. Именно поэтому более удобным и наглядным является построение ленточного графика научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, которые характеризуются датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика длительность каждого из этапов работ переводят из рабочих дней в календарные дни. Для перевода рабочих дней в календарные используется следующая формула:

$$T_{k_i} = T_{p_i} \cdot k_{\text{кал}}, \tag{4}$$

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1{,}48, \tag{5}$$

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

Результаты расчетов представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	T_{pi}			T_{ki}		
	С	Н	А	С	Н	А
Составление и утверждение технического задания	-	1	-	-	1	-
Выбор направления исследования	0,5	0,5	-	1	1	-
Подбор и изучение литературы по теме исследования	5,8	-	-	9	-	-
Календарное планирование работ по теме	0,5	0,5	-	1	1	-
Изучение методик проведения эксперимента	2,4	-	-	4	-	-
Проведение экспериментальной части исследования	18	-	18	27	-	27
Оценка полученных результатов и определение полученных закономерностей	5,8	5,8	-	8	8	-
Оформление отчета ВКР	22	-	-	33	-	-
Сдача работы на рецензию	2,4	-	-	3	-	-
Подготовка к защите дипломной работы	5,8	-	-	8	-	-
Защита дипломной работы	1	-	-	2	-	-

На основании таблиц 4.7 и 4.8 составляем календарный план-график, который наглядно показывает продолжительность работы исполнителей (таблица 4.9). Длительность работ в рабочих днях для научного руководителя, студента и аспиранта составляют 8, 64 и 18 соответственно, в календарных днях – 11, 96 и 27.

Таблица 4.9 – Календарный план – график проведения научных исследований

№ работ	Исполнитель	T_{ki}, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
			Январь		Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Н	1	■															
2	Н	1		■														

	С																	
3	С	9																
4	Н	1																
	С																	
5	С	4																
6	С	27																
	А																	
7	С	8																
8	С	33																
9	С	3																
10	Н	8																
	С																	
11	С	2																
– научный руководитель; – студент; – аспирант																		

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета проекта должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям: материальные затраты, затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, основная заработная плата исполнителей темы, дополнительная заработная плата исполнителей темы, отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления), затраты научные и производственные командировки, контрагентные расходы, накладные расходы.

4.2.4.1 Планирование материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$З_{м} = (1 + k_{Т}) \cdot \sum_{i=1}^{m} Ц_i \cdot N_{расх_i}, \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{расх_i}$ – количество материальных ресурсов i-го вида, планируемых к использованию при выполнении научного

исследования (шт., кг, м, м^2 и т.д.); Ц$_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м^2 и т.д.); $k_{\text{Т}}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Принимаем $k_{\text{Т}} = 10$ % от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для проведения исследования приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы ($З_м$), руб.		
		Исп.1.	Исп.2.	Исп.3.		Исп.1.	Исп.2.	Исп.3.
Образцы дизельного топлива	л	7	7	7	50	350	350	350
Пипетки мерные на 2,5 мл	шт.	2	2	2	450	900	900	900
Цилиндры мерные 100 см^3	шт.	-	2	2	300	-	600	600
Флакон пенициллиновый	шт.	50	-	-	9	450	-	-
Стакан стеклянный лабораторный 50 см^3	шт.	4	4	4	120	480	480	480
Термометр жидкостной	шт.	-	2	2	500	-	1000	1000
Пробирка с двойными стенками	шт.	-	2	2	1500	-	3000	3000
Всего за материалы						2180	6330	6330
Транспортно-заготовительные расходы						218	633	633
Итого						2398	6963	6963

4.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в

калькуляции в виде амортизационных отчислений. Результаты расчетов представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для экспериментальных работ

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп.1.	Исп.2.	Исп.3.	Исп.1.	Исп.2.	Исп.3.
Прибор для измерения низкотемпературных свойств	1	230	284,4	242	264,5	327,06	278,3
Ноутбук	1	27			31,05		
Итого					295,55	358,11	309,35

4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата работников $З_{зп}$, непосредственно занятых выполнением НТИ, с учетом дополнительной (20 % от $З_{осн}$) рассчитывается по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}. \quad (7)$$

Основная заработная плата $З_{осн}$ рассчитывается исходя из продолжительности работ $T_р$ (раб. дн.) и среднедневной заработной платы $З_{дн}$ по формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_р. \quad (8)$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д}, \quad (9)$$

где $З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.; М – количество месяцев работы без отпуска в течении года (при 24 днях М=11,2 мес., при 48 днях М=10,4

мес.); $F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (Таблица 4.11).

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$З_м = З_{тс} \cdot \left(1 + k_{пр} + k_д\right) \cdot k_р, \quad (10)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3; $k_д$ – коэффициент доплат и надбавок, равный 0,5; $k_р$ – районный коэффициент, равный для Томска 1,3.

