

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

---

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Исследование влияния узких дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок</b>

УДК 665.753.4.038.64

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Морозова Яна Павловна		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Т.Б.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Сечин А.А.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

# Планируемые результаты обучения по ООП

## 18.03.01 Химическая технология

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

P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 7, 8, 12), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), <b>CDIO (п. 2.4)</b>
P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), <b>CDIO (пп. 3.2, 3.3)</b>
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3, 4), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), <b>CDIO (пп. 4.7, 4.8, 3.1)</b>

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

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

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

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д6В	Морозова Яна Павловна

Тема работы:

<b>Исследование влияния узких дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок</b>	
Утверждена приказом директора ИШПР (дата, номер)	от 01.06.2020 г. № 153-53/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Образец прямогонного дизельного топлива, узкие дизельные фракции, депрессорная присадка.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1 Литературный обзор 1.1 Состав и свойства дизельного топлива 1.2 Способы улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива 1.3 Улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива с помощью присадок 2 Объект и методы исследования 2.1 Объект исследования 2.2 Методы исследования состава и характеристик дизельных топлив 3 Расчеты и аналитика 3.1 Результаты определения характеристик образца прямогонного дизельного топлива 3.2 Результаты определения низкотемпературных характеристик узких дизельных фракций 3.3 Результаты определения низкотемпературных характеристик смесей узких дизельных фракций с депрессорной присадкой

	<p>3.4 Результаты определения низкотемпературных характеристик смесей образца прямогонного дизельного топлива с узкими дизельными фракциями</p> <p>3.5 Результаты определения характеристик смесей образца прямогонного дизельного топлива с узкими дизельными фракциями и депрессорной присадкой</p> <p>4 Результаты исследований</p> <p>4.1 Анализ эффективности действия депрессорной присадки на низкотемпературные характеристики узких дизельных фракций</p> <p>4.2 Анализ влияния легкой дизельной фракции на эффективность действия депрессорной присадки</p> <p>4.3 Анализ влияния средней дизельной фракции на эффективность действия депрессорной присадки</p> <p>4.4 Анализ влияния тяжелой дизельной фракции на эффективность действия депрессорной присадки</p> <p>5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>6 Социальная ответственность</p>
--	--

<b>Перечень графического материала</b>	Нет
--	-----

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	к.э.н., доцент ОСГН ШБИП Якимова Т.Б.
«Социальная ответственность»	к.т.н., ассистент ООД ШБИП Сечин А.А.

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

Нет
-----

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	10.02.2020 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Морозова Яна Павловна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д6В	Морозовой Яне Павловне

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

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

1. Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИИ ТПУ»: оклад доцента – 35120 руб., оклад исполнителя равен минимальному размеру оклада (1 квалификационный уровень) – 12130 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	– районный коэффициент – 1,3; – накладные расходы – 16 %; – норма амортизации 20 %.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %.

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

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации.
Планирование и формирование бюджета проекта	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта. Определение затрат на проектирование (смета затрат).
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя эффективности проекта.

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>Карта сегментирования рынка</li> <li>Матрица SWOT</li> <li>График проведения и бюджет проекта</li> </ol>
---

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Морозова Я.П.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д6В	Морозова Яне Павловне

Школа		Отделение (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема работы:

<p><b>Исследование влияния узких дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок</b></p>	
<p><b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b></p>	
<p><b>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</b></p>	<p>Объект исследования – прямогонное дизельное топливо, узкие дизельные фракции, низкотемпературная присадка. Рабочая зона – химическая 134 лаборатория 2 корпуса отделения химической инженерии Томского политехнического университета. Область применения – нефтехимическая промышленность.</p>
<p><b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b></p>	
<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>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения). СанПиН 2.2.4.548-96. СП 52.13330.2016. ГОСТ 12.1.003-2014. ГОСТ 12.1.007-76.</p>
<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>В исследовательской лаборатории вероятно воздействие следующих вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Отклонение показателей микроклимата;</li> <li>– Недостаточная освещенность;</li> <li>– Повышенный уровень шума;</li> <li>– Повышенный уровень электромагнитного излучения,</li> <li>– Вредные вещества.</li> </ul> <p>Вредные вещества. В исследовательской лаборатории при проведении работ присутствуют вредные вещества такие, как:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– этиловый спирт,</li> <li>– пары нефтепродуктов.</li> </ul> <p>К опасным факторам относятся:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– горючесть, взрывоопасность и токсичность применяемых веществ;</li> <li>– наличие электротехнических устройств высокого напряжения;</li> <li>– короткое замыкание,</li> <li>– статическое электричество,</li> <li>– превышение токсичных веществ в воздухе рабочей зоны.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<p>Основными загрязнителями являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– нефтепродукты (дизельное топливо),</li> <li>– нефтяные растворители,</li> <li>– макулатура.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Возникновение ЧС, требующих обеспечения электро- и пожаровзрывобезопасности на рабочем месте.</p> <p>Перечень возможных ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пожар,</li> <li>– взрыв,</li> <li>– розлив реагентов.</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сечин А.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Морозова Я.П.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 100 страниц, 8 рисунков, 41 таблица и 52 источника.

Ключевые слова: дизельное топливо, узкие дизельные фракции, депрессорная присадка, низкотемпературные характеристики, n-парафины.

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

Объектом исследования является образец прямогонного дизельного топлива, узкие дизельные фракции, депрессорная присадка и их смеси. Предмет исследования – низкотемпературные характеристики смесей прямогонного дизельного топлива, узких дизельных фракций и депрессорной присадки, эффективность действия депрессорной присадки.

Цель работы – исследование влияние узких дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок.

В ходе работы выделены узкие дизельные фракции; определены и проанализированы характеристики образца прямогонного дизельного топлива, узких дизельных фракций и их смесей с добавлением и без добавления депрессорной присадки. Рассмотрена эффективность действия депрессорной присадки на низкотемпературные характеристики узких дизельных фракций. Установлены закономерности влияния узких дизельных фракций на эффективность действия депрессорной присадки.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в возможности использования выявленных закономерностей влияния узких дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок для выпуска низкозастывающих дизельных топлив, соответствующих требованиям стандартов; возможности расширения сырьевого пула предприятий за счет вовлечения тяжелых дизельных фракций.

# Оглавление

Введение.....	14
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	17
1.1 Состав и свойства дизельного топлива .....	17
1.1.1 Состав дизельного топлива .....	17
1.1.2 Основные свойства дизельного топлива.....	19
1.2 Способы улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива .	26
1.3 Улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива с помощью присадок .....	28
1.3.1 Основные типы присадок.....	29
1.3.2 Механизм действия депрессорных присадок.....	32
1.3.3 Влияние состава дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок .....	34
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	37
2.1 Объект исследования .....	37
2.1.1 Методика выделения узких дизельных фракций.....	37
2.1.2 Приготовление смесей.....	38
2.2 Методы исследования состава и характеристик дизельных топлив.....	39
2.2.1 Методика определения плотности и вязкости .....	39
2.2.2 Методика определения содержания серы.....	40
2.2.3 Методика определения фракционного состава.....	41
2.2.4 Методика определения цетанового индекса .....	42
2.2.5 Методика определения температур помутнения и застывания .....	42
2.2.6 Методика определения предельной температуры фильтруемости .....	44
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА .....	45

3.1 Результаты определения характеристик образца прямогонного дизельного топлива .....	45
3.2 Результаты определения низкотемпературных характеристик узких дизельных фракций .....	46
3.3 Результаты определения низкотемпературных характеристик смесей узких дизельных фракций с депрессорной присадкой.....	48
3.4 Результаты определения низкотемпературных характеристик смесей образца прямогонного дизельного топлива с узкими дизельными фракциями .....	49
3.5 Результаты определения характеристик смесей образца прямогонного дизельного топлива с узкими дизельными фракциями и депрессорной присадкой.....	50
3.5.1 Результаты определения характеристик смесей образца прямогонного дизельного топлива с легкой дизельной фракцией и депрессорной присадкой .....	50
3.5.2 Результаты определения характеристик смесей образца прямогонного дизельного топлива со средней дизельной фракцией и депрессорной присадкой.....	51
3.5.3 Результаты определения характеристик смесей образца прямогонного дизельного топлива с тяжелой дизельной фракцией и депрессорной присадкой.....	52
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	54
4.1 Анализ эффективности действия депрессорной присадки на низкотемпературные характеристики узких дизельных фракций .....	54
4.2 Анализ влияния легкой дизельной фракции на эффективность действия депрессорной присадки .....	55
4.3 Анализ влияния средней дизельной фракции на эффективность действия депрессорной присадки .....	56

4.4 Анализ влияния тяжелой дизельной фракции на эффективность действия депрессорной присадки .....	58
<b>5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....</b>	<b>60</b>
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	60
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	60
5.1.2 SWOT-анализ.....	61
5.2 Планирование работ в рамках выполнения ВКР .....	63
5.2.1 Структура работ в рамках исследования .....	63
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	64
5.2.3 Разработка графика проведения исследования.....	66
5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	70
5.3.1 Расчет материальных затрат исследования .....	70
5.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	72
5.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	73
5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	74
5.3.5 Накладные расходы.....	74
5.3.6 Формирование бюджета затрат научно исследовательского проекта....	75
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	75
<b>6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....</b>	<b>78</b>
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	78
6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства .....	78

6.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	79
6.2	Профессиональная социальная безопасность .....	80
6.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	80
6.2.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении разработки на производстве.....	82
6.2.3	Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов .....	86
6.3	Экологическая безопасность.....	86
6.3.1	Воздействие на атмосферу .....	86
6.3.2	Воздействие на гидросферу .....	87
6.3.3	Воздействие на литосферу .....	87
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	87
6.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований .....	88
6.4.2	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта исследования на производстве .....	89
6.4.3	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	89
	Выводы .....	91
	Список публикаций студента.....	93
	Список использованных источников .....	95

## Введение

Объемы потребления дизельного топлива неуклонно растут с каждым годом. В большей степени этому росту способствует использование дизеля в качестве топлива для работы крупногабаритных машин и технологического оборудования. Важно отметить особо интенсивный рост потребления именно зимней и арктической марок дизельного топлива, связанный с освоением новых территорий с суровым климатом, в первую очередь арктических.

Для достижения низкотемпературных характеристик, соответствующих требованиям стандартов, наиболее эффективно и рентабельно вводить в дизельное топливо присадки, улучшающие данные характеристики. Однако ввиду специфического механизма взаимодействия низкотемпературных (депрессорных) присадок с углеводородами, входящими в состав дизельного топлива не исключены случаи, в которых присадки не приносят ожидаемого улучшения низкотемпературных характеристик. При этом возможна и обратная ситуация, когда наличие определенных углеводородов в составе дизельного топлива усиливает эффект от использования депрессорной присадки. Задача исследования влияния состава (фракционного, группового, углеводородного) дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок является крайне актуальной.

Таким образом, **целью работы** является исследование влияния узких дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок.

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

1. Определить и проанализировать характеристики образца прямогонного дизельного топлива.

2. Выделить узкие дизельные фракции с пределами выкипания 180-240 °С, 240-300 °С и 300-360 °С из образца прямогонного дизельного топлива методом разгонки. Определить и проанализировать низкотемпературные характеристик узких дизельных фракций.

3. Приготовить смеси образец прямогонного дизельного топлива / депрессорная присадка, узкие дизельные фракции / депрессорная присадка, образец прямогонного дизельного топлива / узкие дизельные фракции в различных концентрациях с добавлением и без добавления депрессорной присадки. Определить и проанализировать характеристики смесей.

4. Оценить эффективность действия депрессорной присадки на низкотемпературные характеристики узких дизельных фракций.

5. Установить закономерности влияния узких дизельных фракций на эффективность действия депрессорной присадки.

**Объектом исследования** в данной работе являются образец прямогонного дизельного топлива, узкие дизельные фракции, депрессорная присадка и их смеси.

