

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
 Специальность 18.04.01 Химическая технология
 ООП Химическая технология топлива и газа
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА

Тема работы
Разработка рецептур низкозастывающих топлив смешением с депрессорными присадками на базе дизельных фракций различного состава

УДК 665.753.4.038.64

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ02	Керн Регина Евгеньевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Киргина Мария Владимировна	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер-исследователь ОХИ ИШПР	Богданов Илья Александрович	—		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОХИ ИШПР	Ивашкина Елена Николаевна	д.т.н.		

**Запланированные результаты обучения
по образовательной программе «Химическая технология топлива и газа»
(направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»)**

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС (самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта)
Общекультурные (универсальные) компетенции	
УК(У)-1	Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действия
УК(У)-2	Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способность организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способность анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способность определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОПК(У)-3	Способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки
ОПК(У)-4	Готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез
ОПК(У)-5	Готовность к защите объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, разрабатывать задания для исполнителей
ПК(У)-2	Готовность к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи
ПК(У)-3	Способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты
Дополнительные профессиональные компетенции (профессиональные компетенции, установленные университетом)	
ДПК(У)-1	Готовность к решению профессиональных производственных задач – контролю технологического процесса, разработке параметров проведения технологического процесса, разработке технологических расходных коэффициентов сырья и материалов, энергоресурсов, к выбору основного и вспомогательного оборудования
ДПК(У)-2	Способность использовать математические модели и пакеты прикладных программ для описания и прогнозирования различных явлений
ДПК(У)-3	Способность проводить технологические и технические расчеты по проектам, технико-экономический анализ проекта
ДПК(У)-4	Способность разрабатывать учебно-методической документации для реализации образовательных программ

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
 Специальность 18.04.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

Ивашкина Е.Н.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Выпускной квалификационной работы магистра (ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)
--

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ02	Керн Регине Евгеньевне

Тема работы:

Разработка рецептур низкозастывающих топлив смешением с депрессорными присадками на базе дизельных фракций различного состава	
Утверждена приказом директора ИШПР (дата, номер)	от 28.01.2022 г. № 28-93/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2022 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Образцы прямогонного дизельного топлива, образцы депрессорных присадок.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Литературный обзор 1.1 Дизельное топливо: состав, свойства, марки 1.2 Депрессорные присадки 1.3 Обзор современных депрессорных присадок к топливам 2 Объект и методы исследования 2.1 Объект исследования 2.2 Методы исследования характеристик дизельных топлив и их смесей с депрессорными присадками 3 Расчеты и аналитика 3.1 Результаты определения состава и характеристик образцов дизельного топлива

	<p>3.2 Результаты определения низкотемпературных характеристик смесей дизельных топлив с депрессорными присадками в условиях варьирования концентрации депрессорных присадок</p> <p>4. Результаты исследования</p> <p>4.1 Анализ влияния концентрации депрессорных присадок на ПТФ дизельного топлива различного состава</p> <p>4.2 Анализ влияния концентрации депрессорных присадок на температуру застывания дизельного топлива различного состава</p> <p>4.3 Рекомендации по производству товарных топлив</p> <p>5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>6 Социальная ответственность</p>
--	--

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»	к.т.н., доцент ООД ШБИП Сечин А.А.

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

Литературный обзор

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Киргина М.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ02	Керн Регина Евгеньевна		

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 18.04.01 Химическая технология
 Уровень образования Магистратура
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии
 Период выполнения Весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

Выпускная квалификационная работа магистра (ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающегося:

Группа	ФИО
2ДМ02	Керн Регины Евгеньевны

Тема работы:

Разработка рецептур низкозастывающих топлив смешением с депрессорными присадками на базе дизельных фракций различного состава
--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2022 г.	Введение	10
15.03.2022 г.	Литературный обзор: дизельное топливо; состав и основные характеристики дизельного топлива; марки дизельного топлива; депрессорные присадки и механизм их действия.	15
01.04.2022 г.	Объект и методы исследования: образцы прямогонного дизельного топлива различного состава; смеси образцов дизельного топлива с депрессорными присадками; методики исследования основных характеристик дизельного топлива (плотность, вязкость, цетановый индекс, низкотемпературные характеристики); методики исследования состава дизельного топлива (фракционный состав, содержание серы, групповой и структурно-групповой состав).	15
15.04.2022 г.	Расчеты и аналитика: результаты определения состава и характеристик образцов дизельного топлива; результаты определения низкотемпературных характеристик смесей дизельных топлив с депрессорными присадками в различных концентрациях.	20
01.05.2022 г.	Результаты исследования: анализ влияния концентрации депрессорных присадок на предельную температуру фильтруемости и температуру застывания дизельного	20

	топлива различного состава; рекомендации по производству товарных топлив.	
20.05.2022 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Раздел «Социальная ответственность».	10
01.06.2022 г.	Выводы	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Киргина Мария Владимировна	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер-исследователь ОХИ ИШПР	Богданов Илья Александрович	—		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОХИ ИШПР	Ивашкина Елена Николаевна	д.т.н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ02	Керн Регина Евгеньевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ02	Керн Регина Евгеньевна

Школа	ИШПР	Отделение	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Химическая технология топлива и газа

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
Разработка рецептур низкосажающих топлив смешением с депрессорными присадками на базе дизельных фракций различного состава	Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета разработки	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет проекта 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		01.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ02	Керн Регина Евгеньевна		01.03.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2ДМ02		Керн Регина Евгеньевна	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	18.04.02 Химическая технология

Тема ВКР:

Разработка рецептур низкокзастывающих топлив смешением с депрессорными присадками на базе дизельных фракций различного состава

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования:</i> образцы прямогонного дизельного топлива <i>Область применения:</i> нефтеперерабатывающая промышленность <i>Рабочая зона:</i> лаборатория <i>Размеры помещения:</i> площадь 20 м², высота 4 м <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> аппарат для разгонки нефти, криостат, спектрометр, вискозиметр Штабингера <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> определение фракционного состава, основных и низкотемпературных характеристик ДТ</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N197-ФЗ (ред. от 16.12.2019). – 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).
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата; – Недостаточная освещенность; – Повышенный уровень шума; <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Горючесть, взрывоопасность и токсичность применяемых веществ; – короткое замыкание. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: тепловая изоляция трубопроводов, заземление аппаратуры, использование защитных костюмов, перчатки, беруши, наушники. Расчет: расчет минимального воздухообмена в помещении химической лаборатории</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Атмосфера: пары дизельного топлива, пары толуола, пары бензола; Гидросфера: разлив дизельного топлива на воде, разлив органических растворителей на воде;</p>

	Литосфера: загрязнение почвы нефтяными фракциями, загрязнение почвы химическими растворителями.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Вероятные чрезвычайные ситуации на рабочем месте: – пожар; – взрыв; – розлив реагентов и нефтепродуктов. Наиболее типичные ЧС: разлив реагентов и дизельного топлива.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
01.03.2022	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ02	Керн Регина Евгеньевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 113 страниц, 29 рисунков, 43 таблицы, 44 источника, 1 Приложение.

Ключевые слова: дизельное топливо, депрессорная присадка, низкотемпературные характеристики, концентрация присадки, углеводородный состав.

Работа представлена введением, 6 разделами и выводами, приведен список использованных источников.

Объектом исследования являются образцы прямогонного дизельного топлива различного состава и их смеси с депрессорными присадками в различных концентрациях. Предмет исследования – состав и характеристики образцов прямогонного дизельного топлива, смесей прямогонное дизельное топливо / депрессорная присадка; эффективность действия депрессорных присадок в условиях варьирования их концентрации.

Цель работы – разработка рецептур низкозастывающих дизельных топлив смешением с депрессорными присадками на базе дизельных топлив различного состава.

В результате исследования выявлены закономерности влияния концентрации депрессорных присадок на эффективность их действия при использовании на образцах дизельного топлива различного состава, а также выработаны рекомендации для производства товарных дизельных топлив различных марок смешением с депрессорными присадками.

Область применения: нефтеперерабатывающие предприятия, станции смешения нефтепродуктов.

Экономическая значимость работы: выявленные закономерности позволят эффективно подбирать оптимальную концентрацию присадок с учетом влияния состава дизельного топлива. Выработанные рекомендации позволят улучшить низкотемпературные характеристики топлив и повысить объемы производства низкозастывающих марок дизельного топлива.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	10
ВВЕДЕНИЕ.....	14
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	18
1.1 Дизельное топливо: состав, свойства, марки	18
1.2 Депрессорные присадки	21
1.2.1 Механизм действия депрессорных присадок.....	21
1.3 Обзор современных депрессорных присадок к топливам	23
1.3.1 Влияние концентрации депрессорной присадки на эффективность её действия	24
1.3.2 Разработка рецептур получения низкозастывающего дизельного топлива	25
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	27
2.1 Объект исследования.....	27
2.1.1 Приготовление смесей дизельного топлива с депрессорной присадкой.....	27
2.2 Методы исследования состава и характеристик дизельных топлив и их смесей с депрессорными присадками	28
3 РАСЧЁТ И АНАЛИТИКА	31
3.1 Результаты определения состава и характеристик образцов дизельного топлива	31
3.2 Результаты определения низкотемпературных характеристик смесей дизельных топлив с депрессорными присадками в условиях варьирования концентрации депрессорных присадок.....	33
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	35
4.1 Анализ влияния концентрации депрессорных присадок на предельную температуру фильтруемости дизельного топлива различного состава.....	36
4.2 Анализ влияния концентрации депрессорных присадок на температуру застывания дизельного топлива различного состава	40

4.3 Рекомендации по производству товарных топлив	49
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	50
5.1 Предпроектный анализ	51
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	51
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	51
5.1.3 SWOT-анализ.....	52
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	54
5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	56
5.2 Инициация проекта	56
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	58
5.3.1 Иерархическая структура работ проекта.....	58
5.3.2 План проект	59
5.4 Бюджет научного исследования	61
5.4.1 Организационная структура проекта	67
5.4.2 План управления коммуникациями проекта.....	67
5.4.3 Реестр рисков проекта	67
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	68
5.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования.....	68
5.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования	73
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	76
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76
6.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	76
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	78
6.2 Производственная безопасность	78

6.2.1 Отклонение показателей микроклимата.....	79
6.2.2 Повышенный уровень шума	80
6.2.3 Недостаточное освещение рабочей зоны	81
6.2.4 Поражение электрическим током.....	81
6.2.5 Токсичное воздействие веществ.....	82
6.3 Расчет минимального воздухообмена в помещении химической лаборатории	83
6.4 Экологическая безопасность.....	84
6.4.1 Воздействие на атмосферу	84
6.4.2 Воздействие на гидросферу	85
6.4.3 Воздействие на литосферу	85
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	85
ВЫВОДЫ.....	88
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	92
Приложение I.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Объем производства дизельного топлива с каждым годом растет. Согласно [1], в 2021 г. объем производства дизельного топлива составил 80,3 млн. тонн, что на 3,2 % превышает объем предыдущего периода. Тенденцию роста производства можно объяснить широкой областью потребления дизельного топлива: транспортный сектор экономики (легковые и грузовые автомобили, речные и морские суда, железнодорожный транспорт), сельское хозяйство, промышленность, строительство и прочее.

Важно отметить, большая часть различного оборудования и крупнотоннажной техники используется для работы в суровых климатических условиях, характерных для большей части территории Российской Федерации, что вызывает потребность в улучшении низкотемпературных характеристик дизельного топлива.

На сегодняшний день одним из наиболее эффективных и экономически выгодных способов улучшения низкотемпературных характеристик топлив является добавление депрессорных присадок. Но эффективность действия депрессора во многом зависит от состава топлива, что приводит к разному влиянию депрессорной присадки на низкотемпературные характеристики дизельного топлива различного состава. На эффективность действия присадки, помимо состава топлива, влияет также то, в какой концентрации используется депрессор.

В связи с чем особенно актуальным является выявление закономерностей влияния состава дизельного топлива и концентрации депрессора на эффективность его действия, а также разработка рецептов получения низкозастывающих топлив.

Таким образом, **целью работы** является разработка рецептов низкозастывающих дизельных топлив смешением с депрессорными присадками на базе дизельных топлив различного.

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

1. Экспериментально определить и проанализировать состав и характеристики исходных образцов прямогонного дизельного топлива. Оценить соответствие образцов прямогонного дизельного топлива требованиям стандартов;

2. Приготовить смеси прямогонное дизельное топливо / депрессорная присадка в различных концентрациях (рекомендованная производителем, кратно уменьшенная и кратно увеличенная);

3. Экспериментально определить и проанализировать низкотемпературные характеристики полученных смесей. Оценить соответствие низкотемпературных характеристик смесей требованиям стандартов;

4. Выявить закономерности влияния депрессорных присадок на низкотемпературные характеристики дизельных топлив различного состава. Выбрать оптимальные концентрации присадок, наиболее эффективные присадки.

5. Выявить закономерности влияния концентрации депрессорных присадок на эффективность их действия при использовании на образцах дизельного топлива различного состава;

6. Выработать рекомендации (оптимальные рецептуры) производства товарных дизельных топлив различных марок смешением с депрессорными присадками.

Объектом исследования в данной работе являются образцы прямогонного дизельного топлива различного состава и их смеси с депрессорными присадками в различных концентрациях.

Предмет исследования: состав и характеристики образцов прямогонного дизельного топлива, смесей прямогонное дизельное топливо / депрессорная присадка; эффективность действия депрессорных присадок в условиях варьирования их концентрации.

Научная новизна работы:

Выявлены закономерности влияния концентрации депрессорных присадок на эффективность их действия при использовании на образцах дизельного топлива различного состава:

1. Установлено, что чем ниже содержание в составе дизельного топлива ароматических углеводородов, тем при меньшей концентрации депрессорной присадки будет достигаться улучшение (снижение) предельной температуры фильтруемости.

2. Показано, что чем выше содержание в составе дизельного топлива парафиновых углеводородов, тем при меньшей концентрации депрессорной присадки будет достигаться улучшение (снижение) температуры застывания.

3. Установлено, что чем ниже содержание в составе дизельного топлива парафиновых и ароматических углеводородов, тем сильнее эффективность действия депрессорной присадки в отношении предельной температуры фильтруемости зависит от концентрации и тем меньше эффективность действия депрессорной присадки в отношении температуры застывания зависит от концентрации.

4. Показано, что чем выше содержание в составе дизельного топлива парафиновых углеводородов, тем меньше эффективность действия депрессорной присадки в отношении предельной температуры фильтруемости зависит от концентрации и тем сильнее эффективность действия депрессорной присадки в отношении температуры застывания зависит от концентрации.

Практическая значимость работы:

Выработаны рекомендации (оптимальные рецептуры) производства товарных дизельных топлив различных марок смешением с депрессорными присадками. Рекомендуется:

1. Для получения летнего топлива на основе образца дизельного топлива №1 использовать депрессорную присадку А в концентрации 0,5 у.е., присадки В и С в концентрации 2 у.е.

2. Для получения межсезонного топлива на основе образца дизельного топлива №2 использовать депрессорные присадки А и В в концентрации 0,5 у.е., депрессорную присадку С в концентрации 1 у.е.

3. Для получения зимнего топлива на основе образца дизельного топлива №2 использовать депрессорную присадку А в концентрации 2 у.е., депрессорную присадку В в концентрации 1 у.е., а на основе образца дизельного топлива №4 использовать депрессорную присадку А в концентрации 1 у.е., депрессорную присадку В в концентрации 0,5 у.е., депрессорную присадку С в концентрации 2 у.е.

4. Для получения арктического топлива на основе образца дизельного топлива №3 использовать ДП депрессорную присадку А в концентрации 2 у.е., депрессорную присадку В в концентрации 1 у.е.

Выявленные закономерности влияния концентрации депрессорных присадок на эффективность их действия позволят эффективно подбирать оптимальную концентрацию присадок с учетом влияния состава дизельного топлива. Выработанные рекомендации позволят улучшить низкотемпературные характеристики топлив и повысить объемы производства низкозастывающих марок дизельного топлива.

Апробация работы:

Основные результаты работы были представлены на Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке», 2021-2022 гг., Международном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», 2021 г., а также на Всероссийской конференции молодых ученых-химиков (с международным участием), 2021-2022 гг. По результатам исследования опубликовано 5 научных работ.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Дизельное топливо: состав, свойства, марки

Дизельное топливо (ДТ) – это нефтепродукт, состоящий из смеси различных углеводородов. Основными группами углеводородов, входящими в состав ДТ являются:

- Парафиновые углеводороды – насыщенные ациклические углеводороды, большая часть которых представлена в ДТ в виде n-парафинов (линейные углеводороды). На их долю приходится около 10-40 % от общего состава ДТ [2];

- Нафтенновые углеводороды (20-60 % состава ДТ [2]) – циклические насыщенные углеводороды;

- Ароматические углеводороды – углеводороды, характеризующиеся наличием в молекуле бензольного кольца. Составляют 15-30 % от общего состава ДТ [2].