Для расчета основной заработной платы необходим баланс рабочего времени (Таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времен	Руководитель	Студент	Аспирант
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	 44 14	 48 14	 48 14
Потери рабочего времен – отпуск – невыходы по болезни	 48 0	 24 0	 24 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	259	275	275

Результаты расчета основной заработной платы представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$З_м$, руб.	$З_{дн}$, руб.	$T_р$, раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	36800	0,3	0,5	1,3	77280	3103,14	8	24825,1
Студент	4650	-	-	1,3	6045	246,2	64	15756,6
Аспирант	8521	-	-	1,3	11077,3	451,15	18	8120,7
Итого								48702,4

4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за

отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.). Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (принимаем равным 0,15).

Таблица 4.14 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Студент	Аспирант
Основная зарплата	24825,1	15756,6	8120,7
Дополнительная зарплата	3723,77	2363,5	1218,2
Итого по статье $С_{зп}$	28548,9	18120	9338,9

4.2.4.5 Отчисление во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, численно равный 30 %. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Заработная плата, руб.	$k_{внеб}$	Размер отчислений, руб.
Руководитель	28548,9	0,30	8621,8
Студент	18120		5472,2
Аспирант	9338,9		2820,3
Итого			16914,3

4.2.4.6 Накладные расходы

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

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

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов принимаем равным 16 %.

С учетом принятого коэффициента накладные расходы составят:

$$З_{накл_{исп1}} = (2398 + 295550 + 48702{,}4 + 7305{,}47 + 16914{,}3) \cdot 0{,}16 = 59339{,}2 \text{ руб.} \quad (14)$$

$$З_{накл_{исп2}} = (6963 + 358110 + 48702{,}4 + 7305{,}47 + 16914{,}3) \cdot 0{,}16 = 70079{,}2 \text{ руб.} \quad (15)$$

$$З_{накл_{исп3}} = (6963 + 309350 + 48702{,}4 + 7305{,}47 + 16914{,}3) \cdot 0{,}16 = 62277{,}6 \text{ руб.} \quad (16)$$

4.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1.	Исп.2.	Исп.3.	
1. Материальные затраты НТИ	2398	6963	6963	Пункт 4.2.4.1

2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	295550	358110	309350	Пункт 4.2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	48702,4	48702,4	48702,4	Пункт 4.2.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7305,47	7305,47	7305,47	Пункт 4.2.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	16914,3	16914,3	16914,3	Пункт 4.2.4.5
6. Накладные расходы	59339,2	70079,2	62277,6	Пункт 4.2.4.6
Бюджет затрат НТИ	430209,4	508074	451513	Сумма ст.1-6

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \tag{17}$$

где $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения; Φ_{max}– максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Для альтернатив разработки:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.1}} = \frac{430209{,}4}{508074} = 0{,}85, \tag{18}$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.2}} = \frac{508074}{508074} = 1, \tag{19}$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.2}} = \frac{451513}{508074} = 0{,}89, \tag{20}$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^{n} a_i \times b_i \quad (21)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;b_i^a, b_i^p– бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп. 2	Исп. 3
1. Эффективность	0,25	5	4	4
2. Материалоемкость	0,2	5	4	4
3. Безопасность	0,1	5	4	4
4. Простота эксплуатации	0,15	5	4	3
5. Ремонтопригодность	0,15	4	5	5
6. Надежность	0,15	4	5	5
Итого	1	4,7	4,3	4,15

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

$$I_{\text{исп}.i} = \frac{I_{\text{р-исп}.i}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}.i}}. \quad (22)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 4.18.

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

$$Э_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.2}}}{I_{\text{исп.1}}}. \quad (23)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,85	1	0,89
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	4,3	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	5,53	4,3	4,66
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,778	0,843

При сравнении полученных данных таблицы 4.18 замечаем, что реализация проекта в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Выводы по разделу:

В данном разделе было проведено сегментирование рынка и анализ дальнейших потребителей. Для анализа сильных и слабых сторон проекта, а также возможностей и угроз, проведен SWOT-анализ. Также представлены результаты планирования научно-исследовательской работы: определена структура работ в рамках научного исследования, определены участники отдельных работ и установлены продолжительности работ. Спланирован бюджет научно-технического исследования.

Показатели финансовой и ресурсной эффективности позволяют сделать вывод о том, что выбранный способ улучшения низкотемпературных свойств наиболее оптимален.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Дизельное топливо является одним из наиболее востребованных топлив на рынках нефтепродуктов. Разработка мероприятий, направленных на улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив, является актуальной задачей нефтяной промышленности на сегодняшний день. Введение депрессорных присадок позволяет получить топливо, удовлетворяющее жестким требованиям технического регламента. Однако для оптимального депрессорного эффекта необходимо найти закономерности влияния углеводородного состава и физико-химических свойств дизельного топлива на его низкотемпературные свойства.

