

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b> <b>Получение компонентов низкозастывающих дизельных топлив на цеолитном катализаторе типа ZSM-5</b>
---

УДК 665.75:544.478

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Мартьянова Елена Ивановна		

Руководитель ВКР

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

Консультант

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Спицына Любовь Юрьевна	к. э. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

# Планируемые результаты обучения по ООП

## 18.03.01 Химическая технология

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

<b>Общекультурные компетенции</b>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5, 9, 10, 11), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), <b>CDIO (п. 2.5)</b>
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 7, 8, 12), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), <b>CDIO (п. 2.4)</b>
P9	<b>Активно</b> владеть <b>иностранном языком</b> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), <b>CDIO (пп. 3.2, 3.3)</b>
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <b>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</b> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3, 4), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), <b>CDIO (пп. 4.7, 4.8, 3.1)</b>

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
 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:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д7В	Мартьянова Елена Ивановна

Тема работы:

<b>Получение компонентов низкозастывающих дизельных топлив на цеолитном катализаторе типа ZSM-5</b>	
Утверждена приказом директора ИШПР (дата, номер)	от 02.02.2021 г. № 33-23/с

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Образец прямогонной дизельной фракции, цеолитный катализатор типа ZSM-5.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1 Литературный обзор 1.1 Марки, состав и свойства дизельного топлива 1.2 Цеолитные катализаторы: типы, структура. Преимущества и недостатки цеолитных катализаторов 1.3 Способы улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива 2 Объект и методы исследования 2.1 Объект исследования 2.2 Методика реализации процесса на лабораторной каталитической установке 2.3 Методики определения состава и свойств исследуемых образцов 3 Расчеты и аналитика

	3.1 Результаты определения состава и свойств прямогонной дизельной фракции 3.2 Результаты определения свойств продуктов переработки дизельной фракции на цеолитном катализаторе 3.3 Результаты определения состава продуктов переработки дизельной фракции на цеолитном катализаторе 4 Результаты проведенного исследования 4.1 Анализ целесообразности переработки дизельной фракции на цеолитном катализаторе типа ZSM-5 4.2 Анализ влияния технологических параметров 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»	к.э.н., доцент ОСГН ШБИП Спицына Л.Ю.
«Социальная ответственность»	старший преподаватель ООД ШБИП Гуляев М.В.

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

Нет
-----

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	25.01.2021 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Мартьянова Елена Ивановна		

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии  
 Период выполнения весенний семестр 2020/2022 учебного года

Форма представления работы:

<b>Бакалаврская работа</b>
----------------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2021 г.	Введение	10
15.03.2021 г.	Литературный обзор: марки, состав и свойства дизельного топлива; цеолитные катализаторы: типы, структура. Преимущества и недостатки цеолитных катализаторов; способы улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива.	15
01.04.2021 г.	Объект и методы исследования: объект исследования; методика реализации процесса на лабораторной каталитической установке; методы исследования состава и характеристик дизельных топлив (плотности и вязкости, низкотемпературных свойств, фракционного состава, цетанового индекса, содержания серы, группового состава, структурно-группового состава).	15
15.04.2021 г.	Расчеты и аналитика: результаты определения характеристик и состава образцов прямогонной дизельной фракции; результаты определения характеристик продуктов переработки дизельного топлива на цеолитном катализаторе; результаты определения состава продуктов переработки дизельного топлива на цеолитном катализаторе.	20
01.05.2021 г.	Результаты проведенного исследования: анализ целесообразности переработки дизельного топлива на цеолитном катализаторе; анализ влияния технологических параметров (температуры, давления, объемной скорости подачи сырья)	20
20.05.2021 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Раздел «Социальная ответственность».	10
01.06.2021 г.	Выводы	10

**СОСТАВИЛ:****Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:****Руководитель ООП**

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

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д7В	Мартьянова Елена Ивановна

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОХИ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»: оклад доцента – 35120 руб., оклад исполнителя равен минимальному размеру оклада (1 квалификационный уровень) – 12130 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	– районный коэффициент – 1,3; – накладные расходы – 16 %; – норма амортизации 20 %.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации отчисления во внебюджетные фонды – 30,0 %.

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

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

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

1. Карта сегментирования рынка
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	25.01.2021 г.
---	---------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Д7В	Мартьянова Елена Ивановна		



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д7В	Мартыанова Елена Ивановна

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение химической инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 «Химическая технология»

Тема ВКР:

Получение компонентов низкозастывающих дизельных топлив на цеолитном катализаторе типа ZSM-5	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является методика и определение оптимальных технологических параметров получения компонентов низкозастывающих (зимних, арктических) дизельных топлив. Область применения: топлива для автотранспорта. Рабочая зона: 134 химическая лаборатория 2 корпуса отделения химической инженерии Томского политехнического университета.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>2. Производственная безопасность:</b>	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: – химические опасные и вредные производственные факторы; – неудовлетворительные показатели микроклимата; – повышенный уровень шума; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – электрический ток; – выводы на соответствие допустимым условиям труда согласно специальной оценке условий труда
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу. – решение по обеспечению экологической безопасности.

<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– Выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> <li>– Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>
---	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.01.2021 г.
--	---------------

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Мартьянова Елена Ивановна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 107 страниц, 13 рисунков, 37 таблиц, 55 источников, 1 Приложение.

Ключевые слова: цеолитный катализатор, дизельное топливо, низкотемпературные свойства, предельная температура фильтруемости, Арктика.

Объект исследования – процесс получения компонентов низкозастывающих дизельных топлив переработкой прямогонной дизельной фракции на цеолитном катализаторе типа ZSM-5.

Предмет исследования – состав и свойства прямогонной дизельной фракции и полученных продуктов переработки на цеолитном катализаторе, технологические параметры реализации процесса переработки на цеолитном катализаторе.