**Предметом исследования** являются низкотемпературные характеристики смесей прямогонного дизельного топлива, узких дизельных фракций и депрессорной присадки, эффективность действия депрессорной присадки.

**Научная новизна работы:**

1. Показано, что эффект оказываемый депрессорной присадкой на узкие дизельные фракции с различными пределами выкипания не одинаков. Депрессорная присадка наиболее эффективна в отношении температуры застывания тяжелой дизельной фракции и предельной температуры фильтруемости легкой дизельной фракции.

2. Установлено, что добавление узких дизельных фракции с высоким содержанием тяжелых n-парафинов в составе в небольших концентрациях повышает эффективность действия депрессорной присадки, при этом наблюдается снижение эффективности действия присадки при добавлении узких дизельных фракции с высоким содержанием легких n-парафинов.

### **Практическая значимость работы:**

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

2. Установлено, что для более эффективного действия депрессорной присадки необходимо учитывать содержание различных узких фракций в составе дизельного топлива.

3. Показано, что добавление 3 % об. легкой дизельной фракции одновременно с депрессорной присадкой приводит к ухудшению предельной температуры фильтруемости дизельного топлива на 10 °С, при этом добавление 5 % об. тяжелой дизельной фракции одновременно с депрессорной присадкой позволяет улучшить температуру застывания дизельного топлива на 6 °С.

Установленные закономерности влияния узких дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок позволят повысить возможности по производству низкозастывающих марок дизельного топлива, использовать тяжелые дизельные фракции для расширения сырьевого пула нефтеперерабатывающих и нефтедобывающих предприятий.

### **Апробация работы:**

Основные положения работы были представлены на XX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке», где работа была удостоена Диплома III степени; на XXIII и XXIV Международных научных симпозиумах студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр»; III Международной научно-технической конференции «Материалы, технологии и техника для освоения Арктики и Сибири».

# 1 Литературный обзор

## 1.1 Состав и свойства дизельного топлива

Дизельное топливо (ДТ) – жидкий нефтепродукт, использующийся как топливо в дизельном двигателе внутреннего сгорания [1]. В качестве товарных ДТ (чаще всего смесевых) используют средние фракции нефти, перегоняющиеся в пределах от 140 до 360 °С, легкие газойли каталитического и термического крекинга, а также газойли гидрокрекинга [2]. По внешнему виду ДТ представляет собой более вязкую, чем бензин, прозрачную жидкость желтого или светло-коричневого цвета в зависимости от содержания смол. ДТ так же, как и бензин, легче воды и практически не растворяется в ней.

### 1.1.1 Состав дизельного топлива

ДТ имеет в своем составе различные группы углеводородов, в частности:

- нормальные парафиновые (н-парафиновые) углеводороды;
- изопарафиновые углеводороды;
- нафтеновые углеводороды;
- ароматические углеводороды;
- гетероатомные соединения.

Н-парафиновые углеводороды, по сути, являются желательной составляющей ДТ, так как характеризуются высокой самовоспламеняемостью. Чем выше молекулярная масса углеводорода, тем выше цетановое число. Однако, н-парафины обладают плохими низкотемпературными свойствами и низкой растворимостью в углеводородах других классов, в результате чего при пониженных температурах н-парафины образуют каркасную малоподвижную структуру, которая ухудшает прокачиваемость топлива через трубопроводы и фильтры.

Изопарафиновые углеводороды, в отличие от н-парафинов, обладают низкой самовоспламеняемостью и хорошими низкотемпературными свойствами. То есть, цетановое число этих углеводородов понижается с разветвленностью молекул.

Средним значением между изопарафиновыми и н-парафинами по самовоспламеняемости обладают нафтеновые углеводороды. При этом нафтеновые углеводороды также обладают такими свойствами, как хорошая окислительная и термическая способность, а также хорошие низкотемпературные характеристики.

Нежелательными компонентами в ДТ являются ароматические углеводороды, так как они обладают низкими цетановыми числами, способствуют нагарообразованию в камере сгорания и увеличению эмиссии полициклических ароматических углеводородов в атмосферу. Также нежелательными компонентами в составе ДТ являются гетероатомные соединения. Это объясняется тем, что гетероатомные соединения состоят в основном из соединений серы, а наличие серы приводит к образованию химически агрессивных и токсичных оксидов серы. Помимо серы, гетероатомные соединения содержат азот, который при сгорании в условиях повышенного давления и температуры реагирует с кислородом воздуха с образованием оксида азота, далее окисляющегося до диоксида азота. Оксиды азота в свою очередь способны реагировать с парами воды в воздухе с образованием кислот. Оксиды азота и кислоты представляют серьезную опасность для здоровья человека.

ДТ в качестве базовых компонентов содержат прямогонные среднестиллятные фракции нефти. Также, в ДТ вводят легкий газойль каталитического крекинга и фракции других вторичных процессов для расширения сырьевой базы. Прямогонные фракции отличаются хорошей самовоспламеняемостью. Исходя из характеристик исходной нефти варьируются низкотемпературные характеристики прямогонных фракций и содержание в них серы.

Фракции каталитического крекинга, входящие в состав ДТ, содержат большое количество непредельных и ароматических углеводородов, следовательно, обладают невысокой термической стабильностью. Содержание серы в данных фракциях также варьируется, так как в зависимости от технологии реализации крекинга, сырье процесса может проходить или не проходить предварительную гидроочистку. Хорошими низкотемпературными свойствами, высоким цетановым числом и низким содержанием серы характеризуются фракции гидрокрекинга, которые можно считать желательным компонентом в составе ДТ.

### **1.1.2 Основные свойства дизельного топлива**

К физико-химическим свойствам и эксплуатационным характеристиками ДТ относятся: фракционный состав и испаряемость, цетановое число, вязкость и плотность, низкотемпературные свойства, склонность к нагарообразованию, противокоррозионные свойства, стабильность, наличие механических примесей и воды [1].

*Фракционный состав.* Одним из самых важных свойств ДТ является фракционный состав, который характеризует его испаряемость. Фракционный состав оценивают по трём характерным точкам графика зависимости количества конденсата от температуры разгонки: температуру выкипания 10, 50 и 90 % об. топлива, соответственно,  $T_{10\%}$ ,  $T_{50\%}$  и  $T_{90\%}$  [3].

Пуск дизельных двигателей ухудшается при облегчении фракционного состава топлива из-за того, что легкие фракции, по сравнению с более тяжелыми, имеют худшую самовоспламеняемость. Наличие в топливе легких фракций характеризует значение  $T_{10\%}$ , однако данный параметр не является характеристикой пусковых свойств ДТ, так как несмотря на достаточно легкую испаряемость, эта группа углеводородов плохо воспламеняется и приводит к образованию неоднородной топливно-воздушной смеси, что негативно сказывается на предпламенном процессе окисления. Пусковые свойства ДТ, иначе приёмистость, в некоторой степени определяет значение  $T_{50\%}$ , так как чем ниже температура выкипания 50 % об.

топлива, тем значительнее облегчен фракционный состав топлива, соответственно, тем быстрее топливо испаряется в камере сгорания. Использование облегченного топлива после прогрева двигателя до рабочей температуры приводит к увеличению периода задержки самовоспламенения и вызывает жесткую работу дизельного двигателя. Значение  $T_{90\%}$  определяет содержание в топливе наиболее тяжелых фракций. Увеличение содержания тяжелых фракций ухудшает смесеобразование, снижает экономичность, повышает нагарообразование и дымность отработавших газов. Поэтому чрезмерное утяжеление топлива, как и его облегчение, нежелательно [3].

*Цетановое число.* Основным показателем воспламеняемости ДТ является цетановое число (ЦЧ), численно равное процентному содержанию цетана в смеси с  $\alpha$ -метилнафталином, которая по самовоспламеняемости в стандартном двигателе эквивалентна испытываемому топливу [4]. ЦЧ ДТ характеризует его способность к самовоспламенению в камере сгорания. Воспламенение горючей смеси в дизельных двигателях происходит без постороннего источника зажигания. Самовоспламенение смеси происходит под действием высокой температуры в результате бурно протекающих реакций окисления [2]. ЦЧ определяет запуск двигателя, жесткость рабочего процесса, расход топлива и дымность отработавших газов. Чем выше ЦЧ, тем ниже скорость нарастания давления (Рисунок 1.1) и тем менее жестко работает двигатель [5].

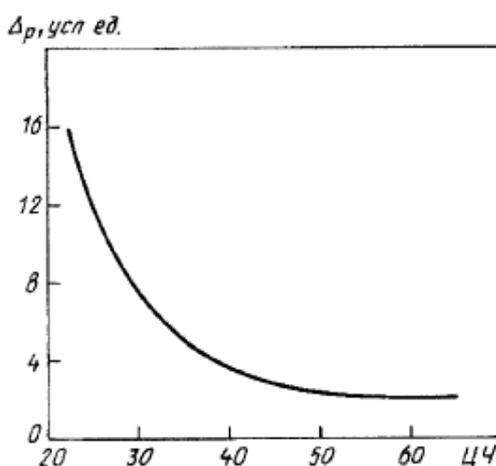


Рисунок 1.1 – Зависимость скорости нарастания давления от ЦЧ ДТ [5]

При повышении ЦЧ быстрее происходят процессы окисления в камере сгорания, скорее воспламеняется смесь и быстрее запускается двигатель. На значение ЦЧ влияет углеводородный состав топлива, например, n-парафиновые углеводороды обладают высокими значениями ЦЧ, а ароматические углеводороды без боковых цепей – низкими, при этом ароматические углеводороды, имеющие боковые цепи обладают более высокими ЦЧ, причем ЦЧ тем больше, чем длиннее парафиновая цепь.

Стоит отметить, что в парафиновых углеводородах с повышением молекулярной массы ЦЧ возрастает, а по мере разветвления – снижается. Непредельные и нафтеновые углеводороды обладают средним значение ЦЧ. Непредельные углеводороды обладают более низкими ЦЧ чем парафиновые, соответствующие им по строению, а нафтеновые углеводороды характеризуются более высокими ЦЧ, чем ароматические. Значение ЦЧ увеличивается при повышении температуры кипения топлива, эта зависимость носит почти линейный характер, исключениями являются лишь отдельные фракции.

Экспериментально ЦЧ определяют методом совпадения вспышек по длительности периода задержки воспламенения на установках с одноцилиндровым двигателем ИТ9-3 и ИТ9-3М, которые работают с переменной степенью сжатия и постоянной частотой вращения коленчатого вала при впрыске топлива под давлением 106 атм. за  $13^\circ$  до верхней мертвой точки. Определение проводят согласно [6]. Сущность определения заключается в сравнении испытываемого образца топлива с эталонными топливами, воспламеняемость которых известна. Первым эталоном, ЦЧ которого принимается за 100 пунктов, является цетан ( $C_{16}H_{34}$ ) – нормальный углеводород парафинового ряда, который имеет очень небольшой период задержки воспламенения и обеспечивает мягкую работу двигателя.  $\alpha$ -метилнафталин ( $C_{10}H_{17}CH_3$ ) служит вторым эталоном, ЦЧ которого принимают за 0 пунктов. Это углеводород ароматического ряда, который очень трудно окисляется и воспламеняется, также он имеет большой период

задержки воспламенения и вызывает жесткую работу дизельного двигателя. Согласно требованиям ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия» ЦЧ ДТ должно быть не ниже 45 пунктов [7].

Наравне с ЦЧ определяют цетановый индекс (ЦИ). ЦИ является дополнительным показателем, который определяют расчетно в случаях, когда двигатель при испытаниях недоступен для непосредственного определения данного показателя или в наличии имеется проба, не соответствующая требованиям метода с использованием двигателя. Также ЦИ можно использовать для подтверждения ЦЧ топлива, если оно было установлено ранее.

