

**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 18.04.01 Химическая технология (Химическая технология топлива и газа)

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Исследование взаимодействия депрессорных присадок и углеводов дизельной фракции</b>

УДК 665.753.4.038.64

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ82	Никонова Ньургуйаана Павловна		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна	—		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Юрьев Егор Михайлович	к.т.н.		

Томск – 2020 г.

# ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

## по ООП 18.04.01 Химическая технология

Код	Результат обучения
<b>Общие по направлению подготовки</b>	
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные знания для создания <i>новых</i> материалов
P2	Применять <i>глубокие</i> знания в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать химико-технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<b>Универсальные компетенции</b>	
P7	Использовать <i>глубокие</i> знания по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации
P10	Демонстрировать <i>глубокие</i> знания <i>социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>
P11	<i>Самостоятельно</i> учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности
<b>Результаты по образовательной программе «Химическая технология топлива и газа»</b>	
P12	<i>Осуществлять техническое сопровождение</i> технологических процессов переработки нефти и газа
P13	<i>Обеспечивать и контролировать работу</i> технологических объектов и структурных подразделений нефтегазоперерабатывающей организации
P14	<i>Обеспечивать производство</i> товарной продукции нефтегазопереработки
P15	<i>Обеспечивать реализацию</i> технической политики организации

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
Юрьев Е.М.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ82	Никоновой Ньургуйаане Павловне

Тема работы:

<b>Исследование взаимодействия депрессорных присадок и углеводородов дизельной фракции</b>	
Утверждена приказом директора ИШПР (дата, номер)	от 28.02.2020 г. №59/73с

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Образцы прямогонного дизельного топлива, депрессорные присадки.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1 Литературный обзор 1.1 Дизельное топливо 1.2 Основные характеристики дизельного топлива 1.3 Классификация дизельного топлива 1.4 Производство дизельного топлива 1.5 Присадки для дизельного топлива 2 Объект и методы исследования 2.1 Образцы дизельного топлива и низкотемпературные присадки 2.2 Методики определения характеристик дизельного топлива 2.3 Методики определения состава дизельного топлива 3. Расчеты и аналитика 3.1 Результаты определения характеристик образцов прямогонного дизельного топлива 3.2 Результаты определения состава образцов

	прямогонного дизельного топлива 3.3 Результаты определения низкотемпературных свойств смесей образцов прямогонного дизельного топлива с депрессорными присадками 4 Результаты проведенного исследования 4.1 Анализ влияния депрессорных присадок на низкотемпературные свойства образцов прямогонного дизельного топлива 4.2 Исследование влияния состава образцов прямогонного дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6 Социальная ответственность
--	---

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

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Маланина Вероника Анатольевна, к.э.н., доцент ОСГН ШБИП
«Социальная ответственность»	Скачкова Лариса Александровна, старший преподаватель ООД ШБИП
«Иностранный язык»	Матвеевко Ирина Алексеевна, д.фил.н., доцент ОИЯ ШБИП

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

Литературный обзор

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

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ82	Никонова Ньургуйаана Павловна		

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология (Химическая технология топлива и газа)

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

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

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2020 г.	Введение	10
15.03.2020 г.	Литературный обзор: дизельное топливо; основные характеристики дизельного топлива; классификация дизельного топлива; производство дизельного топлива; присадки для дизельного топлива (цетаноповышающие, противодымные, моющие, противоизносные, низкотемпературные)	15
01.04.2020 г.	Объект и методы исследования: образцы прямогонного дизельного топлива и депрессорные присадки; методики определения характеристик дизельного топлива (низкотемпературных свойств, плотности, вязкости, цетанового индекса); методики определения состава дизельного топлива (фракционного, группового и структурно-группового состава, содержания серы)	15
15.04.2020 г.	Расчеты и аналитика: результаты определения характеристик образцов прямогонного дизельного топлива; результаты определения состава образцов прямогонного дизельного топлива; результаты определения низкотемпературных свойств смесей образцов прямогонного дизельного топлива с депрессорными присадками	20
01.05.2020 г.	Результаты проведенного исследования: анализ влияния депрессорных присадок на низкотемпературные свойства образцов прямогонного дизельного топлива; исследование влияния состава образцов прямогонного дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок	20

20.05.2020 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Раздел «Социальная ответственность». Раздел «Иностранный язык»	10
01.06.2020 г.	Выводы	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ82	Никоновой Ньургуйаане Павловне

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление / специальность	18.04.01 Химическая технология

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

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

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования.
2. Планирование и формирование бюджета НИ	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности НИ	Проведение оценки экономической эффективности исследования качества дизельных топлив.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020
--	------------

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина В.А.	к.э.н., доцент		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ82	Никонова Ньургуйаана Павловна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ82	Никоновой Ньургуйаане Павловне

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление / специальность	18.04.01 Химическая технология

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Объект исследования – прямогонное дизельное топливо. Рабочая зона – лаборатория второго корпуса ОХИ ТПУ, оборудованная системами отопления, кондиционирования воздуха и естественным и искусственным освещением. Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относятся: Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019). Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами: ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).</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>1.1 В исследовательской лаборатории вероятно воздействие следующих вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– недостаточное освещение рабочей зоны;</li> <li>– повышенный уровень шума;</li> <li>– электрический ток;</li> <li>– отклонение показателей микроклимата,</li> <li>– вредные вещества.</li> </ul> <p>1.2 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>– анилин,</li> <li>– бензол,</li> <li>– пары дизельного топлива.</li> </ul> <p>Средства защиты: хлопчатобумажные халаты, перчатки, очки защитные.</p> <p>К опасным факторам относятся:</p>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>– горючесть, взрывоопасность и токсичность веществ;</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>–дизельное топливо;</li> <li>–анилин;</li> <li>–бензол;</li> <li>–нефтяные растворители;</li> <li>–люминесцентные лампы.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Вероятные чрезвычайные ситуации при проведении исследований на рабочем месте:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пожар;</li> <li>– взрыв;</li> <li>– розлив реагентов.</li> </ul> <p>В случае возникновения ЧС избегать контакта с веществом, эвакуировать людей из опасной зоны, а также в лаборатории предусмотрены первичные средства пожаротушения.</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	03.03.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ82	Никонова Ньургуйаана Павловна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 108 страниц, 13 рисунков, 38 таблиц, 40 источников, 1 Приложение.

Ключевые слова: дизельное топливо, депрессорная присадка, углеводородный состав, температура застывания, предельная температура фильтруемости.

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

Объектом исследования являются образцы прямогонного дизельного топлива и их смеси с депрессорными присадками.

Предмет исследования – характеристики и состав образцов прямогонного дизельного топлива и их смесей с депрессорными присадками, а также эффективность действия депрессорных присадок.

Цель работы – исследовать взаимодействия депрессорных присадок и углеводородов дизельной фракции.

В ходе работы определены характеристики и состав образцов прямогонного дизельного топлива; приготовлены смеси образцов прямогонного дизельного топлива с депрессорными присадками, определены их низкотемпературные свойства; исследовано влияние депрессорных присадок на низкотемпературные свойства образцов прямогонного дизельного топлива; установлены закономерности влияния состава дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок.

Экономическая эффективность/значимость работы: выявленные закономерности влияния состава прямогонных дизельных топлив на эффективность действия депрессорных присадок позволят выбирать наиболее эффективные присадки и подбирать их оптимальные концентрации.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	14
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	18
1.1 Дизельное топливо .....	18
1.2 Основные характеристики дизельного топлива .....	20
1.3 Классификация дизельного топлива .....	23
1.4 Производство дизельного топлива .....	24
1.5 Присадки для дизельного топлива .....	26
1.5.1 Цетаноповышающие присадки.....	26
1.5.2 Противодымные присадки .....	27
1.5.3 Моющие присадки .....	28
1.5.4 Противоизносные присадки.....	28
1.5.5 Низкотемпературные присадки.....	29
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	31
2.1 Образцы прямогонного дизельного топлива и депрессорные присадки .....	31
2.2 Методики определения характеристик дизельного топлива.....	32
2.2.1 Методики определения низкотемпературных свойств .....	32
2.2.2 Методики определения плотности и вязкости.....	35
2.2.3 Методика определения цетанового индекса .....	36
2.3 Методики определения состава дизельного топлива.....	36
2.3.1 Методика определения фракционного состава.....	36
2.3.2 Методика определения содержания серы .....	37
2.3.3 Методика определения группового состава.....	38
2.3.3.1 Расчет содержания ароматических, нафтеновых и парафиновых углеводородов .....	41
2.3.4 Методика определения структурно-группового состава.....	43
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	45

3.1 Результаты определения характеристик образцов прямогонного дизельного топлива.....	45
3.2 Результаты определения состава образцов прямогонного дизельного топлива.....	48
3.3 Результаты определения низкотемпературных свойств смесей образцов прямогонного дизельного топлива с депрессорными присадками.....	50
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	53
4.1 Анализ влияния депрессорных присадок на низкотемпературные свойства образцов прямогонного дизельного топлива.....	53
4.2 Исследование влияния состава образцов прямогонного дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок.....	54
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	59
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	60
5.2 Диаграмма Исикавы.....	60
5.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	61
5.4 Инициализация проекта.....	63
5.5 Планирование управления научно-техническим проектом.....	64
5.6 Бюджет научно-технического исследования.....	67
5.6.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты.....	67
5.6.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	68
5.6.3 Основная заработная плата.....	68
5.6.4 Дополнительная заработная плата научно–производственного персонала.....	70
5.6.5 Отчисления на социальные нужды.....	71
5.6.6 Накладные расходы.....	71
5.7 Организационная структура проекта.....	72
5.8 Матрица ответственности.....	73
5.9 План управления коммуникациями проекта.....	74

5.10	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	75
5.10.1	Оценка сравнительной эффективности исследования .....	75
6	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	77
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	77
6.1.1	Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства .....	77
6.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя .....	78
6.2	Производственная безопасность .....	79
6.2.1.	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	79
6.2.1.1	Токсическое воздействие веществ .....	79
6.2.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	82
6.2.2.1	Отклонение показателей микроклимата.....	82
6.2.2.2	Повышенный уровень шума .....	83
6.2.2.3	Недостаточное освещение рабочей зоны .....	83
6.2.2.4	Поражение электрическим током .....	84
6.2.2.5	Возникновение пожара.....	85
6.3	Экологическая безопасность.....	86
6.3.1	Воздействие на атмосферу .....	86
6.3.2	Воздействие на гидросферу .....	86
6.3.3	Воздействие на литосферу .....	87
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	87
	ВЫВОДЫ.....	90
	СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	92
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	93
	Приложение А .....	97

## ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом наблюдается стабильное увеличение мирового спроса на дизельное топливо. Использование дизельного топлива в двигателях различных видов транспорта, освоение новых северных территорий привело к увеличению спроса именно на зимние и арктические марки дизельного топлива. Особенно это актуально для Российской Федерации, где холодная климатическая зона занимает большую часть территории страны.

Вместе с тем, в Российской Федерации объем производимого дизельного топлива распределяется по маркам следующим образом: 90 % – летняя и межсезонная, менее 10 % – зимняя и около 1 % – арктическая [1]. Именно поэтому, выпуск высококачественных низкозастывающих дизельных топлив является одним из наиболее важных направлений развития современной нефтеперерабатывающей промышленности.

К зимней и арктической маркам дизельного топлива современными стандартами предъявляются строгие требования по низкотемпературным свойствам. В связи с чем, получение данных марок дизельного топлива с помощью существующих на нефтеперерабатывающих предприятиях технологических процессов вызывает большие затруднения. Наиболее эффективным направлением производства низкозастывающих дизельных топлив является использование депрессорных присадок, улучшающих низкотемпературные свойства.

Однако выбор присадок и подбор их концентрации осложняется тем, что состав дизельных топлив существенно отличается в зависимости от технологии производства и состава исходного сырья, что, учитывая взаимодействия компонентов депрессорных присадок и углеводородов дизельной фракции, значительно влияет на эффективности действия присадок. На сегодняшний день, задача выявления закономерностей влияния

состава дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок является крайне актуальной.

Таким образом, **целью** данной работы является исследование взаимодействия депрессорных присадок и углеводородов дизельной фракции.

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

1. Определить характеристики (плотность, вязкость, цетановый индекс, температура помутнения, предельная температура фильтруемости, температура застывания), состав (фракционный, групповой, структурно-групповой, содержание серы) образцов прямогонного дизельного топлива. Оценить соответствие характеристик образцов прямогонного дизельного топлива требованиям стандартов.

2. Приготовить смеси образцов прямогонного дизельного топлива с депрессорными присадками. Определить низкотемпературные свойства смесей.

3. Исследовать влияние депрессорных присадок на низкотемпературные свойства образцов прямогонного дизельного топлива.

4. Исследовать влияние состава образцов прямогонного дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок.

**Объектом исследования** в данной работе являются 9 образцов прямогонного дизельного топлива, а также их смеси с 3 низкотемпературными присадками.

**Предметом исследования** являются характеристики и состав образцов прямогонного дизельного топлива и их смесей с депрессорными присадками, а также эффективность действия депрессорных присадок.

**Научная новизна работы:**

1. Установлено, что эффективность действия депрессорных присадок в отношении температуры застывания дизельного топлива повышается с увеличением содержания в составе дизельного топлива парафинов,

снижением содержания ароматических углеводородов и повышением среднего числа ароматических колец в молекуле.

2. Показано, что эффективность действия депрессорных присадок в отношении предельной температуры фильтруемости дизельного топлива повышается со снижением содержания в составе дизельного топлива парафинов, повышением температуры начала кипения дизельного топлива.

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

1. Показано, что применение всех исследуемых образцов прямогонного дизельного топлива в зимних или арктических условиях возможно только в случае использования депрессорных присадок.