Цель работы – получение компонентов низкозастывающих дизельных топлив на цеолитном катализаторе типа ZSM-5, а также определение оптимальных технологических параметров реализации процесса переработки.

В процессе исследования реализован процесс переработки прямогонной дизельной фракции на цеолитном катализаторе типа ZSM-5 в условиях варьирования технологических параметров; определены состав и свойства сырья процесса и полученных продуктов; выявлены закономерности влияния технологических параметров на состав, свойства и выход полученных продуктов, выявлены направления протекающих химических превращений; определены оптимальные технологические параметры реализации процесса.

Экономическая эффективность/значимость работы: выявленные закономерности влияния технологических параметров рассматриваемого процесса на характеристики получаемых продуктов позволят выбирать оптимальные параметры реализации процесса для сырья различного состава, что позволит получать продукты лучшего качества с минимальными экономическими и энергетическими затратами.

# Оглавление

Реферат.....	11
Введение.....	16
1 Литературный обзор.....	19
1.1 Марки, состав и свойства дизельного топлива.....	19
1.2 Цеолитные катализаторы: типы, структура. Преимущества и недостатки цеолитных катализаторов.....	21
1.2.1 Процессы, реализуемые на цеолитных катализаторах.....	24
1.3 Способы улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива.....	26
2 Объект и методы исследования.....	31
2.1 Объект исследования.....	31
2.2 Методика реализации процесса на лабораторной каталитической установке.....	31
2.3 Методики определения состава и свойств исследуемых образцов.....	34
2.3.1 Методики определения плотности и вязкости.....	34
2.3.2 Методики определения низкотемпературных свойств.....	35
2.3.3 Методика определения фракционного состава.....	37
2.3.4 Методика расчета цетанового индекса.....	38
2.3.5 Методика определения содержания серы.....	38
2.3.6 Методика определения группового состава.....	39
2.3.7 Методика определения структурно-группового состава.....	41
3 Расчеты и аналитика.....	42

3.1 Результаты определения состава и свойств прямогонной дизельной фракции.....	42
3.2 Результаты определения свойств продуктов переработки дизельной фракции на цеолитном катализаторе.....	44
3.3 Результаты определения состава продуктов переработки дизельной фракции на цеолитном катализаторе.....	45
4 Результаты проведенного исследования.....	48
4.1 Анализ целесообразности переработки дизельной фракции на цеолитном катализаторе типа ZSM-5.....	48
4.2 Анализ влияния технологических параметров.....	51
4.2.1 Анализ влияния температуры на состав, свойства и выход получаемых продуктов.....	51
4.2.2 Анализ влияния давления на состав, свойства и выход получаемых продуктов.....	55
4.2.3 Анализ влияния объемной скорости подачи сырья на состав, свойства и выход получаемых продуктов.....	58
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	62
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	62
5.2 Анализ конкурентных технических решений.....	64
5.3 SWOT-анализ.....	65
5.4 Планирование исследовательских работ.....	66
5.4.1 Структура работ в рамках проводимого исследования.....	67
5.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	68
5.4.3 Разработка графика проведения исследования.....	69
5.5 Бюджет проводимого исследования в рамках ВКР.....	70
5.5.1 Расчет материальных затрат.....	71

5.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование.....	72
5.5.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	73
5.5.4	Дополнительная заработная плата исполнительской темы.....	75
5.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	76
5.5.6	Накладные расходы.....	77
5.5.7	Формирование бюджета затрат исследовательского проекта.....	77
5.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования....	78
6	Социальная ответственность.....	80
6.1	Введение.....	80
6.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	80
6.2.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	81
6.2.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	82
6.3	Производственная безопасность.....	83
6.3.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	83
6.3.2	Неудовлетворительные показатели микроклимата.....	86
6.3.6	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего) .....	89
6.4	Экологическая безопасность.....	90
6.4.1	Воздействие на атмосферу.....	90
6.4.2	Воздействие на гидросферу.....	90
6.4.3	Воздействие на литосферу.....	91
6.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	91

6.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	91
6.5.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	93
Выводы.....	94
Список публикаций студента.....	97
Список использованных источников.....	99
Приложение А.....	106

## Введение

В Российской Федерации спрос на дизельное топливо с каждым годом стабильно увеличивается, причем наибольший спрос приходится именно на арктическую и зимнюю марки топлива. При этом все активнее в разработку вовлекаются месторождения тяжелых и парафинистых нефтей, в связи с чем, процесс получения низкозастывающего дизельного топлива становится все более сложной задачей.

Наибольшая потребность в низкозастывающем дизельном топливе характерна для отдаленных, северных и арктических территорий нашей страны. Однако на сегодняшний день отсутствуют малотоннажные рентабельные технологии, позволяющие получать нефтепродукты, удовлетворяющий климатическим особенностям региона по месту на локальных НПЗ. В связи с чем перспективным представляется разработка процесса, позволяющего получать низкозастывающее дизельное топливо с минимальными как капитальными, так и операционными затратами.

Таким образом, **целью работы** является получение компонентов низкозастывающих дизельных топлив на цеолитном катализаторе типа ZSM-5, а также определение оптимальных технологических параметров реализации процесса переработки.

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

1. Экспериментально определить состав и свойства прямогонной дизельной фракции – сырья процесса переработки на цеолите;
2. Реализовать процесс переработки прямогонной дизельной фракции на цеолитном катализаторе типа ZSM-5 в условиях варьирования температуры, давления и объемной скорости подачи сырья;
3. Экспериментально определить состав и свойства полученных продуктов переработки на цеолите;
4. Выявить закономерности влияния технологических параметров процесса переработки на цеолитном катализаторе на состав, свойства и выход

[Введите текст]



полученных продуктов, а также выявить направления протекающих химических превращений.

5. Определить оптимальные технологические параметры реализации процесса получения компонентов низкозастывающих дизельных топлив на цеолитном катализаторе типа ZSM-5.

