

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

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование влияния добавления n-парафинов на эффективность действия депрессорных присадок

УДК 665.71.03:665.637.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ92	Орлова Алина		

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	Богданов Илья	—		

### 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	Пашков Евгений Николаевич	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	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»)**

<b>Код компетенции СУОС</b>	<b>Наименование компетенции СУОС (самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта)</b>
<b>Общекультурные (универсальные) компетенции</b>	
УК(У)-1	Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действия
УК(У)-2	Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способность организовывать и руководить работой команды, выработывая 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
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
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
<b>Профессиональные компетенции</b>	
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
<b>Дополнительные профессиональные компетенции (профессиональные компетенции, установленные университетом)</b>	
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  
 Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология (Химическая технология топлива и газа)  
 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:

Магистерской диссертации
--------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ92	Орловой Алине

Тема работы:

<b>Исследование влияния добавления n-парафинов на эффективность действия депрессорных присадок</b>	
Утверждена приказом директора ИШПР (дата, номер)	от 02.02.2021 г. № 33-24/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2021 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Образцы прямогонного дизельного топлива, депрессорные присадки, n-парафины.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1 Литературный обзор 1.1 Дизельное топливо: состав и физико-химические свойства 1.2 Низкотемпературные присадки для дизельного топлива 1.3 Влияние состава дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок 2 Объект и методы исследования 2.1 Объект исследования 2.2 Методика выделения n-парафинов 2.3 Методика исследования низкотемпературных свойств

	<p>2.4 Методики определения состава образцов дизельного топлива и н-парафинов</p> <p>2.5 Методика определения физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик образцов дизельного топлива</p> <p>3. Расчеты и аналитика</p> <p>3.1 Результаты определения состава прямогонного дизельного топлива и н-парафинов</p> <p>3.2 Результаты определения физико-химических свойств образцов дизельного топлива</p> <p>3.3 Результаты определения низкотемпературных свойств образцов дизельного топлива</p> <p>4 Результаты проведенного исследования</p> <p>4.1 Анализ влияния состава образцов дизельного топлива на эффективность действия присадок</p> <p>4.2 Анализ влияния добавления н-парафинов Р1 в дизельное топливо на эффективность действия депрессорных присадок</p> <p>4.3 Анализ влияния добавления различной концентрации н-парафинов в дизельное топливо на эффективность действия депрессорных присадок</p> <p>4.4 Анализ влияния добавления н-парафинов различного состава в дизельное топливо на эффективность действия депрессорной присадки</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»	Рыжакина Татьяна Гавриловна, к.э.н., доцент ОСГН ШБИП
«Социальная ответственность»	Пашков Евгений Николаевич, к.т.н., доцент ООД ШБИП
«Иностранный язык»	Терре Дина Анатольевна, д.фил.н., доцент ОИЯ ШБИП

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

Литературный обзор

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	01.02.2021 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
2ДМ92	Орлова Алина		

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 (Химическая технология топлива и газа)

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

Период выполнения весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

<b>Магистерская диссертация</b>
---------------------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2021 г.	Введение	10
15.03.2021 г.	Литературный обзор: дизельное топливо; основные характеристики дизельного топлива; классификация дизельного топлива; низкотемпературные присадки для дизельного топлива; кристаллическая структура н-парафинов.	15
01.04.2021 г.	Объект и методы исследования: образцы прямогонного дизельного топлива, депрессорные присадки и н-парафины; методики определения характеристик дизельного топлива (низкотемпературных свойств, плотности, вязкости, цетанового индекса); методики определения состава дизельного топлива (фракционного, группового и структурно-группового состава, содержания серы) и н-парафинов.	15
15.04.2021 г.	Расчеты и анализа: результаты определения характеристик образцов прямогонного дизельного топлива; результаты определения состава образцов прямогонного дизельного топлива; результаты определения состава образцов н-парафинов; результаты определения низкотемпературных свойств смесей прямогонного дизельного топлива и смесей прямогонного дизельного топлива с депрессорными присадками и н-парафинами.	20
01.05.2021 г.	Результаты проведенного исследования: исследование влияния состава образцов прямогонного дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок; анализ влияния добавления н-парафинов различного состава на эффективность действие	20

	депрессорных присадок; анализ влияния различной концентрации n-парафинов на эффективность действия низкотемпературных присадок.	
20.05.2021 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Раздел «Социальная ответственность». Раздел «Иностранный язык»	10
01.06.2021 г.	Выводы	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ДМ92	Орловой Алине

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение</b>	<b>Отделение химической инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Химическая технология

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

Влияние добавления малых концентраций n-парафинов в ДТ на эффективность действия депрессорных присадок

Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, выполнение экспериментов в химической лаборатории ТПУ

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
<i>Планирование и формирование бюджета разработки</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования</i>
<i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> <i>Матрица SWOT</i> <i>График проведения и бюджет проекта</i> <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки</i>	01.02.2021
---	------------

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.т.н.		01.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ДМ92	Орлова Алина		01.02.2021

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ92	Орловой Алине

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология топлива и газа

Тема ВКР:

Исследование влияния добавления n-парафинов на эффективность действия депрессорных присадок	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – образцы прямогонного дизельного топлива.</p> <p>Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019).</li> <li>– ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</li> <li>– ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</li> <li>– ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Отклонение показателей микроклимата;</li> <li>– недостаточная освещенность;</li> <li>– повышенный уровень шума;</li> </ul>



	<p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Горючесть, взрывоопасность и токсичность применяемых веществ;</li> <li>– короткое замыкание.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<p>Атмосфера: пары дизельного топлива, пары толуола, пары бензола;</p> <p>Гидросфера: разлив дизельного топлива на воде, разлив органических растворителей на воде;</p> <p>Литосфера: загрязнение почвы нефтяными фракциями, загрязнение почвы химическими растворителями.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Вероятные чрезвычайные ситуации при проведении исследований на рабочем месте:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пожар;</li> <li>– взрыв;</li> <li>– розлив реагентов и нефтепродуктов.</li> </ul> <p>Наиболее типичными ЧС: разлив реагентов и дизельного топлива.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашков Е.Н.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ92	Орлова Алина		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 134 с., 13 рисунков, 60 таблиц, 94 источника.

**Ключевые слова:** дизельное топливо, низкотемпературные свойства, низкотемпературные присадки, н-парафины, предельная температура фильтруемости, групповой состав.

**Объект исследования** – образцы прямогонного дизельного топлива, их смеси с низкотемпературными присадками и н-парафинами различного состава. **Предмет исследования** – эффективность действия депрессорных присадок.

**Цель работы** – исследовать влияние добавления н-парафинов на эффективность действия депрессорных присадок.

В процессе исследования выявлены закономерности влияния состава добавляемых н-парафинов на эффективность действия депрессорных присадок, а также выработаны рекомендации для получения дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами и усиления эффективности действия депрессорных присадок путем добавления небольших концентраций н-парафинов.

**Экономическая эффективность/значимость работы:** выявленные закономерности и выработанные рекомендации позволят повысить качество производимых зимних и арктических марок дизельных топлив и снизит их себестоимость, а также предлагают ресурсоэффективный вариант использования тяжелых газойлевых фракций.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	15
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	19
1.1. Дизельное топливо: состав и физико-химические свойства .....	19
1.2. Низкотемпературные присадки для дизельного топлива .....	25
1.3. Влияние состава дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок .....	30
1.3.1 Влияние фракционного состава дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок .....	30
1.3.2 Влияние группового состава дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок .....	31
1.3.3 Влияние индивидуальных веществ в составе дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок .....	32
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	34
2.1. Объект исследования .....	34
2.2. Методика выделения н-парафинов .....	34
2.3. Методика исследования низкотемпературных свойств .....	35
2.4. Методики определения состава образцов дизельного топлива и н-парафинов .....	35
2.4.1 Методика определения состава н-парафинов .....	35
2.4.2 Методика определения фракционного состава образцов дизельного топлива .....	36
2.4.3 Методика определения группового и структурно-группового состава образцов дизельного топлива .....	36
2.4.4 Методика определения содержания серы в образце дизельного топлива .....	38
2.5. Методика определения физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик образцов дизельного топлива .....	38
2.5.1 Методика определения плотности и вязкости .....	38
2.5.2 Методика определения цетанового индекса .....	39

3	РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	40
3.1	Результаты определения состава прямогонного ДТ и н-парафинов .....	40
3.1.1	Результаты определения состава н-парафинов .....	40
3.1.2	Результаты определения фракционного состава прямогонного дизельного топлива .....	40
3.1.3	Результаты определения группового и структурно-группового состава прямогонного дизельного топлива.....	41
3.1.4	Результаты определения содержания серы .....	42
3.2	Результаты определения физико-химических свойств образцов .....	43
3.2.1	Результаты определения плотности и вязкости .....	43
3.2.2	Результаты определения цетанового индекса .....	44
3.3	Результаты определения низкотемпературных свойств образцов дизельного топлива .....	44
3.3.1	Результаты определения низкотемпературных свойств прямогонного дизельного топлива .....	44
3.3.2	Результаты определения низкотемпературных свойств смесей прямогонного дизельного топлива с н-парафинами .....	45
3.3.3	Результаты определения низкотемпературных свойств смесей прямогонного дизельного топлива с низкотемпературными присадками.....	46
3.3.4	Результаты определения низкотемпературных свойств смесей прямогонного дизельного топлива с депрессорными присадками и н-парафинами .....	47
4	РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ .....	49
4.1	Анализ влияния состава образцов дизельного топлива на эффективность действия присадок.....	49
4.2	Анализ влияния добавления н-парафинов Р1 в дизельное топливо на эффективность действия депрессорных присадок .....	51
4.3	Анализ влияния добавления различной концентрации н-парафинов в дизельное топливо на эффективность действия депрессорных присадок	

.....	54
4.4 Анализ влияния добавления n-парафинов различного состава в дизельное топливо на эффективность действия депрессорной присадки .....	56
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	60
5.1 Предпроектный анализ .....	61
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	61
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....	62
5.1.3 SWOT-анализ .....	63
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	66
5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	68
5.2 Инициация проекта .....	69
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом .....	71
5.3.1 Иерархическая структура работ проекта .....	71
5.3.2 План проекта.....	72
5.4 Бюджет научного исследования .....	76
5.4.1 Организационная структура проекта .....	83
5.4.2 План управления коммуникациями проекта .....	83
5.4.3 Реестр рисков проекта .....	84
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности .....	84
5.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования .....	84
5.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования .....	89
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	93
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	93
6.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства .....	93

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	94
6.2 Производственная безопасность .....	95
6.3 Расчёт минимального воздухообмена в помещении химической лаборатории.....	100
6.4 Экологическая безопасность.....	102
6.4.1 Воздействие на атмосферу.....	103
6.4.2 Воздействие на гидросферу.....	103
6.4.3 Воздействие на литосферу.....	103
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	104
ВЫВОДЫ.....	107
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	110
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	112
Приложение I.....	123
Приложение II.....	124

## ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом наблюдается стабильное увеличение объемов потребления дизельного топлива. Согласно [1] увеличение спроса на дизельное топливо в том числе вызвано введением новых экологических стандартов для бункеровочного топлива. На территории Российской Федерации производится преимущественно летнее дизельное топливо, в то время как дефицит зимней и арктической марок дизельного топлива обусловлен недостаточным техническим оснащением производства, так в 2019 г. на зимнюю марку приходилось 14,6 % от общего объема производства дизельного топлива, на арктическую – 1,0 %; в 2020 г. 18,6 % и 1,2 % соответственно [2].

На сегодняшний день одним из основных, перспективных и экономически выгодных способов получения зимних и арктических марок дизельного топлива с улучшенными низкотемпературными свойствами, является вовлечение депрессорных присадок. Но эффективность действия депрессорных присадок сильно зависит от состава дизельного топлива, особенно от содержания парафиновых углеводородов, в наибольшей степени определяющих низкотемпературные свойства топлива.

На данный момент крайне актуальным является выявление закономерностей и разработка способов повышения эффективности действия депрессорных присадок путем корректировки состава дизельных топлив.

Таким образом, **целью работы** является исследование влияния добавления н-парафинов на эффективность действия депрессорных присадок.

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

1. Экспериментально определить состав, низкотемпературные и физико-химические свойства, а также эксплуатационные характеристики образцов прямогонного дизельного топлива;
2. Выделить н-парафины из тяжелого газойля и высокопарафинистого образца дизельного топлива;

3. Приготовить смеси образцы прямогонного дизельного топлива / депрессорные присадки; образцы прямогонного дизельного топлива / н-парафины, образцы прямогонного дизельного топлива / депрессорные присадки / н-парафины; экспериментально определить низкотемпературные свойства смесей;

4. Выявить закономерности влияния добавления н-парафинов на эффективность действия депрессорных присадок;

5. Выявить закономерности влияния состава добавляемых н-парафинов на эффективность действия депрессорных присадок;

6. Выработать рекомендации для получения дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами и усиления эффективности действия депрессорных присадок путем добавления небольших концентраций н-парафинов.

**Объектом исследования** в работе являются образцы прямогонного дизельного топлива, их смеси с низкотемпературными присадками и н-парафинами различного состава.

**Предметом исследования** являются состав, низкотемпературные и физико-химические свойства, а также эксплуатационные характеристики образцов прямогонного дизельного топлива, смесей образцы прямогонного дизельного топлива / депрессорные присадки / н-парафины, эффективность действия депрессорных присадок.

#### **Научная новизна работы:**

1. Установлено, что добавление н-парафинов к смесям дизельных топлив с депрессорными присадками в небольших концентрациях усиливает эффективность действия депрессоров в отношении предельной температуры фильтруемости. Показано, что эффект наблюдается для дизельных топлив различного состава, различных депрессорных присадок, а также н-парафинов различного состава.

2. Показано, что оптимальная концентрация добавляемых н-парафинов зависит от эффективности действия депрессорной присадки – для менее



эффективных (слабых) присадок требуется меньшая концентрация н-парафинов.

3. Установлено, что положительный эффект добавления н-парафинов усиливается с утяжелением добавляемых н-парафинов.

#### **Практическая значимость работы:**

1. Показано, что использование рассмотренных образцов прямогонного дизельного топлива в зимних и арктических условиях возможно только в случае применения депрессорных присадок.

2. Выработаны рекомендации для получения дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами и усиления эффективности действия депрессорных присадок путем добавления небольших концентраций н-парафинов.

3. Выявленные закономерности и выработанные рекомендации позволят повысить объемы производства низкозастывающих марок дизельных топлив, а также предлагают ресурсоэффективный вариант использования тяжелых газойлевых фракций.

#### **Апробация работы:**

Основные результаты работы были представлены на 10-ти Международных конференциях, 2-ух Всероссийских конференциях, Международном конкурсе выпускных квалификационных работ (получен Диплом Лауреата), Всероссийском конкурсе научно-исследовательских работ студентов и аспирантов вузов России по техническим, естественным и гуманитарным наукам «Шаг в науку» (работа отмечена дипломом II степени на отборочном этапе). На международном конкурсе научных докладов Young Persons' Lecture Competition (YPLC) получен Диплом II степени, а также «Грант лучшему молодому учёному 2020». Работа отмечена Дипломом II степени на XXIV Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», посвященном 75-летию Победы в Великой Отечественной войне; работа на английском языке отмечена Дипломом ИШПР; также работа

отмечена Дипломом лучшей работы на XVI Международном форуме-конкурсе «Актуальные проблемы недропользования».

# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Дизельное топливо: состав и физико-химические свойства

Согласно стратегии научно-технологического развития Российской Федерации приоритетными задачами являются улучшение экономического, социального и научно-технологического положения регионов Арктики, содействие развитию международных отношений, военное освоение и охрана государственной границы Российской Федерации вдоль побережья морей Северного Ледовитого океана [1-3]. Кроме того, согласно [4] к 2024 году грузоперевозки по Северному Морскому Пути (СМП) должны увеличиться до 80 млн. тонн (рисунок 1.1).

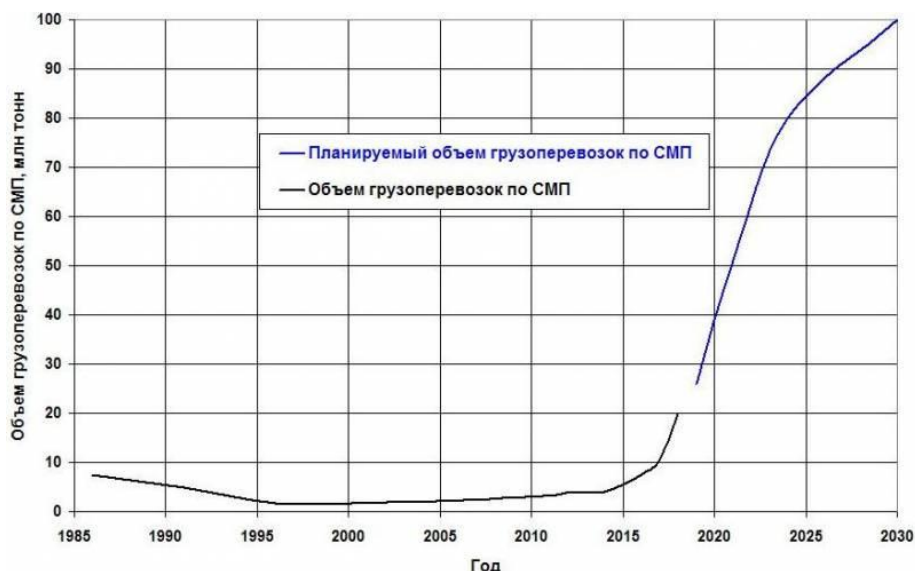


Рисунок 1.1 – Фактические объемы грузоперевозок до 2018 года и их планируемые объемы до 2030 года [5]

Для достижения вышеперечисленных целей необходимо реализовать комплекс мероприятий, которые позволят обеспечить эксплуатацию техники в условиях низких температур окружающей среды арктической зоны, ее плановый и аварийный ремонт, а также замену всех видов технических средств, привлекаемых для выполнения плана стратегического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Важной частью данного комплекса является необходимость обеспечения бесперебойной поставки горюче-смазочных

материалов, в частности дизельных топлив (ДТ) с улучшенными низкотемпературными характеристиками [4-6].

Качество ДТ определяется его низкотемпературными свойствами, составом, физико-химическими свойствами и эксплуатационными характеристиками, а именно цетановым числом, плотностью, вязкостью и содержанием серы.

Фракционный состав ДТ – показатель полноты сгорания топлива, а также характеристика степени нагарообразования и испаряемости [7]. Основными фиксируемыми значениями при определении фракционного состава ДТ являются температуры выкипания 10, 50, 90 и 95 % объемных (об.) топлива. Температура выкипания 10 % об. топлива характеризует пусковые свойства, которые обеспечивают легкие углеводороды в составе ДТ. Температура выкипания 50 % об. топлива характеризует устойчивость работы двигателя, а также плавную смену режимов работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Косвенной характеристикой нагарообразования топлива является температура выкипания 90 и 95 % об. топлива. Современные форсированные дизели могут надежно работать только на топливе нормированного фракционного состава (таблицы 1.1-1.3).

Таблица 1.1 – Требования, предъявляемые к фракционному составу ДТ различных марок, согласно [8]

Показатель	Значение для марки			
	Л	Е	З	А
50 % об. перегоняется при температуре, °С, не выше	280			255
95 % об. перегоняется при температуре, °С, не выше	360			

где Л – летняя марка ДТ, Е – межсезонная марка ДТ, З – зимняя марка ДТ, А – арктическая марка ДТ.

Таблица 1.2 – Требования, предъявляемые к фракционному составу ДТ различных марок, согласно [9]

Показатель	Нормы в отношении экологического класса			
	К1	К2	К3	К4
95 % об. перегоняется при температуре, °С, не выше	360			

Таблица 1.3 – Требования, предъявляемые к фракционному составу экспортного ДТ различных марок, согласно [10]

Показатель	Норма для марки	
	ДЛЭ	ДЗЭ
Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С, не выше:		
50 %	280	280
90 %	340	330
96 %	360	360

где ДЛЭ – ДТ летнее экспортное, ДЛЗ – ДТ зимнее экспортное.

Цетановое число (ЦЧ) характеризует воспламеняемость топлива в ДВС, определяет период задержки горения рабочей смеси [11, 12]. Оптимальную работу стандартных двигателей обеспечивают ДТ с ЦЧ 40-55 пунктов [10]. При ЦЧ меньше 40 пунктов резко возрастает задержка воспламенения и скорость нарастания давления в камере сгорания, увеличивается износ двигателя. Согласно требованиям, представленным в [10] для зимних и арктических сортов ДТ с депрессорными присадками, разрешают выпуск арктического топлива с ЦЧ не менее 40 пунктов [12].

Плотность и вязкость ДТ – показатели, характеризующие работу системы подачи топлива и его распыливания в камере сгорания [13, 14]. Плотность и вязкость ДТ имеют сильную корреляцию и характеризуются прямой зависимостью: чем больше плотность ДТ, тем больше его вязкость. Как следствие высокой плотности и вязкости образуются более крупные капли

топлива при впрыске форсункой [15]. Прокачиваемость ДТ ухудшается при низких температурах с увеличением вязкости.

Температура вспышки – показатель безопасности использования, транспортировки и хранения топлива [16, 17]. Температура вспышки ДТ может находиться в диапазоне от 52 °С до 96 °С в зависимости от типа двигателя и условий его работы [18]. Так как ДВС являются двигателями с высокой степенью сжатия, ДТ должно обладать высокой температурой вспышки и низкой температурой самовоспламенения.

Одними из наиболее важных свойств ДТ, связанных напрямую с нормальной работой ДВС при отрицательных температурах являются его низкотемпературные свойства (температура помутнения, предельная температура фильтруемости и температура застывания) [19, 20]:

Температура помутнения ( $T_{п}$ ) – температура, при которой появляются первые зародыши кристаллов парафинов, вызывая помутнение топлива [21, 22]. Процесс кристаллизации состоит из двух параллельных процессов: выделения зародышей кристаллов парафина из пересыщенного раствора и роста кристаллов. При достижении  $T_{п}$  молекулы, входящие в состав ДТ замедляют свое хаотическое движение, и под действием Ван-дер-Ваальсовых сил пристраиваются друг к другу, образуя зародыши кристаллов. Рост зародышей может быть одномерным, двумерным или трехмерным, при этом образуются парафины с различной формой кристаллов [23] (рисунок 1.2).

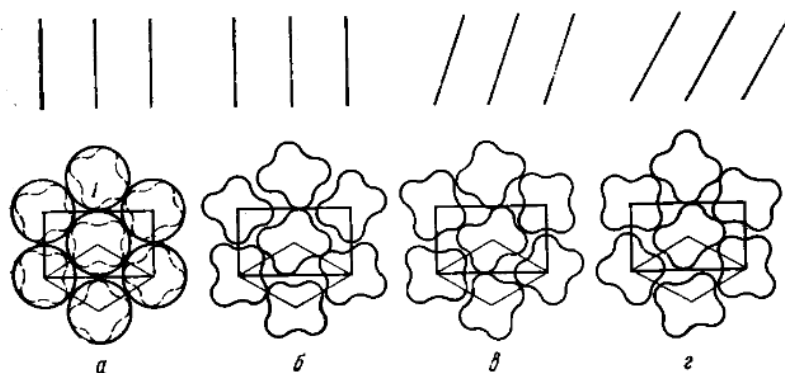


Рисунок 1.2 – Схема расположения молекул n-парафинов в кристаллах различных модификаций [24]:

а – гексагональная; б – ромбическая; в – моноклинная; г – триклинная

Пределная температура фильтруемости (ПТФ) – это минимальная температура, при которой топливо при постепенном охлаждении способно прокачиваться через стандартный фильтр с определенной скоростью [14, 25, 26]. ДТ, обладающие высокой температурой помутнения способны быстро забивать фильтры топливной системы ДВС, т.к. при постепенном понижении температуры первыми выпадают кристаллы парафинов нормального строения с наибольшей молекулярной массой, которые в свою очередь являются активными центрами кристаллизации, вокруг которых группируются атомы углеводородов с меньшей молекулярной массой [17, 19-21]. Согласно дислокационной теории А.И. Китайгородского, рост кристаллов происходит за счёт увеличения количества дислокаций на поверхности зародышей кристаллов парафина [23-25]. При достижении ПТФ, кристаллы н-парафинов достигают размеров превышающих диаметры пор фильтров, образовавшиеся при  $T_{п}$  кристаллы сталкиваются, и в местах соприкосновения дальнейший рост кристалла прекращается, получившийся укрупненный кристалл, вследствие соприкосновения получает зернистую структуру. Скорость охлаждения топлива оказывает значительное влияние на структуру кристаллов: чем медленнее происходит охлаждение топлива, тем крупнее образуются кристаллы парафинов, что препятствует течению топливного потока [26]. Высокомолекулярным н-парафинам свойственны две аллотропных модификации: гексагональная и орторомбическая [23, 27]. Гексагональная кристаллическая решетка парафинов образуется при высоких температурах близких к температуре плавления парафина и характеризуется волокнистым рыхлым строением кристаллов. Орторомбическая модификация кристаллов характеризуется пластинчатым строением кристаллов и образуется при пониженных температурах [27]. В работах [28, 29] описывается различная форма кристаллизации н-парафинов в зависимости от количественного содержания: из растворов малой и средней концентрации преимущественно образовывается орторомбическая кристаллическая решетка, а гексагональная образуется при охлаждении сильно концентрированных растворов.

Температура застывания ( $T_3$ ) – температура, при которой ДТ полностью теряет подвижность при малых механических воздействиях [24-26]. При достижении  $T_3$  кристаллы н-парафинов образуют прочный каркас, топливо теряет текучесть и приобретает связнодисперсную коллоидную структуру – гель.

Низкотемпературные свойства, в частности ПТФ, и содержание серы являются основными критериями при классификации ДТ современными стандартами [27-30].

Согласно [27] для умеренной климатической зоны изготавливают 6 сортов ДТ: А, В, С, D, E и F (таблица 1.4), где А, В, С, D – летняя марка топлива, а E, F – межсезонное топливо.

Таблица 1.4 – Требования к ДТ для умеренного климата [27]

Показатель	Сорт					
	А	В	С	D	E	F
ПТФ, °С	+5	0	-5	-10	-15	-20

Согласно [27] для районов с более суровыми климатическими условиями предусмотрен выпуск 5 классов ДТ (таблица 1.5) со следующими низкотемпературными свойствами, где 0-3 – зимняя марка топлива, а 4 – арктическое топливо.

Таблица 1.5 – Требования к ДТ для арктической зоны [27]

Показатель	Сорт				
	0	1	2	3	4
ПТФ, °С	-20	-26	-32	-38	-44
$T_{п}$ , °С	-10	-16	-22	-28	-34

По климатической зоне применения ДТ выпускаются четыре марки топлива. В зависимости от сезона эксплуатации топливо подразделяют на марки [8, 9]:



- Летнее (Л) – используется при температуре окружающей среды - 5 °С и выше;
- Межсезонное (Е) при температуре окружающей среды -15 °С и выше;
- Зимнее (З) при температуре окружающего воздуха от -25 °С до -35 °С;
- Арктическое (А) при температуре окружающего воздуха -45 °С и выше.

Согласно требованиям [9] по содержанию серы ДТ классифицируют на 3 класса:

- К3 – содержание серы не более 350 мг/кг, (соответствует вид I [27]);
- К4 – содержание серы не более 50 мг/кг, (соответствует вид II [27]);
- К5 – содержание серы менее 10 мг/кг, (соответствует вид III [27]).

## **1.2 Низкотемпературные присадки для дизельного топлива**

При эксплуатации ДТ в условиях низких температур арктических широт, вследствие выделения кристаллов парафинов и образования ими пространственной кристаллической решетки, топливо теряет свою подвижность [28-30]. Для замедления роста кристаллической решётки твердых углеводородов и улучшения низкотемпературных свойств ДТ, отвечающих за прокачиваемость топлива, используют депрессорные и диспергирующие присадки.

Депрессорные присадки представляют собой растворы активного вещества и органического растворителя. Растворитель в составе депрессорной присадки обеспечивает быструю растворимость и равномерное распределение активного вещества (депрессора) в ДТ [31, 32]. Депрессорные присадки к ДТ можно классифицировать по принципу действия [33, 34]:

1. Присадки для улучшения прокачиваемости топлива в условиях низких температур. Данные низкотемпературные присадки используются для улучшения ПТФ, они мешают росту кристаллов парафина, уменьшают размеры

кристаллов, изменяют морфологию кристалла и обеспечивают более выгодные формы кристаллов n-парафинов. Структура присадок для улучшения ПТФ как правило широко варьируется в зависимости от состава ДТ, длины углеродной цепи n-парафинов, а также температуры, при которой используется топливо. Введение сополимеров депрессорной присадки изменяет пластинчатую форму кристалла на более зернистую, образуя микрокристаллическую структуру. Облегченная структура n-парафина с меньшей скоростью забивает топливные фильтры и снижает ПТФ топлива;

2. Присадки, препятствующие осаждению парафинов. Диспергирующие присадки – активные вещества, препятствующие осаждению парафинов. Принцип их действия основан на предотвращении разделения топлива на верхний слой, практически не содержащий кристаллы парафинов и нижний, пересыщенный кристаллами высокомолекулярных парафинов. В процессе адсорбции заряженных или склонных к поляризации молекул диспергирующих присадок на кристаллах парафинов, на их поверхности образуется двойной электрический слой, обладающий экранирующим действием и препятствующий образованию отложений n-парафинов в нижних слоях раствора. Вследствие данного эффекта кристаллы парафина равномерно распределяются по всему объему ДТ.

3. Присадки, ориентированные на снижение  $T_3$  топлива. Основная разница между депрессорами для понижения  $T_3$  и депрессорами для улучшения ПТФ заключается в механизме их действия. Присадки, понижающие  $T_3$ , изменяют характер кристаллов n-парафина, которые осаждаются из топлива, и тем самым снижают их склонность к слипанию и застыванию в гелях. Механизм действия депрессорной присадки, направленной на снижение  $T_3$ , объясняется различной скоростью пересыщения растворов депрессорной присадки и ДТ. При плавном снижении температуры в смеси ДТ и депрессорной присадки активными центрами кристаллообразования являются зародыши кристалла депрессора, образующие совместные ассоциаты с кристаллами парафина. Сокристаллизация n-парафина и активного центра

кристалла депрессора позволяет модифицировать гексагональную кристаллическую решетку н-парафина в ортогональную. Новая образованная ортогональная кристаллическая решетка замедляет адгезию кристаллов, необходимых для образования геля [35].