Также в составе ДТ могут присутствовать смолисто-асфальтеновые вещества, серосодержащие соединения, вода и различные механические примеси.

Основными эксплуатационными свойствами ДТ являются [3]:

- Самовоспламеняемость – способность топлива воспламениться без источника зажигания. Определяет промежуток времени от впрыска топлива в двигатель до начала его горения. Характеризуется цетановым числом. Цетановое число – характеристика, показывающая быстроту возгорания ДТ в цилиндре. Характеризует быстроту запуска и эффективность работы двигателя, полноту сгорания топлива;

- Фракционный состав – является характеристикой испаряемости ДТ, способности к смесеобразованию в двигателе, а также склонности к образованию нагара;

- Плотность – оказывает влияние на смесеобразование и прокачиваемость ДТ;

- Вязкость – способность жидкости оказывать сопротивление перемещению его частиц под действием внешних сил;

- Низкотемпературные характеристики – позволяют оценить подвижность и возможность использования ДТ при низких температурах. К данным характеристикам относятся температуры помутнения, застывания и предельная температура фильтруемости (ПТФ);

- Температура вспышки – наименьшая температура, при которой пары ДТ, находящиеся в равновесии с жидкостью, способны вспыхивать в воздухе при воздействии источника зажигания, однако после его удаления устойчивое горение не наблюдается. Температура вспышки определяет безопасные условия применения ДТ;

- Смазывающая способность – основное свойство ДТ, определяющее срок службы элементов топливной системы. ДТ с недостаточной смазывающей способностью приведет к быстрому износу или нарушению работы движущихся элементов топливной системы.

В суровых климатических условиях, свойственных для большей части территории Российской Федерации, наиболее важными являются низкотемпературные характеристики ДТ. Наибольшее влияние на низкотемпературные характеристики ДТ оказывает содержание n-парафинов, так как при понижении температуры они первые подвергаются кристаллизации и образуют пространственные структуры.

Согласно техническому регламенту таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту», к ДТ предъявляются требования, указанные в таблице 1.1 [4]:

Таблица 1.1 – Требования, предъявляемые к характеристикам ДТ, согласно [4]

Характеристика ДТ	Единица измерения	Нормы в отношении экологического класса			
		К2	К3	К4	К5
Массовая доля серы, не более	мг/кг	500	350	50	10
Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже:					
для летнего и межсезонного ДТ	°С	40	40	55	55
для зимнего и арктического ДТ		30	30	30	30
Фракционный состав – 95 % об. перегоняется при температуре, не выше	°С	360	360	360	360
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, не более	%	-	11	11	8
Цетановое число для летнего ДТ, не менее	–	45	51	51	51
Цетановое число для зимнего и арктического ДТ, не менее	–	Не определяется	47	47	47
Смазывающая способность, не более	мкм		460	460	460
ПТФ, не выше					
летнее ДТ	°С	Не определяется			
межсезонное ДТ		-15	15	15	15
зимнее ДТ		-20	-20	-20	-20
арктическое ДТ		-38	-38	-38	-38

Согласно данным таблицы 1.1, с повышением экологического класса от К2 к К5, наблюдается ужесточение требований к характеристикам ДТ. К регламентируемым низкотемпературным характеристикам ДТ, согласно таблице 1.1, относится ПТФ.

Согласно стандарту [5], ДТ подразделяют на несколько марок, к которым относятся летнее (Л), межсезонное (Е), зимнее (З) и арктическое (А). За основу классификации в данном стандарте взяты разные значения ПТФ, при которых возможна эксплуатация ДТ.

Для марки Л рекомендуемая температура окружающего воздуха составляет -5 °С и выше, для марки Е – -15 °С и выше; при температуре окружающей среды -35 °С и выше рекомендуется для эксплуатации топливо марки З; марку А ДТ рекомендуется применять при температуре -45 °С и выше [5].

1.2 Депрессорные присадки

Н-парафины, входящие в состав ДТ, начинают кристаллизоваться при понижении температуры. Помутнение ДТ обусловлено началом протекания кристаллизации. Образующиеся кристаллы н-парафинов растут и при определённых размерах и концентрации образуют пространственную структуру. В результате чего ДТ теряет свою текучесть и практически не прокачивается через трубопроводы и фильтры. Дальнейшее охлаждение приводит к полной потере подвижности и застыванию ДТ.

Один из наиболее эффективных, экономически целесообразных и современных способов улучшения низкотемпературных характеристик ДТ – это добавление депрессорных присадок (ДП) к ДТ.

ДП – смесь «активного» вещества, которое непосредственно обладает депрессорными свойствами, и органического растворителя, необходимого для равномерного и быстрого распределения депрессора в топливе и нефтепродуктах.

Существует классификация ДП, за основу которой взята химическая природа «активного» вещества [6]:

1. Полимерные соединения – высокомолекулярные соединения, имеющие повторяющееся звено: к данной группе относятся сополимеры этилена с полярными мономерами, полиолефины и их модификации, полимеры малеиновой кислоты и так далее.

2. Органические соединения – неполимерные вещества: представителями данного типа ДТ являются различные сложные эфиры, азотосодержащие соединения, смолисто-асфальтеновые вещества и так далее.

1.2.1 Механизм действия депрессорных присадок

На сегодняшний день нет единой теории, с помощью которой можно было бы объяснить влияние того или иного химического соединения, используемого в качестве «активного» вещества в ДП, на низкотемпературные

характеристики ДТ. Именно понимание механизма позволяет подобрать необходимую ДП для получения требуемого депрессорного эффекта. Существуют две конкурирующие теории о механизме действия ДП на ДТ.

Согласно первой, молекулы ДП взаимодействуют с поверхностью зарождающихся кристаллов н-парафинов и препятствуют их росту и ассоциации. Такой механизм действия ДП предполагает адсорбцию молекулы ДП на поверхности кристалла н-парафина. При адсорбции молекула ДП сорбируется на поверхности кристалла полярной частью, неполярная обращена в среду и мешает сближению кристаллов н-парафина и их ассоциации в упорядоченную структуру [7].

Вторая теория предполагает сокристаллизацию н-парафина и молекулы ДП. В структуру кристалла н-парафина встраивается неполярной частью молекула ДП, а полярная часть обращена к раствору, что препятствует дальнейшему сближению и укрупнению кристаллов [8].

Можно предположить, что в зависимости от строения «активного» вещества ДП, будет преобладать первый или второй механизм взаимодействия ДП с кристаллами н-парафинов. Также нельзя исключить возможность протекания смешанного механизма.

Предположительно, присадки, действующие по адсорбционному механизму, более эффективны при относительно низких концентрациях, так как будет исключаться возможность кристаллизации самого «активного» вещества при повышенных концентрациях, что приведет к ухудшению низкотемпературных характеристик. Присадки, вступающие в сокристаллизацию с н-парафинами, напротив, наиболее эффективны при сравнительно высоких концентрациях.

Также, согласно [8], существуют экспериментальные данные, по которым механизм действия ДП рассматривается как механизм действия поверхностно-активных веществ (ПАВ) в дисперсных системах. Данный механизм приводит к повышению стабильности топливной дисперсной

системы, в результате чего наблюдается улучшение низкотемпературных характеристик ДТ.

1.3 Обзор современных депрессорных присадок к топливам

На сегодняшний день на мировом рынке представлен широкий ассортимент ДП, которые отличаются между собой содержанием «активного» вещества, а также характеристиками.

В качестве примера, наиболее распространенными ДП в настоящее время являются:

- ***Felix***: позиционируется производителем как ДП нового поколения. Воздействует на диспергированную воду и н-парафины, входящие в состав ДТ. При определенных концентрациях возможно применение данной ДП в условиях крайнего Севера при температуре $-40...-50$ °С [9].

- ***Shell Diesel Depresser***: обладает хорошими депрессорными характеристиками, пригодна для использования в условиях умеренно низких температур, порядка $-20...-30$ °С. Отличается низкой стоимостью [9].

- ***Hi-Gear***: позиционируется производителем как ДП с уникальным составом, который значительно улучшает низкотемпературные характеристики ДТ. При соблюдении рецептуры, указанной изготовителем, наименьшая ПТФ составляет -47 °С.

Также ведется активная разработка новых ДП, которые бы удовлетворяли всем современным требованиям, предъявляемых к ним.

В работе [10] разработана ДП, которая способствует снижению температуры застывания ДТ. В состав данной ДП входят неионогенное ПАВ, компонент, несущий депрессорные свойства, и растворитель. В ходе экспериментального изучения низкотемпературных характеристик полученных смесей ДТ с ДП, было установлено, что температура застывания снижается на $25-30$ °С. Также определена степень эффективности снижения вязкости, которая составила $40-50$ %.

Также был разработан состав ДП комбинированного действия, которая способна снижать температуру застывания и ингибировать асфальтосмолопарафиновые отложения [11]. В ходе экспериментального исследования было установлено, что температура застывания образца уменьшилась на 20-30 °С, а эффективность ингибирования достигла 69 % [11].

В работе [12] была осуществлена разработка сложноэфирных и амидных поликонденсационных ДП для ДТ, где в качестве исходных веществ использовались спирты, кислоты, амины и диизоцианат. Лабораторные исследования показали, что добавление данных ДП обеспечивает получение ДТ марки 3 по температуре застывания. А максимальная депрессия ПТФ и температуры помутнения составила 4 °С.

В работах [13, 14] на основе побочных продуктов нефтехимии были разработаны ДП, улучшающие эксплуатационные характеристики ДТ: низкотемпературные характеристики и его смазывающую способность. В качестве депрессора использовался низкомолекулярный полиэтилен, а растворителя – побочные продукты производства бутилового спирта. В работе установлено, что максимальный депрессорный эффект по ПТФ составил 18,0 и 20,6 °С, а противоизносные свойства улучшились на 24 и 26 %, соответственно [13, 14].

1.3.1 Влияние концентрации депрессорной присадки на эффективность её действия

Показателем эффективности действия ДП является депрессия основных низкотемпературных характеристик ДТ: температур застывания, помутнения и ПТФ.

Для достижения наибольшей депрессии, то есть максимального депрессорного эффекта, необходимо учитывать содержание н-парафинов и смолисто-асфальтеновых веществ в составе ДТ; химический состав и молекулярную массу ДТ и ДП. Также одним из наиболее важных факторов эффективности действия ДП является ее концентрация.

Существует ряд работ [15, 16], экспериментально подтверждающих, что увеличение концентрации ДП приводит к улучшению низкотемпературных характеристик ДТ. Но положительная тенденция роста депрессорного эффекта наблюдается до достижения оптимальной концентрации ДП, выше которой улучшения низкотемпературных характеристик не происходит. Данное явление можно представить в виде графика (Рисунок 1.1).

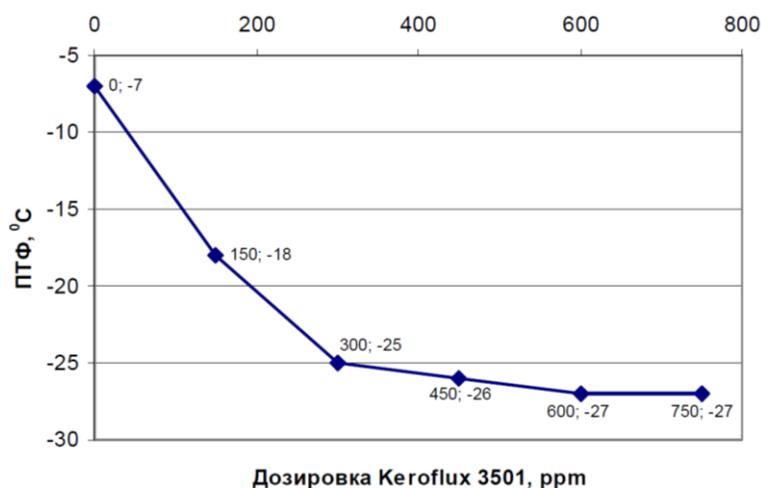


Рисунок 1.1 – Зависимость эффективности действия ДП от концентрации [17]

Исходя из Рисунок 1.1, увеличение концентрации ДП до 300 ppm приводит к значительному уменьшению ПТФ. Дальнейшее увеличение концентрации не приводит к лучшему результату, следовательно, была достигнута оптимальная концентрация ДП.

1.3.2 Разработка рецептур получения низкозастывающего дизельного топлива

Суровые климатические условия приводят к необходимости использования ДТ с улучшенными низкотемпературными характеристиками. Как сказано ранее, эффективность действия ДП во многом зависит от её концентрации, оптимальная концентрация индивидуальна для каждой присадки. Для определения оптимальной концентрации ДП, дающей максимальный депрессорных эффект при её минимальном расходе, необходимо проводить экспериментальные исследования, результатом которых является разработка рецептуры получения низкозастывающего ДТ.

Компанией «Миксент», являющейся производителем ДП для ДТ, были проведены лабораторные испытания ДП «BAFS Keroflux 3501», по результатам которых была разработана рецептура получения ДТ, удовлетворяющего низкотемпературным требованиям. Согласно [17], оптимальная концентрация ДП составляет 300-600 ppm. При дозировке 600 ppm обеспечивается необходимая стабильность ДТ к расслоению при хранении в условиях низких температур.

Также был проведен потребительский анализ низкотемпературных характеристик ряда ДП в рамках аккредитованной лаборатории. Как показывают результаты [18], ДП «Liqui Moly diesel flies-fit» применима для работы дизельного двигателя в условиях низких температур при концентрации 1:1000.

По заявлению производителя, ДП «Dixon» эффективно улучшает низкотемпературные характеристики ДТ. По результатам лабораторных исследований, целью которых было определить значение ПТФ после добавления к ДТ ДП, была определена оптимальная концентрация данной ДП, которая составила 1:500 % об. При данной концентрации значение ПТФ снизилось на 21 °С [19]. Данные были представлены в виде графика (Рисунок 1.2).

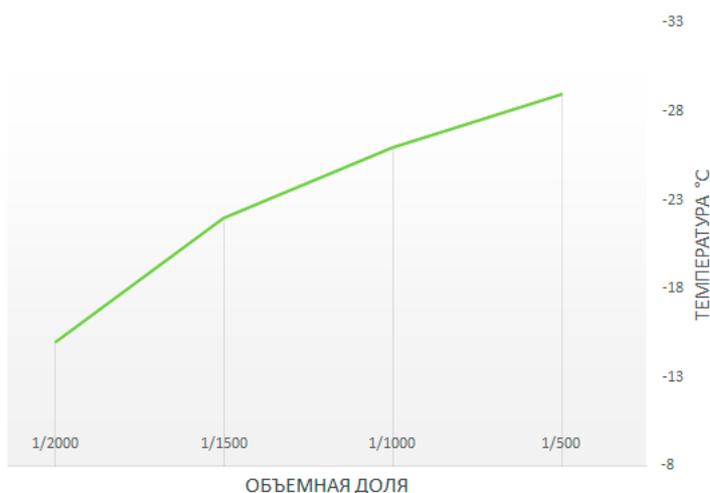


Рисунок 1.2 – Зависимость ПТФ от концентрации ДП Dixon

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

Объектами исследования в работе выступили четыре различных образца прямогонного ДТ №№ 1, 2, 3, 4 и их смеси с тремя различными ДП – А, В и С. ДП добавлялись к исходным ДТ в различных концентрациях, таким образом, было приготовлено 48 смесей.

Для каждой ДП производителем установлена рекомендуемая концентрация. Для дальнейшей работы был определен объем единичной концентрации (1 у.е.) на 100 мл ДТ для каждой ДП, исходя из значений рекомендуемой концентрации. Данные значения объемов ДП представлены в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Объем единичной концентрации ДП на 100 мл ДТ

	Присадка		
	А	В	С
Объем, мл	0,26	0,31	0,20

2.1.1 Приготовление смесей

дизельного топлива с депрессорной присадкой

Для лабораторных исследований были приготовлены смеси ДТ с ДП в различных концентрациях. Концентрации добавляемых ДП составляли 0,5; 1; 2; 5 у.е. от рекомендуемой производителем.