**Объектом исследования** в данной работе является процесс получения компонентов низкозастывающих дизельных топлив переработкой прямогонной дизельной фракции на цеолитном катализаторе типа ZSM-5.

**Предметом исследования** являются состав и свойства прямогонной дизельной фракции и полученных продуктов переработки на цеолитном катализаторе, технологические параметры реализации процесса переработки на цеолитном катализаторе.

**Научная новизна работы:**

1. Установлено, что переработка на цеолитном катализаторе позволяет снизить плотность, вязкость, содержания серы, а также значительно улучшить низкотемпературные свойства прямогонной дизельной фракции.

2. Показано, что в результате переработки на цеолитном катализаторе содержание парафиновых и нафтеновых углеводородов в составе прямогонной дизельной фракции снизилось на 30 %, содержание ароматических углеводородов выросло в 2 раза.

3. Установлено, что увеличение температуры процесса с 350 °С до 425 °С, приводит к ухудшению низкотемпературных и физико-химических свойств, а также снижению выхода получаемых продуктов.

4. Показано, что увеличение давления процесса с 0,35 МПа до 0,70 МПа приводит к снижению выхода, положительно сказывается на физико-химических свойствах полученного продукта, по низкотемпературным свойствам полученные продукты сопоставимы между собой.

5. Установлено, что с увеличением объемной скорости подачи сырья с 3 ч<sup>-1</sup> до 4 ч<sup>-1</sup> улучшаются физико-химические свойства и растет выход

полученных продуктов, по низкотемпературным характеристикам полученные продукты сопоставимы между собой.

### **Практическая значимость работы:**

Показано, что переработка на цеолитном катализаторе типа ZSM-5 позволяет получать компоненты низкозастывающих дизельных топлив, полученные продукты по низкотемпературным свойствам соответствуют арктической марке дизельного топлива.

Выявленные закономерности влияния технологических параметров процесса безводородной переработки прямогонной дизельной фракции на цеолитном катализаторе типа ZSM-5 на состав, свойства и выход полученных продуктов позволят выбирать оптимальные параметры реализации процесса для сырья различного состава, что позволит получать продукты лучшего качества с минимальными экономическими и энергетическими затратами.

Показано, что оптимальными технологическими параметрами реализации процесса безводородной переработки прямогонной дизельной фракции на цеолитном катализаторе типа ZSM-5 являются температура процесса 350 °С, давление 0,70 МПа, объемная скорость подачи сырья 4 ч<sup>-1</sup>.

### **Апробация работы:**

Основные положения работы были представлены на Всероссийском инженерном конкурсе (получен Диплом победителя, 2021 г.), XXI и XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера (получены Дипломы III степени, 2020-2021 гг.), Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр».

# 1 Литературный обзор

## 1.1 Марки, состав и свойства дизельного топлива

Одним из основных потребляемых нефтепродуктов в Российской Федерации является дизельное топливо (ДТ). Спрос на данный нефтепродукт объясняется рядом причин. Например, показатель топливной экономичности ДТ на 20-30 % выше, чем у бензина. Также ДТ гораздо экологичнее бензина, так при сжигании дизеля в атмосферу выделяется меньшее количество  $\text{CO}_2$ . Также двигатели, работающие на дизеле, вырабатывают более высокий крутящий момент при меньшем количестве оборотов в минуту. Все вышесказанное делает ДТ приоритетным нефтепродуктом не только на территории нашей страны, но и за рубежом, поэтому дизель является также важнейшим экспортным продуктом.

В последнее время спрос на ДТ увеличивается, даже в кризисный 2020 год дизель оставался самым потребляемым нефтепродуктом. На данный момент производство ДТ возвращается на докризисные позиции и в перспективе выйдет на новый уровень выработки (Рисунок 1.1) [1].

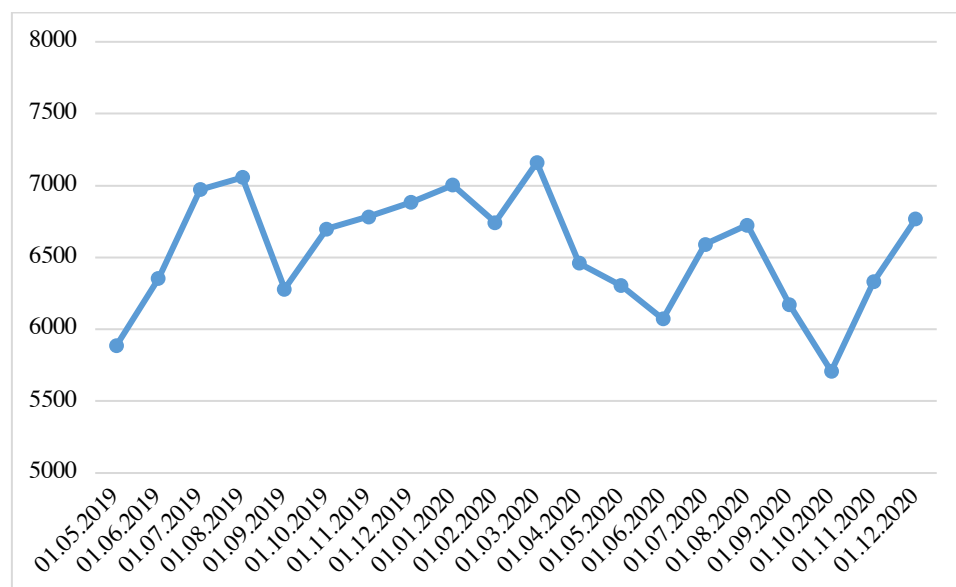


Рисунок 1.1 – Производство ДТ в Российской Федерации в 2019-2021 годах, тыс. тонн [1]

Согласно [2] дизель разделяется на сорта и классы в зависимости от предельной температуры фильтруемости (ПТФ), а также на виды по экологичности. Основные сорта – А, В, С, D, Е, F. ПТФ ДТ сорта А должна быть не выше 5 °С, для каждого последующего сорта требуемая ПТФ уменьшается на 5 °С. При этом сорта А, В, С, D относятся к летнему топливу, а Е, F – к межсезонному. Сорта применяются к топливам для умеренного климата, а классы – для холодного и арктического. По классам ДТ делится на 5 категорий (от 0 до 4 класса), для класса 0 ПТФ должна быть не выше -20 °С, для последующих снижается на 6 °С. 4 класс ДТ относится к арктическому топливу, остальные – к зимнему.