*Низкотемпературные характеристики.* Низкотемпературные свойства являются очень важными эксплуатационными характеристиками ДТ, так как они связаны с подвижностью топлива при отрицательной температуре, или, иначе, со способностью топлива поступать из топливного бака к двигателю бесперебойно. Наличие в ДТ растворенных парафиновых углеводородов оказывает большое влияние на низкотемпературные характеристики, так как при понижении температуры молекулы парафинов кристаллизуются, в результате чего топливо теряет свою подвижность и плохо прокачивается через трубопроводы и фильтры. Низкотемпературные свойства характеризуются температурой помутнения, предельной температурой фильтруемости и температурой застывания.

Температурой помутнения ( $T_{п}$ ) называют такую температуру, при которой наряду с жидкой фазой топлива появляется твердая, то есть меняется фазовый состав топлива. В этот момент внешний вид топлива меняется, из прозрачного оно становится мутным, при этом не теряя текучести. Это обуславливается тем, что кристаллы парафинов только начинают образовываться, не имеют больших размеров и достаточно хорошо проходят через фильтры, образуя на них лишь тонкую парафинистую пленку. При  $T_{п}$  ДТ ниже температуры окружающего воздуха, обеспечивается нормальная эксплуатация двигателя. Постепенно, при дальнейшем охлаждении ДТ

количество твердой фазы увеличивается, кристаллы парафинов растут и образуют каркасные структуры. Текучесть топлива ухудшается, оно перестает проходить через фильтры и забивает их. Температура, при которой происходит это явление, носит название предельной температуры фильтруемости (ПТФ). Дальнейшее понижение температуры приводит к полной потери подвижности топлива. Каркасные структуры приобретают разветвленное строение, увеличивается длина цепочек и топливо застывает. В этом случае говорят о температуре застывания ( $T_z$ ) ДТ.

По ПТФ топлива судят о возможностях его использования при низких температурах. Показатель этот настолько важен, что по его величине товарные топлива делят на марки: летнее (Л), межсезонное (Е), зимнее (З) и арктическое (А). Требования к маркам согласно [7] представлены в Таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Требования к ПТФ ДТ [7]

Наименование показателя	Значение для марки			
	Л	Е	З	А
ПТФ, °С, не выше	-5	-15	-25...-35	-45

*Плотность и вязкость.* Так как от плотности и вязкости зависит форма и строение топливного факела, размеры образующихся капель и дальность проникновения капель топлива в камеру сгорания, то они влияют на процессы испарения и смесеобразования [8].

Вязкость является важнейшей физической константой. Различают динамическую, кинематическую и условную вязкость. Динамическая или абсолютная вязкость – это свойство реальных жидкостей оказывать сопротивление сдвигающим касательным усилиям. Из динамической вязкости можно судить о кинематической, так как кинематическая вязкость – это отношение динамической вязкости к ее плотности при той же температуре. Отношение времени истечения через калибровочное отверстие стандартного вискозиметра ко времени истечения дистиллированной воды называют условной вязкостью [9].

Низкие значения вязкости обеспечивают лучшее распыливание топлива в камере сгорания, так как с увеличением данного показателя увеличивается диаметр капель впрыскиваемого топлива (Рисунок 1.2).

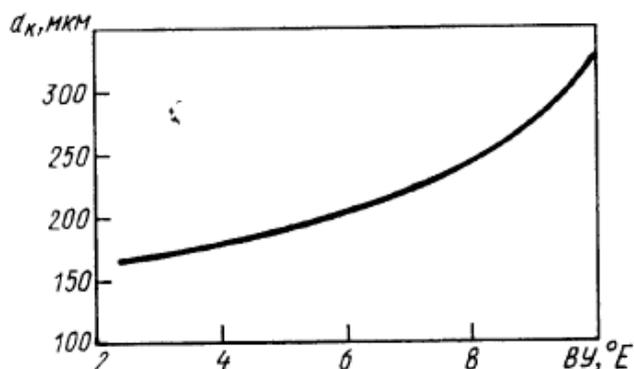


Рисунок 1.2 – Зависимость тонкости распыливания топлива (среднего диаметра капель  $d_k$ ) от его условной вязкости (ВУ)

Также с увеличением вязкости топлива, уменьшается его полное сгорание с последующим увеличением удельного расхода топлива, возрастает дымность отработавших газов. Однако, чрезмерное снижение данного показателя может привести к образованию мелких капель, которые ухудшают однородность топливовоздушной смеси, что в последствие влечет за собой ухудшение смазочных свойств топлива, и увеличение изнашивания насоса. Поэтому, согласно [7] к значению кинематической вязкости ДТ предъявляются требования, представленные в Таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Требования к вязкости ДТ [7]

Наименование показателя	Значение для марки			
	Л	Е	З	А
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,0-6,0	3,0-6,0	1,8-5,0	1,5-4,0

Вязкость топлива зависит от его углеводородного состава. Так, самой низкой вязкостью обладают алифатические углеводороды, также стоит отметить, что данная группа углеводородов в меньшей степени изменяют свою вязкость при понижении температур, а вот алифатические углеводороды разветвленного строения, которые имеют в своих цепях по два-три атома углерода, обладают более высокой вязкостью, причем при

охлаждении она изменяется более резко. На уменьшение вязкости также влияет присутствие двойных связей в молекулах алифатических углеводородов. Повышению вязкости и понижению вязкостно-температурной зависимости способствуют ароматические и нафтендовые кольца в молекулах.

Абсолютной плотностью называют количества массы вещества в единице объема. Также различают относительную плотность, которая является безразмерной величиной и равна отношению массы нефтепродукта к массе чистой воды, взятой в том же объеме, что и нефтепродукт [10]. Повышение плотности топлива сказывается на процессе смесеобразования следующим образом: возрастает длина топливной струи, ухудшается экономичность двигателя и увеличивается дымность. Понижение этого показателя уменьшает длину струи, вследствие чего ухудшается процесс смесеобразования. Значения плотности также нормируется государственным стандартом (Таблица 1.3) [7].

Таблица 1.3 – Требования к плотности ДТ [7]

Наименование показателя	Значение для марки			
	Л	Е	З	А
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	863,4	863,4	843,4	833,5

*Содержание серы.* Очень важным показателем качества ДТ является содержание серы. В первую очередь общая сера, меркаптановая сера и сероводород оказывают коррозионное воздействие на металлы. Отсутствие данных соединений четко регулируется испытанием на медной пластинке. В случае, если топливо прошло испытание, содержание свободной серы в нем не превышает 0,0015 % мас., а сероводорода – 0,0003 % мас. [6]. Содержание серы регламентируется подобно ранее рассмотренным характеристикам согласно [7] (Таблица 1.4).

Также, согласно [11] нормируется массовая доля серы в отношении экологических классов (Таблица 1.5), так как сера является одним из элементов, негативно влияющим на окружающую среду.

Таблица 1.4 – Требования к содержанию сернистых соединений в ДТ [7]

Наименование показателя	Значение для марки			
	Л	Е	З	А
Массовая доля серы, мг/кг, не более	2000 500			
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01			
Массовая доля сероводорода	Отсутствие			
Испытание на медной пластинке	Выдерживает. Класс 1			

Таблица 1.5 – Требования к содержанию серы в ДТ согласно [11]

Характеристика ДТ	Единица измерения	Норма в отношении экологического класса			
		К2	К3	К4	К5
Массовая доля серы, не более	мг/кг	500	350	50	10

Однако, стоит отметить, что от содержания серы зависят и смазывающие способности ДТ. При малом содержании серы снижается смазывающая способность, что приводит к увеличению износа плунжера насоса высокого давления и снижению срока службы других агрегатов топливной системы.

## **1.2 Способы улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива**

Как говорилось выше, одними из наиболее важных и при этом сложно достижимыми эксплуатационными характеристиками ДТ являются его низкотемпературные свойства. Причиной неудовлетворительных низкотемпературных свойств в основном является присутствие парафиновых углеводородов. Соответственно, основными способами получения низкозастывающих ДТ являются [12]:

- ограничение содержания н-парафинов в тяжелой части топлива за счет снижения температуры конца кипения фракции и увеличение содержания н-алканов в топливе за счет смешения его с более легкой фракцией;

- процессы каталитической переработки (депарафинизация);
- использование присадок.

Уменьшение содержания высококипящих *n*-парафинов  $C_{20}$ - $C_{26}$  в тяжелой части дизельного дистиллята путем снижения температуры конца кипения дизельной фракции ведет к неполному использованию потенциала нефти по дизельной фракции. Смешение с керосиновой фракцией, приводящее к снижению  $T_{п}$  ДТ за счет увеличения содержания в нем *n*-алканов  $C_6$ - $C_{14}$  приводит к снижению его ЦЧ, вязкости, температуры вспышки и ухудшению смазывающей способности [13]. Кроме того, ДТ, которое содержит керосиновые фракции, не соответствует требованиям [14] по показателю «фракционный состав».

Наиболее распространённым процессом каталитической переработки ДТ является каталитическая депарафинизация или гидродепарафинизация. Этот процесс является одной из разновидностей легкого гидрокрекинга и представляет собой распад и изомеризацию *n*-парафиновых углеводородов с целью получения дистиллятов, имеющих лучшие низкотемпературные свойства, т.е. зимнего или арктического ДТ с низкой  $T_z$ , находящейся в интервале  $-18...-68$  °С [12]. Катализаторами процесса являются гранулы, которые состоят из высококремнеземного цеолита группы пентасилов, оксида алюминия и гидрирующих компонентов [10], однако на данный момент выявлено, что при использовании катализаторов промотированных фтором, наблюдается наибольшая эффективность в улучшении низкотемпературных свойств [15].

Существуют также другие менее распространенные типы депарафинизации ДТ:

- депарафинизация кристаллизацией;
- карбамидная депарафинизация;
- электродепарафинизация;
- адсорбционная депарафинизация (цеолитная);
- микробиологическая депарафинизация.

В отличие от каталитической гидродеперфинизации, в других типах депарафинизации получают жидкие парафины, которые являются нефтехимическим сырьем, используемым для получения синтетических моющих средств. Главным назначением процесса является снижение температуры застывания в результате выделения парафинов.

Карбамидную депарафинизацию проводят с помощью карбамида. Из-за невысокого выхода топлива и эксплуатационных трудностей карбамидная депарафинизация практически не применяется. Аналогом этого процесса является процесс депарафинизации с применением растворителя – смеси нитроалкана, например, нитроэтана, с толуолом, с целью одновременной деароматизации получаемого жидкого парафина [16]. Адсорбционная депарафинизация – это депарафинизация на цеолитах. В цеолитной депарафинизации используют синтетические цеолиты или, иначе, «молекулярные сита», размеры пор которых позволяют проникать сквозь них молекулам n-алканов, но препятствуют прохождению молекул других углеводородов. Процесс депарафинизации кристаллизацией проводится в смеси с избирательным растворителем. Процесс основан на разной растворимости углеводородных компонентов. На эффектах электрофореза, диэлектрофореза и диполофореза основан процесс электродепарафинизации. Микробиологическая депарафинизация заключается в способности некоторых видов микробов избирательно окислять парафиновые углеводороды, преимущественно нормального строения [12].

### **1.3 Улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива с помощью присадок**

Существенно улучшить низкотемпературные свойства ДТ и тем самым увеличить объемы производства зимнего и арктического ДТ можно за счет использования специальных присадок.

### 1.3.1 Основные типы присадок

На данный момент существуют присадки для улучшения почти всех эксплуатационных свойств ДТ, однако в Российской Федерации применение присадок к топливам приобрело популярность относительно недавно [17].

Деление присадок на типы происходит исходя из их назначения. В основном присадки подразделяют на стабилизаторы и модификаторы. Стабилизаторы позволяют сохранять эксплуатационные и физико-химические свойства топлив, а модификаторы придают топливам новые качества [18]. Однако в такой классификации нет места многофункциональности современных присадок. Рассмотрим основные типы присадок.