Маркировка приготовленных смесей в зависимости от используемой ДП и её концентрации представлена в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Маркировка смесей ДТ с ДП в зависимости от используемой ДП и её концентрации

ДП	Концентрация, у.е.	Маркировка ДП	Объем ДП, мл
А	0,5	A _{0,5}	0,130
	1,0	A ₁	0,260
	2,0	A ₂	0,520
	5,0	A ₅	1,300
В	0,5	B _{0,5}	0,155
	1,0	B ₁	0,310

ДП	Концентрация, у.е.	Маркировка ДП	Объем ДП, мл
В	2,0	В ₂	0,620
	5,0	В ₅	1,550
С	0,5	С _{0,5}	0,100
	1,0	С ₁	0,200
	2,0	С ₂	0,400
	5,0	С ₅	1,000

Перед проведением эксперимента все смеси тщательно перемешивались встряхиванием и нагревались до температуры 20 °С.

2.2 Методы исследования состава и характеристик дизельных топлив и их смесей с депрессорными присадками

В ходе лабораторных исследований были определены основные характеристики исходных образцов ДТ, к которым относятся фракционный состав, плотность при 15 °С, динамическая и кинематическая вязкости при 20 °С, содержание серы, цетановый индекс, групповой и структурно-групповой составы, а также содержание н-парафинов.

Фракционный состав был определен по методике, описанной в ГОСТ 2177-99 «Методы определения фракционного состава» [20]. Сущность метода заключается в перегонке 100 мл испытуемого образца ДТ и фиксации температуры при определенных объемах конденсата [20].

Плотность, динамическая и кинематическая вязкости определялись с помощью вискозиметра Штабингера на основании методик, представленных в EN ISO 12185:1996 «Crude petroleum and petroleum products – Determination of density – Oscillating U-tube method (Нефть сырая и нефтепродукты. Определение плотности. Осцилляционный метод в U-образной трубке)» и ГОСТ 33-2016 «Определение кинематической и динамической вязкости» [21, 22].

Содержание серы в ДТ определялось на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре на основании методики, указанной в ГОСТ 32139-2013 «Определение содержания серы методом

энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии» [23]. Принцип определения массовой доли серы в ДТ основан на рентгенофлуоресцентном анализе [23].

Цетановый индекс рассчитывался на основании фракционного состава и плотности ДТ по двум формулам, описанных в ГОСТ 27768-88 «Топливо дизельное. Определение цетанового индекса расчетным методом» [24] и стандарте ISO 4264 «Petroleum products – Calculation of cetane index of middle-distillate fuels by the four variable equation» [25].

Групповой и структурно-групповой составы определялись по методикам, описанных в методических указаниях [26].

В основе определения группового состава лежит различие в физических и химических свойствах углеводородов, относящихся к разным классам. Методика определения группового состава включает в себя следующие этапы: определение максимальной анилиновой точки; удаление адсорбцией ароматических углеводородов; определение анилиновой точки методом равных объемов; расчет содержания парафинов, нафтенов и ароматических углеводородов по формулам, представленным в [26].

Сущность структурно-группового анализа – метода n-d-M – заключается в том, что смесь углеводородов представляют в виде одной «среднестатистической молекулы», свойства которой определяются соотношением ароматических углеводородов, нафтеновых фрагментов и парафиновых цепей. Метод n-d-M основан на определении показателя преломления, плотности, молекулярной массы и содержания серы в исследуемой фракции. Далее, по формулам, представленным в [26], осуществляется расчет содержания углерода в нафтеновых, кольчатых, ароматических структурах и в алкильных заместителях, а также общее число и ароматических и нафтеновых колец.

Для описания низкотемпературных характеристик ДТ используют показатели качества, к которым относятся температура помутнения (T_n), температура застывания (T_3) и ПТФ.

T_{Π} считается та температура, при которой в проходящем свете топливо меняет прозрачность (мутнеет) при сравнении с эталонным (параллельным) образцом.

T_3 считается та температура, при которой мениск топлива, застывшего в пробирке, не сдвигается при её наклоне на 45° в течение одной минуты.

ПТФ представляет собой низшую температуру, при которой топливо сохраняет способность прокачиваться через стандартный фильтр с установленной скоростью [27]. ПТФ является наиболее важной низкотемпературной характеристикой ДТ ввиду того, что она определяется в условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации.

Определение T_{Π} и T_3 в работе проводилось с помощью термостата жидкостного низкотемпературного КРИО-Т-05-01 по методике, представленной в ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации» [28].

По ГОСТ EN 116-2013 «Топлива дизельные и печные бытовые. Метод определения предельной температуры фильтруемости» [29] с помощью термостата жидкостного низкотемпературного КРИО-Т-05-01 и установки определения ПТФ ДТ на холодном фильтре была определена ПТФ.

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Данная работа направлена на разработку рецептур низкозастывающих топлив путем смешения депрессорных присадок с дизельными фракциями различного состава.

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

Для достижения обозначенной цели необходимо:

- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- определить ресурсосберегающую, финансовую, бюджетную, социальную и экономическую эффективность исследования.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Продукт – дизельное топливо с улучшенными низкотемпературными характеристиками. Целевой рынок – сегменты рынка, на которых будет реализовываться продажа полученной разработки, то есть предприятия нефтехимической отрасли.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данном научном исследовании разрабатывается рецептура для получения низкозастывающего дизельного топлива путем смешения с депрессорными присадками, главным образом ведется варьирование концентрация присадок.

В таблице 5.1 приведена оценка конкурентов, где Φ – разрабатываемый проект, k_1 – исследование, проведенное инженером-экологом в научно-исследовательском институте, k_2 – исследование, проведенное организацией, которая занимается добычей золота.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{Φ}	B_{k_1}	B_{k_2}	K_{Φ}	K_{k_1}	K_{k_2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,16	5	3	4	0,8	0,48	0,64
2. Энергоэкономичность	0,14	4	4	4	0,56	0,56	0,56

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
3. Надежность	0,12	5	3	3	0,6	0,36	0,36
4. Простота эксплуатации	0,15	4	4	5	0,6	0,6	0,75
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
2. Уровень проникновения на рынок	0,17	5	3	4	0,85	0,51	0,68
3. Цена	0,11	4	4	3	0,44	0,44	0,33
Итого	1	32	25	26	4,6	3,55	3,77

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать, что проект превосходит конкурентные исследования, что связано с повышением производительности, надежности, конкурентоспособностью и с высоким уровнем проникновения на рынок. Однако уязвимость разрабатываемого проекта в том, что усложняется его эксплуатация.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 5.2). Применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

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 5.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны С1. Оптимальная цена проекта С2. Высокая точность результатов С3. Распространённость и доступность объектов исследования на рынке С4. Результаты исследования позволяют повысить эффективность производства потребителя	Слабые стороны Сл1. Необходимо точное соблюдение рецептуры Сл2. Результаты исследования получены на базе 4 образцов дизельного топлива
Возможности В1. Появление дополнительного спроса на исследования В2. Рост финансирования В3. Выход на мировой рынок	Угрозы У1. Развитие конкуренции У2. Отсутствие данных о составе депрессорных присадок ввиду коммерческой тайны

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 5.3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта			
		С1	С2	С3	С4
Возможности проекта	В1	+	0	+	+
	В2	+	0	+	+
	В3	+	+	+	+
	Слабые стороны проекта				
		Сл1		Сл2	
Возможности проекта	В1	-		-	
	В2	-		-	
	В3	0		0	
		Сильные стороны проекта			
		С1	С2	С3	С4
Угрозы	У1	+	+	+	+
	У2	+	+	-	-
		Слабые стороны проекта			
		Сл1		Сл2	
Угрозы	У1	+		+	
	У2	-		-	

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Оптимальная цена проекта С2. Высокая точность результатов С3. Распространённость и доступность объектов исследования на рынке С4. Результаты исследования позволяют повысить эффективность производства потребителя	Сл1. Необходимо точное соблюдение рецептуры Сл2. Результаты исследования получены на базе 4 образцов дизельного топлива
Возможности В1. Появление дополнительного спроса на исследования В2. Рост финансирования В3. Выход на мировой рынок	Рост спроса за счет расширения границ применимости результатов исследования; Реализация результатов исследования на производстве, выигрыш тендера	Расширение базы объектов исследования; Расширение варьированности концентраций депрессорных присадок
Угрозы У1. Развитие конкуренции У2. Отсутствие данных о составе депрессорных присадок ввиду коммерческой тайны	Высокая конкурентоспособность за счет оптимальной цены и точных результатов исследования; Создание совместных исследований с предприятием	Низкая универсальность рецептуры понижает конкурентоспособность проекта; Затруднено расширение базы объектов исследования

5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения. Для этого заполнена специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 5.5).

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

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

Таблица 5.5 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	57	56

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге, разработка является перспективной, а уровень имеющихся знаний у разработчика выше среднего.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, для дальнейшего улучшения необходимо изучить рынки сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки, проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.

5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов проведенного исследования будут использоваться инжиниринг и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг предполагает предоставление на основе договора одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика.

Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

5.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в уставе проекта (таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Нефтеперерабатывающий завод	Получение рецептуры, позволяющей улучшить низкотемпературные характеристики топлива

В таблице 5.7 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 5.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработать рецептуру низкозастывающих топлив путем смешения депрессорных присадок с дизельными фракциями различного состава
Ожидаемые результаты проекта:	Получение ДТ с улучшенными низкотемпературными характеристиками на базе разработанной рецептуры
Критерии приемки результата проекта:	Представление результатов определения низкотемпературных характеристик исходных ДТ и их смесей с депрессорными присадками
Требования к результату проекта:	Требование:
	Провести экспериментальные исследования состава ДТ, физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик
	Анализ полученных данных и приготовление рецептур смешения ДТ с депрессорными присадками
	Экспериментальное исследование низкотемпературных характеристик исходных ДТ и их смесей с присадками, оценить на соответствие существующим требованиям
	Выявить факторы, влияющие на низкотемпературные характеристики ДТ

В таблице 5.8 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 5.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Киргина М.В. НИ ТПУ, доцент ОХИ ИШПР	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения	600
2	Керн Р.Е., магистрант ОХИ ИШПР	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, проведение экспериментальных исследований, анализ лабораторных данных, написание работы	1600
ИТОГО:				2200

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 5.9).

Таблица 5.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	2770192 руб.
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2020-31.05.2022
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2020
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2022

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

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

План управления научным проектом должен включать:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

5.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 – Иерархическая структура работ

5.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблицы 5.10, 5.11).

Таблица 5.10 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Составление и утверждение технического задания	3	01.09.21	04.09.21	Киргина М.В.
Составление календарного плана работ	3	05.09.21	08.09.21	Киргина М.В.
Литературный обзор	90	09.09.21	08.12.21	Керн Р.Е.
Разработка плана экспериментальных работ	21	09.12.21	30.12.21	Керн Р.Е., Киргина М.В.
Подбор оборудования и образцов	30	31.12.21	30.01.22	Керн Р.Е., Киргина М.В.
Проведение лабораторных испытаний	41	31.01.22	12.03.22	Керн Р.Е.
Обработка данных	20	13.03.22	02.04.22	Керн Р.Е.
Обсуждение результатов и выводов по проделанной работе	25	03.04.22	28.04.22	Керн Р.Е., Киргина М.В.
Оформление магистерской диссертации	32	29.04.22	31.05.22	Керн Р.Е.
ИТОГО			265	

Таблица 5.11 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Исполнители	Т, дней	Продолжительность выполнения работ, декады																										
			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление и утверждение технического задания	Р	3	■																										
Составление календарного плана работ	Р	3	■																										
Литературный обзор	М	90	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
Разработка плана экспериментальных работ	Р, М	21										▨	▨	▨															
Подбор оборудования и образцов	Р, М	30												▨	▨	▨	▨	▨	▨										
Проведение лабораторных испытаний	М	41														▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
Обработка данных	М	20																			▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
Обсуждение результатов и выводов по проделанной работе	Р, М	25																					▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
Оформление магистерской диссертации	М	32																									▨	▨	▨



– Руководитель (Р) Киргина М.В.



– Магистрант (М) Керн Р.Е.

5.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Научные и производственные командировки;
6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями;
7. Накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 5.12).

Таблица 5.12 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Дизельное топливо	8 л	50	400
Депрессорная присадка «Fillinn»	1 шт	600	600
Депрессорная присадка «Amsoil»	1 шт	1900	1900
Депрессорная присадка «Hi-Gear»	1 шт	1000	1000
Термометр	2 шт	2000	4000
Градуированные пипетки на 1 см ³	3 шт	300	600
Пробирки градуированные на 10 см ³	60 шт	25	1500
Мерные цилиндры на 100 см ³	4 шт	200	800
Колба Энглера	4 шт	1400	5600
Всего за материалы		16400	
Транспортно-заготовительные расходы (5%)			820
Итого по статье			17220

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением

специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 5.13).

Таблица 5.13 – Затраты по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Криостат	1	350000	350000
2	Аппарат для разгонки нефтепродуктов	1	185000	185000
3	Аппарат для определения ПТФ	1	190000	190000
4	Спектроскан S	1	920000	920000
5	Вискозиметр Штабингера	1	370000	370000
Итого, руб.:				2385000

Расчет основной заработной платы. В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 5.14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

где: Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

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

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 5.14.

Таблица 5.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные + праздничные дни)	53	53
Потери рабочего времени		
– отпуск	48	48
– невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	264	264

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_6 * (k_{пр} + k_d) * k_p, \text{ где}$$

Z_6 – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$Z_m = Z_6 * K_p, \text{ где}$$

Z_6 – базовый оклад, руб.;

K_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук без учета РК составил 33664 руб., поскольку руководитель работает на 0,5 ставки, то оклад равен 16832. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	Т _{р. раб.} дн.	З _{осн.} руб.
Руководитель	16832	1	0,2	1,3	26257,9	1034,4	82	84820,8
Магистрант	3100	–	–	1,3	4030	158,8	259	41129,2

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} * k_{\text{доп}}, \text{ где}$$

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 5.16 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.16 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	84820,8	41129,2
Дополнительная зарплата	16964,2	8225,8
Итого по статье С _{зп}	101785	49355

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \text{ где}$$

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%. Стипендиальный выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды составляют:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (101785 + 49355) = 45342 \text{ рублей}$$

Научные и производственные командировки. В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Затраты на научные и производственные командировки составляют 30577,56 руб.

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями. Сторонней организацией был выполнен анализ проб методом газожидкостной хроматографии, который выполняется в ИХН СО РАН г. Томск. Расчет затрат на подрядные работы представлен в таблице 5.17.

Таблица 5.17 – Расчет затрат на подрядные работы

Метод анализа	Количество проб	Стоимость, руб	Итого, руб
Газожидкостная хроматография	4	5000	20000

Накладные расходы. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (101785 + 49355) = 120912$$

где $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Таким образом, затраты проекта составляет 2770192, которые приведены в таблице 5.18.

Таблица 5.18 – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Доп. заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	17220	2385000	125950	25190	45342	30577,6	20000	–	120912	<u>2770192</u>
Аналог	18000	3000000	150000	30000	50000	30577,6	30000	–	150500	3459078

5.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 5.2.



Рисунок 5.2 – Проектная структура проекта

5.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 5.19).

Таблица 5.19 – План управления коммуникациями

Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

5.4.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать

последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информация по возможным рискам сведена в таблицу 5.20.

Таблица 5.20 – Реестр рисков

Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
Неточность анализа состава ДТ	3	5	Низкий	Параллельный анализ	Сбор работы оборудования
Неточность в приготовлении и смесей	3	5	Высокий	Приготовление новых смесей	Невнимательность
Отсутствие интереса к результатам исследования	1	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

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

5.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе учитываются факторы времени и риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 5.21. При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, норма амортизации – 10 %.

Таблица 5.21 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	3462740	3462740	3462740	3462740
2	Итого приток, руб.	0	3462740	3462740	3462740	3462740
3	Инвестиционные издержки, руб.	- 2770192	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	969597,2	969597,2	969597,2	969597,2
5	Налогооблагаемая прибыль	0	2493142,8	2493142,8	2493142,8	2493142,8
6	Налоги 20 %, руб.	0	498628,6	498628,6	498628,6	498628,6
7	Чистая прибыль, руб.	0	1994514,24	1994514,24	1994514,24	1994514,24
8	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	- 2770192	2271533,4	2271533,4	2271533,4	2271533,4
9	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1,000	0,833	0,694	0,579	0,482
10	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.	- 2770192	1892944,5	1577453,8	1314544,8	1095454,0
11	\sum ЧДД		3110205,03 руб.			
12	Итого NPV, руб.		340013,03			

$$NPV=3110202,03 \text{ руб.} - 2770192 \text{ руб.} = 340013,03 \text{ руб.} > 0$$

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1+i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %; (10%)

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 340013,03 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД – чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{3110205,03}{2770192} = 1,12$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или равны 0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 5.22 и на рисунке 5.3.