Согласно [3] в зависимости от значений ПТФ топлива разделяют на «Л» – летнее (ПТФ -5 °С и выше), «Е» – межсезонное (ПТФ -15 °С и выше), «З» – зимнее (ПТФ до -25 °С) и «А» – арктическое (ПТФ -45 °С и выше).

Сегодня ДТ разделяют в соответствии с их экологическим классом. Все зависит от количества серы в составе топлива. Использование ДТ с повышенным содержанием серы не рекомендуется, так как при этом увеличиваются опасные выбросы в окружающую среду, а также ускоряется износ деталей двигателя. По содержанию серы согласно [4] ДТ подразделяют на 4 экологических класса. Наиболее экологичным является класс K5 (содержание серы не более 10 мг/кг), наименее – K2 (содержание серы не более 500 мг/кг).

Помимо ПТФ и содержания серы для ДТ нормируются ряд немаловажных характеристик, определяющих свойства топлива. Основные из них:

- Цетановое число – показатель, характеризующий скорость воспламенения топлива в камере сгорания. У высококачественного продукта этот показатель находится в пределах от 50 до 55 пунктов. У хорошего – должен быть не ниже 40 пунктов.

- Плотность – зависит от содержания различных фракций в составе топлива. Так, повышенные показатели плотности свидетельствуют о том, что

[Введите текст]

в ДТ содержатся тяжелые углеводороды, которые снижают скорость образования топливной смеси. Снижение скорости провоцирует нарушение в работе мотора, увеличивает потребление топлива и повышает образование нагара.

- Вязкость – это способность молекул противостоять перемещению под воздействием внешних факторов. Малая вязкость увеличивает износ деталей двигателя, и, наоборот, высокая приводит к продолжительному сгоранию и пониженному показателю испарения ДТ.

- Фракционный состав – характеристика испаряемости ДТ. Состав фракций влияет на то, насколько простым будет пуск мотора, на время, за которое он прогреется, приёмистость и другие показатели.

## **1.2 Цеолитные катализаторы: типы, структура.**

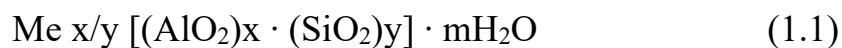
### **Преимущества и недостатки цеолитных катализаторов**

До недавнего времени цеолитные катализаторы (цеолиты) имели широкое применение лишь в качестве адсорбентов или носителей с нанесенными активными веществами вследствие высокой механической прочности, избирательности, термической стабильности, относительной устойчивости к каталитическим ядам. Однако в последние годы все большее внимание им уделяется в качестве катализаторов переработки нефти и газа, а также для синтеза некоторых органических веществ.

Цеолиты – это уникальный класс соединений с упорядоченной структурой, образующей трехмерную систему однородных пор, имеющих молекулярные размеры. Благодаря особенностям строения и геометрии пор эти материалы могут избирательно адсорбировать молекулы с соответствующими размерами, а, следовательно, способны проявлять молекулярно-ситовые свойства [5]. Также цеолиты – это водные кристаллические алюмосиликаты. В их кристаллах при дегидратации освобождается регулярная система каналов и полостей, диаметр которых составляет примерно 0,3-1,0 нм [6].

[Введите текст]

Химический состав цеолитов можно представить с помощью формулы, которая отражает состав элементарной ячейки, в следующем виде:



где Me – катионы металла с валентностью x; m – число молекул воды; y/x – мольное отношение оксида кремния к оксиду алюминия.

Цеолиты бывают природными и синтетическими. Их структурными элементами являются кремниево- и алюминиевокислородные тетраэдры (Рисунок 1.2) [6], которые соединены между собой в сплошной кристаллический каркас (Рисунок 1.3) [6]. Учитывая, что алюминий трехвалентный, но имеет в кристаллической решетке четыре связи, такой ее фрагмент приобретает частичный отрицательный заряд, компенсируемый катионом, в качестве которого чаще всего используют натрий, калий, кальций, барий, редкоземельные металлы и протон водорода.