Объектом исследования являются образцы дизельных топлив различных углеводородных составов. Для каждого образца были определены физико-химические свойства и углеводородный состав.

Экспериментальная часть проводилась в лаборатории в 129 аудитории 2-го корпуса ТПУ. Рабочая зона представляет собой аудиторию, оборудованную системами отопления, кондиционирования воздуха. Освещение рабочего места комбинированное – сочетание естественного света из окон и искусственного. Рабочее место представляет собой вытяжной шкаф с подведенными к нему коммуникациями и установленной раковиной - мойкой.

Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном разделе рассмотрены правовые нормы трудового законодательства и их особенности, применимые к условиям научно – исследовательского проекта.

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

Согласно статье 216 ТК РФ каждый работник имеет право на [18]:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- гарантии и компенсации в связи с работой с вредными и (или) опасными условиями труда, включая медицинское обеспечение;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

Повышенные или дополнительные гарантии и компенсации работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, могут устанавливаться коллективным договором, локальным нормативным актом работодателя с учетом финансово-экономического положения работодателя.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Экспериментальная часть работы осуществлялась в 129 лаборатории 2 корпуса Томского политехнического университета. Лаборатория оборудована

индивидуальной системой вентиляции, не связанной с вентиляцией других помещений, водоснабжением и канализацией. Полы выполнены из жаростойкой и гидрофобной керамогранитной плитки.

Все работы с вредными, легколетучими веществами в лабораторных условиях производятся в вытяжных шкафах, которые обеспечивают изоляцию работающих от опасной среды. Используются специальные комплексные установки, состоящие из стола, покрытого органическим стеклом, с подведенн ыми к нему коммуникациями, вытяжного шкафа и раковины - мойки. Помещен ие оснащено естественными и искусственными источниками освещения.

Общая площадь химической лаборатории составляет 127,8 м^2 и рассчитывается из условия 4,5 м^2 на одного человека и максимального числа одновременно занимающихся человек.

5.2 Производственная безопасность

В данном подразделе проанализированы вредные и опасные факторы, которые могут возникать при исследовании углеводородного состава и физико-химических свойств дизельного топлива в лабораторных условиях.

5.2.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов

В таблице 5.1 представлены потенциально опасные и вредные факторы [19-25].

Таблица 5.1 – Потенциально опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Воздействие химических веществ		+	+	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

2. Повышенный уровень шума		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
3. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
4.Производственные факторы, связанные с электрическим током		+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
5. Пожарная опасность		+	+	ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
6. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

5.2.1.1 Воздействие химических веществ

При работе с химическими реактивами в воздух поступают пары, газ или пыль, которые могут обладать ядовитыми или раздражающими свойствами. К химическим опасным и вредным факторам относится действие химических веществ: токсическое, раздражающее, канцерогенное, мутагенное. Воздействие на человека может происходить 3 путями: через дыхательные пути, пищеварительную систему и кожный покров.

Перечень веществ, используемых при проведении анализа, значения их предельно допустимой концентрации (ПДК) в рабочей зоне, класс опасности, а также воздействие на человека приведены в таблице 5.2 [26-28].

Таблица 5.2 – Перечень вредных веществ, выделяемых в воздух рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК, мг/м^3	Класс опасности	Воздействие на организм
Дизельное топливо	300	4	Высокие концентрации паров алифатических предельных углеводородов действуют на центральную нервную систему человека и оказывают наркотическое

			воздействие при вдыхании. Дизельное топливо раздражает слизистые оболочки и кожу человека, вызывая их поражение и кожные заболевания. Длительный контакт с дизельным топливом приводит к изменению функции центральной нервной системы и повышает заболеваемость органов дыхания.
Гексан	300	4	Соединение способно накапливаться в организме, что особенно губительно для нервной системы. Гексан оказывает токсическое действие при вдыхании, всасывании через кожу и попадании внутрь.Разовое отравление при вдыхании большой дозы вызывает головную боль, тошноту, потерю сознания. При длительном воздействии признаки отравления нарастают: головокружение, апатия, снижение аппетита, онемение конечностей.
Толуол	50	3	Вещество может всасываться в организм при вдыхании, через кожу и через рот. Опасное загрязнение воздуха будет достигаться довольно быстро при испарении этого вещества при 20°С. Вещество раздражает глаза и дыхательные пути. Воздействие может вызвать депрессию центральной нервной системы. Воздействие в большой дозе может вызвать сердечную аритмию, потерю сознания и смерть.
Этиловый спирт	1000	4	Симптомы воздействия этанола могут включать раздражение глаз, кожи и носа, сонливость и головную боль. Другие симптомы могут включать ступор, тошноту, психическое возбуждение или депрессию, рвоту. Воздействие высоких концентраций паров этанола может вызвать раздражение глаз, кожи и дыхательных путей, потерю координации (атаксия), сонливость, потеря сознания.