По природе депрессора все современные низкотемпературные присадки к ДТ можно классифицировать на [35]:

1. Сополимеры этилена с полярными мономерами (рисунок 1.3). В работах [36-42] представлены результаты исследования влияния активного вещества, сополимера этилена с винилацетатом, в качестве низкотемпературной присадки для ДТ. Авторы [36] исследовали влияние сополимеров на низкотемпературные характеристики нефтепродуктов с различным фракционным составом. Выявлено, что эффективность активного вещества зависит от молекулярной массы нефтепродуктов и содержания тяжелых компонентов; сополимер с большей молекулярной массой  $(0,5-10) \cdot 10^3$ , растворенный в органическом растворителе при температуре, превышающей температуру насыщения, при последовательном охлаждении образует центры кристаллизации. Сополимер с меньшей молекулярной массой участвует в замедлении роста кристаллов н-парафина. Данный тип низкотемпературной присадки может быть получен как смешением отдельно синтезированных сополимеров, так и путем общего синтеза, причем при едином синтезе первым получается сополимер, отвечающий за образование зародышей кристаллов.

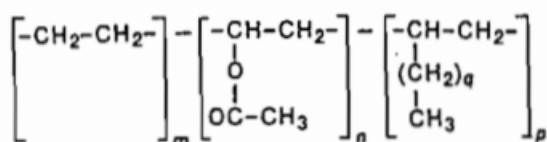


Рисунок 1.3 – Молекулярная структура сополимера этилена с винилацетатом [35]

2. Полиметакрилатные присадки (ПМА). ПМА являются наиболее широко используемыми депрессорами, снижающими  $T_3$  благодаря структуре и гибкости их молекул (рисунок 1.4). В работах [43-47] представлены результаты

исследования влияния активного вещества, сополимера метилметакрилата с малеиновым ангидридом и малеиновой кислотой, в качестве низкотемпературной присадки для ДТ. Результаты исследования эффективности депрессора показали, что  $T_3$  и ПТФ образцов ДТ улучшились на 24 и 8 °С соответственно. Механизм действия депрессорной присадки основан на сокристаллизации ПМА и полиакриламида с *n*-парафинами, а не на адсорбции на поверхности кристалла парафина как в случае с сополимерами этилена с полярными мономерами. Одна из алкильных боковых цепей  $R_1$  или  $R_2$  имеет длину, близкую по размеру к молекулам парафина. Другая алкильная группа имеет меньшую длину и нейтральна к молекулам парафина. Более короткие боковые алкильные цепи выступают в качестве модификаторов кристалла. Данные молекулы отделяют кристаллы парафина от длинноцепочных алкильных заместителей и встраиваются в структуру кристаллической решетки парафина.

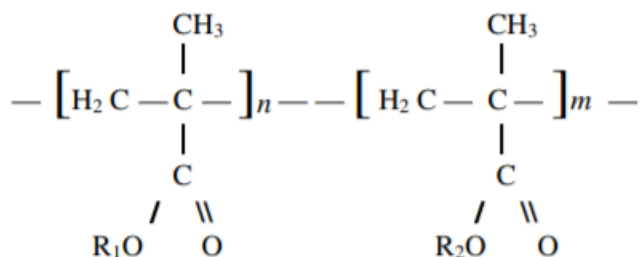


Рисунок 1.4 – Молекулярная структура ПМА [48]:

$R_1, R_2$  – алкильные боковые цепочки молекул различной длины;  $n, m$  – степени полимеризации двух мономеров различной длины алкильных цепей

3. Химические вещества неполимерного типа (алкилнафталины; эфиры многоатомных кислот и спиртов; амиды, содержащие длинные алкилы). Наиболее эффективным представителем данной группы присадок является активное вещество эфирнафталин (рисунок 1.5). Помимо алкилнафталинов эфиров многоатомных кислот, применяемых как сокомпонент в неполимерных присадках, на сегодняшний день используют отдельные фракции нефти в качестве составляющего компонента депрессорных присадок (Приложение 1). Согласно Приложению 1 крекинг-остаток является наиболее эффективным

компонентом депрессорных присадок неполимерного типа, а самым низким депрессорным эффектом обладает остаток смолы пиролиза. Однако, следует учитывать ограничения по использованию отдельных фракций в качестве депрессорных присадок. Данные компоненты ухудшают цвет ДТ, а также изменяют состав самого топлива. В качестве активного вещества депрессорной присадки также широко применяются сложные эфиры. В работах [49-51] описаны депрессорные свойства эфиров на основе карбоновой кислоты и многоатомных спиртов (таблица 1.6).

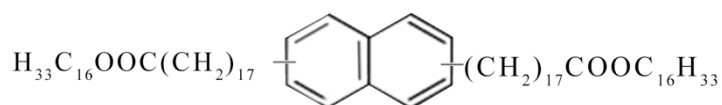


Рисунок 1.5 – Молекулярная структура эфирнафталина [35]

Таблица 1.6 – Депрессорные свойства сложных эфиров многоатомных спиртов при введении в ДТ

Название соединения	Брутто-формула	Молекулярная масса	Концентрация, %	Низкотемпературные характеристики, °С		
				$T_3$	ПТФ	$T_{п}$
Без присадки	–	–	0	-13	-8	-5
Глицерат моноактилового эфира адипиновой кислоты	$\text{C}_{45}\text{H}_{80}\text{O}_{12}$	810	0,1	-19	-11	-5
			0,3	-21	-14	
Этиленгликонат моноцетилового эфира адипиновой кислоты	$\text{C}_{46}\text{H}_{86}\text{O}_8$	670	0,1	-19	-13	-5
			0,3	-22	-15	
Диэтиленгликонат моноцетилового эфира адипиновой кислоты	$\text{C}_{48}\text{H}_{90}\text{O}_9$	730	0,1	-16	-11	-5
			0,3	-18	-12	

Наравне с применением отдельных фракций нефти, широкое применение нашли депрессорные присадки, содержащие н-парафины  $\text{C}_{12}$ - $\text{C}_{30}$  и соединения

вторичных (третичных) азотистых соединений типа аминов, амидов и имидов (рисунок 1.6).

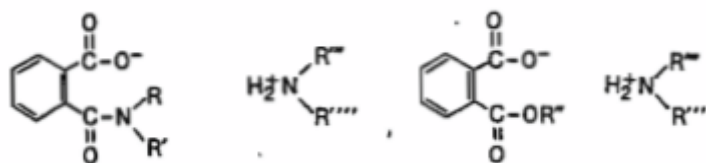


Рисунок 1.6 – Молекулярная структура депрессорных присадок на основе азотистых соединений [35]

### 1.3 Влияние состава дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок

#### 1.3.1 Влияние фракционного состава дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок

ДТ представляет собой дисперсную систему с различными типами межмолекулярных взаимодействий [52]. Дисперсионная среда ДТ состоит из различных классов углеводородов. Эффективность депрессорных присадок, представляющих дисперсную фазу, в ДТ будет зависеть от углеводородного состава.

В работе [53] показано, что чем шире фракционный состав ДТ, тем эффективнее действует депрессорная присадка. Данный результат можно объяснить тем, что кристаллизация н-парафиновых углеводородов из топлива более широкого фракционного состава происходит равномерно, в то время как в топливе узкого фракционного состава скорость роста кристаллов н-парафинов на несколько порядков выше и депрессорная присадка блокирует рост кристаллов частично. Для усиления приемистости депрессорной присадки к фракционному составу ДТ предъявляют некоторые требования [54]:

1.  $\Delta T$  выкипания между 20 % объема ДТ и 90 % объема должна составлять не менее 100 °С

2.  $\Delta T$  95 % объема ДТ и 90 % объема фракции должна быть 25-30 °С.

### 1.3.2 Влияние группового состава дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок

В работах [53, 55-57] проведен анализ влияния углеводородного состава ДТ на эффективность действия депрессорных присадок и установлено:

- чем выше в образце общее содержание *n*-парафинов, тем ниже эффективность действия присадки в отношении  $T_3$ ;
- чем выше в образце содержание тяжелых *n*-парафинов  $C_{20+}$ , тем выше эффективность действия присадки в отношении ПТФ;
- чем ниже в образце общее содержание ароматических углеводородов, тем выше эффективность действия присадки в отношении  $T_3$ ;
- чем больше среднее число колец в молекулах ароматических углеводородов, тем выше эффективность действия присадки в отношении  $T_3$ .

В работе [58] показано что лучшей приемистостью к депрессорным присадкам характеризуются ДТ с большим содержанием неразветвленных алифатических структур, более высоким содержанием нафтеновых и с меньшим содержанием изопарафиновых углеводородов.

- Б.А. Энглин в своей работе [59], расположил классы углеводородов согласно их восприимчивости к депрессорам: *n*-парафины > ароматические углеводороды > изопарафины > нафтены.

- Данную классификацию можно объяснить тем, что ароматические углеводороды являются более полярными, чем молекулы *n*-парафинов, и могут стянуть действие депрессорной присадки на себя, снижая тем самым эффективность действия присадки в отношении *n*-парафинов. Однако следует отметить, что с увеличением числа ароматических колец в молекуле, полярность ароматических углеводородов снижается, и соответственно эффективность действия депрессорных присадок повышается.

### 1.3.3 Влияние индивидуальных веществ в составе дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок

Эффективность действия присадок в большей степени зависит от содержания и молекулярного распределения н-парафинов в составе ДТ. Физико-химические свойства линейных парафинов зависят от строения углеводородов и их молекулярной массы (таблица 1.7). Н-парафины со сложной структурой имеют более высокую температуру плавления, а, следовательно, при понижении температуры быстрее образуют центры кристаллизации. Углеводороды с несимметричной разветвленной структурой характеризуются низкой температурой кристаллизации, а в некоторых случаях вообще не способны кристаллизоваться. Симметричность молекул и простота их строения способствуют образованию кристаллических структур и повышению температуры плавления углеводородов, т.к. чем более симметрична молекула, тем больше имеется способов построить из нее кристаллическую решетку.

Таблица 1.7 – Физико-химические свойства парафиновых углеводородов  
[60, 61]

Углеводороды	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С	Молекулярный вес
н-генийкозан	40,00	358,4	296,58
н-эйкозан	36,80	342,7	296,57
н-нонадекан	32,00	330,0	282,56
н-октадекан	28,18	317,4	268,53
н-гептадекан	21,98	302,7	254,50
5-бутилдокозан	20,80	267,0	240,45
2-метилнонадекан	18,30	341,0	282,56
н-пентадекан	9,93	270,6	212,42
2,11-диметилдодекан	-8,50	244,0	156,31
4-ундекан	-25,65	195,9	156,31
11-бутилдокозан	0,00	266,0	198,40
метилпентадекан	-8,00	173,0	156,31



Продолжение таблицы 1.7

2-метилгептадекан	5,00	313,0	254,49
-------------------	------	-------	--------

Н.Н. Хвостенко в своей работе [62], провел анализ влияния содержания н-парафинов  $C_6-C_{14}$  в топливе на низкотемпературные свойства ДТ, а также на эффективность действия вводимой присадки Keroflux-5486. Введение 0,05 % об. присадки Keroflux-5486 снижало ПТФ на 15-20 °С. Более тяжелые парафины фракций  $C_{15}-C_{19}$  и  $C_{20}-C_{24}$ , повышали ПТФ чистого образца ДТ. Однако при добавлении 0,05 % об. Keroflux-5486 к образцу, содержащему парафины фракций  $C_{15}-C_{19}$  и  $C_{20}-C_{24}$ , температурная депрессия достигала 20 °С (рисунок 1.7).

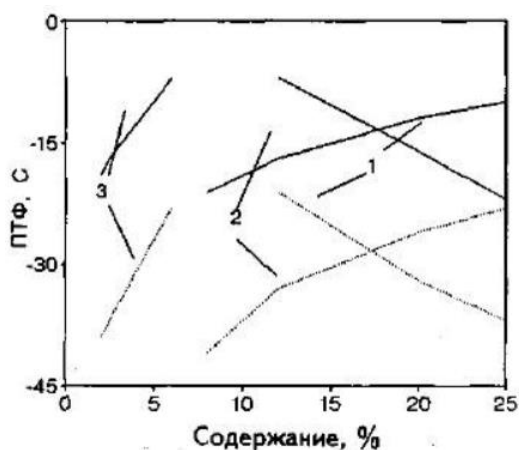


Рисунок 1.7 – Влияние длины цепи н-парафинов на низкотемпературные свойства ДТ без присадки (сплошная линия) и с 0,05 % об. присадки Keroflux-5486 (пунктир):

1 – фракция парафинов  $C_6-C_{14}$ ; 2 – фракция парафинов  $C_{15}-C_{19}$ ; 3 – фракция парафинов  $C_{20}-C_{24}$

## 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Объект исследования

В качестве объекта исследования в работе были выбраны:

- 1) 2 образца прямогонного ДТ ( $F_1$ ,  $F_2$ ), полученные с установок атмосферной перегонки нефти различных месторождений Западной Сибири;
- 2) 2 образца н-парафинов ( $P_1$ ,  $P_2$ ), выделенные из тяжелого газойля, полученного как остаток атмосферной перегонки нефти на НПЗ и высокопарафинистого образца ДТ соответственно;
- 3) 2 образца коммерческих депрессорных присадок ( $A_1$ ,  $A_2$ ), используемые концентрации и характеристики которых представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристики депрессорных присадок [63, °64]

Литера	Концентрация, мл (на 100 мл ДТ)	Состав
$A_1$	0,26	Дистилляты нефти, полимерные присадки
$A_2$	0,30	Углеводороды $C_{10}$ - $C_{13}$ , парафины, ароматические углеводороды, циклоалканы, нафталин

Из образцов прямогонного ДТ, н-парафинов и депрессорных присадок были приготовлены смеси:

1. смеси образцов прямогонного ДТ и депрессорных присадок (FA);
2. смеси образцов прямогонного ДТ и н-парафинов (FP);
3. смеси образцов прямогонного ДТ, н-парафинов и депрессорных присадок (FPA).

Н-парафины добавлялись в концентрации 0,50 / 0,25 / 0,10 и 0,05 % мас.

### 2.2 Методика выделения н-парафинов

Для выделения н-парафинов из нефти и нефтепродуктов использовалась методика, представленная в [65]. Методика основана на предварительном удалении смолисто-асфальтеновых веществ (для тяжелых нефтей) и полициклоароматики (ПЦА) (для легких нефтепродуктов) методами экстракции

и адсорбции и последующим вымораживанием парафинов при температуре - 20 °С. Схема этапов выделения н-парафинов представлена на рисунке 2.1.

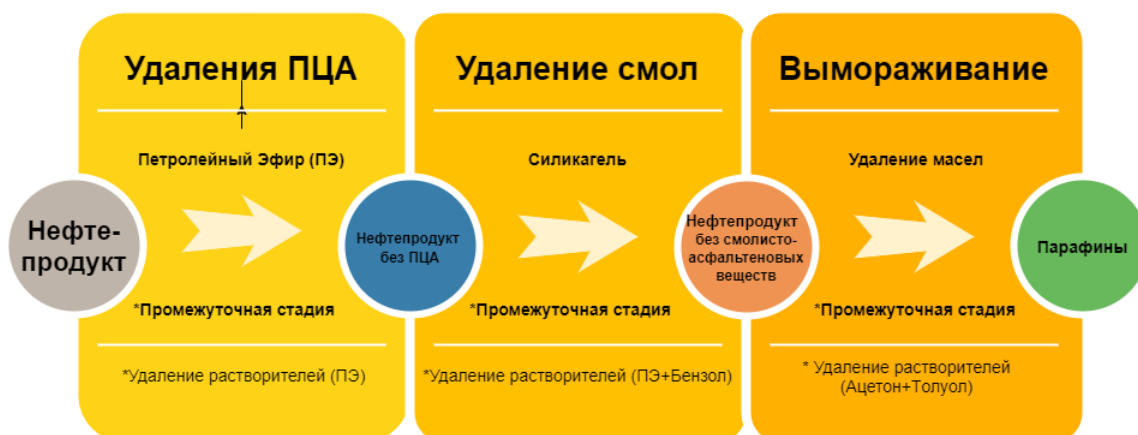


Рисунок 2.1 – Схема этапов выделения н-парафинов из нефтепродуктов

## 2.3 Методики определения низкотемпературных свойств исследуемых образцов

$T_{п}$  согласно [66] определяли путем охлаждения стеклянной пробирки с топливом и измерения температуры, при которой топливо становится мутным.