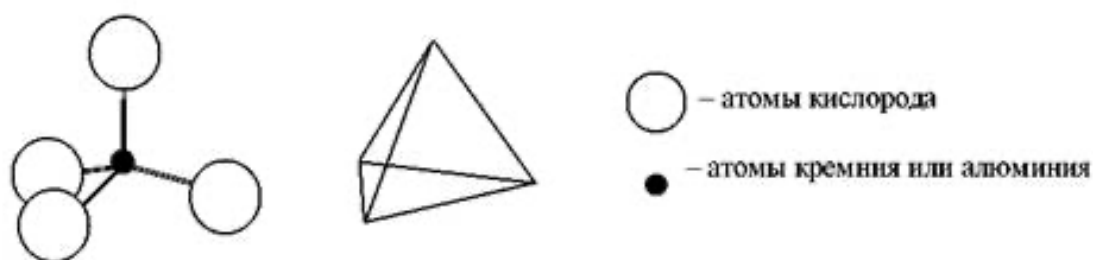


Рисунок 1.2 – Алюминиево- и кремниевокислородные тетраэдры

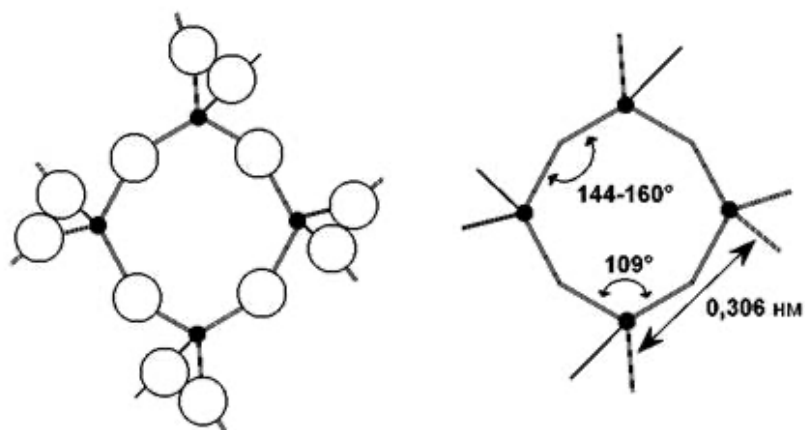


Рисунок 1.3 – Фрагмент кристаллической структуры цеолита

Тетраэдры, соединяясь, образуют кубооктаэдры (так называемые содалитовые ячейки), из которых, в свою очередь, строятся элементарные ячейки цеолита, составляющие его кристаллический каркас.

В настоящее время у цеолитов выявлено 32 типа каркасов, при этом у 20-ти цеолитов структура каркаса пока не расшифрована. Каркас цеолитов выстроен из почти правильных тетраэдров  $TO_4$ , первичных структурных единиц, где Т – атомы кремния или алюминия, О – атомы кислорода [7, 8]. Угол связи О-Т-О отклоняется от правильного тетраэдрического угла ( $109^\circ 28'$ ) на  $2-3^\circ$ . Ионы  $Si^{+4}$  сбалансированы четырьмя ионами кислорода в вершинах тетраэдра, поэтому кремнийкислородные тетраэдры имеют электрически нейтральный заряд. При этом  $Al^{+3}$  имеет координационное число равное четырем и, по сути, алюмокислородному тетраэдру соответствует заряд -1. Электронейтральность обеспечивается благодаря катионам, расположенным возле тетраэдров. В качестве катиона выступают одно- и двухзарядные щелочные, щелочноземельные, редкоземельные и органические катионы, которые входят в структуру цеолита в процессе приготовления [9].

Цеолиты принято разделять на 7 групп в зависимости от присутствия в их каркасе таких общих единиц, как параллельные многочленные кольца и архимедовы многогранники: одинарное 4-членное кольцо, одинарное 6-членное кольцо, одинарное 8-членное кольцо, куб, гексагональная призма, комбинация 4-1, комбинация 5-1, комбинация 4-4-1 (Рисунок 1.4).

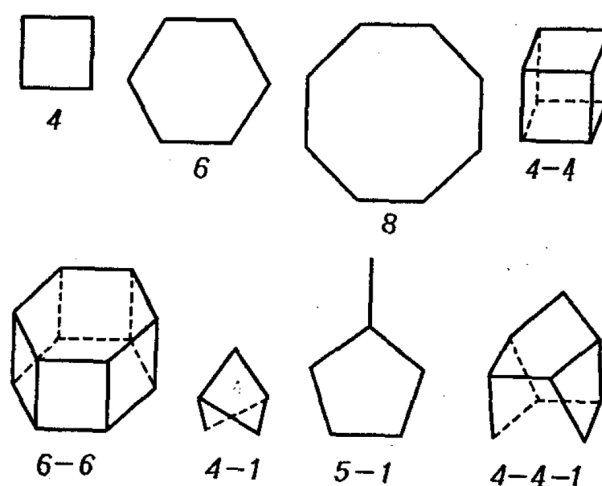


Рисунок 1.4 – Структурные единицы в каркасах цеолитов [6]

В данный момент известно около 100 разновидностей синтетических цеолитов. Цеолиты структуры А, X, Y и морденит являются аналогами фожазита – природного цеолита. Данные цеолиты относятся к цеолитам

первого поколения. Мольное отношение  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  для цеолитов этого поколения составляет 2-6 [8]. На данный момент довольно активно развиваются различные исследования, которые направлены на разработку новых цеолитов. Среди таких работ наиболее значимыми являются работы по получению цеолитов типа ZSM.

Более 50 лет назад в промышленных лабораториях США, СССР и Великобритании были получены синтетические молекулярные сита: А, Х и Y, а затем пентасилы (ZSM-5, ультрасил) и многие другие. Здесь обозначения А, Х и Y – условные марки фирмы Линде, ZSM-5 – цеолит (Z) фирмы Сокони (S) Мобил (М) 5-й модификации, а ультрасил – марка ГрозНИИ.

Цеолиты ZSM-5 представляют собой трехмерную пористую структуру и для них характерны высокие значения мольного отношения  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , которые колеблются в пределах от 10 до 1000 и более [7, 10, 11].

Технология синтеза и модифицирования цеолитных порошков со структурой ZSM-5 обеспечивает получение моноразмерных кристаллов цеолита с развитой внешней поверхностью, обедненной атомами алюминия. Это позволяет значительно понизить крекирующую активность катализаторов на их основе, уменьшить их закоксовывание при переработке углеводородного сырья широкого фракционного состава, в том числе тяжелых углеводородов (до 30 углеродных атомов в молекуле), для которых внутренний объем цеолитных каналов практически недоступен.

Цеолит типа ZSM-5 широко используется в качестве катализатора каталитического крекинга [12], гидрокрекинга [13], гидроизомеризации [14, 15], ароматизации [16] и алкилирования [17, 18], является перспективным катализатором для процессов конверсии углеводородного сырья в высокооктановые компоненты моторных топлив [19, 20].