*Модификаторы воспламенения.* К данному типу присадок относятся антидетонационные присадки и промоторы воспламенения. Промоторы повышают ЦЧ за счет образования свободных радикалов, инициирующих самовоспламенение, тем самым улучшая воспламеняемость ДТ в камере сгорания [17].

*Модификаторы горения.* Модификаторы горения можно разделить на антидымные, антинагарные, нагароочищающие, антисажевые присадки, катализаторы горения светлых топлив и катализаторы горения мазутов. Назначением антидымных присадок является ускорения выгорания сажи на последних стадиях процесса горения топлива, так как сажа выступает переносчиком канцерогенных полициклических ароматических углеводородов. Антинагарные и нагароочищающие присадки могут применяться как для ДТ, так и для этилированного и неэтилированного бензина. Основным назначением таких присадок является предотвращение или удаление нагара. Использование данных присадок препятствует закоксовыванию поршневых колец. Антисажевые присадки препятствуют забивке сажевых фильтров, снижая температуру выгорания сажи до температуры отработавших газов. Такие присадки обычно применяют при

производстве ДТ. Катализаторы горения светлых топлив, как и мазутов интенсифицируют процесс горения топлива.

*Присадки, повышающие стабильность топлив.* К этому типу можно отнести антиоксиданты, деактиваторы металлов, стабилизаторы комплексного действия, а также биоциды и биостатики. Антиоксиданты ингибируют радикально-цепное окисление углеводородов топлив, так как продукты окисления в результате реакций полимеризации и поликонденсации образуют смолы, которые увеличивают отложения в топливной системе. Деактиваторы металлов в свою очередь усиливают стабилизирующее действие антиоксидантов, т.е. ингибируют действие металлов – катализаторов окисления, что приводит к уменьшению расхода антиоксидантов. В ДТ, в котором антиоксиданты недостаточно эффективны, применяют стабилизаторы комплексного действия, которые повышают химическую и термоокислительную стабильность топлив. Эти присадки также не допускают образование смол и осадков. В ситуациях, когда происходит биоповреждение топлив, применяют биоциды и биостатики. Они предотвращают загрязнение топлив продуктами жизнедеятельности микроорганизмов и биокоррозию топливных баков.

*Моющие присадки.* К такому типу относят очистители карбюраторов, впускных клапанов и камер сгорания, а также моющие присадки для ДТ. В ДТ моющие присадки добавляют для предотвращения образования отложений на распылительных форсунках.

*Модификаторы трения.* К этому типу можно отнести приработочные присадки, которые ускоряют обкатку двигателей и топливной аппаратуры; противоизносные, образующие на поверхности трения пленку, защищающую от износа и антифрикционные (топливосберегающие), которые снижают потери на трения, чем повышают механический КПД двигателя.

*Антикоррозионные присадки.* К данной группе относятся антиржавейные (защитные) присадки и присадки для подавления низко- и высокотемпературной коррозии, которые уменьшают электрохимическую

коррозию металлов, химическую коррозию, вызванную агрессивными продуктами сгорания топлива и коррозию высоконагретых металлических поверхностей соответственно. Также в данную группу можно отнести присадки, нейтрализующие сероводород.

*Модификаторы коллоидно-химических систем.* К этому типу относят диспергирующие присадки, предотвращающие расслоение топлива при хранении; деэмульгирующие присадки, ускоряющие отделение воды от топлива и антипенные присадки, уменьшающие вспенивание топлива.

Также выделяют такие разновидности присадок, как *диспергирующие присадки к котельным топливам, антистатические противотурбулентные присадки и маркирующие присадки и красители.*

Для ДТ наиболее важными являются присадки обеспечивающие его *эффективное применение в условиях пониженных температур.* К этому типу относят депрессорные присадки, депрессоры для остаточных топлив, диспергаторы (антиосадители) парафинов, противоводокристаллизующие и антиобледенительные присадки.

*Депрессорные присадки* применяют в ДТ с целью предотвращения роста кристаллов парафинов и образования пространственной структуры, в результате чего происходит снижение  $T_z$  и ПТФ ДТ. Обычно депрессорные присадки применяют на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) при выработке стандартных топлив, однако потребители также используют присадки для улучшения низкотемпературных свойств топлив, находящихся в их распоряжении [19]. Данные присадки часто используются вместе с диспергаторами парафинов;

Из-за расслоения топлива в процессе стоянки автомобиля на две фазы: верхнюю, светлую, и нижнюю, мутную, при отборе топлива снизу появляется проблема с работой двигателя, он не запускается или работает неустойчиво. В таком случае необходимо применять диспергаторы (антиосадители) парафинов. Данный тип присадок диспергирует парафины,

предотвращая начало их кристаллообразования, тем самым обеспечивая стабильность ДТ в условиях холодного хранения.

Противоводокристаллизующие присадки образуют низкозастывающие смеси с водой, растворенной в топливе, предотвращая образование кристаллов льда и удаление из топлива ранее образовавшихся кристаллов.

В предотвращении образования льда, только на поверхности двигателей и топливной аппаратуры за счет замерзания влаги воздуха при резком понижении температуры расширяющейся топливной смеси, образуя на поверхности защитную пленку, помогают антиобледенительные присадки.

### **1.3.2 Механизм действия депрессорных присадок**

Более подробно рассмотрим механизм действия депрессорных присадок для ДТ, так как данный тип присадок является одним из объектов исследования в данной работе.

Как уже было сказано, депрессорные присадки оказывают влияние на  $T_3$  и ПТФ топлива, однако в отношении  $T_п$  данный тип присадок проявляет малую эффективность. Исходя из этого, можно сказать, что депрессоры препятствуют не возникновению кристаллов парафинов, а только их росту.

Рассмотрим механизм действия депрессорных присадок: *n*-парафины, содержащиеся в ДТ, легко кристаллизуются при понижении температуры. О начале кристаллизации парафинов можно судить по помутнению топлива. При дальнейшем понижении температуры кристаллы растут, и при определенных размерах и концентрации образуют пространственную структуру. В этот момент в процесс вступают депрессоры, которые взаимодействуют с поверхностью зарождающихся кристаллов и препятствуют их росту. Механизм действия депрессорных присадок до конца не изучен, однако существуют две основные теории.

Первая теория предполагает адсорбцию депрессора на поверхности кристаллов парафинов. В этом случае молекула депрессора сорбируется на поверхности кристалла полярной частью, а неполярная часть в свою очередь

обращена в среду, где препятствует сближению кристаллов парафина и их дальнейшей ассоциации в упорядоченную структуру [17].

Вторая теория говорит о сокристаллизации. Согласно данной теории, в отличие от предыдущей происходит встраивание неполярной части депрессора в кристалл парафина, оставляя полярную часть снаружи. Полярная часть не позволяет новым молекулам парафина оседать на кристалле, тем самым препятствуя его дальнейшему росту [17].

Также существуют предположения о взаимодействии депрессоров с твердыми углеводородами, результатом которого служит образование ассоциированного комплекса [20].

Важно отметить, что обе теории предполагают взаимодействие части молекулы депрессора или всей молекулы в целом именно с растущим кристаллом, что объясняет отсутствие влияния депрессорных присадок на температуру помутнения, так как пока кристаллы не образованы, действие депрессора не может проявиться. Однако в одной из своих работ Т.Н. Митусова показала обратное. Согласно авторам работы, товарные депрессоры могут влиять на  $T_{п}$  ДТ, но в очень узком интервале условий при малых концентрациях *n*-парафинов. Авторы использовали присадки АЗНИИ и ВЭС-288, которые изменили  $T_{п}$  образца ДТ с  $-8^{\circ}\text{C}$  до  $-23^{\circ}\text{C}$  и  $-13^{\circ}\text{C}$  соответственно. Был сделан вывод о том, что в случае, когда присадка выкристаллизовывается из топлива раньше, чем парафины,  $T_{п}$  будет снижаться [21]. Также стоит отметить, что присадки эффективны только при их введении до помутнения топлива (до начала образования кристаллов), оптимальная температура введения присадки примерно на  $10^{\circ}\text{C}$  выше  $T_{п}$  топлива. В работе показано, что при введении присадок в топливо при температуре топлива равной  $-5$  и  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{з}$  стала равной  $-22$  и  $-25^{\circ}\text{C}$  соответственно, а ПТФ понизилась до  $-11$  и  $-14^{\circ}\text{C}$ . В случае, когда смешение происходило при температурах равных  $20$  и  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{з}$  снизилась до  $-30$  и  $-36^{\circ}\text{C}$ , а ПТФ до  $-20$  и  $-24^{\circ}\text{C}$ . Исходя из полученных результатов, был сделан вывод, что добавление присадки в помутневшее топливо

нецелесообразно, оптимальным является подогревание топлива при введении в него присадки.

Для определения оптимального пути подбора присадки принципиально выяснить действительный путь ее воздействия на ДТ. На данный момент нельзя четко сказать какой из механизмов действия имеет место, возможно, что в зависимости от депрессора преобладает тот или иной механизм, а может быть и смешанный вариант. Полагают, что в сравнительно небольших концентрациях эффективны присадки, действующие по адсорбционному механизму [17].

### **1.3.3 Влияние состава дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок**

На сегодняшний день авторы, занимающиеся изучением эффективности действия депрессорных присадок для ДТ, учитывают только состав присадок, их концентрацию и совместное влияние присадок в композиции. Ограниченной число авторов занимается исследованием влияния состава ДТ на эффективность действия депрессорных присадок.

Например, Н.Н. Хвостенко в своих исследованиях показал, что использование композиции депрессора и диспергатора является перспективным. Размер кристаллов парафинов в присутствии депрессоров составляет десятки микрометров. Так, при добавлении депрессора Keroflux-5486 размер кристаллов парафинов составляет 50 мкм, а в присутствии композиции данного депрессора с диспергатором Keroflux-3217 размер кристаллов снизился до 5 мкм [22].

О.Ш. Вафаев в своей работе использовал образцы депрессорных присадок ТНИИХТ-Дп33 и ТНИИХТ-Дп38 с различной концентрацией активного вещества. Автору удалось добиться снижения  $T_z$  ДТ до  $-38\text{ }^\circ\text{C}$  в случае с присадкой ТНИИХТ-Дп38, что соответствует температурной депрессии в  $27\text{ }^\circ\text{C}$  [23].

А.Ш. Зайнуллина использовала четыре различные депрессорные присадки «LIQUI MOLY», «FELIX», «ABRO», «HI-GEAR». Ни одна из

присадок не повлияла на  $T_{п}$  топлива, ПТФ присадки снизили с  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$  соответственно [24].

Рядом авторов изучено влияние наличия воды в топливе на эффективность действия депрессорной присадки. При наличии капель воды в ДТ, в присутствии присадки образуются эмульсии. Далее при понижении температуры происходит замерзание эмульгированной воды и образующиеся кристаллы льда сорбируют на себе часть присадок, тем самым снижая их эффективность [17].

В.А. Энглин, используя малоэффективную присадку ПМА-Д, которая не влияет на ПТФ, а также ухудшает некоторые характеристики фильтруемости, показал, что в отдельных топливах ее эффективность может быть достаточно высока. Так, при добавлении 0,1 % присадки к топливу с исходным значением  $T_{з}$ , равным  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  наблюдалось ее снижение на  $22\text{-}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Однако при добавлении такой же концентрации присадки к топливу с худшими низкотемпературными свойствами ( $T_{з} = -2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) изменение этого показателя не наблюдалось [25].

Также автор исследует влияние группового углеводородного состава топлив на эффективность действия присадок разного строения. На основании полученных им данных сделан вывод о том, что углеводороды в составе топлива имеют следующий ряд восприимчивости к депрессорам: н-парафины > ароматические углеводороды > изопарафины > нафтены [25]. Стоит учитывать также, что механизм действия депрессорных присадок обуславливает хорошую восприимчивость к ним н-парафинов, однако н-парафины сами по себе характеризуются высокими  $T_{з}$ , что ухудшает низкотемпературные свойства топлив. Поэтому стоит вопрос об оптимальной концентрации парафинов в топливе.