$T_{з}$  определяли по методике, представленной в [67], путем дальнейшего охлаждения пробирки с топливом до температуры, при которой оно загустеет настолько, что при наклоне пробирки под углом 45 ° уровень топлива останется неподвижным в течение одной минуты.

ПТФ определяли согласно методике, представленной в [68], путем постепенного охлаждения исследуемого образца и прокачивании его через фильтр. Определение ведут до температуры, при которой кристаллы парафина, образовавшиеся из пересыщенного раствора ДТ, оседают на фильтре и замедляют протекание топлива, настолько, что время наполнения пипетки превышает 60 с, или топливо не стекает полностью обратно в колбу.

## 2.4 Методики определения состава исследуемых образцов

### 2.4.1 Методика определения состава н-парафинов

Для определения состава н-парафинов использовали колоночную хроматографию. Исследование проводили на капиллярных колонках. Внутреннюю стенку капиллярных колонок заполняли стационарной фазой,

распределенной на сорбенте. В ходе процесса компоненты выводят из разделительных колонок газом-носителем (подвижная газовая фаза) – гелием либо водородом. В качестве жидкой стационарной фазы, распределенной на сорбенте, используют силиконовые масла или асфальтены. Исследование проводилось на газо-жидкостном хроматографе Chromatec-Crystal 2000 с использованием фенил(5 %)винил(1 %) метилсиликонового эластомера в качестве неподвижной фазы и гелия в качестве газа-носителя. Данный метод описывает количественное определение распределения нефтяных парафинов по числу атомов углерода в диапазоне от C17 до C55 с использованием внутренних стандартов [69, 70].

#### **2.4.2 Методика определения фракционного состава**

Фракционный состав ДТ определили согласно методике, представленной в [71]. В колбу Энглера помещают 100 мл образца ДТ и постепенным нагреванием испаряют образец, конденсируя образующиеся пары. Сконденсированные пары собирают в чистый цилиндр. Скорость перегонки регулируют интенсивностью подогрева колбы. В процессе дистилляции фиксируют температуру паров образца при начальном объеме (момент падения первой капли, начало кипения (н.к.)) и при объеме жидкости в цилиндре 10 мл ( $T_{10\%}$ ), 50 мл ( $T_{50\%}$ ), 90 мл ( $T_{90\%}$ ).

#### **2.4.3 Методика определения группового и структурно-группового состава**

Групповой состав исследуемых образцов ДТ определяли анилиновым методом, основанном на определении температур взаимного растворения отобранных узких фракций и анилина до и после удаления из топлива ароматических углеводородов (удаление ароматических углеводородов из образцов проводят на силикагеле в колонках). Пределы выкипания узких фракций ДТ соответствуют температурам кипения ароматических углеводородов, содержащихся в этих фракциях. В работе используется два метода определения анилиновых точек: метод равных объемов и метод максимальных анилиновых точек. Метод максимальных анилиновых точек

используется для определения анилиновой точки узких фракций ДТ, а метод равных объемов используют для определения температуры полного растворения друг в друге равных объемов деароматизированных фракций исследуемых образцов ДТ и анилина.

Таблица 2.2 – Анилиновые коэффициенты нафтеновых углеводородов и средняя максимальная анилиновая точка чистых парафиновых углеводородов [72]

Пределы выкипания фракции, °С	Анилиновые коэффициенты нафтеновых углеводородов	Анилиновая точка чистых парафиновых углеводородов, °С
150-200	5,00	78,0
200-250	5,00	85,8
250-300	5,00	93,0
300-350	5,00	99,5

Пересчет содержания нафтеновых углеводородов, % на исходную фракцию производят по формуле [72]:

$$H = H_1 (100 - A) / 100 \quad (2.1)$$

где  $A$  – содержание ароматических углеводородов во фракции, %;  $H_1$  – содержание нафтеновых углеводородов в деароматизированной фракции, %.

Массовую долю парафинов  $\Pi$ , %, определяют по формуле [72]:

$$\Pi = 100 - (A + H) \quad (2.2)$$

В связи с гибридным характером циклических углеводородов, ароматические углеводороды и нафтены, во фракциях с температурой кипения выше 150 °С, уже невозможно отнести к одной определенной группе [72]. В данном случае проведение группового анализа недостаточно и требуется определение структурно-группового состава исследуемых образцов. Структурно-групповой состав исследуемых образцов определялся методом *n-d-M*, основанном на определении показателя преломления [73], плотности [74] и молекулярной массы [75].

Данный метод позволяет определить долю атомов углерода, содержащихся в ароматических кольцах (%<sup>о</sup>мас.  $C_A$ ), нафтеновых кольцах

(%°мас.  $C_H$ ), и в парафиновых структурах (%°мас.  $C_{II}$ ), а также содержание колец в средней молекуле исследуемого образца.

#### **2.4.4°Методика определения содержания серы**

Определение содержания серы проводилось на энергодисперсионном анализаторе Спектроскан SL в полном соответствии с [76-79]. Испытуемый образец помещают в специальную кювету и закрывают пленкой. Калибровочный и исследуемый образцы последовательно помещают в анализатор и проводят химический анализ. Пробы образцов подвергаются рентгеновскому излучению, после чего фиксируются значения энергии возбуждения от рентгеновского излучения. Полученное значение сигнала счетчика импульсов сравнивают с сигналами счетчика, полученными при испытании заранее подготовленных калибровочных образцов.

#### **2.5°Методики определения физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик исследуемых образцов**

##### **2.5.1°Методика определения плотности и вязкости**

Кинематическую вязкость исследуемых образцов ДТ определяли в соответствии с [80] на вискозиметре Штабингера.

Принцип работы вискозиметра Штабингера основан на измерении скорости вращения измерительного ротора. Компактная ячейка для измерения вязкости представляет собой трубку, которая вращается с постоянной скоростью и заполнена жидкостью с образцом, в то время как измерительный ротор со встроенным магнитом свободно плавает в образце. Сдвиговые силы образца приводят в движение ротор, а магнитные силы тормозят его вращение. Через некоторое время после начала измерения ротор достигает равновесной скорости, которая затем пересчитывается в значение вязкости. Кинематическая вязкость автоматически рассчитывается из динамической вязкости и плотности образца.

Осцилляционный метод измерения плотности исследуемых образцов основан на измерении резонансной частоты механических колебаний

чувствительного элемента (U-образной трубки) в которую помещается образец ДТ [80].

### 2.5.2°Методика определения цетанового индекса

ЦИ ДТ в работе рассчитан согласно [81]. Суть метода заключается в расчете ЦИ по данным измерений плотности при 15 °С и температур перегонки 10 % об, 50 % об. и 90 % об. исследуемых образцов.

$$\begin{aligned} \text{ЦИ} = & 45,2+0,0892 \cdot T_{10N}+(0,131+0,901 \cdot B) \cdot T_{50N} + \\ & +(0,0523-0,42 \cdot B) \cdot T_{90N}+[0,00049 \cdot (T_{10N}^2-T_{90N}^2)]107B+60B^2 \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$T_{10N} = T_{10\%}-215; T_{50N} = T_{50\%}-260; T_{90N} = T_{90\%}-310;$$

$$B = [\exp(-0.0035 \cdot D_N)]-1; D_N = D-850,$$

где *ЦИ* – цетановый индекс, пункты;  $T_{10\%}$ ,  $T_{50\%}$ ,  $T_{90\%}$  – температура кипения 10 %, 50 %, 90 %-ной (по объему) фракции, °С;  $D$  – плотность топлива при 15 °С, кг/м<sup>3</sup>.

## **5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Проблемы эффективного ресурсопотребления и ресурсосбережения в нефтяных компаниях всегда являются достаточно актуальными. Технологические процессы в отрасли подготовки и переработки нефти, а также нефтехимии сопровождаются потреблением топливно-энергетических ресурсов. Таким образом, формирование и реализация стратегии ресурсосбережения на всех уровнях управления является одним из важнейших вопросов стратегического менеджмента, поскольку ресурсоемкость является второстепенными показателями продукции, в то время как ключевым показателем является ее качество.

В настоящее время перспективность научного исследования определяется коммерческой ценностью разработки, что является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Данная работа посвящена исследованию влияния добавления n-парафинов на эффективность действия депрессорных присадок. Результаты данной работы могут быть использованы для составления рецептуры производства зимней и арктической марок дизельных топлив, разработки необходимого рецепта смешения и экономии дорогостоящих компонентов. Все это отражается на стоимости дизельного топлива, увеличивая его конкурентоспособность.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:




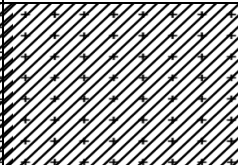
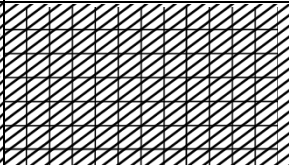
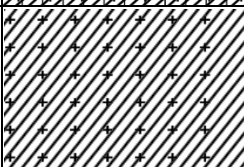
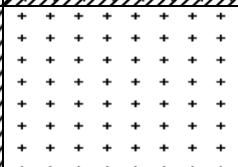
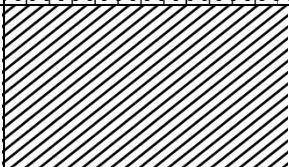

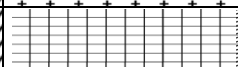
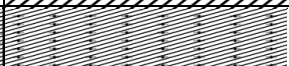
- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

## 5.1 Предпроектный анализ

### 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

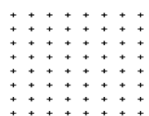
Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Продукт – дизельное топливо с улучшенными низкотемпературными свойствами. Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка – предприятия нефтехимической отрасли. На основе анализа рынка была построена карта сегментирования (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка

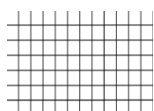
		Вид услуги		
		Получение Арктической и Зимней марок ДТ	Совместные разработки на базе НИОСТ предприятия	Исследование ф/х свойств и эксплуатационных характеристик ДТ
Потребители	Крупный потребитель (Газпром нефть и др.)			
	Производители депрессорных присадок (FillINN, LAVR и др.)			
	Частные лаборатории			



– анализ совместимости ДТ и готовой рецептуры;



– подбор индивидуальных рецептов;



– модификация и улучшение уже имеющихся рецептов

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

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

В таблице 5.2 приведена оценка конкурентов, где  $\phi$  – фундаментальное исследование получения ДТ с улучшенными низкотемпературными свойствами, проведенное в рамках написания магистерской диссертации,  $k_1$  – процесс каталитической депарафинизации на НПЗ,  $k_2$  – получение низкозастывающих топлив путем фракционирования нефти на атмосферно-вакуумной установке прямой перегонки нефти с обрезанным концом кипения.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{k1}$	$B_{k2}$	$K_{\phi}$	$K_{k1}$	$K_{k2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности	0,14	5	3	4	0,7	0,42	0,56
2. Точность	0,18	4	4	4	0,72	0,72	0,72
3. Скорость	0,15	5	4	3	0,7	0,6	0,45
4. Технологичность	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
2. Цена	0,14	5	3	2	0,7	0,42	0,28
3. Время	0,12	4	5	3	0,53	0,6	0,36
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>32</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>4,55</b>	<b>3,84</b>	<b>3,45</b>

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

Вес показателей в сумме должны составлять 1. 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:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (5.1)$$

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 отсутствием капитальных затрат на покупку дорогостоящего оборудования, ресурсоэффективностью, а также скоростью получения топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами. Однако уязвимость разрабатываемого проекта в том, что требуется проведение предварительных исследований по определению состава и физико-химических свойств образцов.

### **5.1.3 SWOT-анализ**

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 5.3). 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 5.3 – Матрица SWOT-анализа

<p><b>Сильные стороны</b></p> <p>С1. Низкая цена проекта</p> <p>С2. Отсутствие подобного исследования на территории области</p> <p>С3. Достаточно высокая точность результатов</p> <p>С4. Распространённость и доступность объектов исследования</p> <p>С5. Экологичность проведенных исследований</p> <p>С6. Приоритетное направление научных исследований в рамках плана стратегического развития РФ</p>	<p><b>Слабые стороны</b></p> <p>Сл1. Удаленность территории объекта исследования</p> <p>Сл2. Погрешность методов анализа</p> <p>Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на исследования</p>	<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Развитие конкуренции</p> <p>У2. Отсутствие данных для научного исследования ввиду коммерческой тайны рецептур готовых низкотемпературных присадок</p>

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

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 5.4. 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 5.4– Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта					
		С1.	С2.	С3.	С4.	С5.	С6.
Возможности проекта	В1.	+	+	+	+	0	+
	В2.	+	+	+	0	+	+
		Слабые стороны проекта					
		Сл1.		Сл2.		Сл3.	
Возможности проекта	В1.	0		-		+	
	В2.	0		-		-	

Продолжение таблицы 5.4

		Сильные стороны проекта					
Угрозы		С1.	С2.	С3.	С4.	С5.	С6.
	У1.	+	+	0	-	0	+
	У2.	-	0	-	+	-	-
		Слабые стороны проекта					
Угрозы		Сл1.	Сл2.	Сл3.			
	У1.	-	-	-			
	У2.	+	0	+			

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 5.5).

Таблица 5.5 –SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны</b>  С1. Низкая цена проекта  С2. Отсутствие подобного исследования на территории области  С3. Достаточно высокая точность результатов  С4. Распространённость и доступность объектов исследования  С5. Экологичность проведенных исследований.</p>	<p><b>Слабые стороны</b>  Сл1. Удаленность территории объекта исследования  Сл2. Погрешность методов анализа  Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации.</p>
<p><b>Возможности</b>  В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ ТПУ  В2. Появление дополнительного спроса на исследования</p>	<p>Привлечение дополнительного государственного финансирования для ТПУ;  Быстрое продвижение исследования в связи с преимуществами данного исследования;  Дополнительный спрос может появиться за счет универсальности исследования.</p>	<p>Проверка результатов, отправлять пробы на внешний и внутренний контроль.</p>

Продолжение таблицы 5.5

<p><b>Угрозы</b> У1. Развитие конкуренции У2. Отсутствие данных для научного исследования ввиду коммерческой тайны рецептур готовых низкотемпературных присадок</p>	<p>Создание конкурентоспособного проекта; Создание совместных исследований на базе НИОКР предприятия.</p>	<p>Из-за относительной длительности анализа могут возникнуть проблемы с продвижением данного исследования.</p>
---	---	--

#### 5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполнена специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 5.6).

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 5.6 – 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	2	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
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	5	5
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	60	60

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (5.2)$$

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. Согласно результатам таблицы 5.1 суммарное количество баллов по категории степень проработанности научного проекта и уровня имеющихся знаний у разработчика соответствуют требованиям соответственно (60 и 60), что указывает на готовность научного проекта к коммерциализации с перспективой выше среднего (45-59 баллов).

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки и 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 следующие методы: лабораторный анализ и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов лабораторных услуг, связанных с проведением экспериментальных исследований по определению состава образцов ДТ, его физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик, а также получения  $n$ -парафинов и приготовление рецептур смешения смесей ДТ с низкотемпературными присадками и  $n$ -парафинами.



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 5.7).