### **1.2.1 Процессы, реализуемые на цеолитных катализаторах**

Цеолитные катализаторы все чаще внедряют в промышленные процессы нефтепереработки и нефтехимии. Мощный толчок нефтепереработка и [Введите текст]



нефтехимия получили в связи с внедрением в промышленность в качестве катализаторов синтетических модификаций известных ранее цеолитов. При этом цеолитные катализаторы наиболее широко и эффективно зарекомендовали себя в процессе каталитического крекинга. Цеолиты находят широкое применение в качестве катализаторов для многих химических реакций, а также как ускорители вулканизации, стабилизаторы синтетических полимеров и т.д.

В настоящее время ведутся работы по повышению активности промышленных цеолитных катализаторов изомеризации парафиновых углеводородов [21]. Исследование показало, что катализаторы возможно использовать в процессе изомеризации фракций легких углеводородов с целью получения высокооктановых компонентов бензинов.

Интересными являются исследования процесса «Цеоформинг» для получения смесового компонента автомобильных бензинов из стабильного газового конденсата [22]. Реализация процесса «Цеоформинг» позволяет повысить октановое число стабильного газового конденсата по исследовательскому методу (максимально на 16,7 пунктов).

В связи со стремлением мирового сообщества к защите окружающей среды и поиску возобновляемых источников энергии весьма актуальными являются работы по получению биотоплив из растительных масел путем их переработки на цеолитном катализаторе [23]. При изучении превращения подсолнечного масла в условиях каталитического крекинга установлено, что введение цеолита ZSM-5 в состав катализатора способствует образованию олефинов  $C_2-C_4$  за счет вторичного крекинга углеводородов бензинового ряда и вследствие низкой активности катализатора в реакциях перераспределения водорода.

Также ведутся работы по оценке влияния цеолитсодержащих катализаторов на состав продуктов облагораживания нефтяных фракций [24]. В основу работы легло сравнение образцов целевого продукта облагораживания – катализата низкооктановых углеводородных фракций с [Введите текст]

различными пределами выкипания, полученных на различных образцах, органически модифицированных цеолитных катализаторов. В результате работы было выявлено отсутствие процессов термического уплотнения исходного сырья, таких как алкилирование, полимеризация и пр., а также определена подавляющая роль реакций изомеризации, при проведении процессов облагораживания на различных типах цеолитных катализаторов.

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

В последнее время внимание мирового сообщества направлено на освоение арктических территорий, что является причиной активно растущего спроса на высококачественные низкозастывающие топлива. На ПТФ дизеля значительное влияние оказывает содержание в его составе нормальных парафиновых углеводородов, которые при пониженных температурах имеют способность кристаллизоваться и забивать фильтры двигателей. Современные промышленные каталитические методы улучшения низкотемпературных свойств топлив направлены на уменьшение содержания в их составе н-парафинов.

Основные методы получения качественных низкозастывающих дизельных топлив [25]:

- снижение температуры конца кипения дизельной фракций;
- смешение ДТ с керосиновой фракцией, однако это требует гидроочистки керосина;
- удаление н-парафиновых углеводородов методом экстрактивной кристаллизации (недостатки – периодичность процесса и низкое качество парафина);
- добавление депрессорно-диспергирующих присадок, улучшающих низкотемпературные свойства нефтепродукта;

- улучшение низкотемпературных свойств топлива (температуры застывания, помутнения и ПТФ) с помощью процесса каталитической изомеризации;
- улучшение низкотемпературных свойств топлива (температуры застывания, помутнения и ПТФ) с помощью процесса каталитической депарафинизации.

Не смотря на активное применение вышеупомянутых методов, каждый из них имеет ряд ограничений, которые приводят к поиску новых методов улучшения низкотемпературных свойств ДТ, а также к совершенствованию существующих.

На 30 крупных российских НПЗ работают 40 установок гидрообессеривания дизельного топлива, причем на 19 НПЗ просто обрезают конечные фракции летнего ДТ (320-360 °С) с потерей 10 % потенциала, получая топливо с температурой застывания -35 °С, или с потерей 20 % потенциала при обрезании фракции 280-360 °С для получения ДТ с температурой застывания -45 °С [25].

Метод облегчения фракционного состава является самым распространенным, но одновременно с этим самым неэффективным методом улучшения низкотемпературных свойств топлив. Улучшение низкотемпературных свойств происходит за счет снижения содержания в составе топлива высококипящих компонентов, в частности н-парафинов, которые и являются причиной застывания топлив при низких температурах. Метод предполагает сокращение ресурсов ДТ на 25 % [25], что делает использование данного метода в промышленных масштабах крайне нерациональным.

Добавление более легких фракций к ДТ малоэффективно для снижения температуры помутнения, что объясняется слабой растворимостью высокоплавких н-парафинов. Так, при добавлении к летнему ДТ с температурой помутнения -5 °С даже 80 % реактивного топлива ТС-1 температура помутнения снижается лишь до -21 °С, а ПТФ до -25 °С.

Наименее ресурсозатратным (с точки зрения средств и времени) методом улучшения низкотемпературных свойств ДТ является использование депрессорных присадок. Добавление 0,1 % депрессорной присадки Dodiflow 4777 фирмы Clariant к базовому зимнему топливу ДЗп-25 с температурами помутнения, фильтруемости и застывания -17, -18 и -25 °С приводит к тому, что эти свойства снижаются до -20, -21 и -37 °С соответственно.

Механизм действия присадок до конца не изучен, но наиболее распространенными являются две теории:

1. Присадка адсорбируется на поверхности кристалла парафина. При этом молекула депрессора обращается к молекуле парафина полярной частью и сорбируется на ней, а не полярная часть остается обращенной к внешней среде, за счет чего не дает двум молекулам парафина столкнуться между собой и ассоциироваться в упорядоченную структуру.

2. Сокристаллизация парафина и депрессора. Механизм противоположен адсорбции, так как при сокристаллизации неполярная часть присадки встраивается в кристалл парафина, а другой полярный конец мешает другим молекулам парафина осесть, тем самым останавливая рост кристалла.