При накоплении в воздухе таких веществ могут возникнуть острые отравления. Для исключения загазованности и возможного отравления опасные химические эксперименты необходимо вести при включенной приточно-вытяжной вентиляции или в вытяжном шкафу.

Для снижения риска химического воздействия в лаборатории разрешается работать только в полагающейся для каждого вида работ спецодежде (халат, перчатки из химически стойких материалов, защитные очки, респиратор или маска). Для исключения возможного внесения в организм вредных и ядовитых веществ в лаборатории запрещается хранить и принимать пищу, как и использовать лабораторную посуду в этих целях, а также курить.

Также при работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования техники безопасности [20]:

1. При работе с химическими реактивами в лаборатории должно находиться не менее двух сотрудников.
2. Приступая к работе, сотрудники обязаны осмотреть и привести в порядок свое рабочее место, освободить его от ненужных для работы предметов.
3. Перед работой необходимо проверить исправность оборудования, рубильников, наличие заземления и пр.
4. Работа с едкими и ядовитыми веществами, а также с органическими растворителями проводится только в вытяжных шкафах.
5. Работы, при которых возможно повышение давления, перегрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов, также выполняются в вытяжных шкафах. Работающий должен надеть защитные очки (маску), перчатки и фартук.
6. При работах в вытяжном шкафу створки шкафа следует поднимать на высоту не более 20 – 30 см так, чтобы в шкафу находились только руки.
7. При работе с химическими реактивами необходимо включать и выключать вытяжную вентиляцию не менее чем за 30 минут до начала, и после окончания работ.

8. Смешивание или разбавление химических веществ, сопровождающееся выделением тепла, следует проводить в термостойкой или фарфоровой посуде.

5.2.1.2 Повышенный уровень шума

Для химической лаборатории характерны следующие виды шумов:

- механический шум (при трении, биении узлов и деталей машин делительных воронок, механической мешалки);
- аэрогидродинамический шум (возникает в аппаратах при больших скоростях движения газа или жидкости и при резких направлениях их движения и давления).

В результате длительного воздействия шума нарушается нормальная деятельность сердечно-сосудистой и нервной систем, пищеварительных и кроветворных органов, развивается профессиональная тугоухость, прогрессирование которой может привести к полной потере слуха.

В лаборатории выполняются измерительные и аналитические работы, требующие сосредоточенности, при которых максимальный уровень шума составляет 75 дБА [21].

Основными мерами борьбы с шумом в лаборатории является их ослабление или ликвидация непосредственно в источнике их образования. Это достигается следующими мероприятиями:

- подбором рабочего оборудования, которое обладает меньшими шумовыми характеристиками;
- использованием специальных технических средств, таких как защитные экраны, кожухи, звукопоглощающие покрытия и изоляция;
- ограничением продолжительности и интенсивности воздействия шума до приемлемого уровня риска;
- обязательным использованием средств индивидуальной защиты органов слуха.

Для защиты органов слуха и нервной системы применяются средства индивидуальной защиты такие, как противошумные наушники, вкладыши (беруши), шлемы. Важно обеспечивать контроль уровней шума на рабочих местах не реже одного раза в год. Условия труда по шумовому фактору в лаборатории №129 2-го корпуса ТПУ соответствуют допустимым нормам.

5.2.1.3 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Освещенность является важнейшим параметром на рабочем месте, обеспечивающим комфортные условия, повышенную эффективность и безопасность труда, снижающим утомление и травматизм, сохраняющим высокую работоспособность.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию, сонливость, а в некоторых случаях способствуют развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности.

Для обеспечения рационального освещения (отвечающего техническим и санитарно-гигиеническим нормам) в лаборатории применяется естественное и искусственное освещение. Нормативы естественной и искусственной освещенности приведены в таблице 5.3 [22].

В дневное время помещение лаборатории освещается через оконные проемы. При недостаточном естественном освещении или в темное время суток применяется искусственное освещение, которое осуществляется с помощью электрических источников света.

Таблица 5.3 – Параметры естественной и искусственной освещенности

Помещение	Естественное освещение, %	Совмещенное освещение	Искусственное освещение, лк

	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При комбинированном освещении	При общем освещении	Показатель дискомфорта, М, не более
Лаборатория	3,5	1,2	2,1	0,7	500	400	40

Мероприятия по обеспечению нормативных уровней освещенности в установках внутреннего освещения в большинстве случаев сводятся к установке более мощных ламп в светильниках, дополнительного количества светильников или дополнительного светильника для местного освещения рабочей поверхности, а также чистке светильников и замене перегоревших световых приборов.

Так как в дневное время помещение лаборатории освещается через оконные проемы, поэтому регулярная чистка окон является необходимым для обеспечения требуемой освещенности.