Таблица 5.7 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
ДЕПАРТАМЕНТ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА	Получение рецептур приготовления низкосаistyвающих ДТ в рамках выполнения стратегического плана развития РФ

В таблице 5.8 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 5.8 – Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Исследование влияния добавления малых концентраций н-парафинов на эффективность действия низкотемпературных присадок
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Получение ДТ с улучшенными низкотемпературными свойствами
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Представление результатов определения низкотемпературных свойств чистых прямогонных топлив и смесей ДТ с низкотемпературными присадками и н-парафинами

Продолжение таблицы 5.8

<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Провести экспериментальные исследования состава ДТ, физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик;
	Анализ полученных данных и приготовление рецептур смешения ДТ с n-парафинами и низкотемпературными присадками.
	Провести экспериментальные исследования низкотемпературных свойств приготовленных смесей ДТ и провести анализ на соответствие требованиям ГОСТ 305-2013

В таблице 5.9 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 5.9 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1.	Киргина М.В., НИ ТПУ, доцент ОХИ ИШПР	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
2.	Орлова А, магистрант ОХИ ИШПР	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, проведение экспериментальных исследований, анализ лабораторных данных, написание работы	1600
<b>ИТОГО:</b>				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 5.10).

Таблица 5.10 – Ограничения проекта

<b>Фактор</b>	<b>Ограничения/ допущения</b>
3.1. Бюджет проекта	535371,83руб
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2019-31.05.2021
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	1.09.2020
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2021

### **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 в себя следующие элементы:

- 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 необходимо построить календарный график проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (таблица 5.11).

Таблица 5.11– Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
Составление и утверждение технического задания	4	01.09.2020	05.09.2020	КиргинаМ.В.
Составление календарного плана работ	3	06.09.2020	09.09.2020	КиргинаМ.В
Проведение литературного обзора –изучение материалов	90	10.09.2020	09.12.2020	Орлова А.

Продолжение таблицы 5.5

Разработка плана экспериментальных работ	21	10.12.2020	31.12.2020	Орлова А. Киргина М.В.
Подбор оборудования и образцов	30	01.01.2021	31.01.2021	Орлова А. Киргина М.В.
Проведение лабораторных испытаний	40	01.02.2021	12.03.2021	Орлова А.
Обработка полученных данных	20	13.03.2021	02.04.2021	Орлова А.
Обсуждение результатов и выводов по проделанной работе	25	03.04.2021	28.04.2021	Орлова А. Киргина М.В.
Оформление магистерской диссертации	32	29.04.2021	31.05.2021	Орлова А.

Таблица 5.12 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполнители	Длительность работ в календарных днях	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	Руководитель	4	■																										
Составление календарного плана работ	Руководитель	3	■																										
Проведение литературного обзора – изучение материала	Магистрант	90		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Разработка плана экспериментальных работ	Руководитель	21											■																
	Магистрант	21											■																
Подбор оборудования и образцов	Руководитель	30												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Магистрант	30												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Проведение лабораторных испытаний	Магистрант	40																■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Обработка полученных данных	Магистрант	20																		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Продолжение таблицы 5.12

Обсуждениерезультатов и выводов по проделаннойработе	Руководитель	25																			✓		
	Магистрант	25																			✓	/	
Оформление ВКР	Магистрант	32																				/	/

/

- Киргина М.В.

/

- Орлова А.

## 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 и предприятиями;
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 12).

Таблица 5.13 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Дизельное топливо	10 л	50	500
Депрессорная присадка «FillINN»	1 шт.	380	380
Депрессорная присадка «LAVR»	1 шт.	150	150
Ацетон	0,1 кг	220	220
Толуол	10 л	340	3400
Бензол	1 л	200	200
Силикагель	5 кг	100	500
Термометр	2 шт.	500	1000



Продолжение таблицы 5.13

Адсорбционная колонка	3 шт.	1200	3600
Пипетки градуированные на 1 см <sup>3</sup>	10 шт.	45	450
Пробирки градуированные	30 шт.	20	600
Цилиндры мерные на 100 см <sup>3</sup>	5 шт.	200	1000
Стеклянные воронки	5 шт.	50	250
Колба Энглера	4 шт.	200	800
Всего за материалы			13450
Транспортно-заготовительные расходы (3%)			404
<b>Итого по статье С<sub>м</sub></b>			<b>13854</b>

*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 13).

Амортизацию имеющего оборудования рассчитывается по формуле:

$$\text{Амортизация} = \frac{\text{стоимость оборудования} \cdot \text{срок использования}}{\text{срок эксплуатации} \cdot 365} \quad (5.3)$$

Таблица 5.14 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена ед. оборудования, руб.	Срок эксплуатации оборудования, год	Срок использовани, дни	Амортизация оборудования, руб.
1.	Аналитические весы	1	15000	10	10	41
2.	Криостат	1	240000	3	60	13150
3.	Аппарат для разгонки нефтепродуктов	1	110880	10	20	608
4.	Аппарат для определения ПТФ	1	150000	6	60	4109,6
<b>Итого по статье</b>						<b>17908</b>

*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 14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (5.4)$$

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:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (5.5)$$

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:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (5.6)$$

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 14.

Таблица 5.15 – Баланс рабочего времени

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

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_б * (k_{пр} + k_d) * k_p, \text{ где} \quad (5.7)$$

$З_б$  – 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:

$$З_m = З_б * K_p, \text{ где} \quad (5.8)$$

$З_б$  – базовый оклад, руб.;

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

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2020 году без учета РК составил 33664 руб., поскольку руководитель работает на 0,5 ставки, то оклад равен 16832. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_б$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$З_m$ , руб.	$З_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб.дн.	$З_{осн}$ , руб.
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2020,3	83	167686,4
Магистрант	1988	-	-	1,3	2584,4	101,8	258	26266,9

*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 5.17 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.17 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	167686,4	16768,6
Дополнительная зарплата	26266,9	2626,8
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	193953,3	<b>19395,4</b>

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

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \text{ где} \quad (5.9)$$

$k_{\text{внеб}}$  – 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%. Стипендиальные выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды составляют:

$$C_{\text{внеб}}=0,3*(193953,3+19395,4) = 64004,61 \text{ рублей}$$

*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 газо-жидкостной хроматографии, который выполняется в ИХН СО РАН г. Томск. Расчет затрат на подрядные работы представлен в таблице 5.18.

Таблица 5.18 - Расчет затрат на подрядные работы

Метод анализа	Количество проб	Стоимость, руб	Итого, руб
газо-жидкостная хроматография	5	5000	25000

*Накладные расходы.* Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (274977,8 + 30797,8) = 170678,96$$

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

Таким образом, затраты проекта составляет 847228,2, которые приведены в таблице 5.19.

Таблица 5.19 – 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	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	13854	17908	213348,7	64004,61	30577,6	25000	-	170678,96	535371,83
Аналог	18300	17908	243348,7	69823,17	30577,6-	50000	-	196195,12	616152,06

### 5.4.1 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры можно использовать таблицу 5.20.

Таблица 5.20 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь проекта и организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

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

### 5.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 5.21).

Таблица 5.21 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек

Продолжение таблицы 5.21

4.	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 5.22.

Таблица 5.22 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность анализа состава ДТ	3	5	Низкий	Повторение эксперимента	Сбой работы химического оборудования
2	Ошибка в составлении смесей ДТ с низкотемпературной присадкой	2	5	Высокий	Составление новой композиции ДТ и присадки	Невнимательность, спешка
3	Отсутствие интереса потребителей 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 к анализу учитываются фактор времени и фактор 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<sub>опt</sub> – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

$I_0$  – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета (t= 0, 1, 2 ...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 5.23. При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, норма амортизации - 10 %.

Таблица 5.23 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	642446,20	642446,20	642446,20	642446,20
2	Итого приток, руб.	0	642446,20	642446,20	642446,20	642446,20
3	Инвестиционные издержки, руб.	-535371,83	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	187380,14	187380,14	187380,14	187380,14
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	455066,06	455066,06	455066,06	455066,06
6	Налоги 20 %, руб.(5*20%)	0	91013,21	91013,21	91013,21	91013,21

Продолжение таблицы 5.23

7	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	364052,85	364052,85	364052,85	364052,85
8	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+ амортизация)	-535371,83	365843,65	365843,65	365843,65	365843,65
9	Коэффициент дисконтирования (КД)	1	0,833	0,694	0,578	0,482
10	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9*8)	-535371,83	<b>332551,88</b>	<b>253895,49</b>	<b>211457,63</b>	<b>176336,64</b>
11	$\sum$ ЧДД		946437,523			
12	Итого NPV, руб.		411065,693			

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: –ставка дисконтирования, 20 %;

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 411065,693 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:

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

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

$I_0$  – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{946437,523}{535371,83} = 1,77$$

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  $=0$ . 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 5.24 и на рисунке 5.3.

Таблица 5.24 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-535371,83	365843,65	365843,65	365843,65	365843,65	
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	-535371,83	332551,8778	302186,8549	274748,5811	249871,2129	623986,6968
	0,2	-535371,83	304747,7604	253895,4931	211457,6297	176336,6393	411065,6925
	0,3	-535371,83	281333,7668	216579,4408	166458,8607	128045,2775	257045,5159
	0,4	-535371,83	261212,366	186580,2615	133167,0886	95119,349	140707,2352
	0,5	-535371,83	244017,7145	162434,5806	107923,8767	72437,0427	51441,3846
	0,6	-535371,83	228652,2812	143044,8671	89265,8506	55974,0784	-18434,7525
	0,7	-535371,83	215116,0662	126581,9029	74632,1046	43901,238	-75140,5183
	0,8	-535371,83	203409,0694	113045,6878	62559,2641	34755,1467	-121602,6618
	0,9	-535371,83	192433,7599	101338,6910	53413,1729	28169,9610	-160016,2451
	1,0	-535371,83	184019,3559	92558,4434	46462,1435	23413,9936	-188917,8934

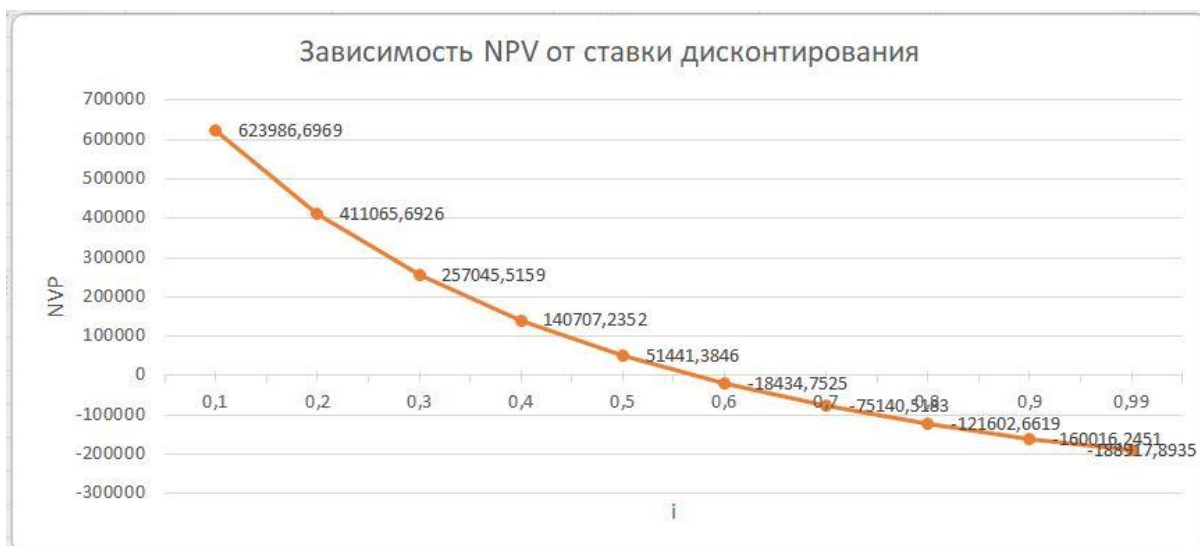


Рисунок 5.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,57.

Запас экономической прочности проекта:  $57\% - 20\% = 37\%$

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 5.25).

Таблица 5.25 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ( $i=0,20$ ), руб.	-535371,83	332551,88	253895,49	211457,63	176336,64
2	То же нарастающим итогом, руб.	- 535371,83	-202819,95	51075,54	262533,17	438869,81
3	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{диск} = 1 + (202819,95 / 253895,49) = 1,78$ 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 5.26).

Таблица 5.26 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации о зависимостях влияния состава ДТ на эффективность действия депрессорных присадок	Впервые получены данные о зависимостях влияния отдельных углеводородов в составе ДТ на эффективность действия депрессорной присадки
Отсутствие данных о качественных и количественных закономерностях влияния тяжелых n-парафинов на эффективность действия депрессорных присадок	Проанализированы экспериментальные данные и получены данные о зависимостях влияния отдельных углеводородов в составе ДТ на эффективность действия депрессорной присадки

### 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;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – 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 5.27).

Таблица 5.27 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта)	0,20	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	3	3
3. Надежность	0,15	4	3	4
4. Безопасность	0,15	4	3	4
5. Простота эксплуатации	0,15	5	4	5
6. Возможность автоматизации данных	0,20	2	2	2
Итого	1	24	20	21

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,20 = 3,95$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,20 = 3,35$$

$$I_2^A = 3 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,20 = 3,4$$

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:

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

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

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

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

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 5.28.

Таблица 5.28 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,31	0,26	0,28
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,95	3,35	3,4
3	Интегральный показатель эффективности	23,12	22,83	23,03
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,02	1,01	1,0

#### 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 411065,693 руб.; индекс доходности  $PI=1,77$ , внутренняя ставка доходности  $IRR=57\%$ , срок окупаемости  $PP_{\text{дск}}=1,78$  года.

Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и малым 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, н-парафины и их смеси с депрессорными присадками.

Цель работы – исследование влияния н-парафинов на эффективность действия депрессорных присадок.

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 [82]:

- 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 магистра осуществлялась в лаборатории отделения химической инженерии Томского политехнического университета. Рабочим местом является химическая лаборатория отделения химической инженерии Томского политехнического университета. Лаборатория оборудована вентиляцией, водоснабжением и канализацией.

Полы выполнены из жаростойкой и гидрофобной керамогранитной плитки. Лабораторный столы имеют гладкие поверхности из материалов, не сорбирующих вредные вещества, и легко поддаются очистке.

Общая площадь химической лаборатории рассчитывается из условия 4,5 кв.м 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, располагаться 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**

Исследование влияния n-парафинов на эффективность действия депрессорных присадок 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 [83].

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные факторы [63]

Источник фактора (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изгото- вление	Эксплуа- тация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	– СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» – СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение – СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирования – ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты – ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность.
2. Повышенный уровень шума		+	+	
3.Недостаточное освещение рабочей зоны	+	+	+	
4.Поражение электрическим током		+	+	
5. Токсическое воздействие веществ		+	+	
6. Возникновение пожара	+	+	+	

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 [84] выполняемая работа относится к категории Ia по тяжести выполняемых работ. Для данной категории работ определены оптимальные границы основных параметров микроклимата, которые приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте [84]

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22-24	21 - 25	60-40	0,1
Теплый	Ia	23-25	22 - 26	60-40	0,1

Для того чтобы создать необходимые метеорологические условия рабочей зоны и предотвратить различные переохлаждения и перегревания организма должны быть использованы защитные мероприятия: системы местного кондиционирования воздуха и отопления, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламент времени работы и т.д. К числу СИЗ от неблагоприятных климатических условий относят спецодежду и средства защиты рук.

2) Повышенный уровень шума согласно [85,86]:

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 [85, 86].

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.

### 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.

### 4) Поражение электрическим током [87–89]:

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.