Таблица 5.22 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-2770192	2271533,4	2271533,4	2271533,4	2271533,4	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-2770192	2064823,9	1876286,6	1705921,6	1551457,3	4428297,3
	0,2	-2770192	1892187,3	1576444,2	1312946,3	1094879,1	3106264,9
	0,3	-2770192	1746809,2	1344747,8	1033547,7	795036,7	2149949,3
	0,4	-2770192	1621874,8	1158482,0	826838,2	590598,7	1427601,7
	0,5	-2770192	1515112,8	1008560,8	670102,4	449763,6	873347,6
	0,6	-2770192	1419708,4	885898,0	554254,1	347544,6	437213,2
	0,7	-2770192	1335661,6	760963,7	461121,3	254411,7	41966,3
	0,8	-2770192	1262972,6	701903,8	388432,2	215795,7	-201087,7
	0,9	-2770192	1194826,6	629214,8	331643,9	174908,1	-439598,7
	1,0	-2770192	1135766,7	567883,4	283941,7	140835,1	-641765,2

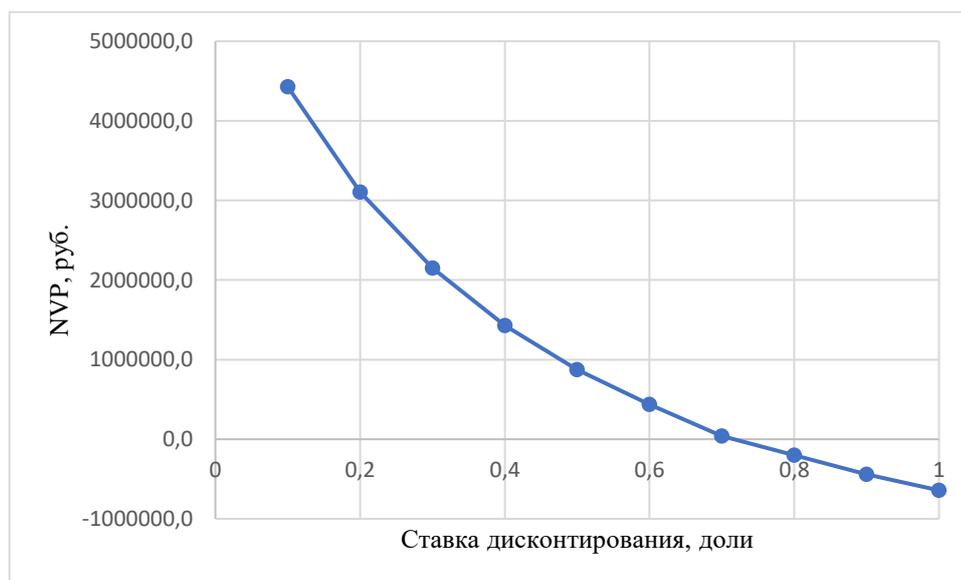


Рисунок 5.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в ноль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,72.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $72\% - 20\% = 52\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 5.23).

Таблица 5.23 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i = 0,20$), руб.	-2770192	1892944,5	1577453,8	1314544,8	1095454,0
2	То же нарастающим итогом, руб.	-877247,5	1015967	2593420,8	3907965,6	5003419,6
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DPP_{оск} = 1 + (877247,5 / 1892944,5) = 1,5$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 5.24).

Таблица 5.24 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации о зависимости влияния состава ДТ на эффективность действия присадок	Впервые получены данные о зависимости влияния состава ДТ на эффективность действия присадок
Отсутствие универсальной рецептуры для получения низкозастывающего ДТ	Проанализированы экспериментальные данные и разработана рецептура

5.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где: $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 5.25).

Таблица 5.25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта	0,20	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	3	3
3. Надежность	0,15	4	4	4
4. Безопасность	0,15	5	3	4
5. Простота эксплуатации	0,15	5	4	5
6. Возможность автоматизации данных	0,20	2	2	3
Итого	1	25	21	23

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,20 = 4,1$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,20 = 3,5$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 = 3,8$$

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

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

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

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

где: $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 5.26.

Таблица 5.26 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,80	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,10	3,50
3	Интегральный показатель эффективности	5,13	3,50
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,47	0,68

Выводы:

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 340013,03 руб.; индекс доходности $PI=1,12$, внутренняя ставка доходности $IRR=52\%$, срок окупаемости $PP_{\text{дск}}=1,5$ года.

Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данном разделе рассматриваются вопросы соблюдения прав персонала на труд, выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению. В соответствии со стандартом целями составления настоящего раздела является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи в производстве, и снижение вредных воздействий на окружающую среду.

Объектом исследования являются прямогонные дизельные топлива (ДТ), депрессорные присадки (ДП) и их смеси.

Цель работы – разработать рецептуру получения низкозастывающих топлив смешением с ДП в различных концентрациях.

Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном разделе рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства и их особенности, применимые к условиям научно – исследовательской работы.

6.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации, каждый работник имеет право на [30]:

- 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;

- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

- своевременную и в полном объеме выплату заработной платы в соответствии со своей квалификацией, сложностью труда, количеством и качеством выполненной работы;

- отдых, обеспечиваемый установлением нормальной (не более 40 часов в неделю) продолжительности рабочего времени, сокращенного рабочего времени для отдельных профессий и категорий работников, предоставлением еженедельных выходных дней, нерабочих праздничных дней, оплачиваемых ежегодных отпусков (28 календарных дней);

- подготовку и дополнительное профессиональное образование в порядке, установленном настоящим Кодексом, иными федеральными законами;

- обязательное социальное страхование в случаях, предусмотренных федеральными законами

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Экспериментальная часть работы магистранта осуществлялась в лаборатории отделения химической инженерии Томского политехнического университета. Лаборатория оборудована вентиляцией, водоснабжением и канализацией. Полы выполнены из жаростойкой и гидрофобной керамогранитной плитки. Лабораторные столы имеют гладкие поверхности из материалов, не сорбирующих вредные вещества, и легко поддаются очистке.

Общая площадь химической лаборатории рассчитывается из условия 4,5 м² на одного человека и максимального числа одновременно занимающихся человек. Минимально допустимая высота помещения – 3,3 м. Минимальная ширина проходов – 0,7 м. Помимо лаборатории, в которой выполнялись непосредственно эксперименты, также имеются вспомогательные помещения химических лабораторий – препараторские, кладовые, весовые и моечные, располагающиеся в одном блоке с учебными лабораториями.

Лабораторное помещение оснащено индивидуальной системой вентиляции, не связанной с вентиляцией других помещений, т.к. в лаборатории проводят исследования с веществами 1, 2 и 3-го классов опасности.

Химическая лаборатория оснащена естественными и искусственными источниками освещения. Дополнительное освещение в лаборатории устанавливают так, чтобы можно было при необходимости менять направление светового потока.

6.2 Производственная безопасность

Разработка рецептуры низкозастывающих ДТ может создать вредные и опасные факторы для работников исследования.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» перечень опасных и вредных факторов, характерных для рабочей среды представлены в таблице 6.1 [31].

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Источник фактора	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	<ul style="list-style-type: none"> • СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; • СП 52.13330.2010 «Естественное и искусственное освещение» • СП 60.13330.2010 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
Повышенный уровень шума		+	+	
Недостаточное освещение рабочей зоны	+	+	+	
Поражение электрическим током		+	+	<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность» • ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность»
Токсичное воздействие веществ		+	+	
Возникновение пожара	+	+	+	

6.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Показателями, характеризующими микроклимат являются температура воздуха, относительная влажность, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения. Метеорологические условия производственной среды регламентируются санитарными нормами промышленных предприятий.

Согласно [32] определены допустимые границы основных параметров микроклимата, которые приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	19-26	15-75	0,1
	Iб (140-174)	21-23	18-25	15-75	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	20-29	15-75	0,1
	Iб (140-174)	22-24	19-29	15-75	0,1

С целью защиты сотрудника от воздействия данного вредного фактора предусмотрены системы вентиляции и обогрева помещения. Также установлены нормы проветривания рабочего места.

6.2.2 Повышенный уровень шума

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, вызывает психические и физиологические нарушения, снижение слуха, работоспособности, создает предпосылки для общих и профессиональных заболеваний, а также приводит к ослаблению памяти, внимания, нарушению артериального давления и ритма сердца.

Нормирующей характеристикой постоянного шума на рабочем месте является уровень звуковых давлений, составляющий 80 дБА [33, 34].

Минимизировать негативные последствия возможно путем выполнения следующих мероприятий:

- подбор рабочего оборудования, обладающего меньшими шумовыми характеристиками;
- использование всех необходимых технических средств (защитные экраны, кожухи, звукопоглощающие покрытия, изоляция);
- ограничение продолжительности и интенсивности воздействия до уровней приемлемого риска;
- ограничение доступа в рабочие зоны с уровнем шума более 80 дБА работников, не связанных с основным технологическим процессом;

- обязательное предоставление работникам средств индивидуальной защиты органа слуха.

6.2.3 Недостаточное освещение рабочей зоны

Одним из важнейших элементов благоприятных условий труда является рациональное освещение помещений и рабочих установок. В лаборатории применяется естественное и искусственное освещение. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости.

Естественное освещение характеризуется изменяющейся освещенностью на рабочих местах в течение суток года, которое обуславливается световым климатом. Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим. Для обеспечения нормативных значений освещенности в помещении проводится чистка стекол оконных рам и светильников, а также производится замена перегоревших световых приборов.

6.2.4 Поражение электрическим током

Электробезопасность установки должна обеспечиваться в любых возможных нормальных и аварийных эксплуатационных ситуациях. Источниками электрической опасности являются: оголенные части проводов или отсутствие изоляции, отсутствие заземления, замыкания, статическое напряжение.

Электробезопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий: соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей путем ограждения токоведущих частей, применением блокировки аппаратов, предупреждающих надписей, применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений.

Для отключения электросетей на вводах должны быть рубильники или другие доступные устройства. Отключение всей сети, за исключением дежурного освещения, производится общим рубильником.

В целях предотвращения электротравматизма запрещается работать на неисправных электрических приборах и установках, перегружать электросеть, переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы, загромождать подходы к электрическим устройствам.

6.2.5 Токсичное воздействие веществ

При работе в лаборатории используются вредные вещества. ПДК в воздухе рабочей зоны, класс опасности и влияние на организм человека этих веществ указаны в таблице 6.3

Таблица 6.3 – Предельно-допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе рабочей зоны и их влияние на организм [35]

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Воздействие на организм
Дизельное топливо	300	4	Вдыхание паров дизельного топлива, попадание их внутрь организма человека могут вызвать тяжелое отравление и вредно отразиться на здоровье человека. Вызывает различные кожные заболевания, резкие боли и отеки, раздражает слизистую оболочку.
Этиловый спирт	1000	4	Длительное воздействие превышающих концентраций приводит к раздражению слизистой оболочки глаз и носа, головным болям, сонливости, усталости и наркотическому состоянию

Для снижения риска химического воздействия в лаборатории разрешается работать только в полагающейся спецодежде. Для исключения попадания в организм вредных и ядовитых веществ в лаборатории запрещается хранить и принимать пищу.

При накоплении в воздухе токсичных 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.

6.3 Расчет минимального воздухообмена в помещении химической лаборатории

Необходимо рассчитать величину воздухообмена в помещении химической лаборатории площадью $F_{\text{лаб}} = 20 \text{ м}^2$, высота помещения $h_{\text{лаб}} = 4 \text{ м}$. В лаборатории находится 3 человека. Выделяющееся вредное вещество – этиловый спирт.

Скорость воздушного потока рабочей зоны составляет 0,2 м/с, согласно [36]. Температура в лаборатории 20°C , плотность этилового спирта составляет $801,4 \text{ кг/м}^3$, а ДНП = 5,9 кПа при температуре 20°C . Объем испарившегося спирта из мерного цилиндра объемом $0,0001 \text{ м}^3$ (100 мл), диаметром цилиндра $d = 30 \text{ мм}$, высотой $l = 215 \text{ мм}$ рассчитаем по формуле:

$$V_{\text{и.с.}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} \cdot 0,215 = 0,152 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

Интенсивность испарения:

$$W_{\text{исп}} = 10^{-6} \cdot h^{\sqrt{M}} \cdot P_{\text{ДНП}} = 10^{-6} \cdot 3,5 \cdot \sqrt{46} \cdot 5,9 = 1,4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^2};$$

$$\text{Количество } m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = W_{\text{исп}} \cdot F_{\text{ц}} \cdot 3600 = 1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 = 3,5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{кг}}{\text{час}};$$

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в обслуживаемой зоне $x_{\text{в}} = 1000 \text{ мг/м}^3$, а концентрация вредного вещества в наружном воздухе $x_{\text{н}} = 5 \text{ мг/м}^3$ [35].

Потребный воздухообмен определяется по формуле [36]:

$$L = \frac{1000 \cdot G}{x_{\text{в}} - x_{\text{н}}};$$

где L – потребный воздух, $\text{м}^3/\text{ч}$; G – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения, $\text{г}/\text{ч}$; $x_{\text{в}}$ – ПДК вредности в воздухе рабочей зоны помещения, $\text{мг}/\text{м}^3$; $x_{\text{н}}$ – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест.

$$L = \frac{1000 \cdot G}{x_{\text{в}} - x_{\text{н}}} = \frac{1000 \cdot 0,35}{1000 - 5} = 0,352 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}};$$

Согласно СП 118.13330.2016 [37] кратность воздухообмена в помещении химической лаборатории должна составлять 2 ч^{-1} , при этом минимальный воздухообмен должен быть не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ на одного человека. Применяется также понятие кратности воздухообмена n , которая показывает, сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении.

Кратность воздухообмена определяется по формуле [36]:

$$n = \frac{L}{V} = \frac{0,352}{80} = 0,004 \text{ ч}^{-1},$$

где V – внутренний объем помещения, м^3 .

Согласно [38], кратность воздухообмена $n > 10$ недопустима.

Данное значение не превышает установленную величину 10 ч^{-1}

Условие выполняется.

6.4 Экологическая безопасность

Сегодня производственная деятельность человечества связана с использованием разнообразных природных ресурсов, охватывающих большинство химических элементов. Охрана окружающей среды в последние годы стало одной из важнейших проблем человечества.

Среди загрязнителей окружающей среды (биологических, физических, химических и радиоактивных) одно из первых мест занимают химические соединения.

В данном случае существует несколько подходов к проблеме защиты окружающей среды:

- путем максимально эффективной очистки;
- создать замкнутую безотходную технологическую систему.

Для лаборатории наиболее применим первый вариант.

6.4.1 Воздействие на атмосферу

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то можно ограничиться

только адсорбцией. 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 [39].

6.4.2 Воздействие на гидросферу

Вредное воздействие на гидросферу может оказывать химическое загрязнение водотоков в результате удаления неорганических и органических отходов в хозяйственно-бытовую канализацию. Объем образующихся сточных вод и степень их загрязненности определяются технологическим процессом. При авариях, ремонте аппаратов, оборудования и трубопроводов категорически запрещается сброс в канализацию нефтяных и химических продуктов, не являющихся сточными водами. Сточные воды, сбрасываемые в сети канализации, не должны содержать вещества, вызывающие коррозию материала труб или их засорение, или обрастание.

6.4.3 Воздействие на литосферу

Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. Наиболее опасными отходами для литосферы в условиях лаборатории являются отработанные люминесцентные лампы, относящиеся к 1 классу опасности. Их утилизация производится согласно [40].

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одним из важнейших факторов в безопасности жизнедеятельности людей является подготовленность к чрезвычайным ситуациям (ЧС).

Чрезвычайную ситуацию можно квалифицировать следующим образом:

- ЧС, связанная с авариями (пожары, взрывы, выброс вредных веществ в окружающую среду);

- ЧС, связанная со стихийными бедствиями (землетрясения, наводнения, эпидемии).