Согласно [22] освещенность в аудитории 129, 2 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

5.2.1.4 Производственные факторы, связанные с электрическим током

Помещение лаборатории относится к категории помещений с повышенной электроопасностью по степени поражения людей электрическим током, так как возможно одновременное прикосновение к заземленным металлоконструкциям и к металлическим корпусам электрооборудования.

Все работы в лаборатории проводят только при исправных электрооборудовании и электросетях. Неисправность может привести к поражению людей электрическим током, перегреву токопроводящих частей электроустановок, короткому замыканию.

Основным нормативным документом, устанавливающим требования по электробезопасности, является ГОСТ 12.1.038-82 [29].

Согласно [30] для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства:

- защитные оболочки;
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную);
- изоляцию рабочего места;
- малое напряжение;
- защитное отключение;
- предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы:

- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциала;
- систему защитных проводов;
- защитное отключение;
- изоляцию нетоковедущих частей;
- электрическое разделение сети;
- малое напряжение;
- контроль изоляции;
- компенсация токов замыкания на землю;
- средства индивидуальной защиты.

С целью предотвращения поражения людей электрическим током в лаборатории соблюдаются следующие меры безопасности: полная изоляция всех токоведущих элементов, исправность защитных устройств.

При эксплуатации электроприборов и аппаратов необходимо строго руководствоваться правилами, изложенными в техническом паспорте. Приборы в лаборатории заземлены, если этого требует инструкция по их эксплуатации. Ежемесячно проверяется исправность электроприборов. Особое внимание уделяется круглосуточно работающим электроприборам. При нарушении работы электроприбора (запах, выделение дыма, изменение характера шума и т.д.) прибор отключают от сети и не используют до проверки и проведения необходимого ремонта. Все неисправности электрооборудования и электросети устраняют специально обученные и имеющие специальный допуск персонал.

5.2.1.5 Пожарная опасность

Химическая лаборатория относится к категории помещений по пожарной опасности В1, класс зоны помещения П-IIа так как там имеются твердые горючие вещества и материалы. Класс возможных пожаров А (горение твердых горючих веществ органического происхождения) и Е (объект тушения находится под электрическим напряжением).

Причинами возникновения пожара могут быть:

- неисправности электроустановок;
- неосторожное обращение с огнем (сжигание горючих отходов, курение в запрещенных местах и др.);
- нарушение требований пожарной безопасности при проведении ремонтных работ (электрогазосварочные, резательные, теплоизоляционные и гидроизоляционные работы);
- нарушение технологического процесса производства (неисправность учебного оборудования, пользование неисправными бытовыми электроприборами);
- неисправности систем отопления и нарушение требований пожарной безопасности при эксплуатации отопительных приборов;

- неисправности систем вентиляции и нарушение требований пожарной безопасности при эксплуатации вентиляционных аппаратов и приборов;
- нарушение правил хранения материалов.

Особая осторожность в лаборатории необходима при работе с легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) – толуолом, дизельным топливом и т.д. Для предотвращения возможности возгорания необходимо внимательно следить за тем, чтобы вблизи нагревательных приборов и особенно вблизи открытого пламени не находились ЛВЖ, чтобы с нагретой поверхностью электроплитки и с открытым пламенем не соприкасались резиновые шланги, бумага, полотенце, рукава халата, длинные волосы.

Все помещения химической лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь средства пожаротушения согласно [31].

Лаборатория должна быть оснащена пожарными кранами с пожарными рукавами. В каждом рабочем помещении должны быть в наличии огнетушители и песок, а в помещениях с огнеопасными и легковоспламеняющимися веществами – дополнительные средства пожаротушения. В помещении на видном месте должен быть вывешен план эвакуации сотрудников в случае возникновения пожара.

Каждый сотрудник, заметивший пожар, задымление или другие признаки пожара обязан:

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону;
- принять меры по ограничению распространения огня и ликвидации пожара;
- поставить в известность преподавателя, который в свою очередь должен известить сотрудников, принять меры к их эвакуации и ликвидации пожара.

Для ликвидации небольших очагов пожара на территории объекта имеются первичные средства тушения пожара – огнетушители ОП-3 (1 шт.) и ОУ-3 (1 шт.), ящики с песком, асбестовые одеяла (кошмы).

5.2.1.6 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Показателями, характеризующими микроклимат, являются температура воздуха, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные значения данных показателей обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах в помещениях приведены в таблице 5.4 [25].

Таблица 5.4 – Допустимые показатели микроклимата помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iа (до 139)	22-24	19-26	15-75	0,1
Тёплый	Iа (до 139)	23-25	20-29	15-75	0,2

Для поддержания температуры и относительной влажности в производственной лаборатории используют приточно-вытяжную вентиляцию, систему кондиционирования, центральное отопление. Также, для поддержания необходимых климатических условий необходимо регулярно проветривать помещение.