#### 5) Токсическое 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 [90]

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	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 у человека различные кожные заболевания, резкие боли и отеки, раздражает слизистую оболочку.
Толуол	300	3	Вещество может всасываться в организм при вдыхании, через кожу и через рот. Вещество раздражает глаза и дыхательные пути. Воздействие может вызвать депрессию центральной нервной системы. Воздействие в большой дозе может вызвать сердечную дисритмию, потерю сознания и смерть

Продолжение таблицы 6.3

Ацетон	800	4	Вдыхание паров этилового спирта приводит к раздражению слизистой оболочки глаз и носа, головным болям, сонливости, усталости и наркотическому состоянию. При приеме внутрь – поражение ЦНС, печени, желудочно-кишечного тракта, состояния сердечно-сосудистой системы, эндокринных органов.
Бензол	5	2	Бензол является ядом крови. Уменьшается число эритроцитов, катастрофически падает гемоглобин, происходит ряд хромосомных нарушений. При очень высоких концентрациях – почти мгновенная потеря сознания и смерть в течение нескольких минут. При меньших концентрациях – сонливость, общая слабость, головокружение, тошнота, рвота, головная боль, потеря сознания.

Для снижения риска химического воздействия в лаборатории разрешается работать только в полагающейся для каждого вида работ спецодежде. Для исключения возможного внесения в организм вредных и ядовитых веществ в лаборатории запрещается хранить и принимать пищу, как и использовать лабораторную посуду в этих целях.

При работе с химическими реактивами в воздух поступают пары, газ или пыль, которые могут обладать ядовитыми или раздражающими свойствами. При накоплении в воздухе таких веществ могут возникнуть острые отравления. Для исключения загазованности и возможного отравления опасные химические эксперименты необходимо вести при включенной приточно-вытяжной вентиляции или в вытяжном шкафу.

### **6.3 Расчёт 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 – ацетон. Количество  $m_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}}$  рассчитаем согласно методике, представленной в [91] по формулам:

Скорость воздушного потока рабочей зоны составляет 0,2 м/с согласно [91]. Температура в лаборатории 20°C, плотность ацетона составляет 792 кг/м<sup>3</sup>, а ДНП = 24,54 кПа при температуре 20°C. Объем испарившегося ацетона из мерного цилиндра объемом 0,001 м<sup>3</sup> (100 мл), диаметром цилиндра  $d = 30 \text{ мм}$ , высотой  $l = 215 \text{ мм}$  рассчитаем по формуле:

$$V_{\text{и.а.}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} \cdot 0,21 = 0,148 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \quad (6.1)$$

Объем ацетона, поступившего в помещение:

$$V_{\text{п.а.}} = V_{\text{цилиндр}} + V_{\text{и.а.}} = 0,1 \cdot 10^{-3} + 0,148 \cdot 10^{-3} = 0,248 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \quad (6.2)$$

Интенсивность испарения:

$$W_{\text{исп}} = 10^{-6} \cdot 3,5^{\sqrt{58,08}} \cdot 24,54 = 0,655 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2) \quad (6.3)$$

Количество  $m_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}}$ :

$$m = 0,655 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 \cdot 3600 = 0,9432 \text{ кг/час} \quad (6.4)$$

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в обслуживаемой зоне  $x_{\text{в}} = 0,35 \text{ мг/м}^3$ , а концентрация вредного вещества в наружном воздухе  $x_{\text{н}} = 200 \text{ мг/м}^3$  [71].

Потребный воздухообмен определяется по формуле [71]:

$$L = \frac{1000 \cdot G}{x_{\text{н}} - x_{\text{в}}} \quad (6.5)$$

где  $L$ , м<sup>3</sup>/ч – потребный воздухообмен;  $G$ , г/ч – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения;  $x_{\text{в}}$ , мг/м<sup>3</sup> – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения;  $x_{\text{н}}$ , мг/м<sup>3</sup> – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест. Зная  $m_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}}$ , рассчитаем потребный воздухообмен:

$$L = \frac{1000 \cdot 943,2}{200 - 0,35} = 4724,3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Согласно СП 118.13330.2016 [92] кратность воздухообмена в помещении химической лаборатории должна составлять  $2 \text{ ч}^{-1}$ , при этом минимальный воздухообмен должен быть не менее  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$  на 1 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 [71]:

$$n = \frac{L}{V} = \frac{4724,3}{80} = 59,053 \text{ ч}^{-1} \quad (6.6)$$

где  $V$  – внутренний объем помещения,  $\text{м}^3$ . Согласно СП 2.4.3648-20, кратность воздухообмена  $n > 10$  недопустима.

Данное значение превышает установленную величину  $10 \text{ ч}^{-1}$ , поэтому необходимо принять дополнительное решение по устройству вентиляции в помещении. Например, таким решением может быть исключение распространения паров ацетона по всему помещению за счет применения местной вытяжной вентиляции. Расчет объема воздуха удаляемого местной вентиляцией определяется по формуле [71]:

$$L_{\text{вытяжка}} = 3600 \cdot F \cdot v \quad (6.7)$$

где  $F$  – площадь сечения всасывающих отверстий,  $\text{м}^2$ ;  $v$  – скорость воздуха в сечении вытяжной вентиляции,  $\text{м}/\text{с}$ . Рекомендуется принимать значение скорости в интервале  $0,8–1,5 \text{ м}/\text{с}$ . т.к. вытяжные отверстия расположены по всей лаборатории в количестве  $n=4$ :

$$L_{\text{вытяжка}} = 3600 \cdot F \cdot v = 3600 \cdot 0,2 \cdot 4 \cdot 1,5 = 4320 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Таким образом, потребный воздухообмен для оставшихся вредных веществ принимаем для выделений паров ацетона:  $L = 404,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Выполним проверку:

$$n = \frac{L}{V} = \frac{404,3}{80} = 5,053 \text{ ч}^{-1}, \text{ условие выполняется.}$$

## 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 [93].

#### **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 [94].

## **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 (рисунок 6.1);

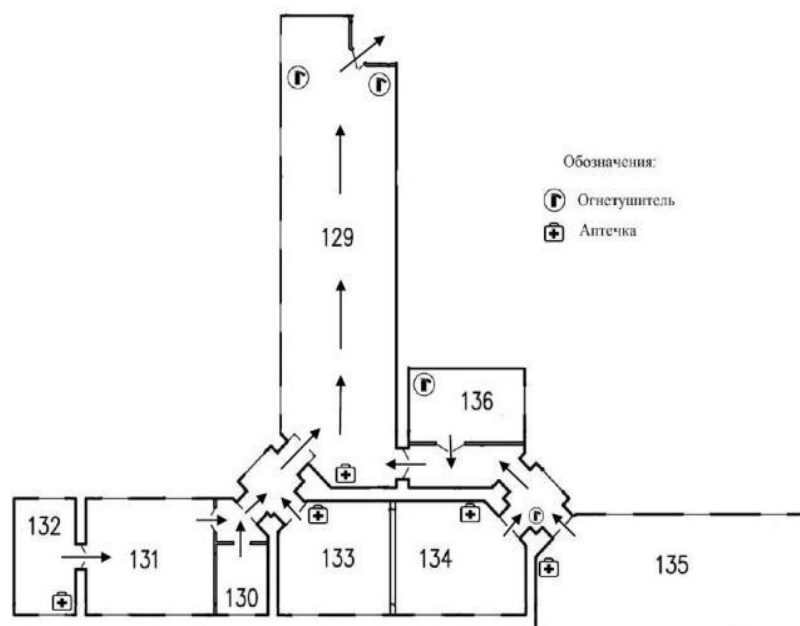


Рисунок 6.1 – План эвакуации

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
<b>Публикации в ведущих научных изданиях, входящих в базы Scopus или Web of Science: 1</b>					
1	Identification the regularities of influence of the diesel fuels composition on the efficiency of low-temperature additives action	Печатная	Petroleum and Coal, 2020, Vol. 62, Issue 1, pp. 142-148	7	Bogdanov I. Nikonova N.P. Kirgina M.V.
<b>Прочие публикации: 11</b>					
1	Добавление тяжелых n-парафинов, как способ повышения эффективности действия депрессорных присадок	Печатная	Труды XXIV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск, 6-10 Апреля 2020. – Томск: Изд-во ТПУ, 2020 – Т. 2 – С. 305-306	2	Киргина М.В.
2	The use of heavy n-paraffins for increasing the effectiveness of cold flow improvers	Печатная	Материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Сентября 2020. – Томск: ТПУ, 2020 – С. 539-540	2	Bogdanov I.
3	Добавление тяжелых n-парафинов, как способ повышения эффективности действия депрессорных присадок	Печатная	Материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Сентября 2020. - Томск: ТПУ, 2020 – С. 396-397	2	–
4	Improving the effectiveness of depressant additives for diesel fuel by adding heavy n-paraffins	Печатная	Материалы XVII Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования», Санкт-Петербург, 17-19 Июня, 2020. - Санкт-Петербург: Изд-во Горного университета, 2020 – Т. 1 – С. 180-182	3	Bogdanov I.
5	Добавление тяжелых n-парафинов, как способ повышения эффективности действия депрессорных присадок	Печатная	Материалы XI Международной конференции, посвящённой 50-летию Института химии нефти СО РАН, Томск, 28 Сентября-2 Октября 2020. – Томск: ИХН СО РАН, 2020 – С. 109	1	Киргина М.В.
6	Исследование свойств и фракционного состава товарного дизельного топлива	Печатная	Труды XXIV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск, 6-10 Апреля 2020. – Томск: Изд-во ТПУ, 2020 – Т. 2 – С. 320-321	2	Титиаев К.М.
7	Выбор наиболее эффективной низкотемпературной присадки к дизельному топливу	Печатная	Материалы II Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 4 Октября 2019. – Санкт-	3	–

	топливу		Петербург: НИЦ МашиноСтроение, 2019 – С. 50-52		
8	Сравнение эффективности действия низкотемпературных присадок для дизельного топлива	Печатная	Материалы XX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых, Томск, 20-23 Мая 2019. – Томск: ТПУ, 2019 – С. 386-387	2	–
9	Сравнения эффективности действия депрессорных присадок к дизельному топливу	Печатная	Материалы XXIII Всероссийской конференции молодых учёных-химиков (с международным участием): Нижний Новгород, 21-23 Апреля 2020. – Нижний Новгород: ННГУ, 2020 – С. 516	1	Мартянова Е.И. Богданов И.
10	Исследование влияния группового состава дизельных топлив на эффективность действия депрессорных присадок	Печатная	Сборник научных трудов II Международной научной конференции, Иркутск, 16-20 Сентября 2019. – Irkutsk: ИРНТУ, 2019 – С. 55-56	2	Богданов И. Алтынов А.А.
11	Исследование физико-химических свойств и фракционного состава прямогонных дизельных топлив	Печатная	Материалы XXII Всероссийской конференции молодых учёных-химиков (с международным участием): Нижний Новгород, 23-25 Апреля 2019. – Нижний Новгород: ННГУ, 2019 – С. 512	1	–



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Указ Президента РФ от 26.10.2020 № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» // Собрание законодательства РФ. – 02.11.2020. – № 44. – ст. 6970.
2. Specifics of assessing energy security of isolated energy service areas in territories with harsh climatic conditions / V. Kiushkina, D. Antonenkov // International Journal of Energy Technology and Policy (Special Issue on: “Intellectual Energy Technologies: Prospects and International Experience”. Vol. 15 Nos. 2/3, 2019, pp. 236-253.
3. Государственный доклад Министерства Энергетики Российской Федерации «О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации за 2019 год» от 31.12.2020. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/5197>, свободный. Дата обращения: 25.05.2021 г.
4. Распоряжение Правительства РФ от 21.12.2019 № 3120-р «Об утверждении Плана развития инфраструктуры Северного морского пути на период до 2035 года». [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://government.ru/docs/38714/>, свободный. Дата обращения: 25.05.2021 г.
5. Государственный доклад Администрации Северного Морского Пути «Об объемах перевозок грузов в акватории Северного морского пути» от 30.03.2021. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/51479>, свободный. Дата обращения: 25.05.2021 г.
6. Кинзуль А.П. Совершенствование технологии производства низкозастывающих дизельных топлив / А.П. Кинзуль, с.В. Хандархаев, Н.О. Писаренко, Бурюкин Ф.А., Твердохлебов В.П. // Мир нефтепродуктов. – 2012. – № 8. – с. 8-16.
7. Магарил Е.Р. Моторные топлива: учебное пособие / Е.Р. Магарил, Р.З. Магарил. – 2-е изд. – М.: КДУ, 2015. – 160 с.

8. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2014. – 15 с.
9. ТР ТС 013/2011. Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (с изменениями на 19 декабря 2019 года). – М.: Стандартиформ, 2012. – 22 с.
10. ТУ 38.401-58-110-94 Характеристики дизельного экспортного топлива. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:<http://gssnab.ru/pages/tu38.401-58-110-94/>, свободный. свободный. Дата обращения: 25.05.2021 г.
11. J. Yanowitz, M.A. Ratcliff, R.L. McCormick and J.D. Taylor, M.J. Murphy. Compendium of Experimental Cetane Numbers (англ.) // National Renewable Energy Laboratory (NREL): Technical Report. – 2014. – 6 August. – P. 11.
12. Kouno Masahumi, Amagai Kenji, Arai Masatakaj. Исследование зависимости воспламеняемости дизельных топлив от цетанового числа // Nihon ki-kai gakkai ronbunshu. B = Trans. Jap. Soc. Mech. Eng. B. 2002. – 68, № 665. – С. 276-283.
13. С.С. Салим, Х.И. Абдель, В.В. Бернацкий. Распыливание дизельного топлива с органическими добавками // Известия МГТУ МАМИ. – 2019. – № 2(40). – с. 14-19.
14. Корнев А.Ю. Связь параметров комплексной обработки дизельного топлива и его эксплуатационных свойств / А.Ю. Корнев, И.В. Бусин, А.П. Ликсутина // Наука в центральной России. – 2019. – № 4(40). – с. 79-87.
15. Ранд С.Дж. Анализ нефтепродуктов. Методы, их назначение и определение: пер. с англ. 8-го изд. / С.Дж. Ранд и др.; под ред. Е.А. Новикова, Л.Г. Нехамкиной. – ЦОП «Профессия»; Спб.: 2012. – 664 с.
16. И.В. Рожков. Зарубежные топлива, масла и присадки / Под ред. д-ра техн. наук И.В. Рожкова и д-ра техн. наук Б.В. Лосикова. – Москва: Химия, 1971. – 327 с.
17. Дианов В.Г. Автоматизация производственных процессов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. [Учеб. пособие

- для нефтехим. специальностей вузов]. – Москва: Химия, 1968. – 327 с.
18. Пучков Н.Г. Дизельные топлива / Н.Г. Пучков – Л.: Красный печатник, 1958. – 194 с.
  19. Иовлева Е.Л., Лебедев М.П. Получение низкозастывающих дизельных топлив на примере талаканской нефти: дис. канд. техн. наук. – Якутск, 2016. – с. 14-18.
  20. Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашхи В.Л. Химмотология. – М.:Химия, 1986 г. – 368 с.
  21. Энглин Б.А. Применение моторных топлив при низких температурах. М.: Химия. 1968. – 164 с.
  22. Синюта В.Р., Абрамова Л.В., Орловская Н.Ф. Физико-химические свойства зимнего дизельного топлива // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2017. – № 9-1. – с. 346-355.
  23. Richard E. Dickerson, Harry V. Gray, Jr. Gilbert, P. Haight. Chemical principles. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Menlo Park, T. 3. – 1989. – 652 с.
  24. Казакова Л.П., Крейн С.Э. Физико-химические основы производства нефтяных масел. – М.: Химия, 1978. – 320 с.
  25. Китайгородский А.И. Молекулярные кристаллы / А.И. Китайгородский – М.: Наука, 1971. – 424 с.
  26. Сюняева Р.З. Взаимосвязь строения молекул и физико-химических свойств n-алканов / Р.З. Сюняева // Химия и технология топлив и масел. – 1981. – № 3. – С. 53-55.
  27. ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009). Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия (с Изменениями N 1, 2). – М.: Стандартинформ, 2009. – 51 с.
  28. Tinprabath P., Hespel C., Chanchaona S., Foucher F. Influence of Biodiesel and Diesel Fuel Blends on the Injection Rate under Cold Conditions. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. [https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.12.010.](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.12.010), свободный, Дата обращения: 26.05.2021 г.