2. Образцы прямогонного дизельного топлива №№ 2 и 3 могут использоваться в качестве товарного дизельного топлива межсезонной марки; для использования остальных образцов необходимо доведение их характеристик до требуемых стандартами значений. Добавление депрессорных присадок для образцов дизельного топлива №№ 1, 2, 3 и 5 позволяет получать топливо зимней марки.

3. Установлено, что наиболее эффективной в отношении температуры помутнения образцов прямогонного дизельного топлива являются присадки А и С, в отношении предельной температуры фильтруемости – присадка С, в отношении температуры застывания – присадка А.

Выявленные закономерности влияния состава прямогонных дизельных топлив на эффективность действия депрессорных присадок найдут свое применения на нефтеперерабатывающих предприятиях, станциях смешения нефтепродуктов и позволят выбирать наиболее эффективные присадки и подбирать их оптимальные концентрации.

#### **Апробация работы:**

Основные положения работы были представлены на XXIII Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», XX Международной научно-практической конференции имени профессора



Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке».

# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Дизельное топливо

Дизельное топливо (ДТ) относится к одному из наиболее распространенных видов топлива, используемых в дизельном двигателе, работающем по принципу внутреннего сгорания.

В Российской Федерации по объемам внутреннего потребления и экспорта ДТ занимает одно из первых мест. Как видно из рисунка 1.1, производство ДТ с каждым годом растет. По данным Минэнерго России в 2019 году выпущено 78 380 тыс. тонн ДТ, что на 0,2 % выше объема производства 2018 года (рисунок 1.1) [2].

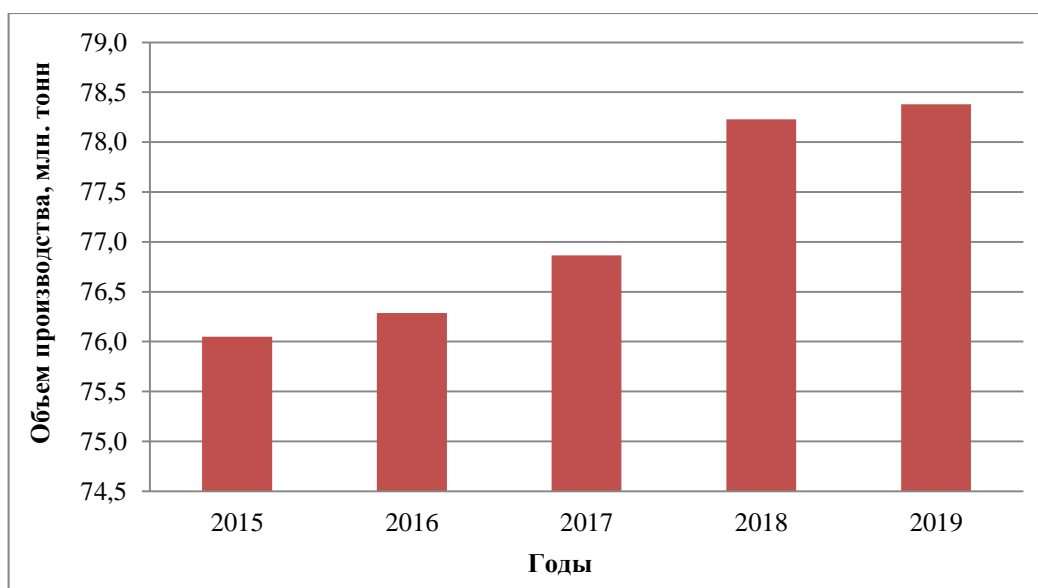


Рисунок 1.1 – Производство ДТ в 2015-2019 годах, млн. тонн [2]

Характеристики ДТ позволяют использовать его в самых различных производствах и сферах деятельности. ДТ применяют для заправки практически любых видов транспорта за исключением воздушных:

- легковых и грузовых автомобилей – дизельными двигателями оборудуются практически все типы и виды техники, начиная от мопедов и скутеров и заканчивая автобусами и большегрузами;
- железнодорожного транспорта – в маневровых тепловозах и различных локомотивах;

- речное и морское судоходство – практически везде, от катеров до подводных лодок;
- всех видов сельскохозяйственной и строительной спецтехники – мотоблоки, трактора, комбайны, бетоно- и растворомешалки, краны и другая грузоподъемная техника;
- вооруженные силы – самоходные орудия, танки, тягачи ракетных установок.

Важной областью применения ДТ считается использование в качестве смазки и охлаждения различных систем двигателей. До сих пор достаточно часто применяется в качестве энергоресурса в котельных и электрогенераторах.

ДТ – наиболее оптимальный вариант топлива для использования в различных областях деятельности, так как оно обладает рядом достоинств:

- меньший расход по сравнению с бензином; это обусловлено высокой эффективностью дизельного двигателя: при сгорании выделяет больше энергии;
- высокая надежность и легкая адаптацию к окружающей среде с высокой влажностью;
- при сгорании в атмосферу выбрасывается меньше вредных веществ;
- обеспечивает стабильную высокую мощность;
- срок службы дизельного двигателя намного дольше, чем у бензинового благодаря повышенной прочности компонентов;
- по многим показателям ДТ является более безопасным, чем бензин: в дизельных двигателях температура цилиндров намного выше, чем в бензиновых, что позволяет использовать менее взрывоопасное топливо;
- обеспечивает меньше потерь тепла при охлаждении и выхлопе;
- дизельные двигатели могут выдерживать очень высокую нагрузку и давление, которые ограничиваются только прочностью компонентов.

Однако наряду с этим ДТ имеет ряд недостатков:

- дизельный двигатель обладает худшим показателем соотношения мощности и веса;
- ДТ впрыскивается непосредственно перед сжатием. Из-за этого топливо не может сгореть полностью пока не будет достаточного количества кислорода. Это может привести к неполному сгоранию топлива и образованию черного дыма при выхлопе, в случае, если кислорода не хватает для сжигания всего количества топлива;
- скорость вращения дизельного двигателя ниже, чем бензинового двигателя аналогичного размера, т.к. смесь ДТ и воздуха горит медленнее, чем смесь бензина и воздуха;
- шум: стук во многом связан с процессом горения ДТ. Резкое возгорание ДТ после впрыска в камеру сгорания приводит к гидроудару;
- дизельный двигатель сложнее заводится, т.к. для работы двигателя требуется большая сила сжатия, а также из-за большей массы его компонентов;
- ухудшение запуска при низких температурах.

Несмотря на ряд недостатков, на сегодняшний день интерес к ДТ со стороны потребителей не снижается, топливо пользуется популярностью для использования в двигателях различных видов транспорта.

## **1.2 Основные характеристики дизельного топлива**

Качество ДТ зависит от качества нефти, из которой оно производится, а также от способов переработки. Чем выше показатели качества, тем выше и цена ДТ.

ДТ характеризуется рядом параметров, среди них есть ключевые показатели, которые в совокупности и определяют эффективность его работы. По требованиям стандартов [3-5] выделяют следующие основные характеристики: цетановое число, фракционный состав, вязкость, плотность,

температура вспышки, массовое содержание серы, низкотемпературные свойства и др. [3-5].

*Цетановое число* относится к самым важным показателям. От него зависит, насколько быстро произойдет воспламенение топлива в камере сгорания двигателя после впрыскивания. Цетановое число численно равно объемной доле цетана ( $C_{16}H_{34}$ ) в смеси с  $\alpha$ -метилнафталином. Причем для цетана значение цетанового числа равно 100, а для альфаметилнафталина равно 0.

У высококачественного продукта этот показатель находится в пределах от 50 до 55. У хорошего – должен быть не ниже 40. Если значение цетанового числа меньше 40, то воспламенение топлива замедляется, что приводит к потере мощности и преждевременному износу мотора. А при слишком высоком значении (более 55) возрастает расход ДТ, увеличивается объем и количество выхлопа.

Когда отсутствует испытательная аппаратура или количество образца ДТ недостаточно для определения цетанового числа применяют расчетный *цетановый индекс*. Цетановым индексом ДТ называют показатель цетанового числа, который рассчитывается по плотности и среднему значению температуры выкипания фракции (50 %-ой).

*Фракционный состав* – характеристика испаряемости ДТ, позволяет определить, насколько качественно будет сгорать топливо, каким будет уровень дымности выхлопных газов и т.д.

Наиболее важными точками фракционного состава являются значения температуры выкипания 10, 50, 90 и 96 % об. топлива. От температуры выкипания 10 % об. зависят пусковые свойства. Температура выкипания 50 % об. влияет на устойчивость работы двигателя и на плавность перехода с одного на другой режим. Полнота испарения топлива характеризуется температурой выкипания 90 % об. и 96 % об. топлива.

*Вязкость* – характеризует способность топлива оказывать сопротивление при перемещении. Этот параметр отвечает за качество подачи

горючего, его распыление и эффективность работы фильтра. Чем выше вязкость ДТ, тем хуже происходит воспламенение и горение топлива. Из-за этого повышается дымность выхлопных газов и увеличивается расход топлива. В случае если топливо обладает малой вязкостью, то увеличивается износ деталей топливного насоса в процессе эксплуатации.

*Плотность* – важный показатель, от него зависит не только вязкость, но и количество энергии, которое вырабатывается при сгорании топлива. От этого параметра так же зависит расход ДТ. Чем выше плотность, тем выше вязкость и качество топлива.

*Массовая доля серы* зависит от качества нефти, из которой производится топливо, а также степени ее очистки. Содержание серы – главный экологический показатель ДТ. Кислотные соединения являются сильными окислителями и способствуют быстрому изнашиванию двигателя, поэтому, показатель серы у высококачественного топлива должен быть минимальным.

*Температура вспышки* характеризуется содержанием легких фракций в ДТ и является показателем огнеопасности топлива при его хранении, применении и транспортировке. Температура вспышки – это наименьшая температура, при которой воспламеняемая жидкость дает достаточное количество пара в окружающий ее воздух, чтобы смесь воздуха с парами над поверхностью жидкости могла быть воспламенена при поднесении пламени. Основное назначение данного свойства – установление степени пожароопасности.

*Низкотемпературные свойства* ДТ (температура помутнения, предельная температура фильтруемости, температура застывания) являются характеристиками подвижности топлива при низких температурах. Так как в ДТ содержатся растворенные парафиновые углеводороды и вода, при низких температурах они начинают выпадать в виде кристаллов.

Температура помутнения ( $T_n$ ) – это температура, при которой топливо мутнеет и теряет фазовую однородность из-за выделения капелек воды и кристаллов парафина.

Предельная температура фильтруемости (ПТФ) – это минимальная температура, при которой топливо после охлаждения перестает протекать через стандартный фильтрующий элемент.

Температура застывания ( $T_3$ ) – это температура, при которой происходит полная потеря текучести топлива. Он чрезвычайно важен, главным образом, при транспортировке топлива, так как четко определяет условия, когда она становится невозможной.

При понижении температуры в первую очередь весьма заметно снижается подвижность ДТ. Кроме того, по тому, как топливо реагирует на холод, можно судить о наличии в составе определенных групп углеводородов.

### **1.3 Классификация дизельного топлива**

В соответствии с [3-6] при классификации ДТ используются 2 основных параметра: содержание серы и низкотемпературные свойства.

Согласно требованиям [4] по содержанию серы ДТ классифицируют на три экологических класса: к экологическому классу  $K3$  относятся топлива с содержанием серы до 350 мг/кг, к  $K4$  – до 50 мг/кг, к  $K5$  – до 10 мг/кг [4], а согласно требованиям [5] ДТ классифицируют на четыре экологических класса: к экологическому классу  $K2$  относятся топлива с содержанием серы до 500 мг/кг, к  $K3$  – до 350 мг/кг, к  $K4$  – до 50 мг/кг, к  $K5$  – до 10 мг/кг.

Также осуществляется разделение ДТ в зависимости от климатических условий. Для умеренной климатической зоны ДТ разделяется по сортам А, В, С, D, Е, F. Главным критерием разделения является ПТФ. Разделение на сорта приведено в таблице 1.1 [6]. Топлива сортов А, В, С, D относятся к летнему топливу, а Е, F – к межсезонному.

Таблица 1.1 – Требования к ДТ для умеренного климата [6]

Показатель	Сорт					
	А	В	С	Д	Е	Ф
ПТФ, °С	+5	0	-5	-10	-15	-20

Существует также определенная категория ДТ, которая используется в районах с холодным и арктическим климатом и условно подразделяется на пять классов: 0, 1, 2, 3, 4 (таблица 1.2) [6]. Из этих пяти классов к зимнему относятся топлива классов 0, 1, 2, 3, а к арктическому топливу – класс 4.

Таблица 1.2 – Требования к ДТ для холодного и арктического климата [6]

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

В соответствии с [3, 5] по климатической зоне применения ДТ подразделяют на марки:

- летнее «Л», используется при температуре окружающего воздуха  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и выше;
- межсезонное «Е», используется при температуре окружающего воздуха  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и выше;
- зимнее «З», используется при температуре окружающего воздуха до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- арктическое «А», используется при температуре окружающего воздуха  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$  и выше [3, 5].

## 1.4 Производство дизельного топлива

С каждым годом требования к физико-химическим и эксплуатационным свойствам ДТ становятся более жесткими. Получение топлива соответствующего качества возможно только при соблюдении всех особенностей технологии производства. В этом случае можно гарантировать высокое качество продукта.

Производство ДТ является сложным процессом, который состоит из трех основных этапов:



1. первичная переработка нефти;
2. вторичная переработка нефти;
3. смешение прямогонных фракций с продуктами вторичных процессов и присадками.

При первичной переработке происходит разделение нефти на отдельные фракции по температурам кипения в ректификационных колоннах. В результате такого процесса получают дизельные фракции.