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией в лаборатории является пожар. Мероприятия, проводимые во время чрезвычайных ситуаций, представляют собой проведение спасательных работ и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге поражения. Данные мероприятия проводятся на основании положения комплекса государственных стандартов по предупреждению и ликвидации чрезвычайной ситуации и определены

Оперативная часть плана ликвидации возможных аварий предусматривает способы оповещения об аварии (сигнализация), пути выхода людей из опасных зон, включений аварийной вытяжной вентиляции. К сигнализации безопасности относятся световые, звуковые и цветовые сигналы, знаковая сигнализация и различные указатели.

При обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) необходимо:

1. немедленно прекратить работу и вызвать пожарную охрану по телефону 01, 101, 112, сообщив при этом адрес учебного корпуса, место возникновения, фамилию, имя, отчество, телефон;
2. двигаться к ближайшему запасному выходу, согласно плану эвакуации;
3. ориентироваться по лампам аварийного освещения при эвакуации (светильникам зеленого цвета) в коридорах и на лестничных клетках;
4. если помещение задымлено, дышать через влажный носовой платок и сохранять спокойствие;
5. выйти из здания и удалиться от него на безопасное расстояние.

Для ликвидации небольших очагов пожара на территории объекта имеются первичные средства тушения пожара – огнетушители, ящики с песком, асбестовые одеяла (кошмы).

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где выполнялась магистерская диссертация можно сделать вывод, что лаборатория,

удовлетворяет предъявляемым требованиям и нормам. При соблюдении техники безопасности и правил работы в химической лаборатории данный вид работы не повлияет на здоровье работника.

Действие вредных и опасных факторов в лаборатории сведено к минимуму. Микроклимат, освещение и уровень шума удовлетворяют требованиям. При соблюдении описанных в работе правил утилизации отходов, деятельность в лаборатории не представляет опасности для экологии.

Помимо этого, была проанализирована чрезвычайная ситуация – пожар, который может возникнуть в лаборатории, и мероприятия, проводимые во время чрезвычайных ситуаций.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

№	Наименование работы, ее вид	Характер работы	Выходные данные	Объем, стр.	Соавторы
Доклады и тезисы докладов, опубликованные в материалах российской Международной (Всероссийской) конференции: 5					
1	Сравнение низкотемпературных свойств различных образцов дизельного топлива	Печатная	Труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию горно-геологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания ТПУ «Проблемы геологии и освоения недр», Томск, 2021, Т. 2, с. 264-265.	2	Богданов И.А.
2	Оценка возможности получения зимнего и арктического дизельного топлива на базе прямогонной фракции добавлением депрессора	Печатная	Материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 2021, Т. 2, с. 53-54.	2	Богданов И.А.
3	Оценка возможности использования прямогонного дизеля в качестве товарного топлива	Печатная	Материалы XXIV Всероссийской конференции молодых учёных-химиков (с международным участием): тезисы докладов, Нижний Новгород, 2021, с. 252.	1	–
4	Закономерности влияния концентрации депрессора на эффективность его действия при использовании для дизельного топлива различного состава	Печатная	Материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, Томск, 2022, Т. 2, с. 58-58.	2	Богданов И.А.

5	Regularities of the depressor concentration effect on the effectiveness of its action for the diesel fuel of various composition	Печатная	Материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, Томск, 2022, Т. 2, с. 213-214.	2	Bogdanov I.A.
---	--	----------	--	---	---------------

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт «Министерство энергетики РФ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru> (Дата обращения 07.02.2022).
2. Официальный сайт «Компания Нипетойл» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nipetoil.ru> (Дата обращения 07.02.2022).
3. Кузнецов, А.В. Топливо и смазочные материалы / Кузнецов А.В. – Москва: КолосС, 2013. – 199 с.
4. ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту». [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902307833> (дата обращения 10.02.2022).
5. ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия». [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200107826> (дата обращения 12.02.2022).
6. Тертерян Р.А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам. – М.: Химия, 1990. – 236 с.
7. Таранова Л.В., Гуров Ю.П., Агаев В.Г. Механизм действия депрессорных присадок и оценка их эффективности // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 4. – С. 90-91; URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=23764> (дата обращения: 30.03.2022).
8. С.Т. Башкатова, И.Н. Гришина, О.В. Попова, В.А. Винокуров Межмолекулярные взаимодействия и механизм действия присадок в топливной дисперсной системе Учебное пособие, М., ФГУП изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2010 – 52 с.
9. Официальный сайт «ETLIB.RU» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://etlib.ru/blog/946-antigel-dlya-dizelnogo-topliva#Felix> (Дата обращения 01.04.2022).

10. Ахмедов, Ф.М. Разработка депрессорных присадок на основе поверхностно-активных веществ для нефти и исследование их свойств / Ф.М. Ахмедов // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 61-63.
11. Надиров, К.С. Разработка состава депрессорных присадок комбинированного действия / К.С. Надиров, Д.Е. Бектан, Б.Т. Маренов // Вестник науки Южного Казахстана. – 2018. – № 1 (1). – С. 104-107.
12. Глазунов А.М. Разработка поликонденсационных депрессорных присадок для дизельных топлив: дис.кан.техн.наук: 05.17.07 ТюмГНГУ, Астрахань, 2004, 213 с.
13. Бидасов, Ж.М. Разработка состава депрессорных присадок на основе пропилен-этиленового полимера / Ж.М. Бидасов, Б.К. Есимхан, М. Кистаубай // Научные труды ЮКГУ им. М. Ауэзова. – 2016. – № 1 (36). – С. 20-23.
14. Разработка депрессорных присадок для нефти и исследование их свойств / К.И. Матиев, А.М. Самедов, А.Д. Ага-Заде [и др.] // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. – 2021. – № 1. – С. 90-96. – DOI 10.5510/OGP20210100485.
15. Павлова, А.А. Экспериментальные исследования влияния концентрации депрессорной присадки на изменение низкотемпературных свойств дизельных фракций / А.А. Павлова, В.В. Машнич, Е.В. Францина // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: Материалы 10-й Международной научно-технической конференции, Омск, 26-29 февраля 2020 года / Редколлегия: В.А. Лихолобов [и др.]. – Омск: Омский государственный технический университет, 2020. – С. 19-20.
16. Низкотемпературные свойства смесевых дизельных топлив с депрессорными присадками / Н.К. Кондрашева, Д.О. Кондрашев, В. Насиф [и др.] // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2007. – № 1. – С. 43.
17. Официальный сайт «Миксент» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://miksentr.ru/stati/stati/ispytaniya-keroflux-3501.html> (Дата обращения 18.04.2022).

18. Официальный сайт «АвтоДела» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://catalog.autodela.ru/article/view/2422> (Дата обращения 18.04.2022).

19. Официальный сайт производителя топливных присадок и нефтехимии «Одуванчик» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oduvanchik-him.ru/prisadki-dlya-dt/antigel-dikson-depressorno-dispergiruyushchaya-prisadka> (Дата обращения 20.04.2022).

20. ГОСТ 2177-99 «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава». [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005690> (дата обращения 03.05.2022).

21. EN ISO 12185:1996 «Crude petroleum and petroleum products – Determination of density – Oscillating U-tube method (Нефть сырая и нефтепродукты. Определение плотности. Осцилляционный метод в U-образной трубке)».

22. ГОСТ 33-2016 «Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости». [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200145229> (дата обращения 06.05.2022).

23. ГОСТ 32139-2013 «Нефть и нефтепродукты. Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии». [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108321> (дата обращения 07.05.2022).

24. ГОСТ 27768-88 «Топливо дизельное. Определение цетанового индекса расчетным методом». [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008532> (дата обращения 07.05.2022).

25. ISO 4264:2018 «Petroleum products – Calculation of cetane index of middle-distillate fuels by the four variable equation». [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/551721699> (дата обращения 08.05.2022)

26. Определение группового и структурно – группового составов нефтяных фракции: Методические указания к лабораторной работе для

студентов химико-технологического факультета / сост. О.С. Сухина, А.И. Левашова – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 22 с.

27. Химия нефти. Температурные свойства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://proofoil.ru/Oilchemistry/temperatureproperty4.html> (Дата обращения 10.05.2022).

28. ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации». [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007918> (дата обращения 10.05.2022).

29. ГОСТ EN 116-2013 «Топлива дизельные и печные бытовые. Метод определения предельной температуры фильтруемости». [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107899> (дата обращения 11.05.2022).

30. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://docs.cntd.ru>, свободный. Дата обращения: 06.05.2022 г.

31. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2019. – 10 с.

32. СанПиН 2.2.4.548-96. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 20 с.

33. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. М.: – Издательство стандартов, 1988. – 11 с.

34. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. М.: – Госкомсанэпиднадзор России, 1996. – 12 с.

35. ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских

поселений. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2019. – 55 с.

36. Расчет потребного воздухообмена. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей. – Томск: изд. ТПУ, 2005. – 16 с.

37. СанПиН 118.13330.2016. Общественные здания и сооружения. – М.: – Госкомсанэпиднадзор России, 2016. – 82 с.

38. СП 2.4.3648-20. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи. – М.: – Госкомсанэпиднадзор России, 2020. – 44 с.

39. ГОСТ 17.1.3.05-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 3 с.

40. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2017. – 6 с.

41. Zhao Z., Xue Y., Xu G., Zhou J., Lian X., Liu P., Chen D., Han S., Lin H. Effect of the nano-hybrid pour point depressants on the cold flow properties of diesel fuel. *Fuel*. 2017; 193: 65-71.

42. Chen F., Liu J., Yang T., Yin S., Sua B., Xie M., Dai B., Han S., Xue Y. Influence of maleic anhydride-co-methyl benzyl acrylate copolymers modified with long-chain fatty amine and long-chain fatty alcohol on the cold flow properties of diesel fuel. *Fuel*. 2020; 268: 117392.

43. Yang T., Wu J., Yuan M., Li X., Yin S., Su B., Yan J., Lin H., Xue Y., Han S. Influence of polar groups on the depressive effects of polymethacrylate polymers as cold flow improvers for diesel fuel. *Fuel*. 2021; 290: 120035.

44. Yang T., Yin S., Xie M., Chen F., Su B., Lin H., Xue Y., Han S. Effects of N-containing pour point depressants on the cold flow properties of diesel fuel. *Fuel*. 2020; 272: 117666.

Приложение I

(справочное)

Development of formulations for low-pour fuels by blending with pour point depressants based on diesel fractions of various compositions

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ02	Керн Регина Евгеньевна		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Киргина Мария Владимировна	к.т.н.		

Консультант-лингвист:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Надеина Луиза Васильевна	к.филол.н.		

In this research paper used diesel fuel was used, the physical and chemical characteristics and composition of which is presented in Table 1.1 and Figure 1.1.

Table 1.1

Physical and chemical characteristics of diesel fuel [41]

Property	Diesel fuel
Density at 20 °C (kg/m ³)	803,7
Kinematic viscosity at 40 °C (mm ² /s)	3,0967
Flash point (°C)	75
Cold filter plugging point (°C)	-4
Solidifying point (°C)	-19
S content (% , m/m)	0,1445
Saturated hydrocarbon (mass %)	91,89
Aromatic hydrocarbon (mass %)	8,11
Acidity (mg of KOH/100 mL)	1,86
Cetane number	52,5
Boiling distillation (°C)	283–379

The compositions of the diesel were given in Fig. 1.1.

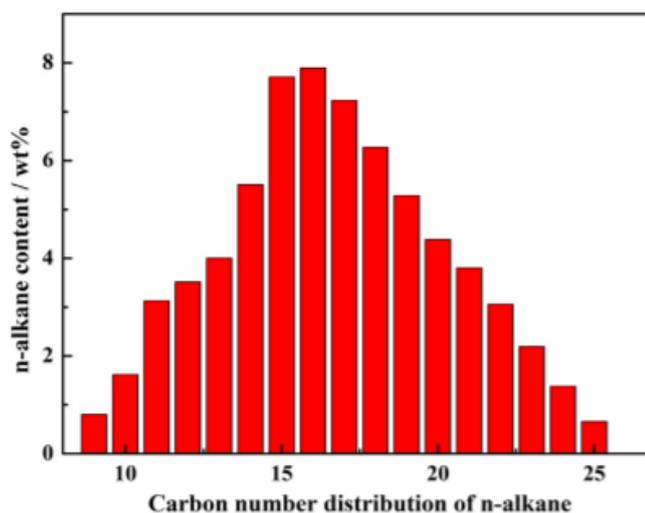


Fig. 1.1 Concentration distribution of diesel fuel [41]

Next, an organic nano-clay was prepared using cation exchange. The nano-clay was first dissolved in deionized water to form a suspension solution and heated up to 80. Then, adding the toluene solution and continued stirring for 5 hours.[41]

Finally, organic nano-clay was prepared by vacuum drying of sediment and ground to 5000 mesh. proportion of nano-clay was dispersed in the polymeric PPDs/toluene solution though ultrasonic treatment and vigorous stirring [41]. The

solution was carefully evaporated at 130 under continuous stirring to remove the toluene. Finally, the nano-hybrid PPDs were prepared.

Thus, the nano-hybrid pour point depressants (PPDs) were prepared by organically modified nano-clay covering in polymeric PPDs, namely, polymethyl acrylate (PMA), ethylene vinyl acetate copolymer and poly- α -olefin. The effects of nano-hybrid PPDs on the cold flow properties of diesel fuel were evaluated.

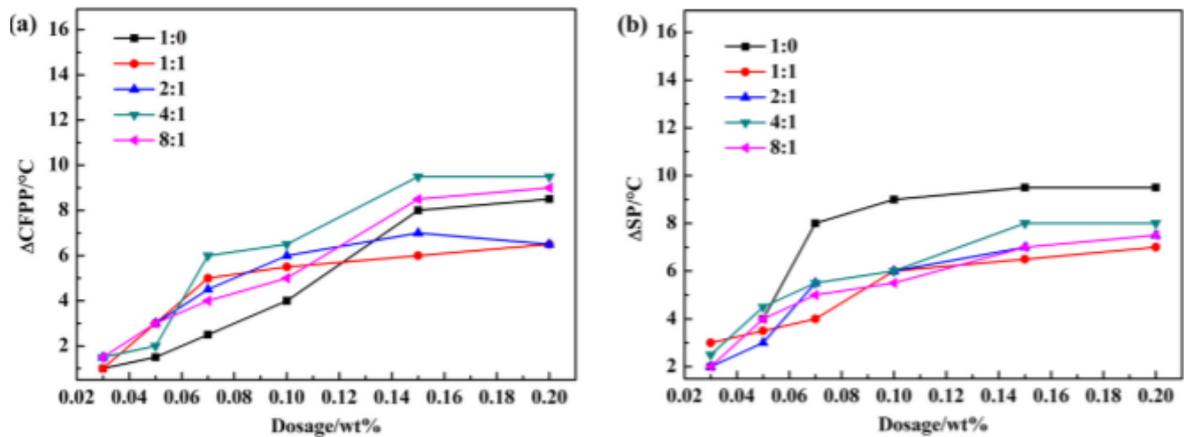


Fig. 1.2 Δ CFPP and Δ SP of diesel fuel treated with nano-hybrid PPD (nano-hybrid PAO) [41]

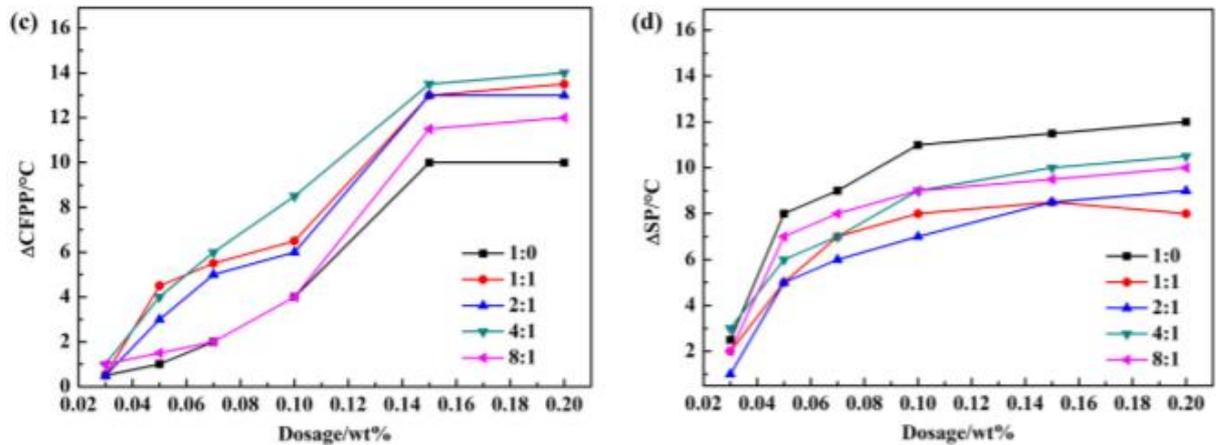


Fig. 1.3 Δ CFPP and Δ SP of diesel fuel treated with nano-hybrid PPD (nano-hybrid EVAC) [41]