Также важными являются такие характеристики парафинов, как молекулярная масса, длина нормальной парафиновой цепи до разветвления, молекулярно-массовое распределение. Согласно исследованиям Н.Н. Хвостенко, при добавлении в ДТ парафинов  $C_6\text{-}C_{14}$  происходит

снижение ПТФ, введение в топливо присадки также обеспечивает снижение данного показателя на 15-20 °С. Однако добавление более тяжелых парафинов C<sub>15</sub>-C<sub>19</sub> и C<sub>20</sub>-C<sub>24</sub> повышает значение ПТФ. При этом в присутствии присадки температурная депрессия также составляет 15-20 °С [22]. Данные исследования также подтверждают противоречивую роль парафиновых углеводородов.

Некоторые авторы отмечают, что к депрессорам более восприимчивы топлива с широкими пределами выкипания [17]. Результаты (Таблица 1.6), полученные Т.Н. Митусовой подтверждают данную гипотезу. Приняты сокращения: топливо расширенного фракционного состава – РФС, УзФС – топливо узкого фракционного состава.

Таблица 1.6 – Результаты исследований Т.Н. Митусовой [17]

Присадка	Концентрация присадки, %	Tз		ПТФ	
		РФС	УзФС	РФС	УзФС
Без присадки	–	-16	-14	-7	-5
ПДП	0,20	-30	-24	-13	-5
ЭДЕП-Т	0,10	-2	-22	-9	-9
Dodiflow-3823	0,05	-36	-32	-20	-16
Keroflux-5486	0,05	-32	-30	-24	-21
ECA-5920	0,05	-30	-28	-20	-18

Также данные результаты говорят о том, что присадки могут отличаться между собой по чувствительности к фракционному составу.

Анализ литературных источников показал, что существующих исследований для объективной оценки влияния состава ДТ на эффективность действия депрессорных присадок недостаточно, существующие результаты являются противоречивыми, отсутствуют исследования, в которых состав ДТ варьировался бы в широких пределах. В связи с чем, дальнейшие исследования в данной области являются крайне актуальными.

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1 Объект исследования

Объектом исследования в работе выступили образец прямогонного ДТ, полученный с одного из месторождений Западной Сибири, депрессорная присадка (Ad), а также узкие дизельные фракции с пределами выкипания 180-240 °С, 240-300 °С и 300-360 °С. Характеристики низкотемпературной присадки представлены в Таблице 2.1 [26].

Таблица 2.1 – Характеристики депрессорной присадки [26]

Состав	Углеводороды C <sub>10</sub> -C <sub>13</sub> , парафины, ароматические углеводороды, циклоалканы, нафталин, комбинация различных высокомолекулярных беззольных химических соединений
Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	0,807
Вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	4,010
Молекулярная масса, г/моль	165,412

#### 2.1.1 Методика выделения узких дизельных фракций

Узкие дизельные фракции были выделены из образца прямогонного ДТ (отличного от образца прямогонного ДТ, исследуемого в работе). Отобранным фракциям в соответствии с их пределами выкипания были присвоены шифры:

- фракция с пределами выкипания 180- 240 °С – легкая дизельная фракция (ЛФДТ);
- фракция с пределами выкипания 240-300 °С – легкая дизельная фракция (СФДТ);
- фракция с пределами выкипания 300-360 °С – легкая дизельная фракция (ТФДТ).

Для выделения узких дизельных фракций из образца прямогонного ДТ была проведена разгонка топлива на аппарате АРНС-Э (Рисунок 2.1) согласно методике, приведенной в ГОСТ ISO 3405-2013 «Нефтепродукты.

Определения фракционного состава при атмосферном давлении (с Изменением N 1)» [27].



Рисунок 2.1 – Аппарат для разгонки нефти и нефтепродуктов АРНС-Э [28]

Принцип разделения основан на постепенном нагреве образца в колбе для перегонки и отборе конденсата, прошедшего холодильник, в три разных мерных цилиндра с учетом заданного интервала температур.

### 2.1.2 Приготовление смесей

С использованием образца прямогонного ДТ, депрессорной присадки и выделенных узких дизельных фракций были приготовлены следующие смеси:

- смесь прямогонного ДТ и депрессорной присадки (ДТ+Ad);
- смеси узких дизельных фракций и депрессорной присадки (ЛФДТ+Ad, СФДТ+Ad, ТФДТ+Ad);
- смеси прямогонного ДТ и легкой дизельной фракции в различных концентрациях: с добавлением депрессорной присадки (ДТ+1 % ЛФДТ+Ad, ДТ+3 % ЛФДТ+Ad, ДТ+5 % ЛФДТ+Ad, ДТ+10 % ЛФДТ+Ad) и без добавления депрессорной присадки (ДТ+1 % ЛФДТ, ДТ+3 % ЛФДТ, ДТ+5 % ЛФДТ, ДТ+10 % ЛФДТ);
- смеси прямогонного ДТ и средней дизельной фракции в различных концентрациях: с добавлением депрессорной присадки

(ДТ+1 % СФДТ+Ad, ДТ+3 % СФДТ+Ad, ДТ+5 % СФДТ+Ad, ДТ+10 % СФДТ+Ad) и без добавления депрессорной присадки (ДТ+1 % СФДТ, ДТ+3 % СФДТ, ДТ+5 % СФДТ, ДТ+10 % СФДТ);

– смеси прямогонного ДТ и тяжелой дизельной фракции в различных концентрациях: с добавлением депрессорной присадки (ДТ+1 % ТФДТ+Ad, ДТ+3 % ТФДТ+Ad, ДТ+5 % ТФДТ+Ad, ДТ+10 % ТФДТ+Ad) и без добавления депрессорной присадки (ДТ+1 % ТФДТ, ДТ+3 % ТФДТ, ДТ+5 % ТФДТ, ДТ+10 % ТФДТ).

В Таблице 2.2 представлены используемые содержания ДТ и узких дизельных фракций (ДФ) в полученных смесях.

Таблица 2.2 – Рецептуры приготовления смесей

Смесь	Содержание ДТ, мл	Содержание ДФ, мл
ДТ+1 % ДФ	49,5	0,5
ДТ+3 % ДФ	48,5	1,5
ДТ+5 % ДФ	47,5	2,5
ДТ+10 % ДФ	45,0	5,0

Депрессорная присадка использовалась в концентрации, рекомендованной производителем. Согласно рекомендациям производителя: использование 150 мл присадки на 50 л топлива понижает  $T_z$  до  $-31$  °С [29]. Таким образом, для приготовления смесей депрессорная присадка использовалась исходя из соотношения 0,3 мл присадки на 100 мл ДТ.

## **2.2 Методы исследования состава и характеристик дизельных топлив**

### **2.2.1 Методика определения плотности и вязкости**

Плотность, динамическая и кинематическая вязкость были определены с использованием вискозиметра Штабингера SVM3000 Anton Paar (Рисунок 2.2) согласно методикам, представленным в ISO 12185:1996 «Нефть сырая и нефтепродукты. Определение плотности. Метод с применением осциллирующей U-образной трубки» [30] и в ГОСТ 33-2016 «Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости.

Определение кинематической и динамической вязкости» [31]. Плотность и вязкость образцов измерялась при температурах 15 °С и 20 °С.



Рисунок 2.2 – Вискозиметр Штабингера SVM3000 (Anton Paar) [32]

В данном аппарате измерение плотности образцов выполняется с помощью встроенной измерительной ячейки, в которой используется проверенный принцип колеблющейся U-образной трубки. Измерение вязкости сводится к измерению разности скоростей вращения внешнего цилиндра, заполненного образцом жидкости, и полого титанового ротора, плавающего в цилиндре [32]. Определение исследуемых характеристик происходит следующим образом: одноразовый шприц наполняют образцом и подсоединяют к внешнему входу заливочного кронштейна, заливают образец в измерительную ячейку и запускают двигатель. Измеренные значения вязкости и плотности наблюдают на табло вискозиметра.

### 2.2.2 Методика определения содержания серы

Определение содержания серы в исследуемых образцах проводилось согласно методике, представленной в ГОСТ 32139-2013 «Нефть и нефтепродукты. Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектromетрии» [33], с использованием анализатора рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного «СПЕКТРОСКАН S» (Рисунок 2.3). Принцип действия анализатора состоит в том, что анализируемый образец облучается

маломощной рентгеновской трубкой, при этом с поверхности пробы исходит вторичное излучение (флуоресцирование) в рентгеновском диапазоне длин волн электромагнитного излучения, спектральный состав которого адекватно отражает элементный состав образца [34]. Для каждого элемента характерен свой набор спектральных линий в атомах, следовательно, о наличии или отсутствии серы в составе образца судят по наличию или отсутствию во вторичном спектре излучения образца конкретных линий, а о количественном содержании элемента судят по яркости линий. Поэтому для выполнения анализа сначала измеряют контрольный образец, затем холостую пробу, а после две параллельные пробы исследуемого образца.



Рисунок 2.3 – Анализатор рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный «СПЕКТРОСКАН S» [35]

### **2.2.3 Методика определения фракционного состава**

Фракционный состав исследуемых образцов определялся согласно методике, представленной в ГОСТ ISO 3405-2013 «Нефтепродукты. Определения фракционного состава при атмосферном давлении (с Изменением N 1)» [27] на аппарате АРНС-Э (Рисунок 2.1). Сущность метода заключается в перегонке 100 мл образца и регистрировании показаний термометра при определенных объемах отобранного конденсата. Образец нагревают в колбе для перегонки, при повышении температуры образец переходит в парообразное состояние, проходит через холодильник и конденсируется. Полученный конденсат отбирают в мерный цилиндр.

Регулирование нагревания происходит так, чтобы средняя скорость перегонки была равномерной и составляла 4-5 мл/мин или приблизительно 1 капля в секунду. Перегонку проводят до достижения максимальной температуры, при которой происходит выпаривание всей жидкости со дна колбы или при достижении температуры, при которой происходит термическое разложение.

#### 2.2.4 Методика определения цетанового индекса

ЦИ был рассчитан согласно методике, приведенной в ISO 4264 «Petroleum products – Calculation of cetane index of middle-distillate fuels by the four variable equation» [36]. Расчет ЦИ производился по формулам:

$$\begin{aligned}
 \text{ЦИ} &= 45,2 + 0,0892 \cdot T_{10N} + (0,131 + 0,901 \cdot B) \cdot T_{50N} \\
 &+ (0,0523 - 0,42 \cdot B) \cdot T_{90N} \\
 &+ [0,00049 \cdot (T_{10N}^2 - T_{90N}^2)]107B + 60B^2 \\
 T_{10N} &= T_{10\%} - 215 \\
 T_{50N} &= T_{50\%} - 260 \\
 T_{90N} &= T_{90\%} - 310 \\
 B &= [\exp(-0,0035 \cdot D_N)] - 1 \\
 D_N &= D - 850
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

где  $D$  – плотность топлива при 15 °С, кг/м<sup>3</sup>.

#### 2.2.5 Методика определения температур помутнения и застывания

Температуры помутнения и застывания определялись согласно методикам, представленным в ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации» [37] и в ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания» [38] соответственно, с использованием термостата жидкостного низкотемпературного КРИО-Т-05-01 (Рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Криостат жидкостный температурный КРИО-Т-05-01 [39]

Исследуемый образец наливают в пробирку с двойными стенками (Рисунок 2.5), помещают в криостат и постепенно охлаждают. За  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до ожидаемой  $T_{п}$  пробирку вынимают из криостата и сравнивают с прозрачным эталоном. Если топливо не изменилось, то пробирку снова погружают в криостат. Далее для определения температуры пробирку вынимают через  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура, при которой топливо помутнеет относительно эталона, отмечают как  $T_{п}$ . При дальнейшем охлаждении отмечают  $T_{з}$ .  $T_{з}$  наступает в тот момент, когда при наклоне пробирки на  $45^{\circ}$  и удерживании ее в таком положении в течение минуты мениск образца не сместится.