Основу ДТ составляют прямогонные фракции. Они обладают хорошими защитными свойствами из-за высокого содержания гетероорганических соединений, способны образовывать тонкую пленку на поверхности металла, предотвращая коррозию при попадании воды. При длительном хранении термоокислительная стабильность прямогонных ДТ выше, чем у гидроочищенных топлив.

При вторичной переработке нефти изменяется химический состав и структура углеводородов за счет реакций гидро-, термического, каталитического крекинга. После этого процесса ДТ подвергается гидроочистке. Удаление серы позволяет обеспечить соответствие топлива экологическому классу.

С точки зрения технологического плана процессы вторичной переработки очень сложны и характеризуются высокой стоимостью. Но, несмотря на это, вторичная переработка относится к основным процессам увеличения выхода и улучшения качества товарного ДТ.

Последняя стадия производства ДТ представляет собой смешение прямогонных фракций с продуктами вторичных процессов в соответствующих пропорциях с добавлением различных присадок. При этом получают топливо с улучшенными экологическими и эксплуатационными свойствами.

Зимнее и арктическое ДТ получают из летнего топлива добавлением специальных присадок, которые улучшают эксплуатационные свойства.

Добавление в них антидымных и депрессорных присадок дает возможность получить так называемое городское ДТ, которое разрешают использовать в крупных городах, с целью уменьшить уровень загрязнения воздуха [7].

## **1.5 Присадки для дизельного топлива**

В последние годы к характеристикам ДТ предъявляется все больше требований. В настоящий момент существует множество способов улучшения качества ДТ: депарафинизация, сепарация и т.д. [8, 9]. Наиболее распространенный способ улучшения свойств топлив – применение различных присадок.

На сегодняшний день известно около 50-ти типов присадок к топливам [10]. Они могут оказывать различное воздействие на ДТ:

- повышение морозоустойчивости (предотвращение негативных воздействий на топливо отрицательных температур);
- повышение цетанового числа ДТ;
- улучшение смазочных характеристик топлива;
- очищение топливной системы, ее защита от механического износа и коррозии;
- комплексное улучшение характеристики ДТ.

Присадки для ДТ делятся на несколько классов в зависимости от назначения и характеристик.

### **1.5.1 Цетаноповышающие присадки**

Цетаноповышающие присадки (промоторы воспламенения) предназначены для улучшения воспламенения ДТ в камере сгорания.

Данный тип присадок ускоряет процесс предпламенного окисления топлива и тем самым облегчает его самовоспламенение.

Ассортимент цетаноповышающих присадок, предназначенных для ДТ всех видов обширен, в Российской Федерации наибольшей популярностью

пользуются три присадки: ИПН (изопропилнитрат), ЦГН (циклогексилнитрат) и 2-ЭГН (2-этилгексилнитрат).

Принцип действия присадок основан на том, что молекула присадки (чаще всего нитрат или пероксид) распадается по связям O–O и O–N с невысокой (около 150 кДж/моль) энергией активации [10]. При этом образуются свободные радикалы, которые инициируют воспламенение топлива. Присадки этого типа действуют только на начальных стадиях процесса горения.

Следует отметить, что эффективность действия присадок зависит от состава и свойств исходного топлива. Чем больше содержание парафиновых углеводородов в составе топлива, тем выше начальное цетановое число и эффективность действия присадки [11].

### **1.5.2 Противодымные присадки**

Одной из важных проблем современного общества является борьба с загрязнениями атмосферы. Отработанные газы двигателей относятся к основным источникам загрязнения атмосферы.

На стадиях предпламенного горения происходит интенсивный крекинг топлива, в ходе которого образуется сажа. Она же является основной вредной смесью при работе дизельных двигателей [12].

Для снижения количества сажи в отработанных газах применяют противодымные присадки. Принцип действия противодымных присадок основан на том, что они способствуют выгоранию сажи до окончания сгорания основной массы топлива и начала стадии расширения рабочей смеси.

В качестве противодымных присадок к топливам используют гидразин, а также его соли и растворимые в нефтепродуктах алкилзамещенные бензолсульфокислот и др. [13, 14].

### **1.5.3 Моющие присадки**

Предназначены для предотвращения отложений на распылителях форсунок дизельных двигателей. Это позволяет поддерживать оптимальный режим впрыска топлива и геометрию впрыскиваемой струи и предотвратить перерасход топлива, который в отдельных случаях может достигать нескольких процентов. Соответственно уменьшается и токсичность выхлопных газов двигателя.

В состав присадки входит композиция поверхностно-активных веществ и кислородсодержащий растворитель, одновременно выполняющий роль модификатора нагара.

Активные химические вещества растворяют отложения за счет долгого воздействия и выводят их без вреда для ходовой части транспортного средства [15].

### **1.5.4 Противоизносные присадки**

Содержание серы в современных ДТ снижено для соблюдения установленных экологических норм, что, в свою очередь, привело к уменьшению количества естественных смазывающих агентов в составе топлива.

Противоизносные присадки предотвращают разрушение контактирующих деталей при трении, снижают износ за счет образования на поверхности трения защитных пленок.

Данные присадки не влияют на прочие показатели ДТ и не взаимодействуют с другими видами присадок, т.е. могут использоваться в составе многофункциональных пакетов. В качестве таких присадок используют карбоновые кислоты и их производные, а также жирные амины. Дозировка рассматриваемого типа присадки зависит от свойств топлива и колеблется в пределах 50-300 мг/м<sup>3</sup> [16].

## 1.5.5 Низкотемпературные присадки

Одним из основных недостатков ДТ является трудность запуска двигателя в холодное время года. Поэтому, для ДТ разработаны особые требования к низкотемпературным свойствам. Наиболее распространенным способом обеспечения требуемых низкотемпературных свойств ДТ является применение депрессорных и диспергирующих присадок.

**Депрессорные присадки (депрессоры)** применяются для снижения температуры застывания и ПТФ ДТ. В основном они применяются на нефтеперерабатывающих заводах на завершающей стадии производства топлива, но могут быть использованы и потребителем для улучшения низкотемпературных свойств топлив [17].

При пониженных температурах содержащиеся в топливе н-парафины кристаллизуются и образуют прочные решетки. Как только размер таких структур превысит диаметр фильтрующих пор, произойдет «забивание» фильтра, топливо теряет подвижность. Депрессоры адсорбируются на поверхности зарождающихся кристаллов, препятствуя их росту. Действие депрессорных присадок не может проявиться, в случае если кристаллы еще не начали образовываться. Они препятствуют не возникновению кристаллов парафина, а только их росту, в связи, с чем вот депрессорные присадки не влияют на температуру помутнения топлив.

В качестве депрессорных присадок применяются:

- сополимеры этилена с винилацетатом;
- полиметакрилат и сополимеры;
- полиолефины (сополимеры этилена и пропилена);
- полиэтиленовые полиолефины.

При длительном хранении топлив самопроизвольно происходит процесс укрупнения частиц кристаллов парафина, и в результате топливо делится на два слоя: верхний – светлый и нижний – мутный, обогащенный парафинами. Эта проблема не может быть предотвращена добавлением

депрессоров и поэтому, были разработаны так называемые диспергаторы парафинов, которые следует применять вместе с депрессорными присадками.

**Диспергирующие присадки (диспергаторы, диспергенты)** предотвращают расслоение топлив при хранении.

Эффект от их применения состоит в образовании очень мелких кристаллов парафинов и предотвращении их агрегации в течение длительного времени.

Диспергирующие присадки удерживают продукты окисления углеводородов и неуглеводородных примесей в коллоидном состоянии, препятствуют коагуляции образовавшихся твердых частиц и их осаждению и часто переводят в раствор уже выпавшие осадки. Диспергенты способствуют сохранению твердых продуктов окисления в растворе, но не предотвращают самого окисления. Поэтому их применяют совместно с антиокислительными присадками или подбирают соединения, которые обладают диспергирующими и антиокислительными свойствами.

Наиболее часто в качестве диспергирующих присадок для ДТ применяют нафтенаты и сульфонаты бария и кальция, азотсодержащие соединения.

## 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Образцы прямогонного дизельного топлива и депрессорные присадки

В качестве объекта исследования в работе были использованы образцы прямогонного ДТ, полученные с различных месторождений Западной Сибири, а также депрессорные присадки для ДТ. Образцам ДТ были присвоены численные шифры от 1 до 9, а присадкам – буквенные шифры А, В и С. Присадки использовались в концентрациях, рекомендованных производителем.

Таблица 2.1 – Характеристики депрессорных присадок

Кодировка присадки	Название присадки	Состав	Используемая концентрация присадки, на 100 мл ДТ, мл
А	Carlube	Углеводородные растворители, моющие средства, добавки	0,6
В	Sapfire	Нефтяной дистилят 30 % и более, пакет присадок фирмы «BASF» менее 5 %	0,5
С	Astrohim	Уайт-спирит, пакет депрессорно-диспергирующих присадок 5-15 %, смазывающие компоненты менее 5 %	1,0

При исследовании влияния состава дизельных топлив на эффективность действия низкотемпературных присадок важным является исследовать такие характеристики дизельного топлива как низкотемпературные свойства, цетановый индекс, плотность, вязкость, фракционный состав, содержание серы, групповой и структурно-групповой состав.

## 2.2 Методики определения характеристик дизельного топлива

### 2.2.1 Методики определения низкотемпературных свойств

При отрицательных температурах возникает проблема применения ДТ из-за нарушения прокачиваемости, загустевания и застывания, а также из-за расслаивания ДТ при холодном хранении. К низкотемпературным свойствам ДТ относят три показателя – температуру помутнения, предельную температуру фильтруемости и температуру застывания.

Температуру помутнения ( $T_{П}$ ) определяли в соответствии с ГОСТ 5066-2018 «Топлива моторные. Методы определения температур помутнения, начала кристаллизации и замерзания» [18].

Сущность метода заключается в охлаждении ДТ и визуальном наблюдении за изменением его состояния. Для определения  $T_{П}$  используют пробирку с двойными стенками с мешалкой (рисунок 2.1).

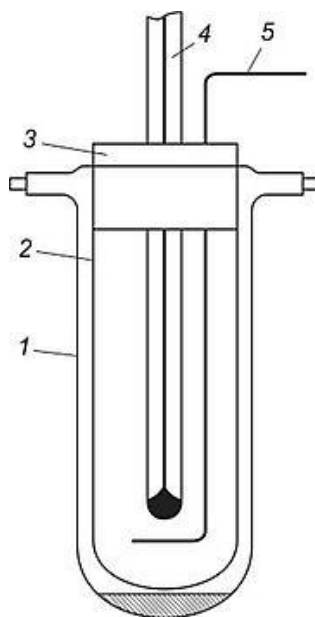


Рисунок 2.1 – Пробирка с двойными стенками и мешалкой

*1 – пробирка наружная; 2 – пробирка внутренняя; 3 – пробка;*

*4 – термометр; 5 – мешалка*

Во внутреннюю часть пробирки с двойными стенками наливают испытуемое ДТ и закрывают пробкой с термометром и мешалкой, при этом термометр вставляют так, чтобы ртутный шарик находился в пробирке на расстоянии 15 мм от дна и на равном расстоянии от стенок (рисунок 2.1).



После этого пробирку помещают в охлаждающую смесь и постепенно понижают температуру. За  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до предполагаемой  $T_{\Pi}$  пробирку достают из охлаждающей смеси и сравнивают с эталоном. Если топливо по сравнению с эталоном не изменилось, то процедуру повторяют до тех пор, пока не появится муть. За  $T_{\Pi}$  принимают ту температуру, при которой наблюдается появление мути.

После определения  $T_{\Pi}$  ДТ продолжают охлаждать для определения температуры застывания ( $T_3$ ) согласно ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания» [19]. Метод заключается в том, что испытуемое топливо постепенно охлаждают с определенной скоростью до тех пор, пока образец станет неподвижным. Эту температуру принимают за  $T_3$ .

Температуру охлаждающей среды устанавливают на  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ниже намеченной для определения  $T_3$ . Когда ДТ в пробирке примет эту температуру достают пробирку из охлаждающей смеси и наблюдают, не сместился ли мениск топлива, пробирку наклоняют под углом  $45^{\circ}$  (рисунок 2.2). Если мениск не сместился, то топливо остается застывшим, и наоборот [19].

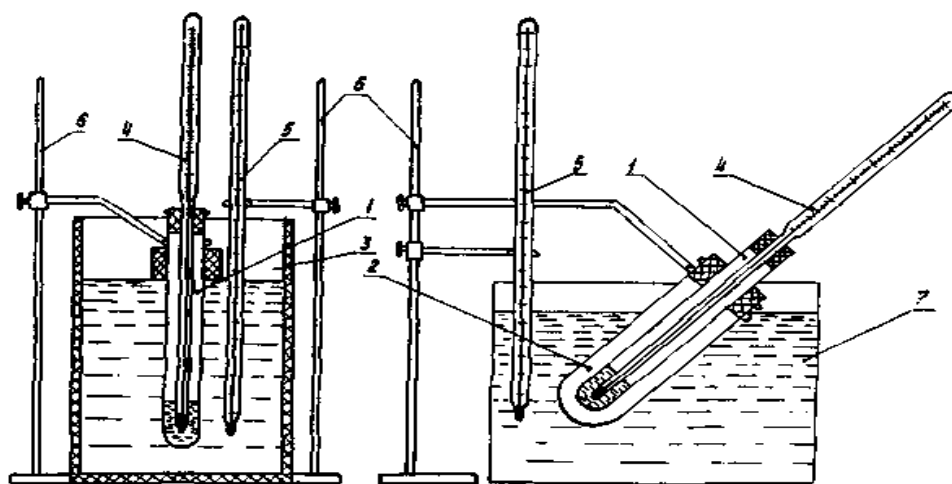


Рисунок 2.2 – Прибор для определения  $T_3$

- 1 – пробирка химическая со сферическим дном с кольцевой меткой;  
2 – пробирка-муфта со сферическим дном; 3 – сосуд для охлаждающей смеси; 4 – термометр ртутный; 5 – термометр для измерения*

*температуры в сосуде с охлаждающей смесью;*

*6 – штативы с держателями; 7 – охлаждающая смесь*

Предельную температуру фильтруемости (ПТФ) определяли согласно ГОСТ 22254-92 «Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре» [20].