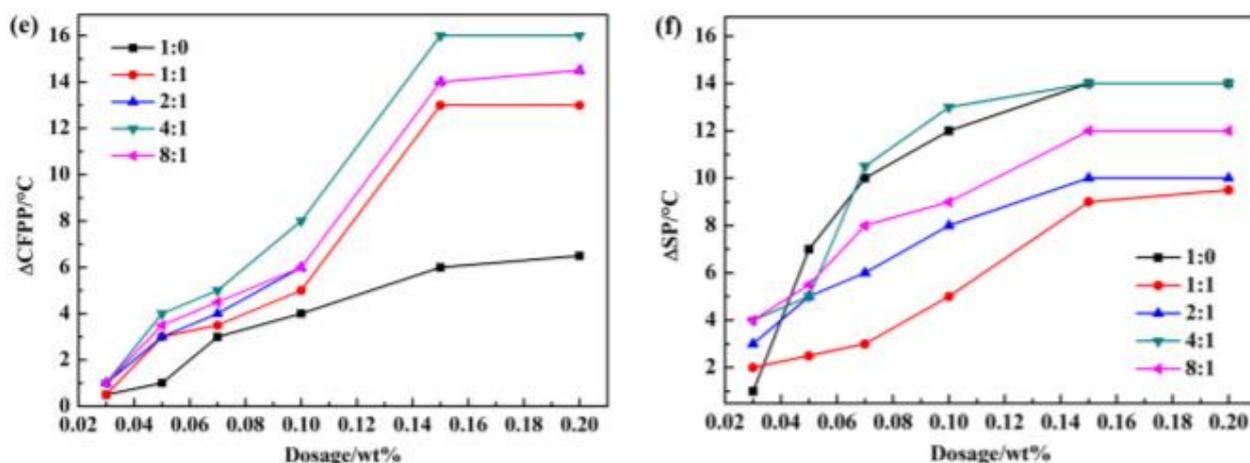


Fig. 1.4 Δ CFPP and Δ SP of diesel fuel treated with nano-hybrid PPD (nano-hybrid PMA) [41]

The results indicated that the nano-hybrid PPDs always exhibited a better cold filter plugging point, while it had little effect on solidifying point compared to pure PPDs, and PMA hybrid with organically modified nano-clay in mass ratio of 4:1 exerted the best depression effect.

Up addition of 0.15 wt.% nano-hybrid PMA (4:1) in diesel, the cold filter plugging point and solidifying point were reduced by 16 °C and 14 °C, respectively [41]. The nano-hybrid PMA modified the crystallization behavior of diesel by transforming the shape of wax crystals and inhibiting the formation of larger crystals, which result in compact, regular, tiny particle-shaped and uniform arrangement wax morphologies.

In this research paper used diesel fuel was used, the physical and chemical characteristics of which is presented in Table 1.2.

Table 1.2

Physical and chemical characteristics of diesel fuel [42]

Test	Diesel fuel
Cold filter plugging point (°C)	-2
Solid point (°C)	-7
Density at 20 °C (kg/m ³)	806,5
Kinematic viscosity at 40 °C (mm ² /s)	3,232
Flash point (°C)	78
Acid value (mg of KOH/100 mL)	1,81
Saturated hydrocarbon (wt. %)	89,2
Aromatic hydrocarbon (wt. %)	10,8

It is established that the distribution of n-alkanes in diesel fuel has an important influence on the formation of wax crystals. The concentration distribution of n-alkane is given in Figure 1.5.

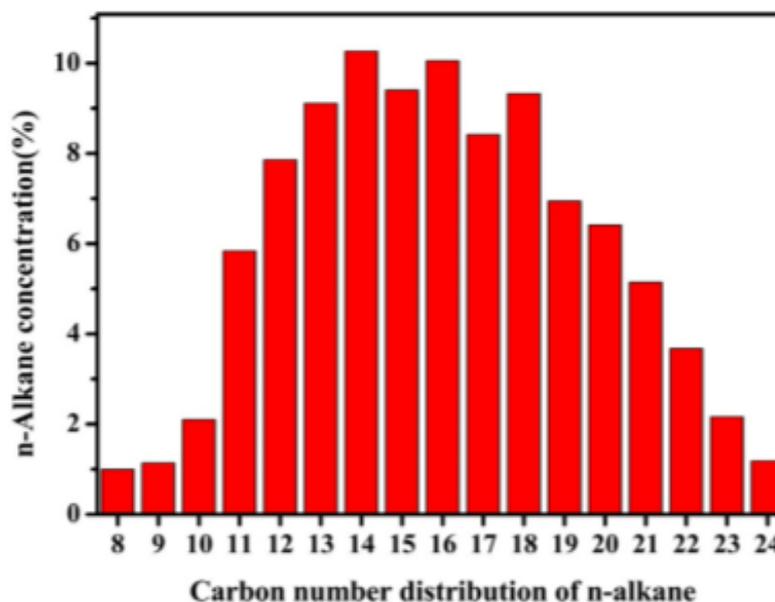


Fig. 1.5 Concentration distribution of n-alkanes in diesel fuel [42]

Synthesis of benzyl methacrylate was carried out using the reaction of methacrylic acid and benzyl alcohol in a molar ratio of 1.2:1. Toluene was used as a solvent, hydroquinone was used as an inhibitor, and PTSA was used as a catalyst. [42]

The synthetic route of methyl benzyl acrylate is showed in Figure 1.6.

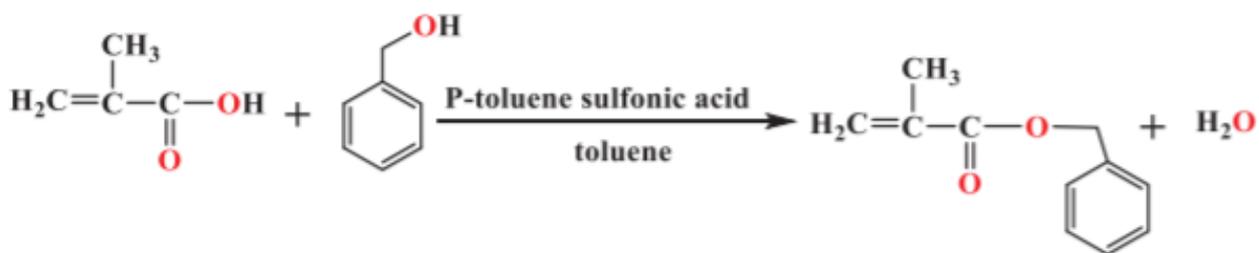


Fig. 1.6 The synthetic route of methyl benzyl acrylate [42]

In order to improve the clod flow properties of diesel fuel, maleic anhydride-methyl benzyl acrylate copolymer (MA-MB) were synthesized.

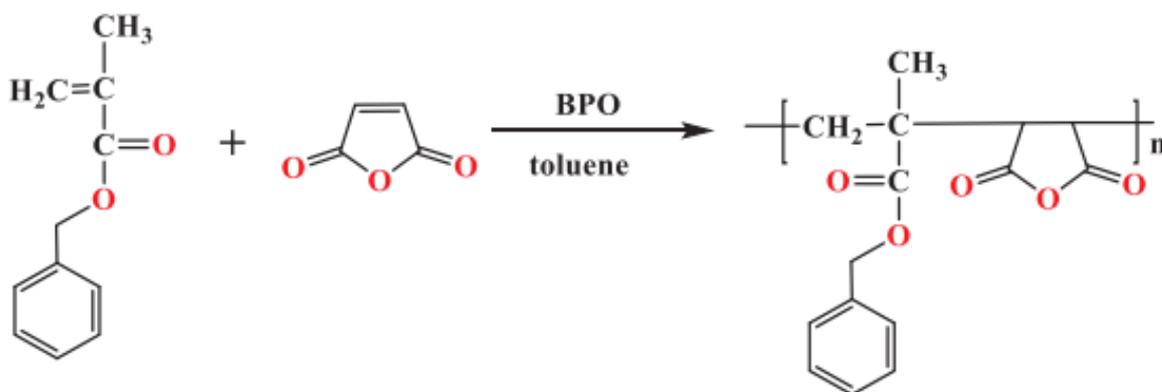


Fig. 1.7 The synthetic route of MA-MB [42]

Next, MA-MB was modified with long-chain fatty amine and long-chain fatty alcohol (RNH_2 and ROH , $\text{R} = \text{C}_{14}, \text{C}_{16}, \text{C}_{18}$) to obtain a series of aminated copolymers $\text{R}_1\text{MA-MB}$ ($\text{R}_1 = \text{N}_{14}, \text{N}_{16}, \text{N}_{18}$) and esterified copolymers $\text{R}_2\text{MA-MB}$ ($\text{R}_2 = \text{C}_{14}, \text{C}_{16}, \text{C}_{18}$). The synthesis of copolymers is shown in Figure 1.8.

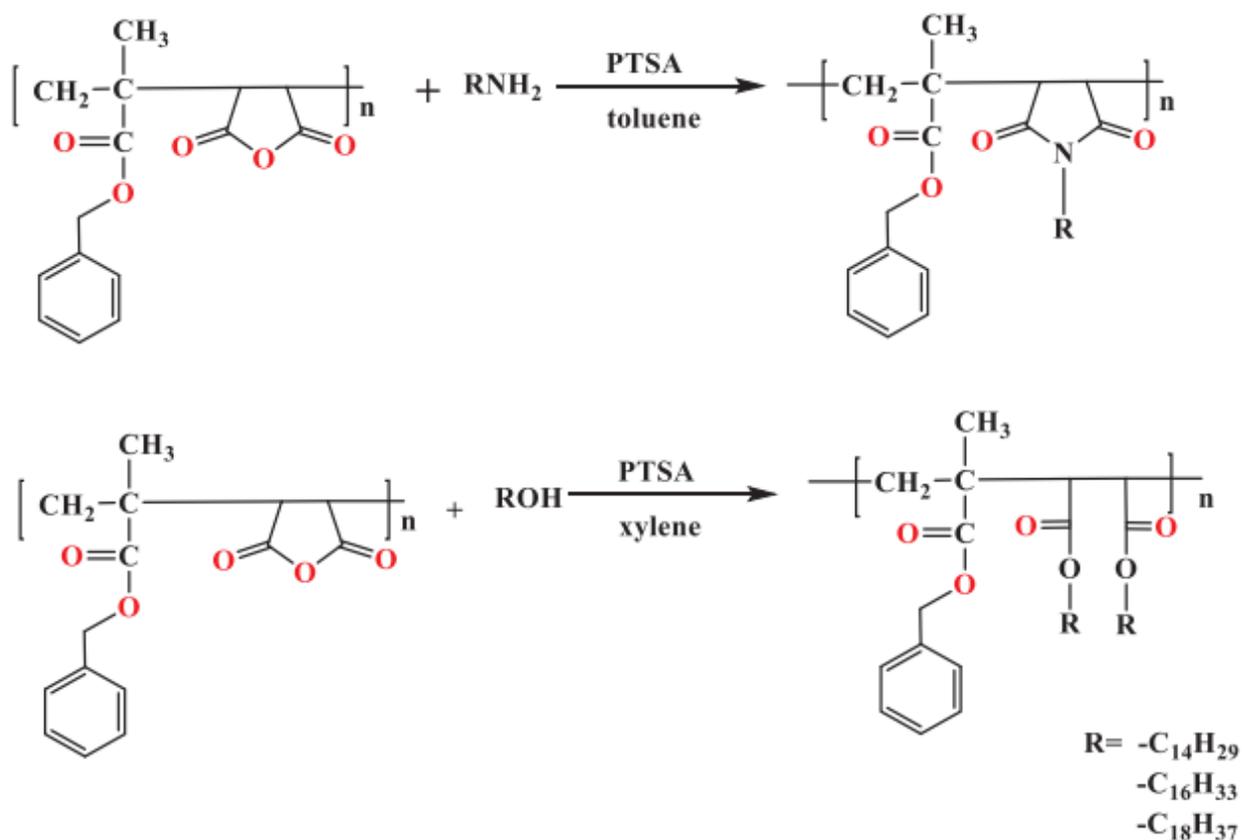


Fig. 1.8 Synthetic routes of the copolymers [42]

The influences of them used as pour point depressants (PPDs) on the cold flow properties of diesel fuel were investigated.

The effects of a series of aminated copolymers R₁MB-MA (R₁ = N₁₄, N₁₆, N₁₈) and esterified copolymers R₂MB-MA (R₂ = C₁₄, C₁₆, C₁₈) on the CFPP and SP of diesel fuel are shown in figure 1.9 and 1.10.

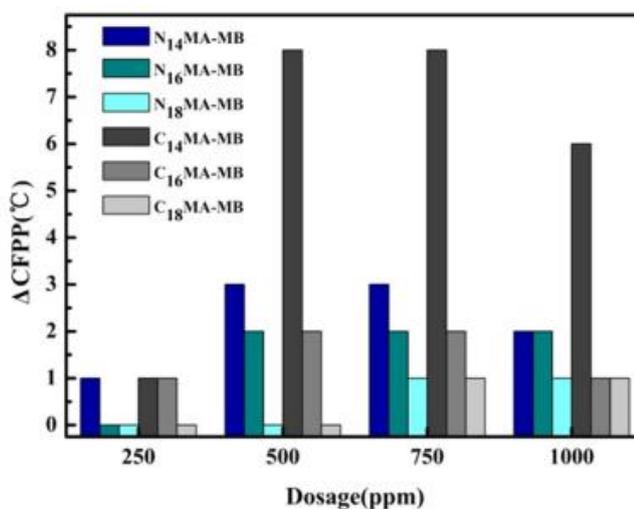


Fig. 1.9 Δ CFPP of diesel fuel treated with N₁₄MA-MB, N₁₆MA-MB, N₁₈MA-MB, C₁₄MA-MB, C₁₆MA-MB, and C₁₈MA-MB [42]

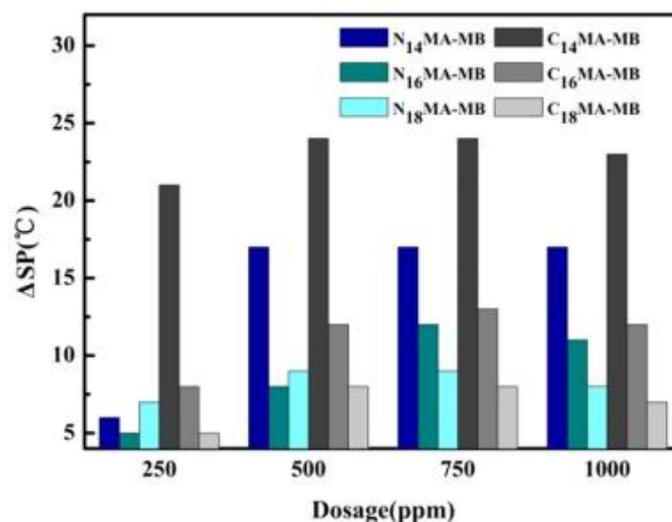


Fig. 1.10 Δ SP of diesel fuel treated with N₁₄MA-MB, N₁₆MA-MB, N₁₈MA-MB, C₁₄MA-MB, C₁₆MA-MB, and C₁₈MA-MB [42]

Results indicate that the esterified copolymers exhibit a better depression effect in depressing the solid point (SP) and cold filter plugging point (CFPP) than that of aminated copolymers. Among that, C₁₄MA-MB exhibited the most considerable reduction on the SP and CFPP by 24 and 8 °C at 500 ppm addition, respectively [42]. The analysis shows that C₁₄MA-MB changed the crystal behaviors by modifying the crystal growth direction, restraining the crystal accumulation, and retarding the formation of large crystals, thus enhancing the cold flow properties of diesel fuel. Therefore, the synthesized copolymers are the highly effective PPDs of diesel fuels.

The SP and CFPP of untreated diesel were $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectively [43].

Tetradecyl methacrylate (C_{14}MC) was synthesized through esterification reaction to 1-tetradecanol and methacrylic acid in a molar ratio of 1:1,2. P-toluenesulfonic acid (PTSA) was used as a catalyst, and hydroquinone was used as an inhibitor.[43]

The preparation routine of C_{14}MC is shown in Figure. 1.11.