29. Dunn R.O., Bagby M.O. Low-temperature properties of triglyceride-based diesel fuels: transesterified methyl esters and petroleum middle distillate/ester blends. *J Am Oil Chem Soc* 1995; 72(8):895-904.
30. Tertenian R.A. Депрессорные присадки к нефти, топливам и маслам. М.: Chemistry, 1990. 237 p.
31. Башкатова С.Т, Присадки к дизельным топливам / С.Т. Башкатова – М.: Химия, 1994. 256 с.
32. Fozilov S.F., Mavlanov B.A., Pulatova B.F., Fozilov H.S. Production of diesel fuels with improved low-temperature properties with depressor additives synthesized on the basis of heterocyclic ethers of acrylic acids. – *International scientific review*, 2017. – № 5. – P. 11-14.
33. Li Y., Guan X., Huang H., Zhang W., Zhang L., Nie H., Zhou G. Effects of combination of cold flow improvers on diesel solidification point depression. *Petroleum Processing and Petrochemicals*.2017; 48(4): 24-28.
34. 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.
35. Тертерян Р.А., Башкатова С.Т. Депрессорные присадки к дизельным топливам. – М.: ЦНИИТ Энефтехим, 1987. – 67 с.
36. J.B. Taraneh. Effect of wax inhibitors on pour point and rheological properties of Iranian waxy crude oil / *Fuel Processing Technology*. – 2008. – № 89. – P. 973-977.
37. J.W. Qian. Influence of incipient chain dimension of EVA flow improver on the rheological behavior of crude oil / *Fuel*. – 1996. – № 75. – P. 161-163.
38. Machado A.L. Poly(ethylene-co-vinyl acetate) (EVA) as wax inhibitor of a Brazilian crude oil: oil viscosity, pour point and phase behavior of organic solutions / A.L. Machado, E.F. Lucas, G. Gonzalez // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. – 2001. – № 32. – P. 159-165.
39. C. Wu. Molecular dynamics simulation guiding the improvement of EVA-type pour point depressant / *Fuel*. – 2005. – № 16. – P. 2039-2047.

40. Фоломеева А.Г. Депрессорные свойства сополимеров этилена с винилацетатом различного состава и молекулярной массы // Тезисы докладов IV Конгресса нефтегазопромышленников России. – М., 2003. – с. 122-123.
41. Machado A.L. The influence of vinyl acetate of the poly(ethylene – co – vinyl acetate) (EVA) additive on the viscosity and the pour point of a brazillian crude oil / A.L. Machado, E.F. Lucas // Petroleum Science and Technology. – 2001. – № 19. – P. 197-204.
42. Кондрашева Н.К. Восприимчивость нефтяных фракций к сополимерам этилена с винилацетатом // Тезисы докладов IV Конгресса нефтегазопромышленников России. – М., 2003. – с. 121-122
43. Fozilov S.F., Mavlanov B.A., Hamidov B.N., Askarov M.A. Получение депрессорных присадок к дизельным топливам, синтезом гетероциклических эфиров полиметакриловых кислот и их применение. Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, 2014. № 16. P. 3-66.
44. Fozilov S.F. Получение депрессорных присадок на основе низкомолекулярного полиэтилена и изучение механизма их действия на дизельные топлива, Journal of Chemistry of the Republic of Uzbekistan, 2013. № 6. P. 36-39.
45. Mavlanov B.A. Особенности полимеризации и сополимеризации бензоксазолтион метилметакрилата и свойства полимеров на его основе. Abstract of the diss. Cand. Chem – Tashkent, 1990. 21 p.
46. K. Mitchell. The Use of Flow Improved Diesel Fuel at Extremely Low Temperatures, SAE Paper 982576, 1998.
47. Lapuerta M., Rodríguez-Fernández J., Fernández-Rodríguez D., PatiñoCamino R. Cold Flow and Filterability Properties of N-Butanol and Ethanol Blends with Diesel and Biodiesel Fuels. Fuel 2018, 224 (March), 552-559.
48. Han Sheng, Wang Peng, Wang Yuhong, Song Yuping, Ren Tianhui. Impact of alkyl methacrylate-maleic anhydride-alkyl methacrylate terpolymers as cold flow improver on crystallization behavior of diesel fuel // Process Safety and Environmental Protection. – 2010. – Vol. 88. – P. 41-46.

49. А.И. Динцес, Л.А. Потоловский, Б.Т. Абаева. Основы технологии нефтехимического синтеза. [Сборник статей] / Под ред. проф. А.И. Динцеса и проф. Л.А. Потоловского. – Москва: Гостоптехиздат, 1960. – 852 с.
50. Энглин Б.А. Применение моторных топлив при низких температурах. М.: Химия, 1968. – 164 с. (Издание второе, переработанное).
51. Jang B.W.L., Gläser R., Dong M., Liu C.J. Fuels of the Future. Energy Environ. Sci. 2010, 3 (3), 253.
52. Капустин В.М. Нефтяные и альтернативные топлива с присадками и добавками. М.: КолосС, 2008. 232 с.
53. Саблина З.А., Гуреев А.А. Присадки к моторным топливам. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1977. 258 с.
54. Smith K.W., Bhaggan K., Talbot G., Van Malssen K.F. Crystallization of Fats: Influence of Minor Components and Additives. J. Am. Oil Chem. Soc. 2011.
55. Гуров Ю.П. Моделирование процессов кристаллизации и структурообразования в системах твердых углеводородов нефти в присутствии депрессорных присадок и полиолефинов: диссертация кандидата технических наук: 05.17.07 / Гуров Юрий Петрович. – Тюмень, 2003. – 146 с.
56. Мартьянова Е.И. Исследование свойств и фракционного состава прямогонных дизельных топлив / Е.И. Мартьянова, М.В. Киргина // XXIII Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием) тезисы докладов, 21-23 апреля 2020, Нижний Новгород: / Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (ННГУ). – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2020.
57. Никонова Н.П. Групповой состав дизельного топлива, как фактор определяющий эффективность действия депрессорных присадок / Н.П. Никонова, И. Богданов, М.В. Киргина; науч. рук. М.В. Киргина // Химия и химическая технология в XXI веке материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Стромберга, 21-24 сентября 2020 г., г. Томск: / Национальный

исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2020. – С. 393-394.

58. И. Богданов, А.А. Алтынов, Я.П. Морозова, М.В. Киргина. Исследование влияния узких дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок // Нефтепереработка и нефтехимия научно-технические достижения и передовой опыт: научно-информационный сборник: / Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности (ЦНИИТЭнефтехим). – 2020. – № 9. – С. 27-33.

59. A. Orlova, I. Bogdanov, N.P. Nikonova, M.V. Kirgina. Identification the Regularities of Influence of the Diesel Fuels Composition on the Efficiency of Low-Temperature Additives Action // Petroleum and Coal. – 2020. – Vol. 62. – Issue 1. – P. 142-148.

60. Агаев В.Г. Фазовые переходы и структурообразование в модельных системах твердых углеводородов и депрессорных присадок / В.Г. Агаев, Ю.П. Гуров, Е.О. Землянский // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2004. – № 9. – с. 37-40

61. Татевский В.М. Физико-химические свойства индивидуальных углеводородов. М.: Гостоптехиздат, 1960. – 412 с.

62. Хвостенко Н.Н. Разработка низкозастывающих дизельных топлив с депрессорными присадками: Дис. канд. тех. наук. М.: ВНИИ НП, 1998.

63. LAVR Дизельный антигель [Электронный ресурс] – URL: <https://lavr.ru/production/prisadki/depressornye-prisadki-dlya-dizeley/superantigel-lavr-prisadka-v-dizelnoe-toplivo-na-500-2-000l-1-500-2000-1000ml/> – Дата обращения 26.05.2021.

64. FILL INN Дизельный антигель [Электронный ресурс] – URL: <https://www.fill-inn.com/product/4228/antigel/> – Дата обращения 26.05.2021.

65. ГОСТ 11851-85 «Нефть. Метод определения парафина» [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200024284> – Дата обращения 26.05.2021.

66. ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации» [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200007918> – Дата обращения 26.05.2021.
67. ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания» [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200005428> – Дата обращения 04.04.2020.
68. ГОСТ EN 116-2013 «Топлива дизельные и печные бытовые. Метод определения предельной температуры фильтруемости» [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200107899> – Дата обращения 04.04.2020.
69. Неподвижные жидкие фазы. [Электронный ресурс] – URL: [http://lab-21.ru/produkty/analiticheskoe\\_oborudovanie/hromatografiya/nepodvizhnye\\_zhidkie\\_fazy/se-54/](http://lab-21.ru/produkty/analiticheskoe_oborudovanie/hromatografiya/nepodvizhnye_zhidkie_fazy/se-54/) – Дата обращения 26.05.2021.
70. ГОСТ Р EN ИСО 22854-2010 «Нефтепродукты жидкие. Определение типов углеводородов и оксигенатов методом многомерной газовой хроматографии» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 26.05.2021.
71. ГОСТ ISO 3405-2013 «Нефтепродукты. Определения фракционного состава при атмосферном давлении (с Изменением N 1)» [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108426> – Дата обращения 02.04.2020.
72. Сухинина О.С., Левашова А.И. Методические рекомендации к лабораторной работе «Определение группового и структурно-группового составов нефтяных фракций». Образовательная программа «Химическая технология топлива и углеродных материалов». – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 22 с.
73. ГОСТ 18995.2-73 «Продукты химические жидкие. Метод определения показателя преломления» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200018750>, свободный. – Дата обращения: 26.05.2021.
74. ГОСТ Р 8.595-2004 «Государственная система обеспечения единства измерений. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам



выполнения измерений». [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200076523>, свободный. – Дата обращения: 26.05.2021.

75. ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности». [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003577>, свободный. – Дата обращения: 26.05.2021.

76. ГОСТ 32139-2013 «Нефть и нефтепродукты. Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 26.05.2021.

77. ASTM D 4294-10 «Standard Test Method for Sulfur in Petroleum and Petroleum Products by Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry».

78. EN ISO 20847:2004 «Petroleum products. Determination of sulfur content of automotive fuels. Energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry».

79. ISO 8754:2003 «Petroleum products. Determination of sulfur content. Energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry».

80. ГОСТ 33-2016 «Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости» [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200145229> – Дата обращения 26.05.2021.

81. ISO 4264 «Petroleum products – Calculation of cetane index of middledistillate fuels by the four variable equation» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://www.iso.org>, свободный. – Дата обращения: 26.05.2021.

82. 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: 05.05.2020 г.

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

84. 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.
85. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. М.: – Издательство стандартов, 1988. – 11 с.
86. 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.
87. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1). – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2009. – 27 с.
88. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 29 июля 2017 года) [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2020 г.
89. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 1992. – 68 с.
90. 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.
91. Расчет потребного воздухообмена. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей. – Томск: изд. ТПУ, 2005. – 16 с.
92. СанПиН 118.13330.2016. Общественные здания и сооружения. – М.: – Госкомсанэпиднадзор России, 2016. – 82 с.
93. 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.
94. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные

положения. – М.: Стандартиформ, 2017. – 6 с

## ПРИЛОЖЕНИЕ I

Таблица 1 – Характеристика остатков нефтепереработки, обладающих депрессорными свойствами

Показатель	Крекинг-остаток		Гудрон нефти		Асфальт деасфальтизации	Битум БН-V	Остаток смолы пиролиза	Инден- кумароновые смолы
	Остаточный	Дистиллятный	Арланской	Западно- сибирской				
Фракционный состав, % (об.):								
до 300 °С	3,0	0,5	-	0,3	–	–	45	–
до 400 °С	15	10	9	4,5	–	–	79	–
до 500 °С	44	54	39	21	4	–	90	–
Молекулярная масса	426	355	560	601	835	1030	220	446
$T_z$ , °С	+12	+30	+26	+20	–	–	–	–
Содержание серы, % мас.	2,5	3,2	3,8	2,3	3,6	–	–	–
Групповой состав, % мас.								
Алкано-нафтеновые	18,7	6,9	16,2	18,0	8,8	12,8	2,2	3,2
Лёгкие ароматические	7,6	3,1	8,1	12,0	5,3	9,5	6,3	1,7
Средние ароматические	12,3	10,2	9,3	10,1	6,4	4,7	4,7	0,6
Тяжелые ароматические	34,4	44,2	30,2	29,2	40,2	19,8	70,0	49,5
Смолы бензолные	7,7	9,5	10,2	8,2	10,2	9,1	3,9	14,3
Смолы спирт-бензолные	10,5	12,6	17,3	16,5	12,4	15,2	8,3	4,7
Асфальтены	8,6	12,6	8,5	5,2	10,3	28,9	4,6	26,0
Карбены-карбоиды	0,2	0,9	0,2	0,4	6,4	–	–	–

## Приложение II

(справочное)

### Effect of n-paraffins on effectiveness of depressant additives

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ92	Орлова Алина		

Руководитель ВКР

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

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Терре Дина Анатольевна	к. фил. н.		

## **1.1 Diesel fuel: composition, physical and chemical properties**

According to the strategy of scientific and technological development of the Russian Federation, the priority tasks are to improve the economic, social and scientific-technological situation of the Arctic regions, to promote the development of international relations, military development and protection of the state border of the Russian Federation along the coast of the seas of the Arctic Ocean [1-3]. In addition, according to [4], by 2024, cargo transportation along the Northern Sea Route (NSR) should increase to 80 million tons.

To achieve the goals mentioned above, it is necessary to implement a set of measures that will ensure the operation of technical equipment in conditions of low ambient temperatures in the Arctic zone, their planned and emergency repair, as well as replacement of all types of technical equipment involved in the implementation of the strategic development plan of the Russian Federation for the period up to 2030. An important part of this complex is the need to ensure an uninterrupted supply of fuels and lubricants, in particular, diesel fuels (DF) with improved low-temperature characteristics [4-6].

The quality of diesel fuel is determined by its low-temperature properties, composition, physicochemical properties and operational characteristics, such as cetane number, density, viscosity and sulfur content.

The fractional composition of diesel fuel is an indicator of the completeness of fuel combustion, as well as a characteristic of the degree of carbon formation and evaporation [7]. The main recorded values of the process for determining the fractional composition of diesel fuel are the values of the boiling point of 10, 50, 90 and 96% by volume (vol.) of the fuel. Boiling point 10% vol. fuel characterizes the starting properties that provide light hydrocarbons in the composition of diesel fuel. Boiling point 50% vol. fuel characterizes the stability of the engine, as well as a smooth change in the operating modes of the internal combustion engine (ICE). An indirect characteristic of fuel carbonization is the boiling point of 90 and 95% vol. fuel. Modern forced diesel engines can operate reliably only on fuel of normalized fractional composition (table 1.1-1.3):

Table 1.1 - Norms of fractional composition of diesel fuel of various grades, according to the requirements [8]

No.	Indicator name	Value for the brand			
		S	E	W	A
2	Fractional composition:				
	50% distilled at a temperature, ° C, not higher	280		255	
	95% (by volume) is distilled at temperature ° C, not higher	360			

Table 1.2 - Norms of fractional composition of diesel fuel of various brands, according to [9]

Characteristics diesel fuel	Norms regarding ecological class			
	K1	K2	K3	K4
Fractional composition - 95% vol. distilled at a temperature of °C, not higher	360			

Table 1.3 - Norms of fractional composition of export diesel fuel of various brands, according to [10]

Indicators	Norm for brands	
	DSE	DWE
Fractional composition: distilled at a temperature, ° C, not higher:		
50%	280	280
90%	340	330
96%	360	360

The cetane number (CN) conventionally characterizes the flammability of the fuel in an internal combustion engine (ICE), which determines the delay period of the combustion of the working mixture [11, 12]. The optimal operation of standard engines is ensured by diesel fuel with a central frequency of 40-55 points

[10]. When the CN is less than 40 points, the ignition delay and the rate of pressure rise in the combustion chamber increase sharply, and engine wear increases. According to the requirements specified in the Technical Conditions (TU) for winter and Arctic varieties of diesel fuel with depressant additives, the release of Arctic fuel with a CN of at least 40 points is allowed.