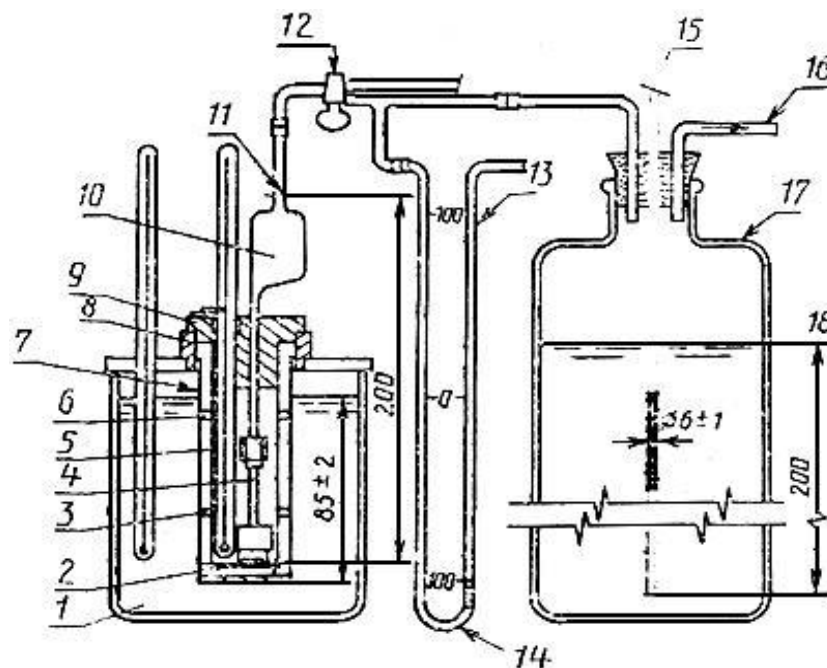


Рисунок 2.3 – Установка для определения ПТФ [20]

*1 – охлаждающая баня; 2 – изоляционное кольцо; 3,6 – прокладка;*

*4 – комплект фильтра; 5 – испытательный сосуд; 7 – кожух;*

*8 – поддерживающее кольцо; 9 – пробка; 10 – пипетка; 11 – метка;*

*12 – запорный кран; 13 – U-образный манометр; 14 – вода;*

*15 – соединение с атмосферой; 16 – соединение с вакуумным насосом;*

*17 – вакуумный резервуар; 18 – уровень воды*

Сущность метода заключается в следующем: ДТ постепенно охлаждаются с интервалами в 1 °С и набирают в пипетку через фильтрационную сетку под вакуумом. Испытание ведут до температуры, при которой количество кристаллов парафина, выделившееся из раствора на фильтр, вызывает прекращение или замедляет протекание топлива так, что время наполнения пипетки превышает 60 секунд. Температуру, при которой

топливо в последний раз прошло фильтрацию принимают за ПТФ. Установка для определения ПТФ представлена на рисунке 2.3.

### 2.2.2 Методики определения плотности и вязкости

Плотность и вязкость характеризуют уровень испарения и образование смеси ДТ. Чем больше плотность и вязкость, тем хуже происходит процесс воспламенения и горения. Это приводит к увеличению расхода ДТ и повышает дымность выхлопных газов. Маловязкое топливо в процессе эксплуатации увеличивает износ деталей топливного насоса.

Плотность и вязкость ДТ определялись с помощью вискозиметра Штанбингера SVM3000 Anton Paar согласно ГОСТ 33-2016 «Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости». Данный метод испытания устанавливает одновременное определение динамической вязкости и плотности [21]. В данной работе динамическая и кинематическая вязкость ДТ определялись при температуре 20 °С, а плотность при 15 °С.

Испытуемое ДТ вводят в измерительную ячейку, состоящую из вращающихся цилиндров и U-образной трубки (рисунок 2.4). Определение динамической вязкости основано на зависимости равновесной скорости вращения внутреннего цилиндра под действием напряжения сдвига испытуемого образца и индукционного тормоза с использованием корректирующих данных. Измерение плотности основано на зависимости резонансной частоты колебаний U-образной трубки от плотности жидкости или газа внутри нее.

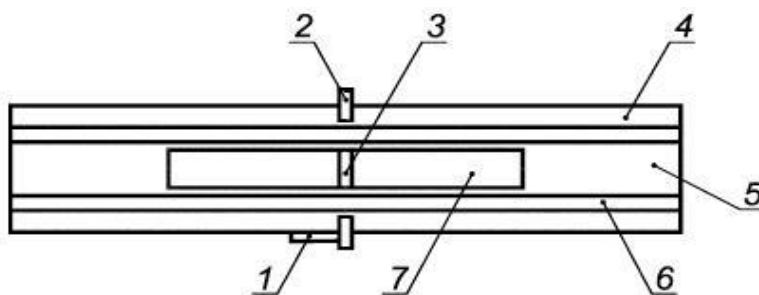


Рисунок 2.4 – Вискозиметрическая ячейка [21]

1 – датчик на основе эффекта Холла; 2 – кольцо из мягкого железа;

3 – магнит; 4 – медный корпус; 5 – образец; 6 – трубка; 7 – ротор

### 2.2.3 Методика определения цетанового индекса

Цетановый индекс определялся согласно ISO 4264 «Petroleum products – Calculation of cetane index of middle-distillate fuels by the four variable equation» [23].

Сущность метода заключается в определении плотности ДТ при 15 °С согласно [24], температуры кипения 10, 50 и 90 об. % фракции ДТ согласно [22] и с последующим расчетом цетанового индекса по полученным данным.

Цетановый индекс рассчитывается по формуле [23]:

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

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

## 2.3 Методики определения состава дизельного топлива

### 2.3.1 Методика определения фракционного состава

Фракционный состав ДТ определялся согласно ГОСТ 2177-99 «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава» [22].

Сущность метода заключается в следующем: испытуемый образец ДТ объемом 100 см<sup>3</sup> перегоняют на установке (рисунок 2.5) и регистрируют показания термометра при объеме конденсата 10 %, 50 %, 90 %, 96 %. Скорость нагрева должна быть постоянной и должна соответствовать приблизительно 1 капле в секунду.

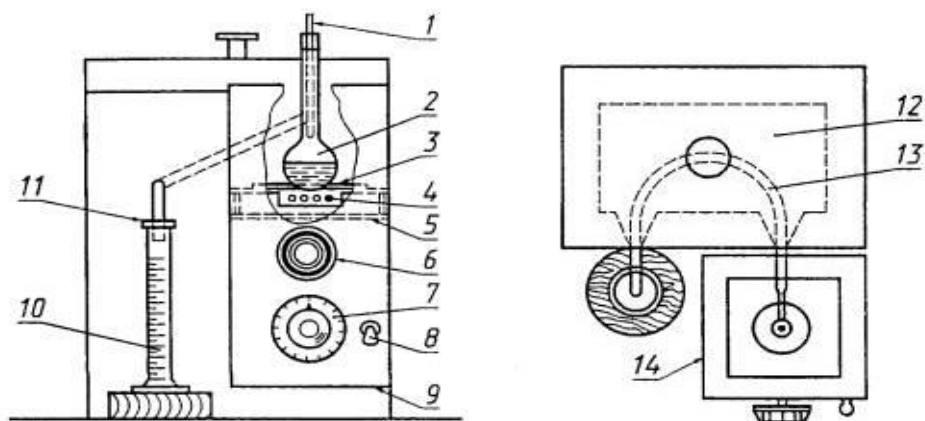


Рисунок 2.5 – Аппарат для определения фракционного состава [22]

1 – термометр; 2 – колба Энглера; 3 – асбестовая прокладка;  
 4 – нагревательный элемент; 5 – подставка; 6 – ручка для регулирования  
 положения колбы; 7 – диск для регулирования нагрева;  
 8 – выключатель; 9 – открытое дно кожуха; 10 – цилиндр;  
 11 – фильтровальная бумага; 12 – охлаждающая баня;  
 13 – трубка холодильника; 14 – кожух

### 2.3.2 Методика определения содержания серы

Содержание серы определялось согласно ГОСТ 32139-2013 «Нефть и нефтепродукты. Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии» с использованием анализатора «СПЕКТРОСКАН S» [25].

Сущность метода заключается в том, что испытуемый образец помещают в аппарат, где он попадает под пучок лучей, испускаемых рентгеновской трубкой и измеряют результирующее возбужденное характеристическое рентгеновское излучение. Для получения значения общего содержания серы в % мас. или в мг/кг полученный сигнал счетчика импульсов сравнивают с сигналами, полученными при испытании заранее приготовленных калибровочных образцов, которые охватывают исследуемый диапазон концентраций: 0,0-0,1 % мас.; 0,1-1,0 % мас.; 1,0-5,0 % мас. [25].

### 2.3.3 Методика определения группового состава

При определении группового химического состава устанавливают количественное содержание в ДТ ароматических, нафтеновых и парафиновых углеводородов.

Групповой углеводородный состав образцов ДТ определялся согласно методике, представленной в [26]. Данная методика основывается на методе анилиновых точек.

Метод анилиновых точек основан на различной растворимости углеводородов различных классов в анилине. Сущность метода заключается в разделении ДТ на 50-ти градусные фракции, после чего каждая фракция анализируется по отдельности. Итоговый углеводородный состав образца определяют с учетом содержания 50-ти градусных фракций, на основании фракционного состава.

Определение группового углеводородного состава ДТ включает в себя следующие этапы:

1. Разделение ДТ на 50-ти градусные фракции;
2. Определение максимальной анилиновой точки в 50-ти градусных фракциях;
3. Удаление ароматических углеводородов жидкостно-адсорбционной хроматографией;
4. Определение анилиновой точки деароматизированной фракции методом равных объемов;
5. Расчет содержания парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов.

Максимальная анилиновая точка (критическая температура растворения) – температура, при которой углеводородная фракция и анилин смешиваются в любых соотношениях.

Критическую температуру растворения определяют следующим образом: в исследуемый образец добавляют анилин до тех пор, пока не произойдет скачок температуры – сначала температура полного смешения

повышается, но при некотором соотношении ДТ и анилина достигает максимума, после чего при дальнейшем добавлении анилина начинает падать. Эту температуру принимают за максимальную анилиновую точку. Установка для определения максимальной анилиновой точки приведена на рисунке 2.6 [26].

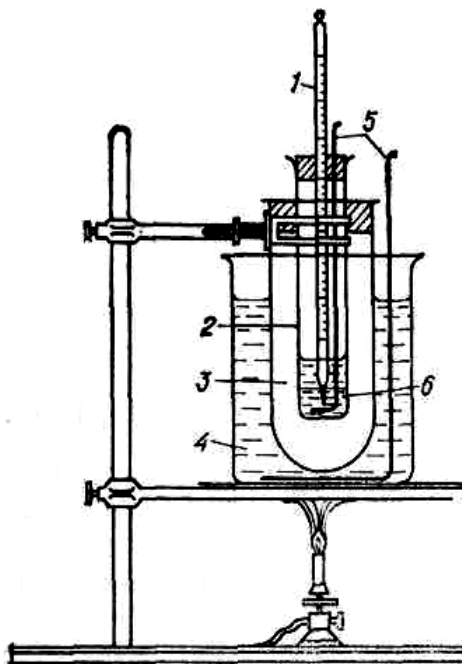


Рисунок 2.6 – Установка для определения максимальной анилиновой точки [26]

*1 – термометр; 2 – пробирка; 3 – муфта; 4 – баня; 5 – мешалка;  
6 – смесь анилина с дизельным топливом*

Деароматизацию осуществляют с помощью жидкостно-адсорбционной хроматографией. Этот метод основан на различной сорбируемости компонентов смеси, зависящей от их химического состава и строения.

По сравнению с парафиновыми и нафтеновыми углеводородами ароматические обладают большей адсорбционной способностью. Именно это свойство и положено в основу метода. Десорбция адсорбированных продуктов происходит при помощи жидкостей, обладающих большей поверхностной активностью, чем адсорбированное вещество, например, этилового спирта.

В колонку, заполненную силикагелем (рисунок 2.7) заливают исследуемый образец ДТ и после того, как он полностью впитается в силикагель, добавляют этиловый спирт. Деароматизированный продукт собирают с низа колонки в градуированные пробирки.

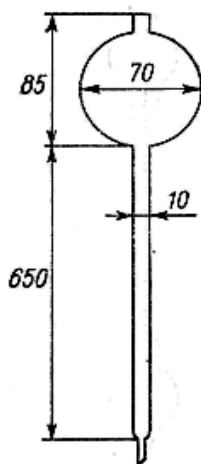


Рисунок 2.7 – Адсорбционная колонка [26]

Для каждой отобранной фракции с помощью рефрактометра определяют показатель преломления (рисунок 2.8) до тех пор, пока этот показатель между двумя последовательно отобранными порциями не будет отличаться на 0,0005. Увеличение коэффициента преломления в отобранной порции указывает на наличие ароматических углеводородов. Фракции, отличающиеся по показателю преломления не более чем на 0,0005, сливают вместе и определяют для них анилиновую точку методом равных объемов.