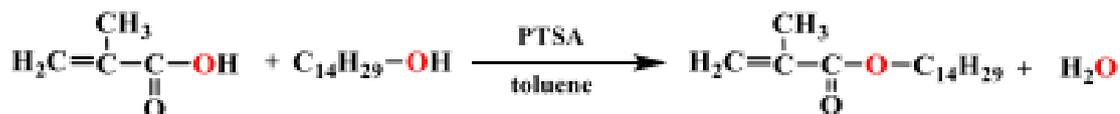


Fig. 1.11 - Esterification reaction for synthesis of C_{14}MC [43]

C_{14}MC -BMI, C_{14}MC -ACM, and C_{14}MC -BMI-ACM were synthesized in three-neck flasks through radical polymerization reactions. C_{14}MC -BMI and C_{14}MC -ACM were prepared using C_{14}MC , BMI, and ACM in various molar ratios (1:1, 3:1, 6:1, 9:1, 12:1, and 15:1) in toluene [43]. The reactions were conducted under a nitrogen atmosphere, and benzoyl peroxide was used as an initiator at a reactant dosage of 1,0 wt%. C_{14}MC -BMI-ACM was synthesized by regulating the molar ratios of C_{14}MC , BMI, and ACM, and the reaction steps used were the same as those used in synthesizing C_{14}MC -BMI and C_{14}MC -ACM.

The chemical structures of the copolymers and terpolymers are shown in figure 1.12.

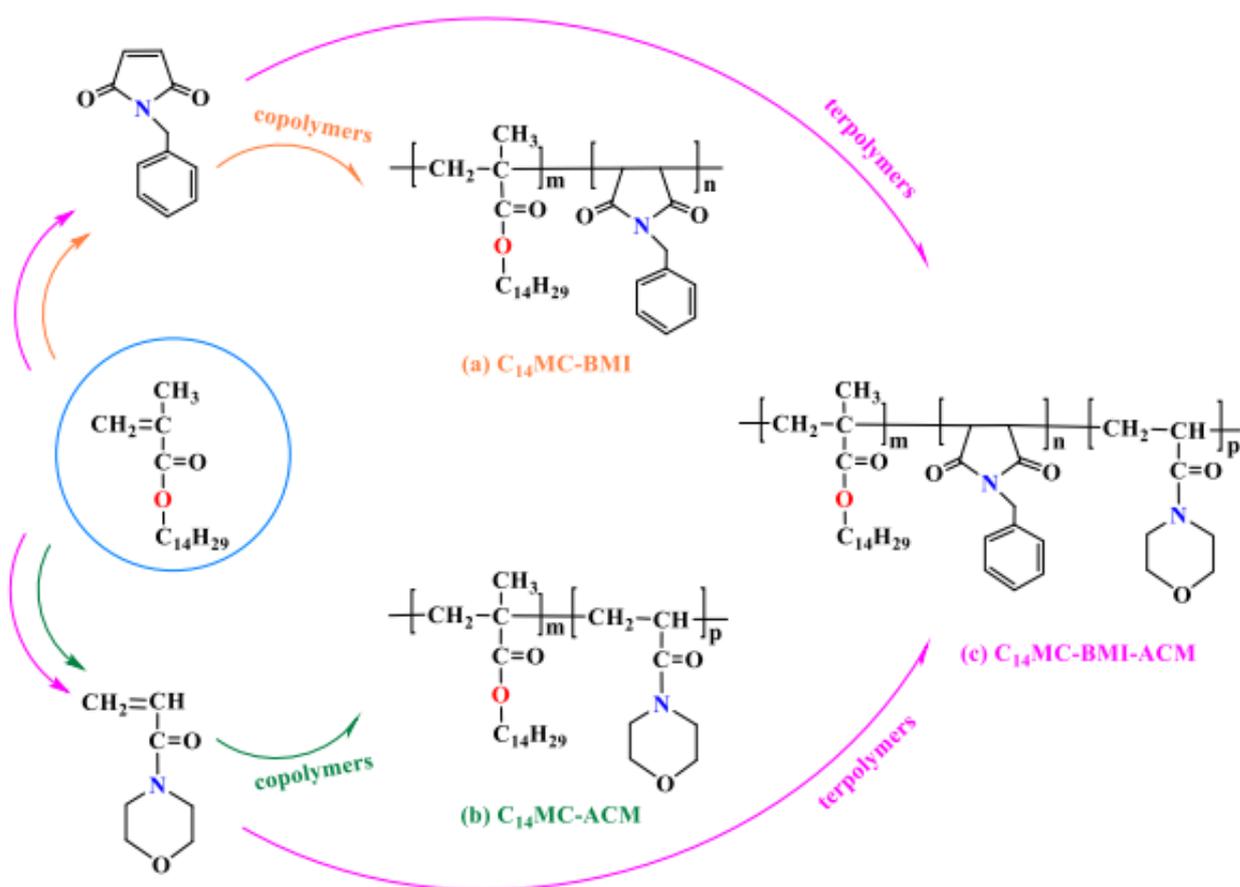


Fig. 1.12 Chemical structures of polymers:

(a) C₁₄MC-BMI, (b) C₁₄MC-ACM, and (c) C₁₄MC-BMI-ACM [43]

SP represents the highest temperature when the fluidity of diesel loses at a low temperature. CFPP represents the highest temperature at which 20 mL diesel failed to pass through a wire mesh filter within a period of 60 seconds. The synthesized C₁₄MC-BMI, C₁₄MC-ACM, and C₁₄MC-BMI-ACM at dosages of 250, 500, 750, 1000, and 1250 ppm were added to diesel for the measurement of depressive effects on SP and CFPP [43]. SP and CFPP were measured three times, and the average values were obtained.

Next, the analysis of the SP and CFPP of the resulting mixtures was carried out.

The ΔSP and ΔCFPP presented the SP and CFPP reduction, respectively, which both had been calculated by the values of untreated diesel and treated diesel.

The effects of C₁₄MC-BMI, C₁₄MC-ACM, and C₁₄MC-BMI-ACM terpolymers on the cold flow properties of diesel fuel are presented in Figures 1.13 and 1.14.

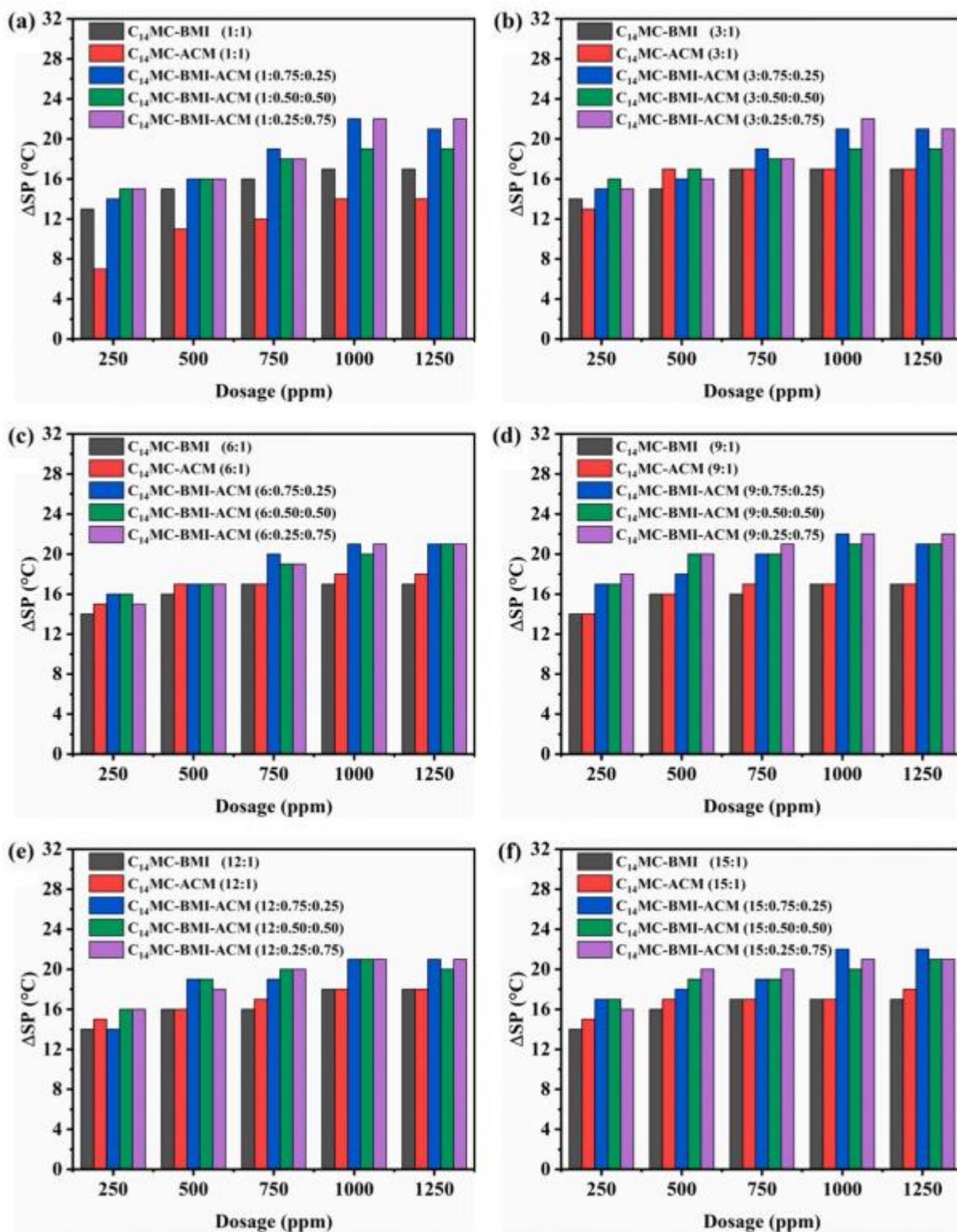


Fig. 1.13 Depressive effects of copolymers and terpolymers on the ΔSP of diesel [43]

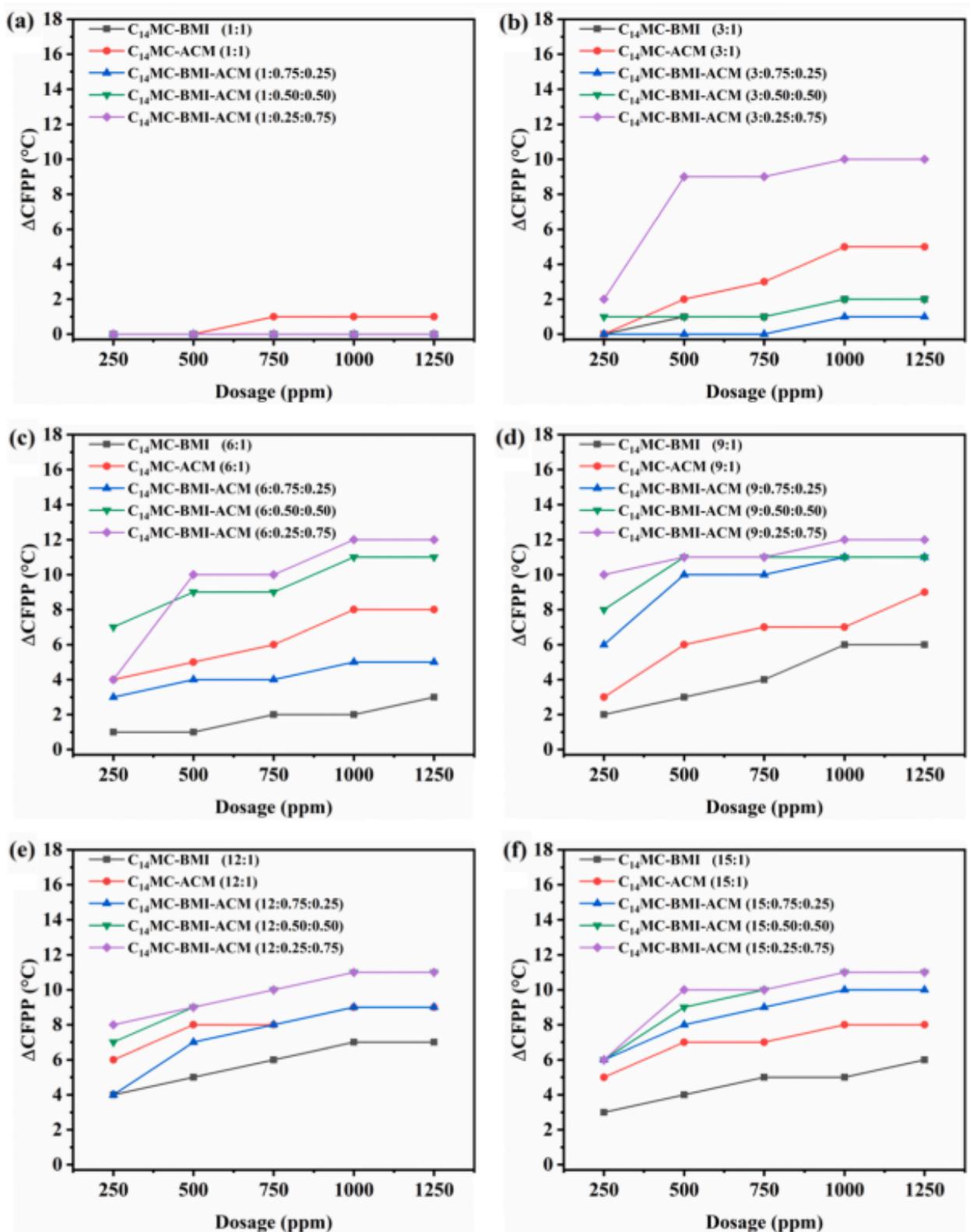


Fig. 1.14 Depressive effects of copolymers and terpolymers on the Δ CFPP of diesel [43]

Diesel fuels treated with $C_{14}MC-BMI-ACM$ (9:0,25:0,75) showed the highest decreases in the SP and CFPP.

The possible mechanism that improves the cold properties of untreated diesel and diesel treated with C₁₄MC-BMI-ACM is shown in Figure 1.15.

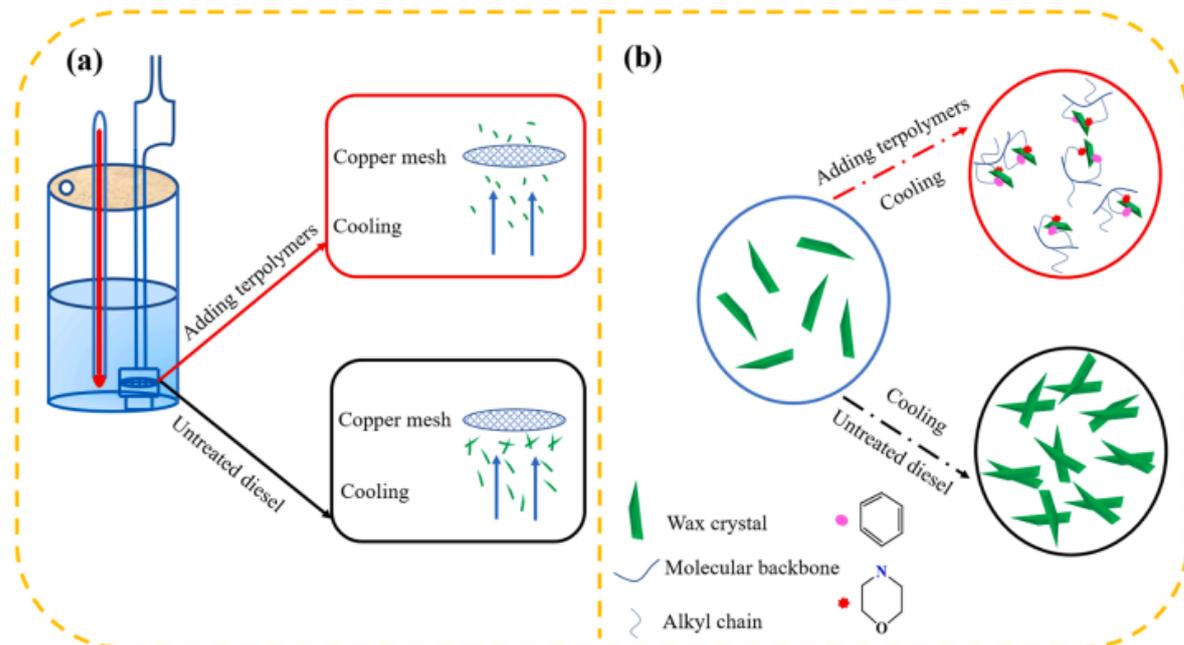


Fig. 1.15 Possible mechanism of untreated diesel and diesel treated with C₁₄MC-BMI-ACM [43]

When untreated diesel was continuously cooled, strip-shaped wax crystals continuously grew, and the wax crystals were unable to pass through the copper mesh. After the addition of C₁₄MC-BMI-ACM, the sizes of the crystals decreased, and the crystals easily passed through the filter. The reason is that the alkyl chains of the terpolymers cocrystallized with the n-alkanes in diesel and interfered with the regular arrangement of the wax crystals through the van der Waals forces.