Депрессоры практически не влияют на температуру помутнения, но влияют на нормируемую стандартами [2, 3] ПТФ – минимальную температуру, при которой заданный объем топлива прокачивается через стандартный фильтр за определенный промежуток времени. Важен и показатель седиментационной устойчивости дизельного топлива, то есть объем мутного слоя после 12 ч выдержки в мерном цилиндре объемом 100 см<sup>3</sup>, при температурах ниже температуры помутнения топлива.

Депрессия зависит от растворимости присадки в топливе. Чем ближе друг к другу температуры выделения кристаллов n-парафина и депрессора, тем более эффективно снижается ПТФ, т.к. депрессор ограничивает размеры кристаллов в начальной стадии их роста.

Хотя применение депрессоров является весьма перспективным направлением для исследований, применимость данного метода ограничивается зависимостью эффективности действия присадок от состава топлива.

Процессы карбамидной и цеолитной депарафинизации позволяют получать дизельные топлива с удовлетворительными низкотемпературными свойствами, но их выход снижается на 20-30 %, а цетановое число до уровня 40-42 пунктов [26].

Наиболее технологичным подходом к улучшению низкотемпературных свойств ДТ на сегодняшний день становятся каталитические методы переработки, к их числу относят каталитическую изомеризацию и каталитическую гидродепарафинизацию.

Процесс каталитической изомеризации заключается в получении изомеров высших n-парафинов. Изомеризация n-парафинов способствует снижению температуры застывания дизельного топлива, а также моторных масел. Для процесса характерны следующие типы реакций [27]: изомеризация парафинов; размыкание колец нафтеновых соединений; изомеризация нафтенов; насыщение бензола; гидрокрекинг; трансалкилирование нафтенов.

Процесс каталитической гидродепарафинизации (гидрокрекинг, гидроизомеризация) направлен на избирательное крекирование длинноцепочных нормальных и близких к нормальным парафинам, за счет протекающих на бифункциональных платиносодержащих катализаторах реакций крекинга с образованием более коротких парафинов, в основном изостроения, ароматических и нафтеновых углеводородов, а также небольшого количества углеводородных газов [28-30].

Данный процесс обладает рядом достоинств, а также характеризуется высоким выходом целевого продукта, но использование в процессе дорогостоящих катализаторов, а также проведение процесса в среде водородсодержащего газа (ВСТ) значительно удорожает его реализацию.

Территориально основными потребителями низкозастывающего ДТ являются отдаленные районы нашей страны, однако в таких условиях проведение процесса депарафинизации на небольших НПЗ становится нерентабельным, что ограничивает применимость данного метода.

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1 Объект исследования

Объектом исследования в данной работе является процесс получения компонентов низкозастывающих дизельных топлив переработкой прямогонной дизельной фракции на цеолитном катализаторе типа ZSM-5.

Сырьем процесса выступила прямогонная дизельная фракция (ДФ), полученная путем атмосферной перегонки нефти на одном из месторождений Западной Сибири.

Катализатор процесса – цеолитный катализатор марки КН-30 производства ПАО «Новосибирский завод химических концентратов» [31]. Катализатор КН-30 создан на основе экологически чистой высококремнеземистой цеолитной системы, не содержит тяжелых металлов, не обладает взрывоопасными и пирофорными свойствами. Основные характеристики катализатора приведены в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристики используемого цеолитного катализатора

Структурный тип	ZSM-5
Массовая доля цеолита не менее, %	80
Диаметр гранул, мм	3,0-4,3
Удельная поверхность, м <sup>2</sup>	300
Срок пробега до регенерации, ч	150-300
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,60-0,86
Массовая доля в порошке цеолита, %:	
SiO <sub>2</sub>	90,0-97,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,4-2,7
Na <sub>2</sub> O	не более 0,1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,35-1,25

### 2.2 Методика реализации процесса на лабораторной каталитической установке

Процесс переработки прямогонной ДФ был реализован на лабораторной каталитической установке проточного типа. Технологическая схема установки представлена на Рисунке 2.1.