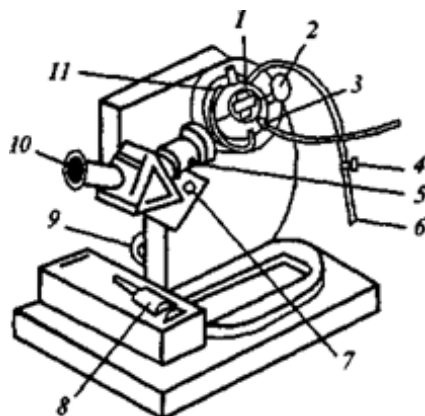


Рисунок 2.8 – Рефрактометр

*1 – осветительная призма; 2 – зеркало; 3 – штанцер; 4 – винтовой зажим;  
5 – маховичок компенсатора дисперсии; 6, 11 – шланги; 7 – отверстие для*



ключа; 8 – ключ; 9 – маховичок для поворота призмного блока;

10 – зрительная труба

Для деароматизированной фракции определяют анилиновую точку методом равных объемов. Для этого анилин и исследуемую фракцию берут в равных объемах и определяют температуру их полного растворения. Полученную температуру принимают за анилиновую точку.

### 2.3.3.1 Расчет содержания ароматических, нафтеновых и парафиновых углеводородов

Массовую долю ароматических углеводородов ( $A$ ), %, рассчитывают по формуле:

$$A = K \cdot (T - T_0) \quad (2.2)$$

где  $(T - T_0)$  – депрессия анилиновой точки;  $K$  – анилиновый коэффициент.

Коэффициент  $K$  для каждой узкой фракции определен экспериментально (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Анилиновый коэффициент  $K$  для различных концентраций ароматических углеводородов во фракциях, выкипающих выше 150 °С [26]

Депрессия максимальной анилиновой точки, °С	Пределы выкипания фракции, °С			
	150-200	200-250	250-300	300-350
2	1,58	1,76	1,94	2,10
4	1,56	1,74	1,91	2,06
6	1,54	1,72	1,88	2,03
8	1,52	1,70	1,85	1,99
10	1,50	1,68	1,82	1,95
12	1,49	1,66	1,79	1,92
14	1,48	1,64	1,76	1,88
16	1,47	1,62	1,74	1,85
18	1,46	1,60	1,71	1,82
20	1,45	1,57	1,68	1,79
22	1,44	1,55	1,66	1,77
24	1,43	1,54	1,64	1,74
26	1,42	1,52	1,62	1,71
28	1,41	1,51	1,60	1,68
30	1,40	1,49	1,58	1,66

32	1,39	1,48	1,56	1,66
34	1,38	1,46	1,54	1,64
36	1,37	1,45	1,52	1,62
38	1,36	1,43	1,52	1,59
40	1,35	1,42	1,48	1,57
42	1,34	1,40	1,46	1,54
44	1,33	1,39	1,44	1,51
46	1,32	1,37	1,42	1,49
48	1,31	1,35	1,39	1,43
50	1,30	1,34	1,37	1,40

Массовую долю нафтеновых углеводородов ( $H_1$ ), %, в деароматизированной фракции находят по формуле:

$$H_1 = K_1 \cdot (T_1 - T) \quad (2.3)$$

где  $T_1$  – максимальная анилиновая точка чистых парафиновых углеводородов, °С;  $K_1$  – анилиновый коэффициент.

Так как после деароматизации во фракциях остаются парафиновые и нафтеновые углеводороды, анилиновая точка  $T_1$  зависит от их соотношения в парафино-нафтеновой части фракций. Значения коэффициента  $K_1$  и  $T_1$  приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Анилиновые коэффициенты  $K_1$  и средняя максимальная анилиновая точка чистых парафиновых углеводородов  $T_1$  [26]

Пределы выкипания фракции, °С	Анилиновые коэффициенты нафтеновых углеводородов, $K_1$	Анилиновая точка чистых парафиновых углеводородов $T_1$ , °С
150-200	5,00	78,0
200-250	5,00	85,8
250-300	5,00	93,0
300-350	5,00	99,5

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

$$H = H_1 \cdot \frac{100-A}{100} \quad (2.4)$$

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

Массовую долю парафиновых углеводородов  $P$ , %, находят по формуле:

$$P = 100 - (A + H) \quad (2.5)$$

где  $A$  – массовая доля ароматических углеводородов, %;  $H$  – массовая доля нафтеновых углеводородов, %.

### 2.3.4 Методика определения структурно-группового состава

Наибольшее распространение среди методов структурно-группового анализа получил метод  $n - d - M$ , основанный на определении показателя преломления ( $n$ ), плотности ( $d$ ) и молекулярной массы ( $M$ ). Этот метод позволяет составить представление о «средней» молекуле объекта исследования и дает возможность определить распределение углерода и содержание ароматических колец в углеводородах нефтяных фракций.

Для расчета структурно-группового состава по методу  $n - d - M$  необходимо экспериментально определить следующие характеристики объекта исследования:

1. Показатель преломления с точностью до  $\pm 0,0001$  определяется на рефрактометре при  $20\text{ }^\circ\text{C}$  для жидких фракций.

2. Плотность с точностью  $\pm 0,0002\text{ г/см}^3$  для жидких фракций определяется при  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , по методике, представленной в разделе 2.2.2.

3. Молекулярная масса определяется с погрешностью  $\pm 3\%$ . Молекулярная масса определялась с помощью установки КРИОН-1, предназначенной для определения молекулярной массы веществ методом криоскопии. Принцип действия установки КРИОН-1 основан на измерении депрессии температуры – разницы температур кристаллизации чистого растворителя (бензола) и раствора испытуемого вещества, которая затем используется для расчета молекулярной массы испытуемого вещества.

4. Содержание в исследуемом продукте серы в % мас.; определяется по методике, представленной в разделе 2.3.2.

#### Обработка результатов:

Для упрощения расчета вычисляют значения факторов  $V$ ,  $W$ ,  $X$ ,  $Y$  по следующим формулам:

$$V = 2,51(n - 1,4750) - (\rho - 0,8510) \quad (2.6)$$

$$W = (\rho - 0,8510) - 1,11(n - 1,4750) \quad (2.7)$$

Массовую долю углерода находящегося в ароматических кольцах  $C_{ap}$ , % мас., вычисляют по формуле:

$$\begin{array}{lll} \text{при} & V > 0 & C_{ap} = 430V + 3660 / M; \\ \text{при} & V < 0 & C_{ap} = 670V + 3660 / M. \end{array} \quad (2.8)$$

Содержание углерода в кольчатых структурах ( $C_k$ , %) вычисляют по формулам:

$$\text{при} \quad W > 0 \quad C_k = 820W - 3S + 10000 / M; \quad (2.9)$$

где  $S$  – массовая доля серы в исследуемой фракции, %;

$$\text{при} \quad W < 0 \quad C_k = 1440W - 3S + 10600 / M. \quad (2.10)$$

Массовую долю углерода в нафтеновых структурах ( $C_n$ , %) находят по разности:

$$C_n = C_k - C_{ap}. \quad (2.11)$$

Массовую долю углерода в алкильных заместителях ( $C_{ал}$ , %) также находят по разности:

$$C_{ал} = 100 - C_k \quad (2.12)$$

Содержание колец в «средней молекуле» фракции рассчитывают по приведенным ниже формулам.

Число ароматических колец  $K_{ap}$ :

$$\begin{array}{lll} \text{при} & V > 0 & K_{ap} = 0,44 + 0,05MV; \\ \text{при} & V < 0 & K_{ap} = 0,44 + 0,08MV. \end{array} \quad (2.13)$$

Общее число колец  $K_o$ :

$$\begin{array}{lll} \text{при} & W > 0 & K_o = 1,33 + 0,146M(W - 0,005S); \\ \text{при} & W < 0 & K_o = 1,33 + 0,180M(W - 0,005S). \end{array} \quad (2.14)$$

Число нафтеновых колец  $K_n$ :

$$K_n = K_o - K_{ap}. \quad (2.15)$$

## **5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

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

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

На сегодняшний день увеличение производства дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами – это одна из актуальнейших проблем нефтеперерабатывающей промышленности.

Данная работа посвящена исследованию взаимодействия депрессорных присадок и углеводородов дизельной фракции.

Результаты данной работы могут быть использованы для составления рецептуры производства дизельных топлив, разработки необходимого рецепта смешения и экономии дорогостоящих компонентов. Все это отражается на стоимости дизельного топлива, увеличивая его конкурентоспособность.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является создание конкурентоспособных разработок,

технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

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

### **5.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

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

Продукт – дизельное топливо с улучшенными низкотемпературными свойствами.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка – предприятия нефтехимической отрасли.

### **5.2 Диаграмма Исикавы**

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) – это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления. Она представлена на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1 – Диаграмма Исикавы

### 5.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

В данном разделе была оценена степень готовности научной разработки к коммерциализации и определен уровень собственных знаний для ее проведения.

Для этого была составлена таблица, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно - технического задела	5	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4

4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	52	53

Согласно результатам таблицы 5.1 суммарное количество баллов по категории степень проработанности научного проекта составляет и уровню имеющихся знаний у разработчика 52 и 53 соответственно, что указывает на готовность научного проекта к коммерциализации с перспективой выше среднего (45-59 баллов).

Таким образом, реализация данного проекта вероятна в предприятиях нефтехимической отрасли, но прежде необходимо решить следующие возникшие проблемы:



- проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок;
- провести маркетинговые исследования рынков сбыта.

## 5.4 Инициализация проекта

В рамках процессов инициализации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав научного проекта магистерской работы должен включать цели и результат проекта, организационную структуру проекта, ограничения и допущения проекта (таблицы 5.2-5.5).

Таблица 5.2 – Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Научное объединение (институт, университет)	Освоение принципиально новой области исследования. Развитие взаимоотношений с представителями нефтеперерабатывающей отрасли с целью разработки совместного научного проекта. Продвижение проекта на целевой рынок.
Представители промышленности (компании, заводы)	Применение научного проекта с целью оптимизации, энерго- и ресурсосбережения действующего производства.

Таблица 5.3– Цели и результат проекта

Цели проекта	Установить, как состав дизельного топлива влияет на эффективность действия депрессорных присадок; Разработка рекомендаций по подбору типа присадки и ее оптимальной концентрации
Ожидаемые результаты проекта	Создание рекомендаций по применению присадок, позволяющих наиболее эффективно вести процесс производства дизельного топлива.
Критерии приемки результата проекта	Адекватность относительно действующего промышленного процесса; Универсальность разработанных рекомендаций.

Требования к результату проекта	Максимальное соответствие критериям приемки результата проекта
	Экономическая целесообразность

Таблица 5.4 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, Основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
1	Киргина М.В., доцент ОХИ	Научный руководитель проекта	Разработка линейного графика выполнения работ. Консультирование, контроль выполнения индивидуального плана магистерской диссертации.	50
2	Никонова Н.П., магистрант ОХИ	Исполнитель проекта	Сбор и анализ литературных данных, составление и организация этапов текущей работы, выполнение научной работы.	648

Таблица 5.5 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	352007,2 руб.
Источник финансирования	ТПУ
Сроки проекта	01.09.2019 – 31.05.2020
Дата утверждения плана управления проектом	01.09.2019
Дата завершения проекта	31.05.2020

## 5.5 Планирование управления научно-техническим проектом

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (таблица 5.6).

Таблица 5.6– Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
Составление и утверждение технического задания	4	01.09.2019	05.09.2019	Киргина М.В.
Составление календарного плана работ	3	06.09.2019	09.09.2019	Киргина М.В.
Проведение литературного обзора – изучение материалов	90	10.09.2019	09.12.2019	Никонова Н.П.
Разработка плана экспериментальных работ	21	10.12.2019	31.12.2019	Никонова Н.П. Киргина М.В.
Подбор оборудования и образцов	30	01.01.2020	31.01.2020	Никонова Н.П. Киргина М.В.
Проведение лабораторных испытаний	40	01.02.2020	12.03.2020	Никонова Н.П.
Обработка полученных данных	20	13.03.2020	02.04.2020	Никонова Н.П.
Обсуждение результатов и выводов по проделанной работе	25	03.04.2020	28.04.2020	Никонова Н.П. Киргина М.В.
Оформление ВКР	32	29.04.2020	31.05.2020	Никонова Н.П.

Наиболее удобным и наглядным является построение календарного графика проекта 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. Календарный план-график проведения научного исследования приведен в таблице 5.7.

Магистрант	Руководитель

Таблица 5.7 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполнители	Длительность работы в календарных днях	Продолжительность выполнения работ декады																										
			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	■																										
Составление календарного плана работ	Руководитель	3	■	■	■																								
Проведение литературного обзора – изучение материала	Магистрант	90	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Разработка плана экспериментальных работ	Руководитель	21											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Магистрант	21											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Подбор оборудования и образцов	Руководитель	30														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Магистрант	30														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Проведение лабораторных испытаний	Магистрант	40																■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Обработка полученных данных	Магистрант	20																			■	■	■	■	■	■	■		
Обсуждение результатов и выводов по проделанной работе	Руководитель	25																					■	■	■	■	■		
	Магистрант	25																					■	■	■	■	■		
Оформление ВКР	Магистрант	32																								■	■		

## 5.6 Бюджет научно-технического исследования

В процессе формирования бюджета научно-технического исследования используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты научно-технического исследования;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления на социальные нужды;
- накладные расходы.

### 5.6.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В данную статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Результаты по данной статье приведены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Дизельное топливо	10 л	50	500
Депрессорная присадка «Carlube»	1 шт.	380	380
Депрессорная присадка «Sapfire»	1 шт.	150	150
Депрессорная присадка «Astrohim»	1 шт.	400	400
Анилин	0,1 кг	220	220
Спирт этиловый	10 л	340	3400
Глицерин	1 л	200	200
Силикагель	5 кг	100	500
Термометр	2 шт.	500	1000
Адсорбционная колонка	3 шт.	1200	3600
Пипетки градуированные на 1 см <sup>3</sup>	10 шт.	45	450
Пробирки градуированные	30 шт.	20	600
Цилиндры мерные на 100 см <sup>3</sup>	5 шт.	200	1000
Стеклянные воронки	5 шт.	50	250
Колба Энглера	4 шт.	200	800
Всего за материалы			13450
Транспортно-заготовительные расходы (3%)			404
<b>Итого по статье С<sub>м</sub></b>			<b>13854</b>

## 5.6.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Расчет затрат на приобретение оборудования приведены в таблице 5.9.