Summing up, C₁₄MC-BMI-ACM with benzene rings and morpholine groups leads to better cold flow properties in diesel in contrast to that of C₁₄MC-BMI with benzene rings groups and C₁₄MC-ACM with morpholine groups. Moreover, C₁₄MC-BMI-ACM showed the best depressing effect and decreased cold filter plugging point of diesel by 12 °C [43]. The results revealed that compared with copolymers with only benzene rings or morpholine groups, terpolymers with benzene rings and morpholine groups delayed crystal precipitation, thereby significantly reducing the low-temperature viscosity and improving the cold flow properties of diesel fuel.

N-containing pour point depressants (PPDs) for diesel fuel were synthesized by polymerizing tetradecyl methacrylate (C₁₄MC) with N-vinyl-2-pyrrolidinone (NVP), N-vinylimidazole (NVIM), and N-vinylcaprolactam (NVCL) at different with molar ratios (1:1, 3:1, 6:1, 9:1, 12:1, and 15:1) through free radical polymerization [44].

The synthesis routines of tetradecyl methacrylate and copolymers are shown in Figure 1.16.

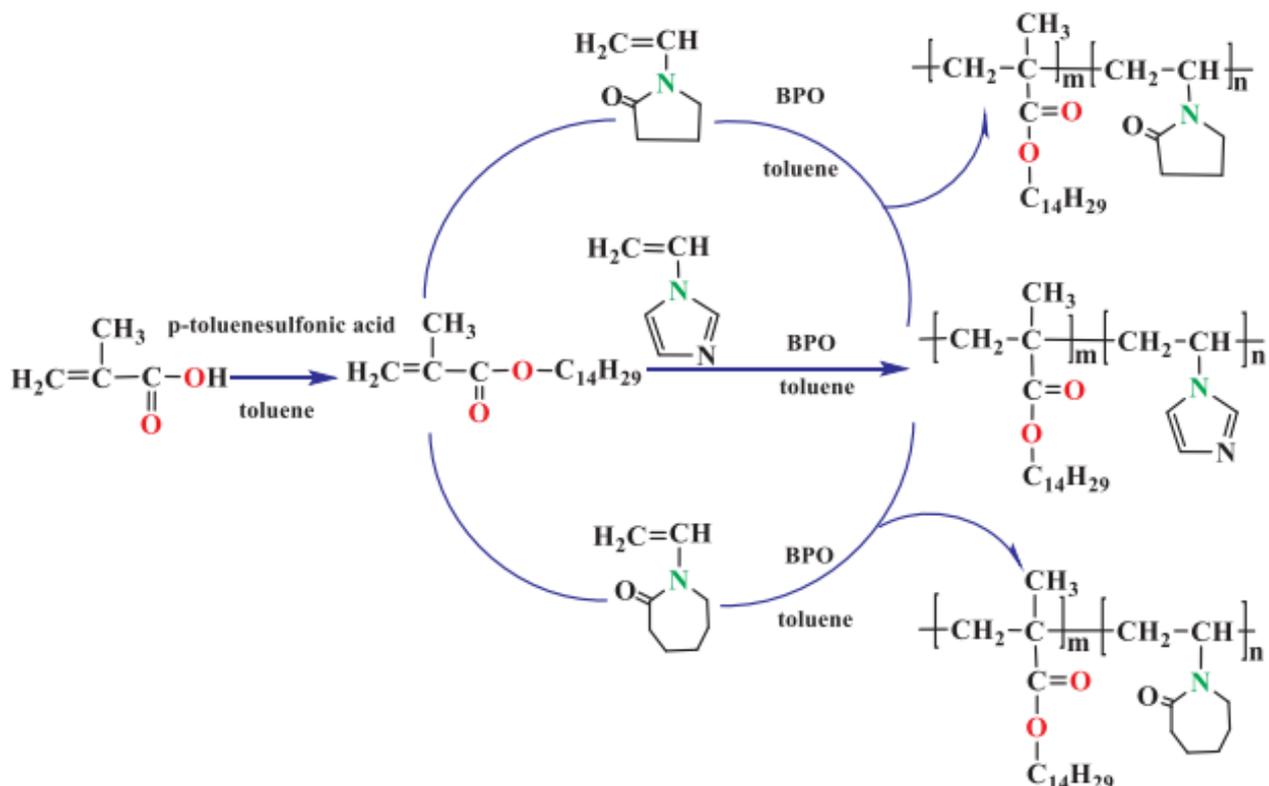


Fig. 1.16 Synthetic routine for tetradecyl methacrylate and polymer preparation [44]

Next, the physicochemical characteristics and composition of diesel fuel were determined. The results are presents in Table 1.3 and Figure 1.17, respectively.

Table 1.3

Physical and chemical characteristics of diesel fuel [44]

Test	Diesel fuel
Cold filter plugging point (°C)	-2
Solid point (°C)	-13
Density at 20 °C (kg/m ³)	795,0
Kinematic viscosity at 40 °C (mm ² /s)	3,526
Flash point (°C)	80

Test	Diesel fuel
Acid value (mg of KOH/100 mL)	1,84
Saturated hydrocarbon (wt. %)	79,41
Aromatic hydrocarbon (wt. %)	20,59

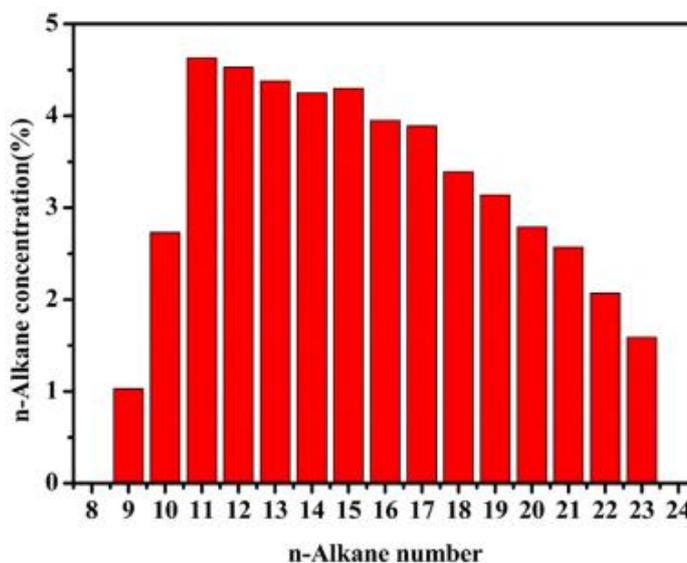


Fig. 1.17 Concentration distribution of n-alkanes in diesel fuel [44]

The carbon number distribution of the total n-alkanes in diesel was broad (C₉-C₂₃), and the average carbon number of n-paraffin was 16,1. The diesel contained 49,24 wt.% of n-paraffin. [44]

Three prepared copolymers, namely, C₁₄MC-NVP, C₁₄MC-NVIM, and C₁₄MC-NVCL, were added to diesel fuel at concentrations of 250, 500, 1000, 1500, 2000, and 2500 ppm [44]. The results of CFPP and SP were tested three times, and the average value was taken as the determined value.

The SP and CFPP of the untreated diesel fuel were -13 °C and -2 °C, respectively [44]. Δ SP and Δ CFPP represent the decrease of SP and CFPP of diesel after PPDs treated.

Figure 1.18 shows the effects of C₁₄MC-NVP, C₁₄MC-NVIM, and C₁₄MC-NVCL on the Δ SP and Δ CFPP of diesel.

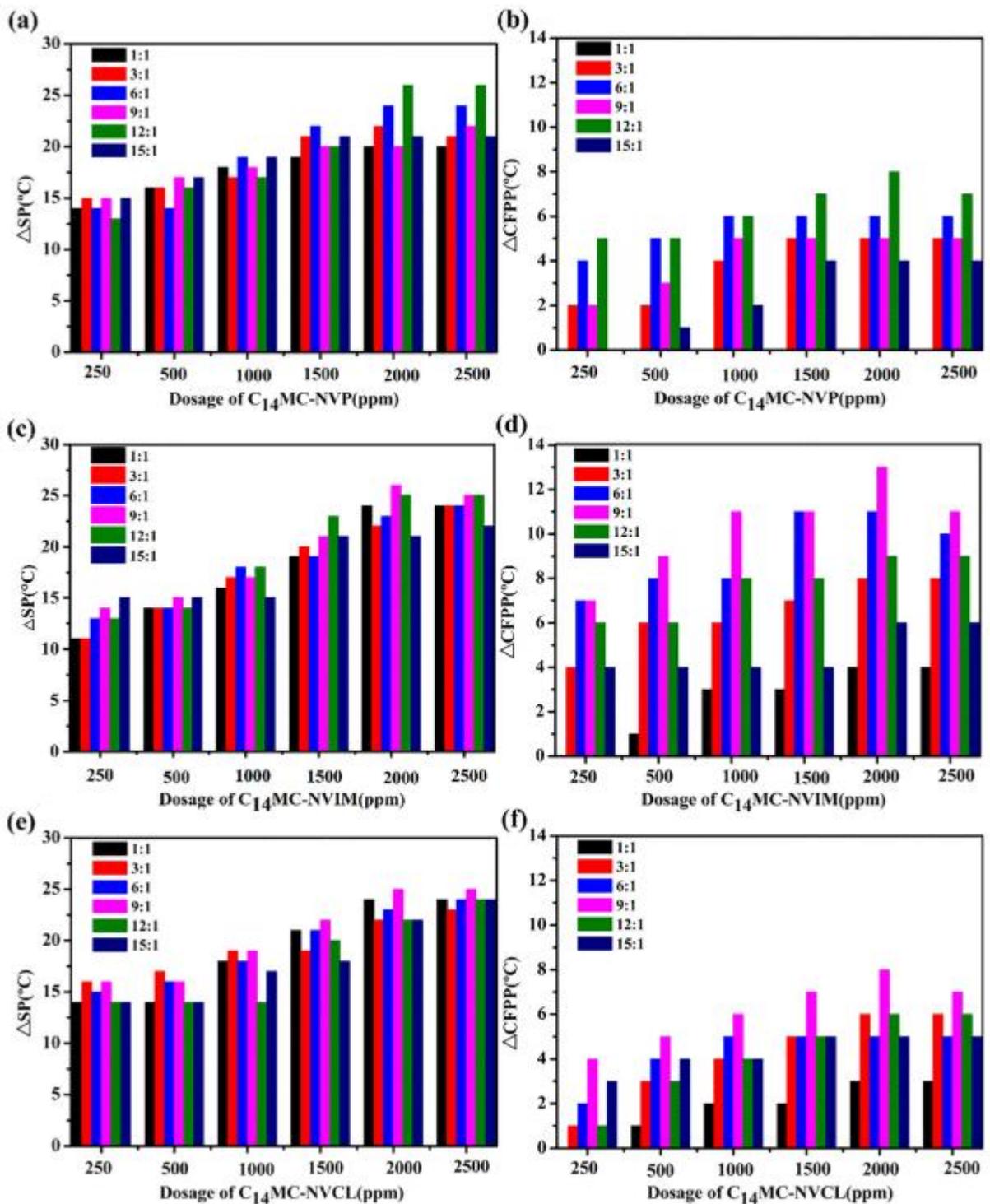


Fig. 1.18 Effects of three N-containing copolymers on Δ CFPP and Δ SP of diesel fuel [44]

Results showed that $C_{14}MC-NVP$ (12:1), $C_{14}MC-NVCL$ (9:1), and $C_{14}MC-NVIM$ (9:1) at 2000 ppm exhibited improved depressive effects, and $C_{14}MC-NVIM$ (9:1) at 2000 ppm exhibited the best cold flowability. That is, the cold filter plugging (CFPP) and solid points (SP) decreased by 13 °C and 26 °C, respectively.

As shown in Figure 1.19, the long side chain alkyl of the N-containing PPDs co-crystallized with the n-alkanes that have similar chain lengths at low temperature. The rapid growth and unordered stacking of the wax crystals were broken by the intermolecular polarity repulsion from the exposed N-containing polar groups. The crystallization habits and orientations of the wax crystals were modified to a beneficial direction. The cross-links of these crystals were destroyed, and the formation of large crystals was delayed at low temperature. [44] Many fine and small spherical or needle-like crystals formed instead of original long strips. Thus, the diesel exhibited low CFPP and SP after the addition of the N-containing PPDs. The sizes of the wax crystals in the C₁₄MC-NVIM treated diesel were much lower than those in the C₁₄MCNVP and C₁₄MC-NVCL treated diesels.

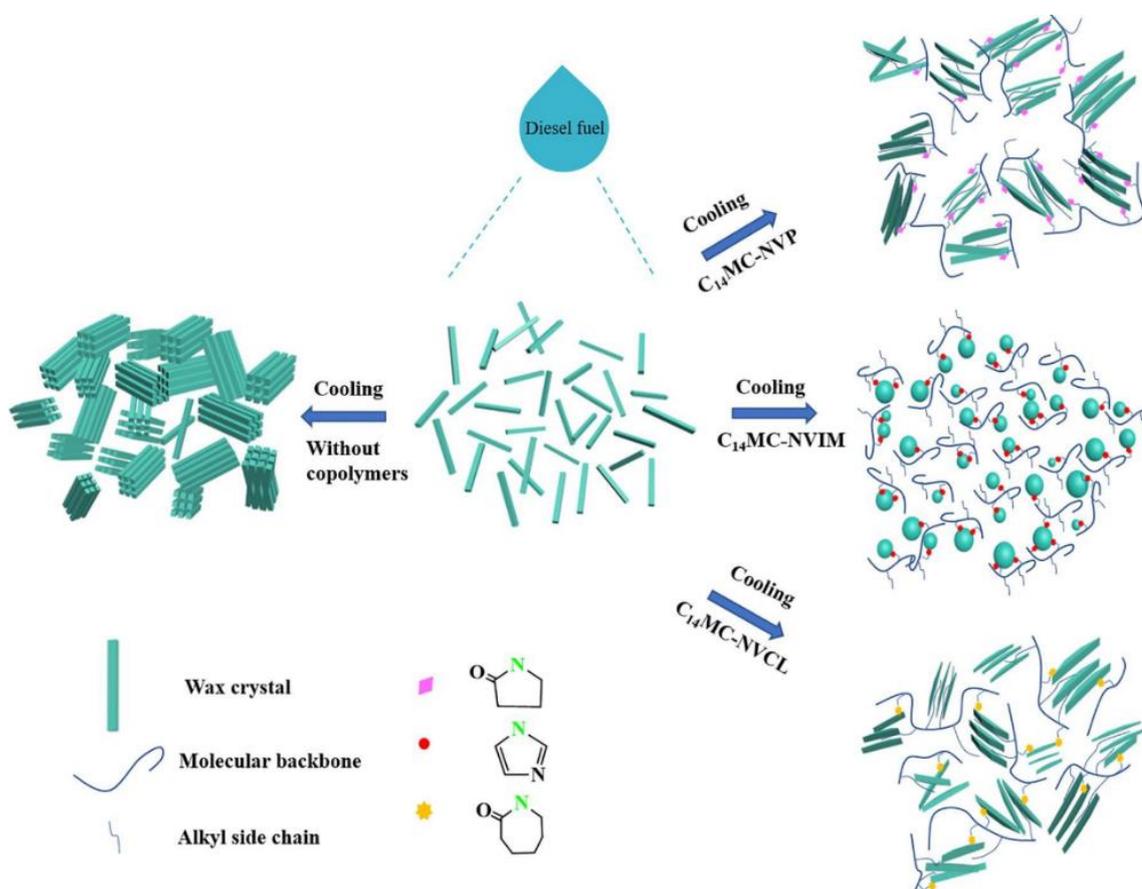


Fig. 1.19 Possible mechanism of C₁₄MC-NVP, C₁₄MC-NVIM, and C₁₄MC-NVCL for improving cold flow properties of diesel fuel [44]