Для контроля температуры и относительной влажности в производственной лаборатории используют гигрометр психрометрический или электронный прибор определения температуры и относительной влажности, например, термогигрометр.

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

Для обеспечения снижения влияния опасных и вредных факторов при исследовании углеводородного состава и физико-химических свойств дизельного топлива могут быть предприняты следующие решения:

- систематический осмотр помещения, в котором проводят исследование, на наличие вышедших из строя осветительных приборов;
- осмотр систем отопления, проверка толщины стен, проверка утеплителя в холодное время года;
- систематическая проверка влажности на предмет отклонения от допустимой нормы;
- установка термометра для определения возможного отклонения от допустимых показателей температуры на рабочем месте;
- систематическая проверка вентилятора и вытяжки на предмет некорректной работы.

5.3 Экологическая безопасность

Существует два основных подхода к проблеме защиты окружающей среды:

- путем максимально эффективной очистки;
- путем создания замкнутой безотходной технологической системы.

Для лаборатории наиболее оптимален выбор первого варианта.

5.3.1 Воздействие на атмосферу

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то для очистки достаточно использование адсорбционного фильтра. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента. В качестве адсорбента наиболее часто используют активированный

уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров [32].

5.3.2 Воздействие на гидросферу

Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию [33,34].

5.3.3 Воздействие на литосферу

Твердые отходы собираются в специальные сборники и транспортируются для утилизации. Наиболее опасными отходами для литосферы в условиях лаборатории являются отработанные люминесцентные лампы, относящиеся к 1 классу опасности. Их утилизация производится согласно [35].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС)

В данном подразделе представлен анализ возможных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть в лаборатории при исследовании углеводородного состава и физико-химических свойств дизельного топлива, а также подбору наиболее оптимального количества депрессорной присадки.

5.4.1 Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения

К чрезвычайным ситуациям, которые может инициировать объект исследования, относят:

- производственные аварии;
- стихийные бедствия;
- социальные конфликты.

В любой лаборатории всегда существует вероятность возникновения аварийной ситуации. Для ликвидации аварии разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий. В аварийных ситуациях, когда атмосфера лаборатории внезапно оказывается зараженной ядовитыми парами или газами, оставаться в помещении для ликвидации последствий аварии только в противогазе, при отключенных нагревательных приборах. После дезактивации помещение необходимо проветрить. При возникновении пожара необходимо отключить электронагревательные приборы, вентиляцию, убрать огнеопасные вещества в безопасное место, одновременно, по возможности ликвидировать очаг.

При стихийном бедствии необходимо оповестить всех работников лаборатории об угрозе возникновения бедствия.

При поступлении сигнала о возможном инциденте все работники лаборатории должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, после чего в лаборатории отключается электроэнергия, водоснабжение. При необходимости персонал эвакуируется в безопасное место [36].

5.4.2 Выбор наиболее типичной ЧС

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией в лаборатории могут являться производственные аварии, вызванные выходом из строя отсеков с хранением образцов дизельного топлива, самовозгоранием топлива, пожаром в лаборатории. Для ликвидации аварии на производстве разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий, представленные в разделе 5.4.1.

5.4.3 Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС

Мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций [37]:

- систематическая диагностика оборудования;
- обслуживание и ремонт вентиляторов, вытяжных шкафов, осветительных приборов;
- наличие современных сигнализаций и приборов контроля в помещении для исследования;
- систематический инструктаж персонала;
- планы поддержания рабочего состояния лаборатории после чрезвычайной ситуации или катастрофы;
- план реагирования в случае террористических действий.

Выводы по разделу:

При анализе условий труда на рабочем месте, где выполнялось исследование углеводородного состава и физико-химических свойства дизельного топлива, делаем вывод, что исследовательская лаборатория, удовлетворяет предъявляемым требованиям и нормам.

Работа в лаборатории не повлияет на здоровье исследователя при соблюдении техники безопасности и правил работы. Действие вредных и опасных факторов в лаборатории сведено к минимуму.

Микроклимат, освещение и уровень шума удовлетворяют требованиям, так же соблюдены все требования по электро- и пожароопасности.

При соблюдении правил утилизации отходов, деятельность в лаборатории не представляет опасности для экологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы было исследовано влияние физико-химических свойств и углеводородного состава на низкотемпературные свойства дизельных топлив в присутствии депрессорной присадки и без нее. Выявлена основные факторы, влияющие на низкотемпературные свойства топлив и его приемистость к депрессорной присадке.

Установлено, что различия, наблюдающиеся в углеводородном составе дизельных топлив, обуславливают различия в их физико-химических и низкотемпературных свойствах. При этом, в большей степени оказывают влияние на низкотемпературные свойства такие характеристики, как содержание н- парафинов и значение коэффициента нормальности парафинов.