Амортизацию имеющего оборудования рассчитывается по формуле:

$$\text{Амортизация оборудования} = \frac{\text{стоимость оборудования} \cdot \text{срок использования}}{\text{срок эксплуатации} \cdot 365}$$

Таблица 5.9 – Расчет затрат по статье «Оборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Срок эксплуатации оборудования, год	Срок использования, дни	Амортизация оборудования, руб.
1.	Аналитические весы	1	15000	10	10	41
2.	Электрическая плитка	1	2000	5	10	11
4.	Криостат	1	240000	10	20	1315
5.	Аппарат для разгонки нефтепродуктов	1	110880	10	20	608
6.	Аппарат для определения ПТФ	1	150000	5	20	1644
<b>Итого по статье</b>						<b>3619</b>

## 5.6.3 Основная заработная плата

Для расчета основной заработной платы используем месячный оклад руководителя и магистранта. Статья заработной платы исполнителей темы включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (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:

$$C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.1)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (5.2)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (5.3)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

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

В таблице 5.10 приведен баланс рабочего времени каждого работника научно-технического исследования.

Таблица 5.10 – Баланс рабочего времени

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

Действительный фонд рабочего времени	264	264
--------------------------------------	-----	-----

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = (Z_б \cdot (k_{np} + k_d) + Z_б) \cdot k_p, \quad (5.4)$$

где  $Z_б$  – базовый оклад, руб.;

$k_{np}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_б$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_б$ , руб	$K_{np}$	$K_d$	$K_p$	$Z_M$ , руб	$Z_{дн}$ , раб.дн	$T_p$ , раб.дн	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2020,3	83	167686,4
Исполнитель	1988	-	-	1,3	2584,4	101,8	258	26266,9
<b>Итого</b>								<b>193953,3</b>

#### 5.6.4 Дополнительная заработная плата научно–производственного персонала

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

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

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (5.5)$$

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

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

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



В таблице 5.12 приведена форма расчета основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.12 – Заработная плата исполнителей научно-технического исследования

<b>Заработная плата</b>	<b>Руководитель</b>	<b>Магистрант</b>
Основная зарплата	167686,4	26266,9
Дополнительная зарплата	16768,6	2626,9
Зарплата исполнителя	184455,1	28893,6
<b>Итого по статье С<sub>зп</sub>, руб</b>	<b>213348,6</b>	

### 5.6.5 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (5.6)$$

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

Отчисления на социальные нужды составляет 30,2 % от суммы заработной платы всех сотрудников.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.13.

Таблица 5.13 – Отчисления во внебюджетные фонды

<b>Исполнитель</b>	<b>Основная заработная плата, руб.</b>	<b>Дополнительная заработная плата, руб.</b>
Руководитель	167686,4	16768,6
Магистр	26266,9	2626,7
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
<b>Итого:</b>	<b>64431,3</b>	

### 5.6.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование

материалов исследования, отопления, электроэнергии и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (5.7)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов  $k_{\text{нр}}$  допускается взять в размере 16%.

Накладные расходы составляют 77273 руб.

Калькуляция плановой себестоимости научно-технического исследования на основании полученных данных по отдельным статьям затрат приведена в таблице 5.14.

Таблица 5.14 – Группировка затрат по статьям

Статьи затрат	Затраты, руб.
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	13854
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	3619
Заработная плата	213348,6
Отчисления на социальные нужды	64431,3
Накладные расходы	78273
<b>Итого плановая себестоимость</b>	<b>373525,9</b>

Согласно таблице 5.14, основные затраты научно-технического исследования приходятся на выплату заработной платы работников, участвующих в выполнение темы проекта.

### 5.7 Организационная структура проекта

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

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры можно использовать таблицу 5.15.

Таблица 5.15 – Выбор организационной структуры научного проекта

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

Для данного научно-исследовательского проекта наиболее подходящей является проектная организационная структура (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2 – Проектная организационная структура проекта

## 5.8 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (таблица 5.16).

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

*Ответственный (O)* – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

*Исполнитель (И)* – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

*Утверждающее лицо (У)* – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

*Согласующее лицо (С)* – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

Таблица 5.16 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель	Исполнитель
Составление и утверждение технического задания	И	О
Составление календарного плана работ	И	О
Проведение литературного обзора – изучение материала	С	И
Разработка плана экспериментальных работ	С	И
Подбор оборудования и образцов	У	О
Проведение лабораторных испытаний	У	И
Обработка полученных данных	С	И
Вывод по проделанной работе	С	И
Оформление ВКР	С	И

## 5.9 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. План управления коммуникациями приведен в таблице 5.17.

Таблица 5.17 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководитель	Еженедельно
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководитель	Еженедельно
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководитель	Не позже сроков графиков и контрольных точек

4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководитель	Не позже дня контрольного события по плану управления
----	--------------------------------	-------------	--------------	---

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

### **5.10.1 Оценка сравнительной эффективности исследования**

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (5.8)$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \quad (5.9)$$

где  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$n$  – число параметров сравнения.

Результаты по расчету интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 5.18.

Таблица 5.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
Способствует улучшению низкотемпературных свойств	0,4	5	5	4
Удобство в эксплуатации	0,2	5	4	4
Энергосбережение	0,2	5	3	3
Надежность	0,2	5	4	3
Итого	1	19	17	14

$$I_{mn} = 0,4 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 = 4,8$$

$$I_{A1} = 0,4 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 = 4,2$$

$$I_{A2} = 0,4 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 = 3,6$$

Аналог 1 – это технология каталитической депарафинизации дизельных топлив позволяющая улучшить их низкотемпературные свойства.

Аналог 2 – это облегчение фракционного состава дизельного топлива позволяющая улучшить их низкотемпературные свойства.

Сравнение значений интегрального показателя ресурсоэффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Таким образом, видно, что использование присадок с учетом влияния состава топлива на низкотемпературные свойства более эффективный метод улучшения низкотемпературных свойств, так как он более экономичен и эффективен.

## **6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

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

Объектом исследования являются прямогонные дизельные топлива и их смеси с депрессорными присадками.

Цель работы – исследование взаимодействия депрессорных присадок и углеводородов дизельной фракции.

Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.

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

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

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

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации каждый работник имеет право на [27]:

- 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.

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

Экспериментальная часть работы магистра осуществлялась в лаборатории отделения химической инженерии Томского политехнического университета, оборудованная системами отопления, кондиционирования воздуха и естественным и искусственным освещением.

Работа с вредными и легколетучими веществами производится в вытяжных шкафах, обеспечивающих изоляцию работающих от опасной среды.

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, система вентиляции и отопления, рационального освещения и т.п.



## 6.2 Производственная безопасность

Исследование влияния состава дизельного топлива на эффективность действия присадок может создать вредные и опасные факторы для работников исследования.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» перечень опасных и вредных факторов, характерных для рабочей среды представлены в таблице 6.1 [28].

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные факторы [28]

Источник фактора (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изгото- вление	Эксплуа- тация	
1. Отклонение показателей Микроклимата	+	+	+	– СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» – СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение – СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирования – ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты – ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность.
2. Повышенный уровень шума		+	+	
3. Недостаточное освещение рабочей зоны	+	+	+	
4. Поражение электрическим током	+	+	+	
5. Токсическое воздействие веществ		+	+	
6. Возникновение пожара	+	+	+	

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

#### 6.2.1.1 Токсическое воздействие веществ

При работе в лаборатории используется вредные вещества. ПДК в воздухе рабочей зоны, класс опасности и влияние на организм человека этих веществ указаны в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Предельно-допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе рабочей зоны и их влияние на организм [29]

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Воздействие на организм
Дизельное топливо	300	4	Вдыхание паров дизельного топлива, попадание их внутрь организма человека могут вызвать тяжелое отравление и вредно отразиться на здоровье человека. Вызывает у человека различные кожные заболевания, резкие боли и отеки, раздражает слизистую оболочку.
Анилин	0,1	2	Действует на центральную нервную систему, на кровь, обладает способностью проникать в организм через неповрежденную кожу и при вдыхании его паров
Этиловый спирт	1000	4	Вдыхание паров этилового спирта приводит к раздражению слизистой оболочки глаз и носа, головным болям, сонливости, усталости и наркотическому состоянию. При приеме внутрь — поражение ЦНС, печени, желудочно-кишечного тракта, состояния сердечно-сосудистой системы, эндокринных органов.
Бензол	5	2	Бензол является ядом крови. Уменьшается число эритроцитов, катастрофически падает гемоглобин, происходит ряд хромосомных нарушений. При очень высоких концентрациях — почти мгновенная потеря сознания и смерть в течение нескольких минут. При меньших концентрациях — сонливость, общая слабость, головокружение, тошнота, рвота, головная боль, потеря сознания.

При работе в лаборатории необходимо строго соблюдать основные правила техники безопасности:

1. Категорически запрещается работать одному в лаборатории.
2. Разрешается работать только в отведенное время под контролем преподавателя или других сотрудников.
3. Категорически запрещается принимать и хранить пищу.
4. Каждый должен знать, где находятся средства индивидуальной защиты, аптечка, средства для тушения пожара.
5. В лаборатории необходимо находиться в застегнутом хлопчатобумажном халате.
6. Приступать к работе можно после усвоения всей техники ее выполнения.
7. Нельзя проводить опыты в загрязненной посуде. Посуду следует мыть сразу после окончания эксперимента.
8. Категорически запрещается пробовать химические вещества на вкус. Нюхать вещества следует осторожно, не поднося сосуд близко к лицу, а лишь направляя к себе пары или газы легким движением руки, при этом не следует делать полный вдох.
9. Жидкие органические вещества и их растворы запрещается набирать в пипетки ртом, для этого необходимо использовать резиновые груши и другие приспособления.
10. В процессе работы необходимо следить, чтобы вещества не попадали на кожу.
11. Все банки, в которых хранятся вещества, должны быть снабжены этикетками с соответствующими названиями.
12. Запрещается нагревать, смешивать и взбалтывать реактивы вблизи лица. При нагревании нельзя держать пробирку или колбу отверстием к себе или в направлении работающего товарища.
13. Запрещено выливать в раковину остатки кислот и щелочей, огнеопасных и взрывоопасных, а также сильно пахнущих веществ. Для слива этих веществ в вытяжном шкафу должны находиться специальные сосуды с плотно притертыми крышками и

соответствующими этикетками («СЛИВ КИСЛОТ», «СЛИВ ЩЕЛОЧЕЙ», «СЛИВ ОРГАНИКИ»).

14. Не разрешается бросать в раковину стекла от разбитой посуды, бумагу и вату.

15. После завершения работы необходимо отключить воду, вытяжные шкафы и электроэнергию.

## **6.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований**

### **6.2.2.1 Отклонение показателей микроклимата**

Показателями, характеризующими микроклимат являются температура воздуха, относительная влажность, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения.

Метеорологические условия производственной среды регламентируются санитарными нормами промышленных предприятий.

Согласно [30] выполняемая работа относится к категории Ia по тяжести выполняемых работ. Для данной категории работ определены оптимальные границы основных параметров микроклимата, которые приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте [30]

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

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

К числу СИЗ от неблагоприятных климатических условий относят спецодежду, спецобувь, средства защиты рук и головные уборы.

#### **6.2.2.2 Повышенный уровень шума**

Производственные процессы в химической лаборатории сопровождаются шумом.

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

Нормирующей характеристикой постоянного шума на рабочем месте является уровень звуковых давлений, составляющий 80 дБА [31, 32].

Минимизировать негативные последствия возможно путем выполнения следующих мероприятий:

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

#### **6.2.2.3 Недостаточное освещение рабочей зоны**

Одним из важнейших элементов благоприятных условий труда является рациональное освещение помещений и рабочих установок. В лаборатории применяется естественное и искусственное освещение.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости.

Естественное освещение характеризуется изменяющейся освещенностью на рабочих местах в течение суток года, которое обуславливается световым климатом. Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим.

Для обеспечения нормативных значений освещенности в помещении проводится чистка стекол оконных рам и светильников, а также производится замена перегоревших световых приборов.

#### **6.2.2.4 Поражение электрическим током**

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

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

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

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

### 6.2.2.5 Возникновение пожара

Лаборатория отделения химической инженерии относится к пониженной пожароопасности по степени пожароопасности – к категориям «Д» – производства, связанные с обращением с легковоспламеняющимися жидкостями, а также обработкой несгораемого материала согласно [33, 34].

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.1.004-91 [35].

Лаборатория должна быть оснащена пожарными кранами с пожарными рукавами. В каждом рабочем помещении должны быть в наличии огнетушители и песок, а в помещениях с огнеопасными и легковоспламеняющимися веществами – дополнительные средства пожаротушения.

В помещениях лаборатории и в непосредственной близости от них (в коридорах, под лестницами) запрещается хранить горючие материалы и устанавливать предметы, загромождающие проходы и доступ к средствам пожаротушения. Курить разрешается только в отведенном и оборудованном для этой цели месте. Без разрешения ответственного за противопожарные мероприятия запрещается установка лабораторных и нагревательных приборов, пуск их в эксплуатацию, переделка электропроводки.

Запрещается эксплуатация неисправных лабораторных и нагревательных приборов. После окончания работы необходимо отключить электроэнергию, закрыть газовые баллоны и воду во всех помещениях.

При возникновении пожара необходимо принять все меры по его локализации и тушению. Для этого должен быть обеспечен проход между лабораторными столами, выходы недопустимо загромождать различными предметами. При возникновении возгорания все сотрудники должны действовать четко, в соответствии с заранее разработанной программой согласно инструкции.