Рисунок 2.5 – Пробирка с двойными стенками [40]

## 2.2.6 Методика определения предельной температуры фильтруемости

Значение ПТФ определялось согласно методике, представленной в ГОСТ EN 116-2013 «Топлива дизельные и печные бытовые. Метод определения предельной температуры фильтруемости» [41], с использованием термостата жидкостного низкотемпературного КРИО-Т-05-01 и установки определения ПТФ ДТ на холодном фильтре (Рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Установка для определения ПТФ [42]

Сущность определения заключается в охлаждении образца при заданных условиях и наборе образца в пипетку под регулируемым вакуумом через стандартизованный проволочный сетчатый фильтр. Данную процедуру повторяют через 1 °С до такой температуры, при которой топливо теряет возможность проходить через фильтр в течение 60 с.

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

### **5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Целью раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения работ в рамках ВКР;
- Определение возможных альтернатив проведения работ, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- Планирование работы;
- Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности работы.

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В ходе исследования потребителей дизельного топлива (ДТ) был проанализирован целевой рынок и проведено его сегментирование, а именно определена часть рынка, характеризующаяся однородной по своему экономическому поведению группой покупателей. ДТ с улучшенными низкотемпературными свойствами обеспечивается преимущественно за счёт использования депрессорных присадок.

Продуктом исследования является дизельная фракция с улучшенными низкотемпературными свойствами, а в качестве целевого рынка были представлены промышленные предприятия нефтеперерабатывающей отрасли (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Сегментирование рынка

Размер НПЗ	Вид способов улучшения			
	НПЗ	Каталитическая изомеризация	Депрессорные присадки	Каталитическая депарафинизация
Крупное				
Среднее				
Маленькое				

Как видно из таблицы 5.1, из представленных способов улучшения качества топлива, каталитическая изомеризация возможна только на крупных НПЗ, так как главный ее недостаток – высокая стоимость катализаторов, содержащих металлы платиновой группы и использование их на малотоннажном предприятии не целесообразно; при применении каталитической депарафинизации снижается необходимость в дорогих металлах, однако применение данного метода не выгодно для малых объемов. Таким образом, наиболее рациональным методом улучшения низкотемпературных свойств является добавление депрессорных присадок в ДТ.

### 5.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ – это инструмент стратегического анализа и планирования, применяемый для оценки явлений и факторов, оказывающих влияние на компанию или проект [43].

Для определения критериев, влияющих на эффективной/неэффективной проекта, а также исследования внешней и внутренней среды проекта была составлена матрица SWOT анализа (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	<p>С1. Проведение эксперимента в лаборатории при НИИ ТПУ;</p> <p>С2. Наличие нового оборудования для экспериментов;</p> <p>С3. Относительно новое направление изучения;</p> <p>С4. Низкая текучесть кадров и прогулов;</p> <p>С5. Глубокое изучение своего направления каждым участником вследствие делегирования обязанностей;</p> <p>С6. Простота использования;</p> <p>С7. Возможность расчета и корректировки рецептуры смешения.</p>	<p>Сл1. Недостаточно большой объем проведенных экспериментов.</p> <p>Сл2. Погрешности при проведении опытов;</p> <p>Сл3. Отсутствие прототипа научной разработки.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Использование инновационной структуры ТПУ;</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новые исследования;</p> <p>В3. Направленность правительственной политики на освоение арктической полосы;</p> <p>В4. Массовое внедрение на НПЗ.</p>	<p>Выявление новых зависимостей влияния состава дизельного топлива на эффективность депрессорной присадки;</p> <p>Анализ эффективности различных низкотемпературных присадок, используемых в этом процессе;</p> <p>Ускорение в сфере научно-технических инноваций, способствующих улучшению экологической и экономической ситуации на рынке топлив;</p>	<p>Помощь специалистов и оборудования ТПУ в проведении исследований;</p> <p>Возможность снизить расходы на реализацию проекта может оказаться сильной стороной;</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Разработка аналогов методики исследования у конкурентов;</p> <p>У2. Опровержение полученных результатов в ходе экспериментов;</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований.</p>	<p>Продвижение программы с целью создания спроса на рынке нефтеперерабатывающих предприятий;</p> <p>При разработке методики более детально учесть влияние к составу сырья.</p>	<p>Необходимо дальнейшее проведение экспериментов для уточнения результатов.</p>

## 5.2 Планирование работ в рамках выполнения ВКР

### 5.2.1 Структура работ в рамках исследования

Для проведения исследований была сформирована исследовательская группа, в состав которой входят: студент, магистрант, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) ВКР. Составляется перечень этапов и работ в рамках проведения исследовательской работы и проводится распределение исполнителей по отдельным видам работ (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО
Выбор направления исследования	2	Выбор темы исследования	Научный руководитель, студент
	3	Поиск и изучение литературы по выбранной теме	
	4	Календарное планирование экспериментов	
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск необходимых методик для проведения эксперимента	Студент
	6	Проведение экспериментов	Студент, магистрант
	7	Сопоставление результатов экспериментов и выявленных зависимостей	Студент
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент
Проведение ВКР			
Оформление отчета по НИР	9	Оформление экономической части работы	Студент, консультант ЭЧ
	10	Оформление результатов по охране труда	Студент, консультант СО
	11	Составление пояснительной записки	Студент
	12	Сдача работы на рецензию	
	13	Предзащита ВКР	
	14	Защита дипломной работы	

## 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Важной частью написания экономической части ВКР является расчет трудоемкости работ участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения исследовательской работы оценивается опытно-статистическим методом. Для расчета, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости ( $t_{ожі}$ ) применим следующую формулу [43]. Результаты вычислений представлены в таблице 5.4.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (5.1)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

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

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями [43].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (5.2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и же работу на данном этапе, чел.

Таблица 5.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									$T_{pi}$		
	$t_{\min i}$ , чел-дни			$t_{\max i}$ , чел-дни			$t_{ож i}$ , чел-дни					
	С	Н	М	С	Н	М	С	Н	М	С	Н	М
Составление и утверждение технического задания	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-
Выбор направления исследований	1	1	-	1	1	-	1	1	-	1	1	-
Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	6	6	6	9	9	9	7,5	7,5	7,5	2,5	2,5	2,5
Календарное планирование работ по теме	1	1	1	3	1	3	3	1	3	1	0,33	1
Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	10	-	40	10	-	40	21	-	21	10,5	-	10,5
Построение моделей и проведение экспериментов	30	-	52	30	-	52	41	-	41	20,5	-	20,5
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	6	6	-	10	10	-	8	8	-	4	4	-
Оценка эффективности проведенных исследований	-	1	-	-	3	-	-	1,5	-	-	1,5	-
Определение целесообразности проведения ВКР	6	6	-	10	10	-	8	8	-	4	4	-
Оформление отчёта НИР		-	-		-	-		-	-	8	-	-
Сдача работы на рецензию	3	3	-	7	7	-	5	5	-	2,5	2,5	-
Предзащита	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-
Подготовка к защите дипломной работы	11	-	-	15	-	-	13	-	-	13	-	-
Защита дипломной работы	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-

### 5.2.3 Разработка графика проведения исследования

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

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой [43]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (5.3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$  – й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$  – й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = 1,22 \quad (5.4)$$

Таблица 5.5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	$T_{pi}$			$T_{ki}$		
	С	Н	М	С	Н	М
Составление и утверждение технического задания	-	1	-	-	1	-
Выбор направления исследований	1	1	-	1	1	-
Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	2,5	2,5	2,5	3	3	3
Календарное планирование работ по теме	1	0,33	1	1	1	1
Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	10,5	-	10,5	13	-	13
Построение моделей и проведение экспериментов	20,5	-	20,5	25	-	25
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	4	4	-	5	5	-

Продолжение Таблицы 5.5

Оценка эффективности проведенных исследований	-	1,5	-	-	2	-
Определение целесообразности проведения ВКР	4	4	-	5	5	-
Оформление отчёта НИР	8	-	-	10	-	-
Сдача работы на рецензию	2,5	2,5	-	3	3	-
Предзащита	1	-	-	1	-	-
Подготовка к защите дипломной работы	13	-	-	16	-	-
Защита дипломной работы	1	-	-	1	-	-

Таблица 5.6 – Календарный план-график проведения работ по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал.дн	Продолжительность проведения работ												
				Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1													
2	Выбор направления исследований	Руководитель	1													
		Студент	1													
3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Руководитель	3													
		Студент	3													
		Магистрант	3													
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	1													
		Студент	1													
		Магистрант	1													
5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Студент	13													
		Магистрант	13													
6	Построение моделей и проведение экспериментов	Студент	25													
		Магистрант	25													
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель	5													
		Студент	5													
8	Оценка эффективности проведенных исследований	Руководитель	2													
9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель	5													
		Студент	5													

Продолжение Таблицы 5.6

10	Оформление отчёта НИР	Студент	10													
11	Сдача работы на рецензию	Руководитель	3													
		Студент	3													
12	Предзащита	Студент	1													
13	Подготовка к защите дипломной работы	Студент	16													
14	Защита дипломной работы	Студент	1													

– Руководитель
  – Студент
  – Магистрант

## 5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

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

### 5.3.1 Расчет материальных затрат исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле [43]:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (5.5)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 5.7. Величина коэффициента ( $k_T$ ), принимаем в пределах 20% от стоимости материалов.

Таблица 5.7 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед. с НДС, руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп 1.	Исп 2.	Исп 3.	Исп 1.	Исп 2.	Исп 3.	Исп 1.	Исп 2.	Исп 3.
Образцы дизельного топлива	Л	2	5	8	36	36	36	86,4	216	345,6
Этиловый спирт технический	Л	30	30	30	180	180	180	6480	6480	6480
Цилиндр мерный	Шт.	2	3	5	120	120	120	288	432	720
Пробирка с двойными стенками ТС	Шт.	2	2	2	12560	12560	12560	25120	25120	25120
Термометр	Шт.	2	2	2	3125	3125	3125	6250	6250	6250
Итого:								38224,4	38498	38915,6

### 5.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада [43]:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.6)$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (5.7)$$

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 [43]:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (5.8)$$

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-ти дневная неделя;

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

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент	Магистрант
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней:			
– выходные дни	44	48	48
– праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
– отпуск	56	28	28

### Продолжение Таблицы 5.8

Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275	275
--	-----	-----	-----

Месячный должностной оклад работника, опираясь на должностные оклады, принятые в ТПУ:

$Z_M$  руководителя: 35120 руб.;

$Z_M$  студента: 12130 руб.

$Z_M$  магистранта: 12130 руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Расчет основной заработной платы

$Z_M$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель			
35120	1567,1	39	61116,9
Студент			
12130	458,74	50	22937
Магистрант			
12130	458,74	44	22937

### 5.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы проводится по надлежащей формуле [43]:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (5.9)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы принимаем 0,12 из диапазона 0,12-0,15;

$Z_{доп}$  руководителя: 7334,03 руб.;

$Z_{доп}$  студента: 2752,44 руб.

$Z_{доп}$  магистранта: 2752,44 руб.

В сумме  $Z_{доп} = 12838,91$  руб.

В итоге заработная плата работников рассчитывается по формуле:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (5.10)$$

$C_{зп}$  руководителя: 73684,93 руб.;

$C_{зп}$  студента: 25689,44 руб.

$C_{зп}$  магистранта: 25689,44 руб.

### 5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [43]:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{осн}), \quad (5.11)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Размер страховых взносов составляет 30,2 %.

Таблица 5.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$З_{внеб}$
Руководитель	19968,37
Студент	6961,84
Магистрант	6961,84

### 5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [43]:

$$З_{накл} = k_{пр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 6), \quad (5.12)$$

где  $k_{пр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %. Результаты расчета представлены в таблице 5.11.