Установлено, что влияние углеводородного состава на низкотемпературные свойства дизельного топлива наиболее точно может быть отражено через значения широты фракционного состава, температуры выкипания 10% и 90% фракций: с уменьшением значений данных показателей низкотемпературные характеристики дизельного топлива улучшаются. Это указывает на то, что наличие углеводородов с высокими температурами кипения в большей степени влияет на низкотемпературные свойства.

Наилучшими низкотемпературными свойствами среди рассматриваемых дизельных топлив обладает образец ДТ №2, для которого наблюдаются наименьшие значения температуры застывания (-33,7 °С) и ПТФ (-27,0 °С). Данный образец дизельного топлива характеризуется высоким содержанием парафинов (62,58 % масс.), обладает самым узким фракционным составом 113 °С и самыми низкими температурами выкипания 10% и 90 % фракции – 186,5°С и 299,5 °С соответсвенно.

Наихудшими низкотемпературными свойствами обладает образец ДТ№4, $Т_з$ = -14,3 °С и $Т_{птф}$ = -6,4 °С. Для данной фракции характерно высокое содержание парафинов (63,46 % масс.), самый широкий фракционный состав

162 °С и самые высокие температуры выкипания 10% и 90 % фракции – 196°С и 358 °С соответственно.

Анализ молекулярно-массового распределения показал, что увеличение содержания в топливе короткоцепочечных парафинов с длинной цепи C_{10}-C_{16} оказывает положительный эффект на низкотемпературные свойства, тогда как содержание н-парафинов C_{18}-C_{28} негативно влияет на температуру застывания и ПТФ. Таким образом для улучшения низкотемпературных характеристик дизельного топлива необходимо увеличивать соотношение короткоцепочечных к длинноцепочечным н-парафинам.

Результаты исследования изменения низкотемпературных свойств от концентрации вводимой депрессорной присадки подтвердили влияние углеводородного состава дизельных топлив на эффективность присадки. Наилучшая приемистость к депрессорной присадке наблюдается у образцов с широким фракционным составом, при этом максимальный депрессорный эффект наблюдается для образцов с высокой концентрацией тяжелых парафинов C_{18}-C_{28}.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

№	Наименование работы, ее вид	Характер работы	Выходные данные	Объем, стр.	Соавторы
Публикации в ведущих рецензируемых научных Российских и зарубежных журналах и изданиях, входящих в перечень ВАК:2					
1	Исследование влияния углеводородного состава и физико-химических свойств дизельного топлива на изменение низкотемпературных свойств	Печатная	Химия. Экология. Урбанистика. - 2022 - Т. 4. - С.	3	Бердникова А.А.
2	Экспериментальные исследования влияния концентрации депрессорной присадки на изменение низкотемпературных свойств дизельных фракций	Печатная	Химия. Экология. Урбанистика. - 2020 - Т. 4. - С. 169-173	5	Машнич В. В. Францина Е.В. Майлин М. В.
Прочие публикации: 10					
1	Исследование низкотемпературных свойств дизельного топлива и их взаимосвязи с его углеводородным составом и физико-химическими свойствами	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке. В 2 томах, Томск, 16-19 Мая 2022. - Томск: ТПУ, 2022 - Т. 2 - С. 88-89	2	Бердникова А.А.
2	Исследование влияния углеводородного состава и физико-химических свойств дизельного топлива на изменение низкотемпературных свойств	Печатная	Проблемы геологии и освоения недр, Томск, 6-10 Апреля 2020. - Томск: Изд-во ТПУ, 2020 - Т. 2 - С.	2	Бердникова А.А.
4	Исследование влияния депрессорно-диспергирующих присадок на низкотемпературные свойства дизельного топлива	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке. В 2 томах, Томск, 17-20 Мая 2021. - Томск: ТПУ, 2021 - Т. 2 - С. 66-67	2	Мамец А. С. Бердникова А.А.
5	Расчеты низкотемпературных свойств дизельных топлив с использованием математической модели	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке. В 2 томах, Томск, 17-20 Мая 2021. - Томск: ТПУ, 2021 - Т. 2 - С. 82-83	2	Машнич В. В. Майлин М. В.
6	Сравнительный анализ физико-химических и эксплуатационных свойств дизельных фракций	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке, Томск, 21-24 Сентября 2020. - Томск: ТПУ, 2020 - С. 374-375	2	Коробер С. А. Машнич В. В.
7	Исследование низкотемпературных свойств дизельных фракций в присутствии депрессорной присадки	Печатная	Проблемы геологии и освоения недр, Томск, 6-10 Апреля 2020. - Томск: Изд-во ТПУ, 2020 - Т. 2 - С. 289-290	2	Мамец А. С. Каштанова П.Д.
8	Оценка термодинамических характеристик углеводородов, входящих в состав дизельных фракций, при изменении температуры	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке, Томск, 21-24 Сентября 2020. - Томск: ТПУ, 2020 - С. 398-399	2	Мамец А. С.