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

### **6.3 Экологическая безопасность**

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

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

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

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

Для лаборатории наиболее применим первый вариант.

#### **6.3.1 Воздействие на атмосферу**

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то можно ограничиться только адсорбцией. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента. В качестве адсорбента наиболее часто используют активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров [36].

#### **6.3.2 Воздействие на гидросферу**

Отработанные органические сливы собираются в специальную герметично закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию. 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 [38].

### **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 [38].

### **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

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

Чрезвычайную ситуацию можно квалифицировать следующим образом:

- ЧС, связанная с авариями (пожары, взрывы, выброс вредных веществ в окружающую среду);
- ЧС, связанная со стихийными бедствиями (землетрясения, наводнения, ураганы, смерчи, снежные бури, заносы, оползни, обвалы, эпидемии, лесные и торфяные пожары);
- ЧС конфликтного характера (вооруженное нападение, волнения в отдельных районах, вызванные выступлениями экстремистских групп, применения оружия массового поражения).

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

[39]. Технические и организационные меры по предотвращению пожара или взрыва и противопожарной защите осуществляются в соответствии с [34] и [40].

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

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

1. немедленно прекратить работу и вызвать пожарную охрану по телефону 01, 101, 112 сообщив при этом адрес учебного корпуса, место возникновения, фамилию, имя, отчество, телефон;
2. двигаться к ближайшему запасному выходу согласно плану эвакуации (рисунок 6.1);

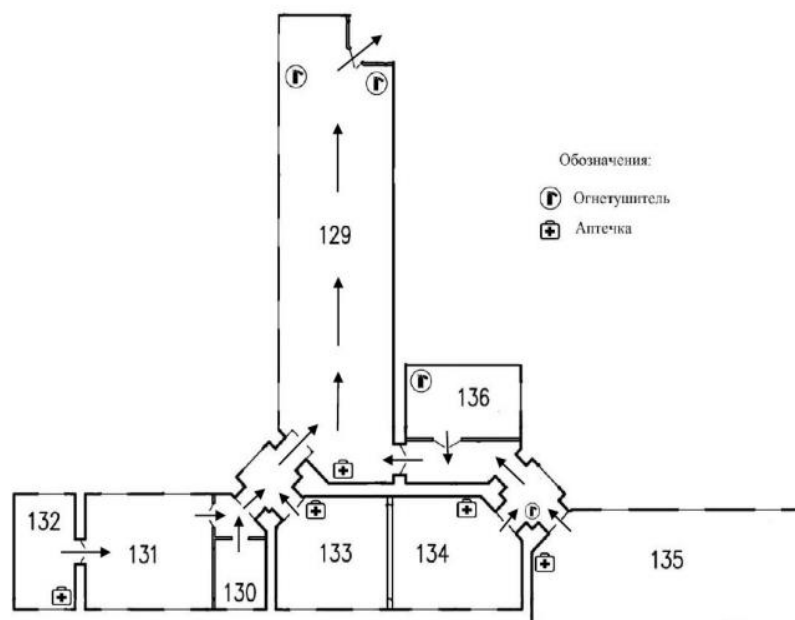


Рисунок 6.1 – План эвакуации

3. ориентироваться по лампам аварийного освещения при эвакуации (светильникам зеленого цвета) в коридорах и на лестничных клетках;
4. если помещение задымлено, дышать через влажный носовой платок;
5. сохранять спокойствие;

б. выйти из здания и удалиться от него на безопасное расстояние.

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

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где выполнялась магистерская диссертация можно сделать вывод, что лаборатория, удовлетворяет предъявляемым требованиям и нормам. При соблюдении техники безопасности и правил работы в химической лаборатории данный вид работы не повлияет на здоровье работника.

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

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

# СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

№	Наименование работы, ее вид	Характер работы	Выходные данные	Объем, стр.	Соавторы
<b>Публикации в ведущих научных изданиях, входящих в базы Scopus или Web of Science: 1</b>					
1	Identification the regularities of influence of the diesel fuels composition on the efficiency of low-temperature additives action	Печатная	Petroleum and Coal, 2020, Vol. 62, Issue 1, pp. 142-148	7	Bogdanov I.A. Orlova A.M. Kirgina M.V.
<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. Морозова Я.П. Алтынов А.А. Киргина М.В. Белинская Н.С.
<b>Прочие публикации: 4</b>					
1	Анализ группового и структурно-группового состава прямогонных дизельных топлив	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. 385-386	2	Богданов И.А.
2	Изучение группового и структурно-группового состава прямогонных дизельных топлив	Печатная	Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы 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. 347-348	2	Богданов И.А.
3	Особенности синтеза и свойства 5-норборнен-2,3-дикарбоксимида-N-бутилацетата и полимеров на его основе	Печатная	Материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2018, с. 522-523	2	Климова Т.
4	Синтез новых мономеров для ROM-полимеризации	Печатная	Материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2018, С. 466-467	2	Даянова Р.Р.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Капустин В.М. Нефтяные и альтернативные топлива с присадками и добавками. – М.: Колос, 2008. – 232 с.
2. Производство дизельного топлива в 2015-2019 годах. Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации, [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://minenergo.gov.ru/>, свободный. Дата обращения: 05.04.2020 г.
3. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2014. – 12 с.
4. ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009). Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2015. – 17 с.
5. ТР ТС 013/2011. Технический регламент Таможенного союза О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту (с изменениями на 19 декабря 2019 года). – М.: Стандартиформ, 2012. – 22 с.
6. ГОСТ Р 52368-2005 (EN 590:2009). Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия (с Изменениями N 1, 2). – М.: Стандартиформ, 2009. – 51 с.
7. Митусова Т.Н. Современные дизельные топлива и присадки к ним: учебное пособие / Т.Н. Митусова, Е.В. Полина, М.В. Калинина. – М.: Техника, 2012. – 64 с.
8. Анисимов А.С., Карасёв Ю.В., Ивашкин А.А. Способы улучшения эксплуатационных свойств дизельного топлива // Молодой ученый. – 2016. – №26. – с. 1-3.
9. Тертерян Р.А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам. – М.: Химия, 1990. – 237 с.

10. Данилов А.М. Присадки к топливам // Горючесмазочные материалы: Энциклопедический толковый словарь-справочник. М.: Техинформ, 2007. – 382-386 с.
11. Кириченко Н.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие / Н.Б. Кириченко. – М.: Изд-во Академия, 2011. – 208 с.
12. Кулиев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам. – 2-е изд., перераб. – Л.: Химия, 1985. – 321 с.
13. Теоретические основы химмотологии. – Под ред. А.А. Браткова. – М.: Химия, 1985. – 320 с.
14. Присадка к дизельному топливу, дизельное топливо: патент Рос. Федерация № 2355732; заявл. 07.11.07; опубл. 20.05.09, Бюл. № 14 – 7 с.
15. Нефть и нефтепродукты / автор-составитель Ю.В. Поконова. – СПб.: Мир и семья, 2003. – 904 с.
16. Данилов А.М. Разработка и применение присадок к топливам в 2006-2010 г.г. / А.М. Данилов // Химия и технология топлив и масел. – 2011. – № 6. – с. 41-50.
17. Васильев Г.Г., Наврилов Н.В., Лобашова М.М. Применение депрессорно-диспергирующих присадок при производстве дизельных топлив ЕВРО // Мир нефтепродуктов. – 2013. – № 1 – с. 5-11.
18. ГОСТ 5066-2018. Топлива моторные. Методы определения температур помутнения, начала кристаллизации и замерзания. – М.: Стандартинформ, 2019. – 7 с.
19. ГОСТ 20287-91. Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания. – М.: Стандартинформ, 2006. – 9 с.
20. ГОСТ 22254-92. Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 15 с.

- 21.ГОСТ 33-2016. Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости. – М.: Издательство стандартов, 2017. – 34 с.
- 22.ГОСТ 2177-99. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 23 с.
- 23.ISO 4264. Petroleum products – Calculation of cetane index of middle distillate fuels by the four variable equation [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://www.iso.org>, свободный. Дата обращения: 25.04.2020 г.
- 24.ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности (с Изменением N 1, с Поправкой). – М: Издательство стандартов, 1987. – 140 с.
- 25.ГОСТ 32139-2013. Нефть и нефтепродукты. Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии (с Поправкой). – М.: Стандартинформ, 2014. – 18 с.
- 26.Определение группового и структурно-группового составов нефтяных фракции: Методические указания к лабораторной работе для студентов химико-технологического факультета / сост. О.С. Сухина, А.И. Левашова – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 22 с.
- 27.Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://docs.cntd.ru>, свободный. Дата обращения: 05.05.2020 г.
- 28.ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2019. – 10 с.
- 29.ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2019. – 55 с.
- 30.СанПиН 2.2.4.548-96. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных

- помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 20 с.
- 31.ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. М.: – Издательство стандартов, 1988. – 11 с.
- 32.СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. М.: – Госкомсанэпиднадзор России, 1996. – 12 с.
- 33.СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1). – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2009. – 27 с.
34. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 29 июля 2017 года) [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2020 г.
- 35.ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 1992. – 68 с.
- 36.ГОСТ 17.2.3.02-2014. Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями. – М.: Стандартиформ, 2015. – 7 с.
- 37.ГОСТ 17.1.3.05-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 3 с.
- 38.ГОСТ Р 52105-2003 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 6 с.
- 39.ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. – М.: Стандартиформ, 2017. – 6 с.
- 40.ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 7 с.



## Приложение А

### Diesel fuels and additives to them

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ82	Никонова Ньургуйаана Павловна		

Руководитель ВКР

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

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Матвеевко Ирина Алексеевна	д. фил. н.		

## 1.1 Diesel fuel

Diesel fuel is one of the most common types of fuel used in a diesel engine operating on the principle of internal combustion.

In the Russian Federation, it occupies one of the first places in terms of domestic consumption and exports. As you can see from figure 1.1, the production of diesel fuel has been growing every year in recent years. According to the Ministry of Energy of the Russian Federation, 78,380 thousand tons of diesel fuel were produced in 2019, which is 0.2% higher than the volume of production in 2018 (figure 1.1) [2].

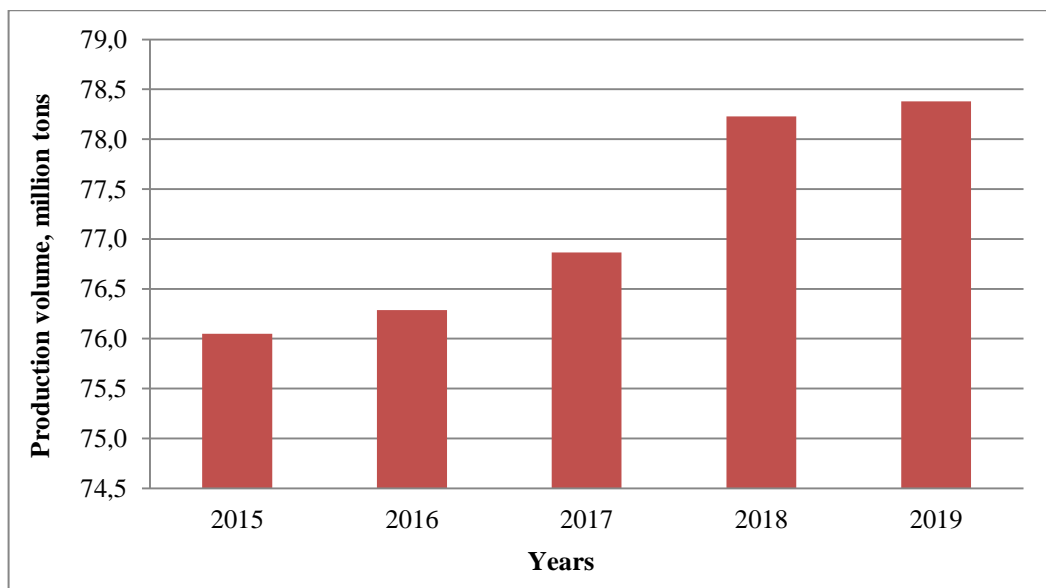


Figure 1.1 – Diesel fuel production in 2015-2019, million tons [2]

The characteristics of diesel fuel allow you to use it in a variety of industries and areas of activity. Diesel fuel is used for refueling almost all types of transport except for air:

- cars and trucks – diesel engines are equipped with almost all types and types of equipment, from mopeds and scooters to buses and heavy trucks;
- railway transport – in diesel units and various locomotives;
- river and sea navigation – almost everywhere, from boats to submarines;
- all types of agricultural and construction machinery – tillers, tractors, combines, any equipment, concrete and mortar mixers, cranes and other lifting equipment;

- armed forces – self-propelled guns, tanks, rocket launchers.

An important area of application of diesel fuel is its use as a lubricant and cooling. It still quite often used as an energy resource in boilers and power generators.

Diesel fuel is the most optimal fuel option for use in various fields of activity, as it has several advantages:

- lower consumption compared to gasoline, this is due to the high efficiency of the diesel engine;
- high reliability and easy adaptation to high humidity environments;
- less harmful substances are released into the atmosphere during combustion;
- stable high power;
- the service life of a diesel engine is much longer than that of a petrol engine due to the increased strength of the components;
- in many respects, diesel fuel is safer than gasoline: diesel engines have a much higher cylinder temperature than gasoline engines, which makes it possible to use less explosive fuel;
- provides less heat loss during cooling and exhaust;
- diesel engines can withstand very high loads and pressures, which are limited only by the strength of the components.