### 5.3.6 Формирование бюджета затрат научно исследовательского проекта

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

Таблица 5.11 – Расчет бюджета затрат проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты	38224,4	38498	38915,6	Таблица 5.7
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	21853,55	85584	75313,92	Таблица 5.9
3. Отчисления во внебюджетные фонды	6632,99	25976,45	22859,28	Таблица 5.10
4. Накладные расходы	37249,75	50585,35	48510,21	16 % от суммы ст. 1-4
5. Бюджет затрат	270060,7	366743,8	351699	Сумма ст. 1-5

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

Интегральный финансовый показатель разработки для данной работы равен 1 в силу того, что стоимость *i*-го варианта исполнения численно равна максимальной стоимости исполнения работы.

Интегральный показатель ресурсоэффективности нашего варианта исполнения равен 3,65.

Расчет интегрального показателя проводился на основании данных, представленных в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1
1. Способствует увеличению качества производимого товарного бензина и дизельного топлива в стране		0,1	5
2. Удобство в проведении исследования на практике в силу его простоты, не требующей специального обучения		0,2	4
3. Экономичность		0,2	5
4. Низкая себестоимость в сравнении с более дорогими методами подбора		0,3	5
5. Надежность		0,2	5
ИТОГО		1	

Интегральный показатель эффективности данного варианта исполнения разработки ( $I_{усп}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя и численно равен 3,65.

Ниже представлена таблица, определяющая эффективность проекта.

Таблица 5.13 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,65
3	Интегральный показатель эффективности	3,65
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1

#### Выводы по разделу:

В данном разделе подробно разобран коммерческий потенциал данного исследования и его перспективы на рынке. Проведена оценка ресурсоэффективности проделанной работы. Описан и составлен план необходимого комплекса работ.

Также представлены результаты планирования научно-исследовательской работы.

С позиции финансовой и ресурсной эффективности, данные показатели позволяют сделать вывод, о том, что выбранный вариант исполнения эффективен.

## **6 Социальная ответственность**

Низкотемпературные присадки позволяют получать из летних сортов ДТ зимние и арктические марки в зависимости от состава образца и концентраций, в которых была добавлена присадка.

Актуальность темы исследования обусловлена массовым освоением арктического шельфа. Спрос на высококачественное ДТ с улучшенными низкотемпературными свойствами растет, так как никакое другое топливо не обеспечит технику и судна должной мобильностью, а использование реактивного топлива считается крайне невыгодным.

Область применения данного исследования с глобальной стороны затрагивает северные районы Российской Федерации, нуждающиеся в получении ДТ с улучшенными низкотемпературными свойствами.

Объектом исследования являются образец прямогонного ДТ, узкие фракции дизельного топлива, с пределами выкипания 180-240 °С, 240-300 °С, 300-360 °С и низкотемпературная присадка.

### **6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В данном разделе рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства и их особенности, применимые к условиям научно-исследовательского проекта по исследованию влияния состава ДТ на действие низкотемпературной присадки.

#### **6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства**

Согласно ТК РФ, № 197-ФЗ каждый работник имеет право на:

- 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;

- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

Согласно ТК РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ Глава 21:

- работник, занятый на тяжелых работах, работах с вредными или опасными и иными особыми условиями труда, имеет право получать повышенную ставку оплаты труда.

### **6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Рабочим местом выполнения исследований влияния состава ДТ на эффективность действия низкотемпературных присадок является химическая лаборатория 2 корпуса отделения химической инженерии Томского политехнического университета. Лаборатория оборудована вентиляцией, водоснабжением и канализацией. Полы выполнены из жаростойкой и гидрофобной керамогранитной плитки. Лабораторные столы имеют гладкие

поверхности из материалов, не сорбирующих вредные вещества, и легко поддаются очистке.

Работа с вредными и легколетучими веществами производится в вытяжных шкафах, обеспечивающих изоляцию работающих от опасной среды. Помещение хорошо освещено как дневным, так и искусственным светом. В условиях химических лабораторий в задачи производственной санитарии входит предупреждение профессиональных отравлений, предотвращение воздействия на работающих ядовитых и раздражающих веществ, производственной пыли, шума и других вредных факторов, определение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе производственных помещений, разработка и эксплуатация средств индивидуальной защиты, системы вентиляции, отопления и рационального освещения [44].

## 6.2 Профессиональная социальная безопасность

### 6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

При работе в лаборатории используется вредные вещества, ПДК в воздухе рабочей зоны, класс опасности и влияние на организм человека этих веществ указаны в Таблице 6.1 [45-48].

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Присутствие вредных веществ (таблица 6.2) в работе		+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 СНиП 23-05-95 ГОСТ 12.1.003-2014 ГОСТ 12.1.007- 76
Превышение уровня шума		+	+	
Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	

Продолжение Таблицы 6.1

Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
Возможные электромагнитные излучения		+	+	
Наличие взрывоопасных и токсичных веществ		+	+	
Повышенное значение напряжения в электрической цепи		+	+	

Таблица 6.2 – Вредные вещества нефтехимии и их характеристика

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Воздействие на организм
Топливо дизельное, узкие дизельные фракции	900/300	4	Высокие концентрации паров алифатических предельных углеводородов действуют на центральную нервную систему человека и оказывают наркотическое воздействие при вдыхании. Дизельное топливо раздражает слизистые оболочки и кожу человека, вызывая их поражение и кожные заболевания. Длительный контакт с дизельным топливом приводит к изменению функции центральной нервной системы и повышает заболеваемость органов дыхания.
Спирт этиловый	1000	4	При остром отравлении этиловым спиртом отмечается рвота, замедление дыхания и сердечных сокращений, потеря сознания.

Поэтому при работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования к технике безопасности [49]:

1. Перед тем как приступить к работе, сотрудники должны осмотреть и привести в порядок рабочее место.
2. Приступая к работе, проверяется исправность оборудования.
3. Проводить работу с ядовитыми и едкими веществами, а также с органическими растворителями только в вытяжном шкафу.
4. Работа при повышенном давлении, нагрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов проводится в вытяжных шкафах в защитных очках, перчатках и фартуке.

5. Работа в вытяжном шкафу проводится так, чтобы в шкафу находились только руки, наблюдение за процессом осуществляется через шкаф, для этого створки шкафа поднимают на высоту не более 30 см.

6. Приготовление химических растворов с выделением тепла проводится в фарфоровой или термостойкой емкости.

7. Во избежание ожогов, поражений от брызг и выбросов нельзя наклоняться над посудой, в которой кипит какая-либо жидкость.

При работе в лаборатории используются следующие средства индивидуальной защиты:

- Халат (при любых работах в лаборатории);
- Перчатки из химически стойких материалов (при работе с веществами и реагентами);
- Защитные очки (при необходимости).

### **6.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении разработки на производстве**

Далее представлены описания вредных и опасных факторов, описанных выше.

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определенных метеорологических условий, или микроклимата – климата внутренней среды этих помещений.

Метеоусловия производственной среды регламентируются.

Температура воздуха в лаборатории поддерживается:

- в холодный период 16-22 °С;
- в теплый период 18-25 °С.

Влажность воздуха не должна превышать 40-60 %, скорость движения воздуха 0,2 м/с.

В лаборатории создание микроклимата обеспечивается работой форточек, дверей, приточной вытяжной вентиляцией. Летом помещения

проветриваются с помощью вентиляторов. В зимнее время помещения нагревают центральным отоплением.

Важное значение для создания благоприятных условий труда имеет рациональное освещение. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет проведение работ, ведет к снижению производительности труда и может явиться причиной несчастных случаев.

Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим.

В лаборатории, где проводилось исследование, используется комбинированная система освещения, то есть общее искусственное и местное освещение.

Производственные процессы в химической лаборатории сопровождаются шумом.

Воздействие шума длительное время приводит к снижению остроты слуха, повышению кровяного давления, утомлению центральной нервной системы, ослаблению внимания, увеличению количества ошибок в действиях рабочего, снижению производительности труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться причиной несчастного случая.

Для химической лаборатории характерны следующие виды шумов:

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

В качестве средств индивидуальной защиты для органов слуха от шума и вибрации применяются наушники, беруши.

Наушники понижают негативное воздействие в диапазоне от 7 до 38 дБ с частотой от 125 до 8000 Гц. Вкладыши (беруши) закрывают слуховой

проход. Этот вид защиты дешев, компактен и применим ко многим ситуациям, но не всегда результативен, т.к. снижает уровень негативного воздействия всего на 5-20 дБ.

Поражение электрическим током возможно при повреждении изоляции применяемых персоналом электрическим прибором или устройств, если человек одновременно касается включенного в сеть поврежденного участка электрической проводки, например, питающего прибор шнура и потенциально опасных частей устройств или стоит на токопроводящем полу и касается металлической части прибора с поврежденной изоляцией и включенным в сеть.

Средства коллективной защиты от поражения электрическим током:

- устройства оградительные;
- автоматического контроля и сигнализации;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- автоматического отключения;
- выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства;
- молниеотводы и разрядники;
- знаки безопасности;

Безопасность работы обеспечена в конструкции установки. Источник питания установки имеет металлический кожух, который исключает возможность прикосновения к токоведущим частям, имеется зануление.

Согласно [50] для контроля предельно допустимых значений напряжений прикосновения и токов измеряют напряжения и токи в местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека. Класс точности измерительных приборов не ниже 2,5.

Работа с дизельным топливом отличается высокой пожаровзрывобезопасностью.

Противопожарные меры не исключают возможность неправильной организации проведения огневых работ, небрежных действий персонала.

Одним из основных требований предупреждения несчастных случаев и пожаров является исключение скопления паров, газов и жидких нефтепродуктов путем вентиляции мест возможного их скопления и уборки разлитого нефтепродукта.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для своевременной ликвидации очагов возможных загораний применяются первичные средства пожаротушения, к которым относятся:

- ящики с песком и лопатами, которые находятся на аппаратном дворе, в доступном месте;
- асбестовое полотно;
- водяной пар;
- огнетушители порошковые;
- огнетушители углекислотные;
- вода.

Средства пожаротушения и противопожарный инвентарь должны быть в исправном состоянии и окрашен в красный цвет.

### **6.2.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов**

Для обеспечения снижения влияния опасных и вредных факторов при исследовании влияния состава ДТ на эффективность действия низкотемпературных присадок на работающих могут быть предприняты следующие решения:

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

## **6.3 Экологическая безопасность**

Химическая лаборатория не является особо опасным объектом воздействия на окружающую среду.

Существует два основных подхода к проблеме защиты окружающей среды:

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

Для лаборатории наиболее оптимален выбор первого варианта.

### **6.3.1 Воздействие на атмосферу**

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

для очистки достаточно использование адсорбционного фильтра. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента. В качестве адсорбента наиболее часто используют активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров.

### **6.3.2 Воздействие на гидросферу**

Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию [50].

### **6.3.3 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 [51].

## **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Одним из важнейших факторов в безопасности исследований влияния состава ДТ на эффективность действия низкотемпературных присадок жизнедеятельности людей является подготовленность к чрезвычайным ситуациям. Чрезвычайная ситуация – это совокупность таких обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями зданий, сооружений, материальных ценностей, поражению и гибелью людей.

#### **6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

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

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

Наиболее типичной и опасной является ЧС техногенного характера (производственные аварии). В любой лаборатории всегда существует вероятность возникновения аварийной ситуации. Для ликвидации аварии разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий.

В аварийных ситуациях, когда атмосфера лаборатории внезапно оказывается зараженной ядовитыми парами или газами, оставаться в помещении для ликвидации последствий аварии только в противогазе, при отключенных нагревательных приборах.

После дезактивации помещение необходимо проветрить. При возникновении пожара необходимо отключить электронагревательные приборы, вентиляцию, убрать огнеопасные вещества в безопасное место, одновременно, по возможности ликвидировать очаг.