9	Сравнение низкотемпературных свойств дизельных и газойлевых фракций	Печатная	Проблемы геологии и освоения недр, Томск, 6-10 Апреля 2020. - Томск: Изд-во ТПУ, 2020 - Т. 2 - С. 307-308	2	Мамец А. С. Машнич В. В.
10	Экспериментальные исследования влияния концентрации депрессорной присадки на изменение низкотемпературных свойств дизельных фракций	Печатная	Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства, Омск, 26-29 Февраля 2020. - Омск: ОмГТУ, 2020 - С. 19-20		Машнич В. В.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. С.Г. Агаев, А.М. Глазунов, С.В. Гультяев, Н.С. Яковлев. Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив: монография. –Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. –145 с.

2. ГОСТ 305-2013 Топливо дизельное. Технические условия.

3. ГОСТ Р 32511 – 2013 Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия.

4. Аллаяров, А. Р. Методы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив / А. Р. Аллаяров, Е. М. Чащин // Новые технологии - нефтегазовому региону: Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 24–28 апреля 2017 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. – С. 19-22.

5. Применение жидких топлив при низких температурах / Б. А. Энглин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1980. - 207 с.: ил.; 20 см.

6. Камешков, А. В. Получение дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами (обзор) / А. В. Камешков, А. А. Гайле // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2015. – № 29(55). – С. 49-60.

7. Каталитическая депарафинизация средних дистиллятов / Г. В. Боженков, Д. В. Медведев, Е. В. Рудякова, Н. Д. Губанов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – Т. 10. – № 2(33). – С. 349-359.

8. Зеликова, К. А. Гидроочистка / депарафинизация дизельного топлива изомеризационного типа / К. А. Зеликова, М. Д. Смоликов // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: материалы 7-й международной научно-технической конференции, Омск, 24–28 апреля 2017 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2017. – С. 20-21.

9. Беркань, В. О. Исследование процесса гидроизомеризации н-алканов для улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив / В. О. Беркань, А. В. Мамлиева // Электронный научный журнал. – 2017. – № 1-1(16). – С. 49-50.

10. Улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива / Д. Ф. Осипенко, Е. В. Грохотова, Г. М. Сидоров, Э. Н. Фатхутдинова // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2019. – № 4. – С. 110-124.
11. Журавлев, А. В. Исследование влияния депрессорных присадок на низкотемпературные свойства нефти и на процесс образования асфальтосмолопарафиновых отложений / А. В. Журавлев, В. И. Павленина, Е. Ю. Пухова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2019. – № 2. – С. 104-112.
12. Тертерян, Р.А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам / Р.А. Тертерян. – М: Химия, 1990. – 237 с.
13. Frantsina E.V., Grinko A.A., Krivtsova N.I., Maylin M.V., Sycheva A.A. – Identification of hydrocarbon compositions of diesel fractions and assessment of their effect on fuel operational characteristics // Petroleum Science and Technology. – 2020. – Vol. 38. – No. 4. – P. 338-344.
14. Агаев С.Г., Глазунов А.М., Гультяев С.В., Яковлев Н.С. Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив: монография. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. – 145 с.
15. Мельчаков Д.А., Прошкин С.Е., Гавголенко Н.В., Бурюкин Ф.А. Влияние длиноцепных алканов на низкотемпературные характеристики дизельных топлив // Молодёжь и наука — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т. – 2011
16. Шевченко А.П., Сейфетдинов Д.Р. Оценка способов регулирования низкотемпературных свойств дизельных топлив//Технологии нефти и газа. - 2018. - №3. - С.16-23
17. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Сери, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р.Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. − Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014 – 36 с.

18 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
19 ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Поправками) [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200136071/titles – Дата обращения: 01.05.2022.
20 ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/5200233 – Дата обращения: 01.05.2022.
21 ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности» [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200118606 – Дата обращения: 01.05.2022.
22 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
23 ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
24 ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
25 СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".
26 ГОСТ 5962-2013 Спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья. Технические условия: дата введения 1976-01-01. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200006220 – Дата обращения: 01.05.2022.
27 ГОСТ 5789-78 Реактивы. Толуол. Технические условия. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200006220 – Дата обращения: 01.05.2022.
28 ГОСТ 5789-78 Топливо дизельное. Технические условия. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200107826 – Дата обращения: 01.05.2022.
29 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

30 ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
31 СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071156 – Дата обращения: 02.05.2022.
32 ГОСТ 17.2.3.02-78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями» [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200001355 – Дата обращения: 02.05.2022.
33 ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
34 ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.
35 ГОСТ Р 52105-2003 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения» [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200032452/ – Дата обращения: 02.05.2022.
36 ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения» [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200139176 – Дата обращения: 02.05.2022.
37 ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.