However, along with this diesel fuel has several disadvantages:

- the diesel engine has the worst power-to-weight ratio;
- diesel fuel is injected immediately before compression. Because of this, the fuel cannot burn completely until there is enough oxygen. This can lead to incomplete combustion of fuel and the formation of black smoke at the exhaust exhaust, if oxygen is not enough to burn the entire amount of fuel;
- the rotation speed of a diesel engine is lower than a gasoline engine of a similar size, as a mixture of diesel fuel and air burns more slowly than a mixture of gasoline and air

- the noise: knocking is largely related to the combustion process of diesel fuel. Sharp ignition of diesel fuel after injection into the combustion chamber leads to water hammer;
- the diesel engine is more difficult to start because for the operation of the engine requires a large compression force, and also because of the greater mass of its components;
- deterioration in starting at low temperatures.

Despite a number of shortcomings, to date, consumer's interest in diesel fuel is not declining, and fuel is popular for use in engines of various types of vehicles.

## **1.2 Main characteristics of diesel fuel**

The quality of diesel fuel depends on the quality of the petroleum from which it is produced, as well as on the processing methods. The higher the quality rating, the higher the price of diesel fuel.

Diesel fuel is characterized by a number of parameters, among them there are key indicators, which together determine the efficiency of its work. According to the requirements of standards [3-5], the following main characteristics are distinguished: cetane number, fractional composition, viscosity, density, flash point, mass sulfur content, low temperature properties, etc. [3-5].

The cetane number is relating to one of the most important indicators. It depends on how quickly the ignition of the fuel occurs in the combustion chamber of the engine after injection. The cetane number is numerically equal to the volume fraction of cetane ( $C_{16}H_{34}$ ) in mixture with  $\alpha$ -methylnaphthalene. Moreover, for cetane, the value of the cetane number is 100, and for alpha-methylnaphthalene it is 0.

For a high-quality product, this indicator ranges from 50 to 55. For a good one, it must be at least 40. If the value cetane number is less than 40, then the ignition of the fuel slows down, which leads to a loss of power and premature wear

of the motor. And if the value is too high (more than 55), the consumption of diesel fuel increases, the volume and quantity of exhaust fumes increase.

When there is no test equipment or the amount of diesel fuel sample is not enough, the calculated cetane index is used to determine the cetane number.

The cetane index of diesel fuel is the indicator of the cetane number, which is calculated by the density and the average value of the boiling point of the fraction.

Fractional composition – a characteristic of the volatility of diesel fuel, allows you to determine how well the fuel will burn, what will be the level of smoke opacity, etc.

The most important points of the fractional composition are the boiling points of 10, 50, 90 and 96% vol. fuel. Startability properties depend on the boiling point of 10% vol. Boiling point 50% vol. affects the stability of the engine and the smooth transition from one to another mode. The completeness of fuel evaporation is characterized by a boiling point of 90% vol. and 96% vol. fuel.

Viscosity characterizes the ability of a fuel to offer resistance to movement. This parameter is responsible for the quality of the fuel supply, its atomization and the efficiency of the filter. The higher the viscosity of diesel fuel, the worse the ignition and combustion of the fuel. Because of this, smoke emissions increase and fuel consumption increases. If the fuel has a low viscosity, the wear of the fuel pump increases when in service.

Density is an important indicator; not only viscosity depends on it, but also the amount of energy that is generated during fuel combustion. The diesel fuel consumption also depends on this parameter. The higher the density, the higher the viscosity and quality of the fuel.

Mass fraction of sulfur depends on the quality of the petroleum from which the fuel is produced, as well as the degree of its purification. Sulfur content is the main environmental indicator of diesel fuel. Acidic compounds are strong oxidizing agents and contribute to the rapid wear of the engine, therefore, the sulfur value of high-quality fuel should be minimal.

The flash point is characterized by the content of light fractions in the diesel fuel and is an indicator of the fire resistant of the fuel during its storage, use and transportation. The flash point is the lowest temperature at which a flammable liquid gives enough steam to the surrounding air so that a mixture of air and vapor above the surface of the liquid can be ignited when the flame is applied. The main purpose of this property is to establish the degree of fire hazard.

The low-temperature properties of diesel fuel (cloud point, cold filter plugging point (CFPP), pour point) are characteristics of fuel mobility at low temperatures. Since diesel fuel contains dissolved paraffin hydrocarbons and water, at low temperatures they begin to precipitate in the form of crystals.

The cloud point is the temperature at which the fuel becomes cloudy and loses phase uniformity due to the release of water droplets and paraffin crystals.

The cold filter plugging point is the minimum temperature at which fuel, after cooling, stops flowing through a standard filter element.

The pour point is the temperature at which a complete loss of fuel fluidity occurs. It is extremely important, mainly when transporting fuel, as it clearly defines the conditions when it becomes impossible.

With a decrease in temperature, the mobility of diesel fuel decreases very noticeably in the first place. In addition, by the way the fuel reacts to cold, one can judge the presence in composition of certain groups hydrocarbons.

### **1.3 Diesel fuel classification**

In accordance with [3-6], two main parameters are used in the classification of diesel fuel: sulfur content and low temperature properties.

According to the requirements [4] for sulfur content, diesel fuel is classified into three environmental classes: ecological class *K3* includes fuels with sulfur content up to 350 mg/kg, *K4* – up to 50 mg/kg, *K5* – up to 10 mg/kg [4], and according to the requirements [5] diesel fuel is classified into four ecological classes: ecological class *K2* includes fuels with sulfur content up to 500 mg/kg, *K3* – up to 350 mg/kg, *K4* – up to 50 mg/kg, and *K5*– up to 10 mg/kg.

Diesel fuel is also split according to climatic conditions. For a temperate climate zone, diesel fuel is divided into grades A, B, C, D, E, F. The main criterion for separation is the cold filter plugging point. Classification is given in table 1.1 [6].

Table 1.1– Diesel fuel requirements for a temperate climate [6]

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

There is also a certain category of diesel fuel, which is used in areas with a cold and arctic climate and is conditionally divided into five classes: 0, 1, 2, 3, 4 (table 1.2) [6]. Of these five classes, winter grades include fuel class 0, 1, 2, 3, and Arctic fuel class 4.

Table 1.2– Diesel fuel requirements for cold and arctic climate [6]

Parameter	Class				
	0	1	2	3	4
CFPP, °C	-20	-26	-32	-38	-44
Cloud point, °C	-10	-16	-22	-28	-34

In accordance with [3, 5] according to the climatic zone of application, diesel fuel is divided into brands:

- summer “L”, used at an ambient temperature of -5 °C and above;
- inter-season "E", used at an ambient temperature of -15 °C and above;
- winter "Z", used at ambient temperatures up to -25 °C;
- arctic “A”, used at an ambient temperature of -45 °C and above [3, 5].

## 1.4 Diesel fuel production

Every year, the requirements for the physicochemical and operational properties of diesel fuel become more stringent. Getting fuel of appropriate quality is possible only if all the features of the production technology are observed. In this case, one can guarantee a high quality product.

The production of diesel fuel is a complex process, which consists of three main stages:

1. primary oil processing;
2. secondary oil processing;
3. mixing of straight-run fractions with products of secondary processes and additives.

With primary processing petroleum is separated into separate fractions according to the boiling points in distillation columns. As a result of this process, diesel fractions are obtained.

The basis of diesel fuel is straight-run fractions. They have good protective properties due to the high content of hetero-organic compounds, they are able to form a thin film on the metal surface, preventing corrosion when water gets in. During long-term storage, the thermo-oxidative stability of straight-run diesel fuels is higher than that of hydrotreated fuels.

In the secondary processing of oil, the chemical composition and structure of hydrocarbons changes due to hydro-, thermal, and catalytic cracking reactions. After this process, diesel fuel is hydrotreated. Sulfur removal allows ensuring compliance of the fuel with the ecological class.

From the point of view of the technological plan, the processes of secondary recycling are very complex and are characterized by high cost. But, despite this, secondary recycling refers to the main processes of increasing yield and improving the quality of commercial diesel fuel.

The last stage of diesel fuel production is the mixing of straight-run fractions with the products of secondary processes in appropriate proportions with the addition of various additives. At the same time, fuel with improved environmental and operational properties is obtained.

Winter and arctic diesel fuels are obtained from summer fuel by the addition of special additives that improve operational properties.



The addition of anti-smoke and depressant additives makes it possible to obtain the so-called urban diesel fuel, which is allowed to be used in large cities in order to reduce air pollution [7].

## **1.5 Additives for diesel fuel**

In recent years, more and more requirements have been placed on the characteristics of diesel fuel. Currently, there are many ways to improve the quality of diesel fuel: dewaxing, separation, etc. [8, 9]. The most common way to improve the properties of fuels is the use of various additives.

Today, about 50 types of fuel additives are known [10]. They can have various effects on diesel fuel:

- increase in frost resistance (prevention of negative effects on the fuel of negative temperatures);
- increase in the cetane number of diesel fuel;
- improving the lubricating characteristics of the fuel;
- purification of the fuel system, its protection from mechanical wear and corrosion;
- comprehensive improvement of the characteristics of diesel fuel.

Additives for diesel fuel are divided into several classes depending on the purpose and characteristics.

### **1.5.1 Cetane improver additives**

Cetane improver additives (ignition promoters) are designed to improve the ignition of diesel fuel in the combustion chamber.

This type of additives accelerates the process of pre-flame oxidation of the fuel and thereby facilitates its self-ignition.

The assortment of cetane enhancing additives intended for all types of diesel fuel is extensive; in the Russian Federation, three additives are most popular: IPN (isopropyl nitrate), TsHN (cyclohexyl nitrate) and 2-EHN (2-ethylhexyl nitrate).

The principle of action of additives is based on the additive molecule (most often nitrate or peroxide) breaks up by bond O–O and O–N bonds with a low (about 150 kJ/mol) activation energy [10]. In this case, free radicals are formed that initiate ignition of the fuel. Additives of this type are effective only in the initial stages of the combustion process.

It should be noted that the effectiveness of the additives depends on the composition and properties of the original fuel. The higher the content of paraffin hydrocarbons in the composition fuel, the higher the initial cetane number and the effectiveness of the additive [11].

### **1.5.2 Antismoke additive**

One of the important problems of modern society is the fight against atmospheric pollution. Engine exhaust gases are among the main sources of air pollution.

At the stages of pre-flame combustion, there is intense cracking of the fuel, during which soot is formed. It is the main harmful mixture in the operation of diesel engines [12].

To reduce the amount of soot in the exhaust gases, antismoke additives are used. The principle of operation of anti-smoke additives is based on the fact that they contribute to the burning of soot before the end of the combustion of the main mass of fuel and the beginning of the expansion stage of the working mixture.

As anti-smoke additives to fuels, hydrazine as well as its salts and alkyl-substituted benzenesulfonic acids soluble in petroleum products, etc. are used [13, 14].

### **1.5.3 Detergent additives**

Detergent additives are designed to prevent deposits on spray nozzles of diesel engines. This allows you to maintain an optimal fuel injection mode and the geometry of the injected jet and to prevent excessive consumption of fuel, which in some cases can reach several percent. Accordingly, the toxicity of engine exhaust gases is reduced.

The composition of the additive includes a composition of surfactants and an oxygen-containing solvent, which simultaneously acts as a modifier of soot.

Active chemicals dissolve deposits due to prolonged exposure and remove them without harm to the undercarriage of the carrier vehicle [15].

#### **1.5.4 Antiwear additives**

The sulfur content of modern diesel fuels has been reduced in order to comply with established environmental standards, which in turn has led to a reduction in the amount of natural lubricating agents in the fuel composition.

Antiwear additives prevent the destruction of contacting parts during friction, reduce wear due to the formation of protective films on the friction surface.

These additives do not affect other indicators of diesel fuel and do not interact with other types of additives, i.e. can be used as part of multifunctional packages. The dosage of the type of additive under consideration depends on the properties of the fuel and ranges from 50-300 mg/m<sup>3</sup> [16].

#### **1.5.5 Low temperature additives**

One of the main disadvantages of diesel fuel is the difficulty of starting the engine in the cold season. Therefore, special requirements for low-temperature properties have been developed for diesel fuel. The most common way to ensure the required low temperature properties of diesel fuel is to use depressant and dispersant additives.

Depressor additives (depressants) are used to lower the pour point and the cold filter plugging point of diesel fuel. They are mainly used in refineries at the final stage of fuel production, but can also be used by consumers to improve the low-temperature properties of fuels [17].

At low temperatures, the n-paraffins contained in the fuel crystallize and form strong lattices. As soon as the size of such structures exceeds the diameter of the filtering pores, the filter becomes clogged, the fuel loses its mobility. Depressors are adsorbed on the surface of nascent crystals, inhibiting their growth.

The effect of depressant additives cannot be manifested, if the crystals have not yet begun to form. They do not prevent the occurrence of paraffin crystals, but only their growth, and therefore depressant additives do not affect the cloud point of fuels.

As depressant additives are used:

- copolymers of ethylene with vinyl acetate;
- polymethacrylate and copolymers;
- polyolefins (copolymers of ethylene and propylene);
- polyethylenepolyolefins.

During long-term storage of fuels, the process of enlargement of particles of paraffin crystals spontaneously occurs, and as a result, the fuel is divided into two layers: the upper one is light and the lower one is turbid, enriched with paraffins. This problem cannot be prevented by the addition of depressants and therefore, the so-called paraffin dispersants have been developed that should be used with depressant additives.

Dispersing additives prevent the layering of fuels during storage.

The effect of their use consists in the formation of very small crystals of paraffins and the prevention of their aggregation for a long time.

Dispersing additives keep the products of oxidation of hydrocarbons and non-hydrocarbon impurities in a colloidal state, prevent the coagulation of formed solid particles and their deposition, and often translate into solution the precipitation that has already fallen. Dispersants help to preserve solid oxidation products in the solution, but do not prevent the oxidation itself. Therefore, they are used in conjunction with antioxidant additives or compounds that have dispersing and antioxidant properties are selected.

Most often, barium and calcium naphthenates and sulfonates, nitrogen-containing compounds are used as dispersing additives for diesel fuel.