При стихийном бедствии необходимо оповестить всех работников лаборатории об угрозе возникновения бедствия. При поступлении сигнала о возможном инциденте все работники лаборатории должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, после чего в лаборатории отключается электроэнергия, водоснабжение. При необходимости персонал эвакуируется в безопасное место [52].

#### **6.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта исследования на производстве**

Также наиболее типичной ЧС будет являться ситуация техногенного характера, теоретически вызванная выходом из строя отсеков с хранением образцов ДТ, самовозгоранием топлива, пожаром на производстве [52]. Для ликвидации аварии на производстве разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий, представленные в разделе 6.4.1.

#### **6.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций представлены ниже согласно ГОСТ Р 22.3.03-94:

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

#### **ВЫВОД:**

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где выполнялись исследования влияния состава ДТ на эффективность действия низкотемпературной присадки, можно сделать вывод, что исследовательская лаборатория, удовлетворяет предъявляемым требованиям и нормам. При соблюдении техники безопасности и правил работы в химической лаборатории работа в лаборатории не повлияет на здоровье работника.

Действие вредных и опасных факторов в лаборатории сведено к минимуму. Микроклимат, освещение и уровень шума удовлетворяют требованиям, так же соблюдены все требования по электро- и пожароопасности.

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

## Список публикаций студента

№	Наименование работы, ее вид	Характер работы	Выходные данные	Объем, стр.	Соавторы
<b>Публикации в рецензируемых научных изданиях, входящих в базы Scopus или Web of Science: 1</b>					
1	Expansion of the feedstock base for the production of diesel fuel by involving the heavy fractions and cold flow improvers	Печатная	Oil and Gas Science and Technology, 2020, Vol. 75, 31	8	Maria Kirgina Ilya Bogdanov Nataliya Belinskaya Andrey Altynov
<b>Публикации в ведущих рецензируемых научных Российских и зарубежных журналах и изданиях, входящих в перечень ВАК: 1</b>					
1	Расширение сырьевой базы производства дизельных топлив вовлечением тяжелой дизельной фракции и использованием низкотемпературных присадок	Печатная	Нефтепереработка и нефтехимия, 2020, № 3, с. 10-16.	7	Богданов И.А. Никонова Н.П. Алтынов А.А. Белинская Н.С. Киргина М.В.
<b>Доклады и тезисы докладов, опубликованные в материалах российской Международной (Всероссийской) конференции: 6</b>					
1	Исследование влияния фракционного состава дизельного топлива на эффективность действия низкотемпературных присадок	Печатная	Материалы XX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2019, с. 382-383.	2	Богданов И.А. Багдасарян Н.С.
2	Investigation the effect of diesel fuel fractional composition on the effectiveness of low-temperature additives	Печатная	Материалы XX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2019, с. 513-514.	2	Bogdanov I.A. Bagdasaryan N.S.
3	Оценка возможности использования прямогонных дизельных топлив в качестве товарных продуктов	Печатная	Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы	2	Богданов И.А. Багдасарян Н.С.

			геологии и освоения недр», посвященного 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К.В. Радугина, Томск, 2019, Т. 2, с. 346-347.		
4	Исследование возможности использования прямогонных дизельных топлив в качестве товарных продуктов	Печатная	Материалы XXIII Всероссийской конференции молодых учёных-химиков (с международным участием): тезисы докладов, Нижний Новгород, 2019, с. 503.	1	Богданов И.А. Багдасарян Н.С.
5	Перспективы малотоннажного производства низкозастывающих дизельных топлив с использованием присадок в условиях Арктики	Печатная	Материалы, технологии и техника для освоения Арктики и Сибири III Международной конференции, Томск, 2019, с. 49	1	Богданов И.А. Алтынов А.А.
6	Исследование влияния депрессорной присадки на низкотемпературные свойства узких дизельных фракций	Печатная	Материалы XXIII Всероссийской конференции молодых учёных-химиков (с международным участием): тезисы докладов, Нижний Новгород, 2020, с. 508.	1	Богданов И.А.

## Список использованных источников

- 1 Вербицкий В.В. Эксплуатационные материалы: учебное пособие / В.В. Вербицкий, В.С. Курасов, А.Б. Шепелев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 76 с.
- 2 Карташевич А.Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учебное пособие / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка, А.В. Гордеенко. – Минск: Новое знание, 2014. – 421 с.
- 3 Аникеев В.В. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие / В.В. Аникеев, М.В. Шестакова, А.С. Кревер. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 188 с.
- 4 Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.
- 5 Анисимов И.Г. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов [и др.]. – М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. – 596 с.
- 6 ГОСТ 3122-67 (СТ СЭВ 2877-81) «Топлива дизельные. Метод определения цетанового числа (с Изменениями N 1-4)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200007914> – Дата обращения: 02.04.2020.
- 7 ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия (Переиздание)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200107826> – Дата обращения: 02.04.2020.
- 8 Уханов А.П. Эксплуатационные материалы: учебник / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, А.А. Глущенко, А.Л. Хохлов. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 528 с.
- 9 Капустин В.М. Химия и технология переработки нефти / В.М. Капустин, М.Г. Родин – М.: Химия, 2013. – 496 с.
- 10 Капустин В.М. Технология переработки нефти. В 4-х частях. Часть первая. Первичная переработка нефти – М.: КолосС, 2012. – 456 с.

- 11 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) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902307833> – Дата обращения: 23.04.2020.
- 12 Гайнуллин Р.Р., Гизятуллин Э.Т., Солодова Н.Л., Абдуллин А.И. Получение низкозастывающих нефтепродуктов методами депарафинизации // Вестник казанского технологического университета. – 2013. – № 10. – с. 257-265.
- 13 Бурюкин Ф.А., Косицына С.С., Савич С.А., Смирнова С.Е., Хандархаев С.В. Улучшение качества низкозастывающих дизельных топлив в процессе каталитической гидродепарафинизации // Известия Томского политехнического университета. Химия и химические технологии. – 2014. – № 3. – с. 14-22.
- 14 ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия (с Изменениями N 1, 2)» [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200041173> – Дата обращения 04.04.2020.
- 15 Кунанбаева И.А. Применение процесса гидрокаталитической депарафинизации для получения низкозастывающего дизельного топлива // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2012. – № 5. – с. 80-83.
- 16 Пат. 195578 СССР МПК 10 g. Способ депарафинизации дизельного топлива / Козлов Л.М., Вольперт В.И.; заявитель Казанский химико-технологический институт им. С.М. Кирова. – № 947827/23-4; заявл. 15.03.1965; опубл. 04.05.1967.
- 17 Данилов А.М, Применение присадок в топливах: справочник. – 3-е изд., доп. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2010. – 368 с.
- 18 Вишнякова Т.П. Стабилизаторы и модификаторы нефтяных дистиллятных топлив / Т.П. Вишнякова, И.А. Голубева, И.Ф. Крылов, О.П. Лыков. – М.: Химимя, 1990. 152 с.

- 19 Махмутова Л.Ш. Ассортимент присадок к дизельным топливам и проблематика этой отрасли в России // Современные научные исследования и разработки. – Астрахань: Научный центр «Олимп», – 2018, – № 5. – с. 373-378.
- 20 Таранова Л.В., Гуров Ю.П., Агаев В.Г. Механизм действия депрессорных присадок и оценка их эффективности современные наукоемкие технологии. – Пенза: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2008, – № 4. – с. 76-77.
- 21 Васильева Е.Н., Башкатова С.Т., Юдаев А.А., Савина А.Г. Топлива и присадки к ним // Сб. науч. трудов ВНИИ НП. Вып. 61. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1990. – с. 44-52.
- 22 Хвостенко Н.Н. Разработка низкозастывающих дизельных топлив с депрессорными присадками: Дис. канд. тех. наук. М.: ВНИИ НП, 1998.
- 23 Вафаев О.Ш., Таджиходжаев З.А., Джалилов А.Т. Сравнение эффективности новых синтезированных депрессорных присадок в дизельных топливах // Химия и химическая технология: достижения и перспективы. – 2018. – с. 208.1-208.3.
- 24 Зайнуллина А.Ш., Ташуат Д.А. Исследование влияния депрессорных присадок на физико-химические свойства нефтепродуктов // Вестник Алматинского технологического университета. – 2018. – № 4. – с.94-97.
- 25 Энглин Б.А. Применение жидких топлив при низких температурах. М.: Химия, 1980. 208 с.
- 26 Diesel flieB-fit K – Дизельный антигель-концентрат [Электронный ресурс] – URL: <https://liquimoly.ua/index.php?PGID=2586> – Дата обращения 02.04.2020.
- 27 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.

- 28 Аппарат для разгонки нефтепродуктов «АРНС-1Э» [Электронный ресурс] – URL: <http://granat-e.ru/arns-1e.html> – Дата обращения 04.04.2020.
- 29 Liqui Moly Дизельный антигель [Электронный ресурс] – URL: <https://www.motor-oils.ru/index.php?show=item&id=3702&p=param> – Дата обращения 04.04.2020.
- 30 ISO 12185:1996 «Нефть сырая и нефтепродукты. Определение плотности. Метод с применением осциллирующей U-образной трубки» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=3630660> – Дата обращения 02.04.2020.
- 31 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 03.04.2020.
- 32 Вискозиметр Штабингера SVM3000 (Anton Paar) [Электронный ресурс] – URL: <http://granat-e.ru/svm3000.html> – Дата обращения 03.04.2020.
- 33 ГОСТ 32139-2013 «Нефть и нефтепродукты. Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии» URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108321> – Дата обращения 04.04.2020.
- 34 Анализатор рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный серы в нефти и нефтепродуктах Спектроскан S [Электронный ресурс] – URL: <https://all-pribors.ru/opisanie/26465-04-spektroskan-s-24787> – Дата обращения 25.04.2020.
- 35 Анализаторы серы в нефти и нефтепродуктах Спектроскан S и Спектроскан SL [Электронный ресурс] – URL: [http://granat-e.ru/spektroskan\\_sl.html](http://granat-e.ru/spektroskan_sl.html) – Дата обращения 04.04.2020.
- 36 ISO 4264 «Petroleum products – Calculation of cetane index of middle-distillate fuels by the four variable equation» [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru>. – Дата обращения 04.04.2020.

- 37 ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации» [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200007918> – Дата обращения 04.04.2020.
- 38 ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания» [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200005428> – Дата обращения 04.04.2020.
- 39 КРИО-Т-05-01 Термостат жидкостный низкотемпературный [Электронный ресурс] – URL: <https://termexlab.ru/#!/ru/product/krio-t-05-01-termostat-zhidkostnyij-nizkotemperaturnyj-133510/> – Дата обращения 04.04.2020.
- 40 Комплект низкотемпературных приспособлений ГОСТ 5066 метод Б [Электронный ресурс] – URL: <https://www.geo-ndt.ru/pribor-7193-komplekt-nizkotemperaturnih-prisposoblenii-gost-5066-metod-b.htm> – Дата обращения 04.04.2020.
- 41 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.
- 42 Установка для определения ПТФ [Электронный ресурс] – URL: <https://labor.ru/ustanovka-dlya-opredeleniya-ptf> (дата обращения 04.04.2020).
- 43 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
- 44 Захаров Л.Н. Техника безопасности в химических лабораториях / Л.Н. Захаров. – Ленинград: Химия, 1991. – 336 с.

- 45 СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [Электронный ресурс]. – URL: <http://vsegost.com> – Дата обращения: 25.04.2020.
- 46 СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение (с Изменением № 1)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001026> – Дата обращения: 25.04.2020.
- 47 ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200233> – Дата обращения: 25.04.2020.
- 48 ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606> – Дата обращения: 25.04.2020.
- 49 СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением № 1)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071156> – Дата обращения: 25.04.2020.
- 50 ГОСТ 17.2.3.02-78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200001355> – Дата обращения: 25.04.2020.
- 51 ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200313> – Дата обращения: 25.04.2020.
- 52 ГОСТ Р 52105-2003 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032452> – Дата обращения: 25.04.2020.