Density and viscosity of diesel fuel are values that characterize the operation of the fuel supply system and its spraying in the combustion chamber [13, 14]. The density and viscosity of a diesel fuel have a strong correlation and are characterized by a direct relationship: the higher the density of the diesel fuel, the higher its viscosity and, as a consequence, larger fuel droplets are formed during injection by the nozzle, which ensure the long-throw distance of the jet [15]. Diesel fuel pumpability deteriorates at low temperatures with increasing viscosity.

Flash point is an indicator of the safe use, transportation and storage of fuel [16, 17]. The flash point of diesel fuel can range from 52° C to 96 ° C, depending on the type of engine and its operating conditions [18]. Since ICEs are engines with a high compression ratio, diesel fuel must have a high flash point and a low autoignition temperature.

One of the most important properties of diesel fuel directly related to the normal operation of the internal combustion engine at negative temperatures is its low-temperature properties (cloud point, limiting filterability temperature and pour point) [19-20]:

Cloud point ( $T_{cp}$ ) is the temperature at which the first nuclei of paraffin crystals appear, causing the fuel to cloud [21, 22]. The crystallization process consists of two parallel processes: the release of wax crystals from a supersaturated solution and crystal growth. When  $T_p$  is reached, the molecules that make up the diesel fuel slow down their chaotic movement, and under the action of van der Waals forces, they attach to each other, forming crystal nuclei. The growth of embryos can be one-dimensional, two-dimensional or three-dimensional, with the formation of paraffins with different crystal shapes [23] (Figure 1.2).



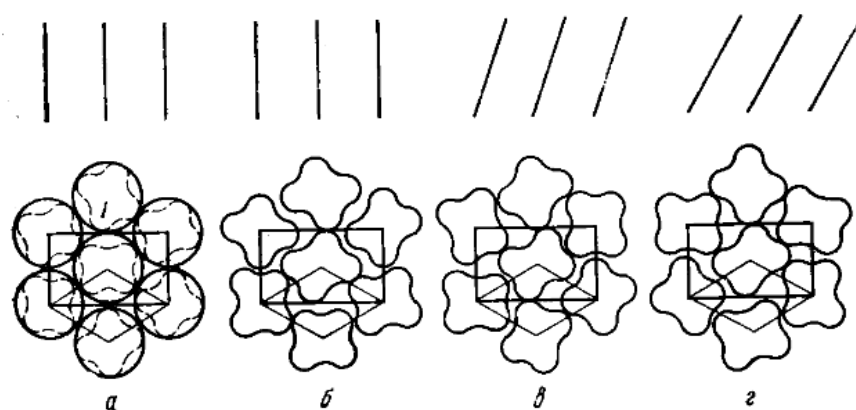


Figure 1.2 - Scheme of arrangement of n-paraffin molecules in crystals of various modifications [24]:

a - hexagonal; b - rhombic; c - monoclinic; d - triclinic.

The Cold Filter Plugging Point ( $T_{CFPP}$ ) is the minimum temperature at which the fuel, with gradual cooling, can be pumped through a standard filter at a certain speed [14, 25-26]. Diesel fuels with a high cloud point can quickly clog the filters of the internal combustion engine fuel system, because with a gradual decrease in temperature, the first to precipitate are crystals of normal paraffins with the highest molecular weight, which in turn are active crystallization centers around which hydrocarbon atoms with a lower molecular weight are grouped [17, 19-21]. According to the dislocation theory proposed by A.I. Kitaigorodskii, crystal growth occurs due to an increase in the number of dislocations on the surface of wax crystal nuclei [23-25]. Upon reaching the PTF, crystals of n-paraffins reach sizes which exceed the pore diameters of the filters. The crystals form a collide, and at the points of contact, further crystal growth stops, the resulting enlarged crystal, due to contact, gets a granular structure. The rate of fuel cooling has a significant effect on the structure of the crystals: the slower the cooling of the fuel, the larger the formation of wax crystals, which impedes the flow of the fuel [26]. High molecular weight n-alkanes are characterized by two allotropic modifications: hexagonal and orthorhombic [23, 27]. The hexagonal crystal lattice of paraffins is formed at high temperatures close to the melting point of paraffin and is characterized by a fibrous loose structure of crystals. Orthorhombic modification of crystals is characterized by a lamellar structure of crystals and is formed at low

temperatures [27]. In [28, 29], a different form of crystallization of n-paraffins is described depending on the quantitative content of n-alkanes: from solutions of low and medium concentration, an orthorhombic crystal lattice is predominantly formed, and a hexagonal one is formed upon cooling of highly concentrated solutions.

The pour point ( $T_{pp}$ ) is the temperature at which diesel fuel completely loses its mobility under the action of small mechanical stress [24-26]. When  $T_{pp}$  is reached, n-paraffin crystals form a strong framework, the fuel loses fluidity and forms a coherently dispersed colloidal structure - a gel.

Low-temperature properties, in particular CFPP, and sulfur content are the main criteria for the classification of diesel fuel based on modern standards [27-30].

According to [27], for a temperate climatic zone, 6 brands of diesel fuel are produced: A, B, C, D, E and F (Table 1.1), where A, B, C, D is a summer brand of fuel, and E, F is an off-season fuel:

Table 1.1 - Requirements for diesel fuel for a temperate climate [27]

Indicator	Variety					
	A	B	C	D	E	F
CFPP, ° C	+5	0	-5	-10	-15	-20

According to [27], for areas with more severe climatic conditions, 5 classes of diesel fuel are provided (Table 1.2) with the following low-temperature properties, where 0-3 is a winter brand of fuel, and 4 is an Arctic fuel:

Table 1.2 - Requirements for diesel fuel for the Arctic zone [27]

Indicator	Variety				
	0	1	2	3	4
CFPP, ° C	-20	-26	-32	-38	-44
$T_{pp}$ , ° C	-10	-16	-22	-28	-34

Four grades of fuel are produced according to the climatic zone of diesel fuel application. Depending on the season of operation, fuel is subdivided into grades [28]:

- Summer (S) - used at an ambient temperature of  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  and above;
- Interseasonal (E) at an ambient temperature of  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  and above;
- Winter (W) at an ambient temperature of  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- Arctic (A) at an ambient temperature of  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$  and above.

According to the requirements [29] for sulfur content, diesel fuel is classified into 3 classes:

- K3 - sulfur content not more than  $350\text{ mg / kg}$ , (corresponds to GOST R 52368-2005 type I [30]);
- K4 - sulfur content not more than  $50\text{ mg / kg}$ , (corresponds to GOST R 52368-2005 type II [30]);
- K5 - sulfur content less than  $10\text{ mg / kg}$ , (corresponds to GOST R 52368-2005 type III [30]).

## **1.2 Low-temperature additives for diesel fuel**

During the operation of diesel fuel at low temperatures of the Arctic latitudes, due to the precipitation of wax crystals and the formation of a spatial crystal lattice by them, the fuel loses its mobility [30, 31]. To slow down the growth of the crystal lattice of solid hydrocarbons and improve the low-temperature properties of diesel fuel, which determine the pumpability of the fuel, depressants and dispersants are used.

Depressant additives are solutions of an active substance and an organic solvent. The solvent in the composition of the depressant additive provides fast solubility and uniform distribution of the active substance (depressant) in diesel fuel [32]. Depressant additives to diesel fuel can be classified according to the principle of action [33, 34]:

Additives for improving fuel pumpability at low temperatures. These low temperature additives are used to improve PTF, they interfere with the growth of wax crystals, reduce the size of the crystals, alter the morphology of the crystal and

provide more favorable crystal forms of n-paraffins. The structure of additives for improving PTF generally varies widely depending on the composition of the diesel fuel, the carbon chain length of n-paraffins, and the temperature at which the fuel is used. The introduction of copolymers of a pour point depressant changes the lamellar shape of the crystal to a more granular one, forming a microcrystalline structure. The lighter structure of n-paraffin clogs fuel filters at a lower rate and reduces the PTF of the fuel;

Additives that prevent the deposition of paraffins. Dispersing additives are active substances that prevent wax deposition. Their principle of operation is based on preventing the separation of fuel into the upper layer, which practically does not contain wax crystals and the lower one, supersaturated with high molecular weight wax crystals. In the process of adsorption of charged or polarization molecules of dispersing additives on paraffin crystals, a double electric layer is formed on their surface, which has a shielding effect and prevents the formation of n-paraffin deposits in the lower layers of the solution. As a result of this effect, paraffin crystals are evenly distributed over the entire volume of the diesel fuel.

Additives aimed at reducing the  $T_{pp}$  of fuel. The main difference between pour point depressants and cold flow improvers is the mechanism of their action. Pour point lowering additives change the nature of the n-paraffin crystals that precipitate from the fuel, and thereby reduce their tendency to stick and solidify in gels. The mechanism of the pour point depressant aimed at reducing  $T_{pp}$  is explained by the different supersaturation rate of the pour point depressant and diesel fuel solutions. With a gradual decrease in temperature in a mixture of diesel fuel and a depressant additive, the active centers of crystal formation are the nuclei of the depressant crystal, which form joint associates with paraffin crystals. Co-crystallization of n-paraffin and the active center of the depressant crystal can modify the hexagonal crystal lattice of n-paraffin into an orthogonal one. The newly formed orthogonal crystal lattice slows down the adhesion of crystals required for gel formation [35].

By the nature of the depressant, all modern low-temperature diesel fuel additives can be classified into [35]:

- copolymers of ethylene with polar monomers (Figure 1.3). The papers [36-42] consider the results of the study of the effect of an active substance, a copolymer of ethylene with vinyl acetate, as a low-temperature additive for diesel fuel. The authors in [36] investigated the effect of copolymers on the low-temperature characteristics of petroleum products with different fractional composition. It has been revealed that the effectiveness of the active substance depends on the molecular weight of oil products and the content of heavy components; a copolymer with a higher molecular weight  $(0.5-10) \cdot 10^3$ , dissolved in an organic solvent at a temperature exceeding the saturation temperature, forms crystallization centers upon successive cooling. The lower molecular weight copolymer is involved in retarding the growth of n-paraffin crystals.

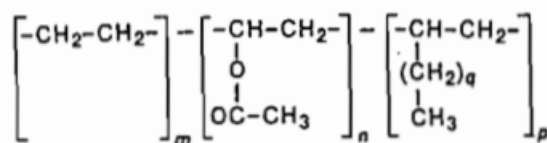


Figure 1.3 - Molecular structure of a copolymer of ethylene with vinyl acetate [35]

- polymethacrylate additives (PMA). PMA are the most widely used T3 depressants due to the structure and flexibility of their molecules (Figure 1.3). In [43-47], the results of a study of the effect of an active substance, a copolymer of methyl methacrylate with maleic anhydride and maleic acid, as a low-temperature additive for diesel fuel are presented. The results of the study of the effectiveness of the depressor showed that T<sub>g</sub> and PTF of DF samples improved by 24 and 8 and °C, respectively. The mechanism of action of the pour point depressant is based on the co-crystallization of PMA and polyacrylamide with n-paraffins, and not on adsorption on the surface of the paraffin crystal, as in case of ethylene copolymers with polar monomers. One of the alkyl side chains of R1 or R2 has a length similar in size to the paraffin molecules. Another alkyl group is shorter and is neutral

to paraffin molecules. Shorter alkyl side chains act as crystal modifiers. These molecules separate the paraffin crystals from the long-chain alkyl substituents and are incorporated into the structure of the paraffin crystal lattice.

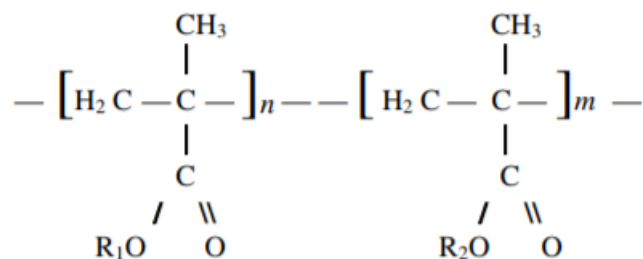


Figure 1.3 - Molecular structure of PMA [48]:

R1, R2 - alkyl side chains of molecules of various lengths; n, m - degree of polymerization of two monomers of different lengths of alkyl chains.

- non-polymeric chemicals (alkyl naphthalenes; esters of polyatomic acids and alcohols; amides containing long alkyls). The most effective representative of this group of additives is the active substance naphthalene ether (Figure 1.4). In addition to alkylnaphthalenes of polyatomic acid esters used as a co-component in non-polymeric additives, today separate oil fractions are used as a component of depressant additives (Appendix 1). According to Appendix 1, the cracking residue is the most effective component of the non-polymer type depressants, and the pyrolysis resin residue has the lowest depressant effect. However, one should take into account the restrictions on the use of certain fractions as depressants. These components worsen the color of diesel fuel and also change the composition of the fuel itself. Esters are also widely used as the active substance of the depressant.

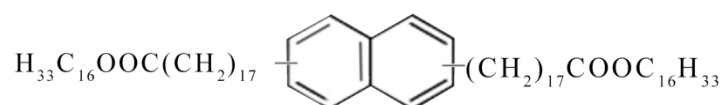


Figure 1.4 - Molecular structure of naphthalene ether [35]

Table 1.4 - Depressant properties of polyhydric alcohol esters when added to diesel fuel

Chemical compound	Gross formula	Molecular mass	Concentration, %	Low-temperature properties, ° C		
				$T_{CP}$	CFPP	$T_{PP}$
No additive	-	-	0	-13	-8	-5
Adipic Acid Monoactyl Ester Glycerate	$C_{45}N_{80}O_{12}$	810	0.1	-19	-11	-5
			0.3	-21	-14	
Ethylene glyconate monocetyl ester of adipic acid	$C_{46}N_{86}O_8$	670	0.1	-19	-13	-5
			0.3	-22	-15	
Diethylene glyconate monoacetyl ester of adipic acid	$C_{48}H_{90}O_9$	730	0.1	-16	-11	-5
			0.3	-18	-12	

Along with the use of individual oil fractions, depressants containing  $C_{12}$ - $C_{30}$  n-alkanes and compounds of secondary (tertiary) nitrogenous compounds such as amines, amides and imides are widely used (Figure 1.5)

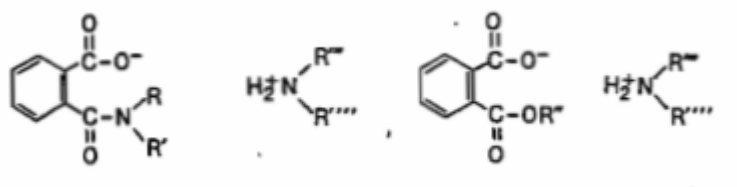


Figure 1.5 - Molecular structure of depressants based on nitrogenous compounds

[35]