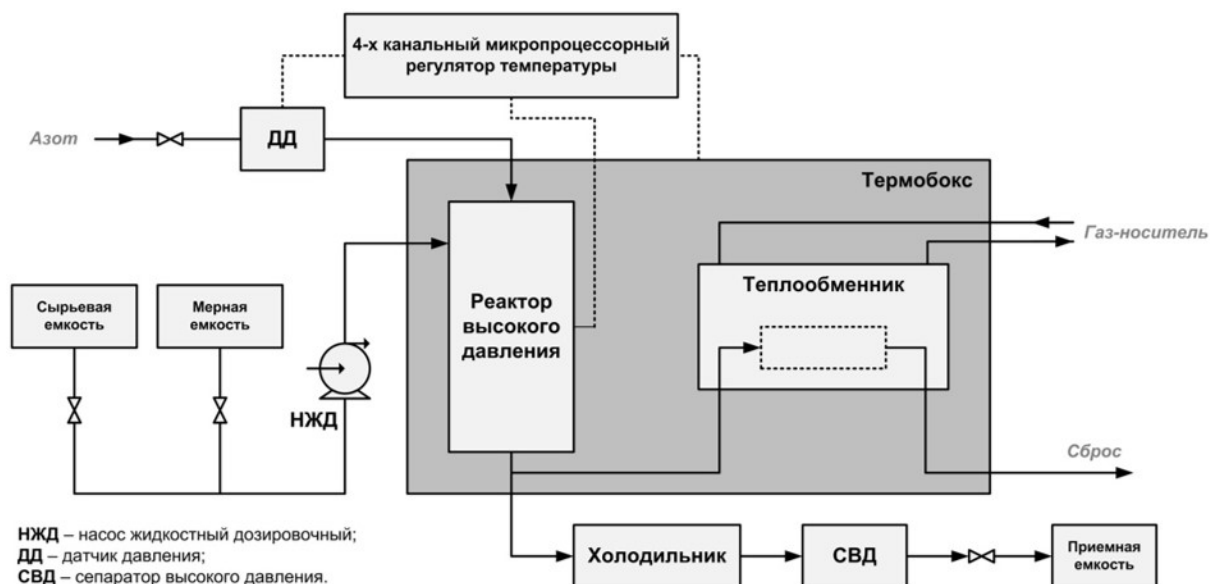


Рисунок 2.1 – Технологическая схема лабораторной каталитической установки

В ходе процесса прямогонная ДФ подается жидкостным дозировочным насосом в реактор высокого давления. Реактор находится в термобоксе, в котором соблюдается заданный температурный режим, контроль за которым ведется по средствам датчика давления и 4-х канального микропроцессорного регулятора температуры. В реакторе при определенных технологических параметрах (рассматривались температура, давление и объемный расход сырья) протекает процесс переработки образца ДФ на цеолитном катализаторе типа ZSM-5. Схема реактора представлена на Рисунке 2.2.

Полученный продукт переработки поступает в холодильник, а после холодильника направляется в сепаратор высокого давления, в котором протекает процесс стабилизации (выделение легких углеводородов из продукта). Стабилизированный жидкий продукт собирается в емкости-приемнике.

Навеска катализатора объемом  $10 \text{ см}^3$  перед началом проведения процесса загружалась в реактор, где прокаливалась 8 часов при температуре  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  в атмосфере азота для удаления влаги, а также следовых остатков органических веществ. В работе использовался катализатор с размером частиц



0,5-1 мм<sup>2</sup>. Исходный катализатор перед проведением процесса был механически измельчен до необходимых размеров и отсортирован.

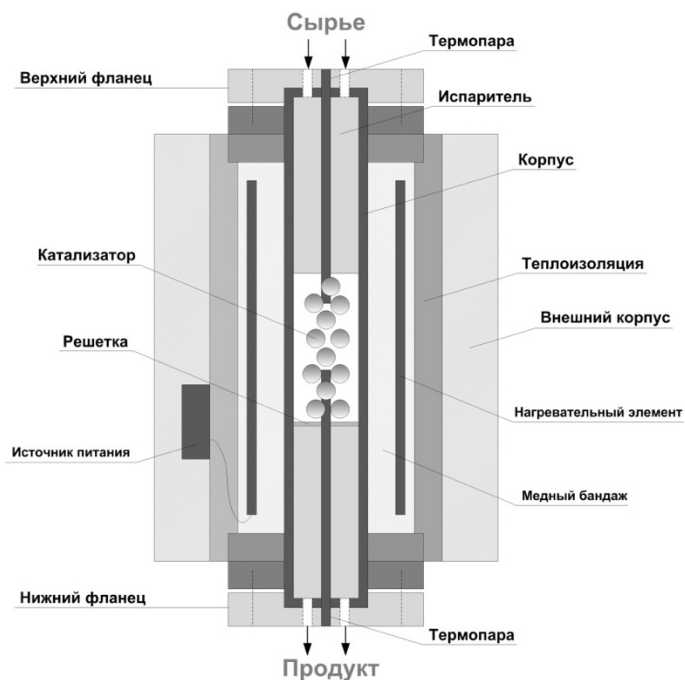


Рисунок 2.2 – Блок-схема реактора

Для определения основных направлений химических превращений веществ, а также для исследования влияния технологических параметров реализации процесса на характеристики продукта переработки ДФ на цеолитном катализаторе был произведен ряд испытаний в условиях варьирования технологических параметров процесса (Таблица 2.1). Переработка осуществлялась без подачи ВСГ.

Таблица 2.1 – Технологические параметры реализации процесса переработки прямогонной ДФ на цеолитном катализаторе типа ZSM-5

Номер эксперимента	Температура, °С	Давление, МПа	Объемная скорость подачи сырья, ч <sup>-1</sup>
1	350	0,35	3
2	425		
3	375		
4		0,70	
5		0,35	4

## 2.3 Методики определения состава и свойств исследуемых образцов

### 2.3.1 Методики определения плотности и вязкости

Вязкость и плотность – одни из основных характеристик ДТ, обеспечивающие нормальную подачу топлива, его распыливание в камере сгорания и работоспособность системы фильтрования.

Плотность и вязкость ДТ определяли с помощью вискозиметра Штанбингера SVM3000 Anton Paar в соответствии с [32]. Результатами проведения эксперимента являются значения кинематической и динамической вязкостей и плотности исследуемого образца при заданной температуре (в работе вязкость определялась при температуре 20 °С, плотность – при температуре 15 °С).

Основными элементами прибора являются два коаксиальных цилиндра и U-образная осциллирующая трубка (Рисунок 2.3). В основе метода измерения вязкости с помощью вискозиметра Штанбингера лежит зависимость скорости вращения внутреннего цилиндра под действием напряжения сдвига испытуемого образца и индукционного тормоза с использованием корректирующих данных. Плотность определяют по резонансной частоте колебаний U-образной трубки с использованием корректирующих данных. Кинематическую вязкость рассчитывают делением значения динамической вязкости на значение плотности.

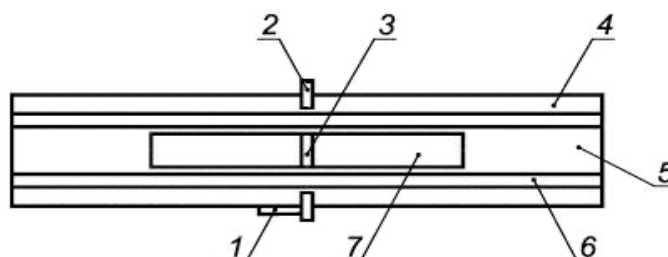


Рисунок 2.3 – Вискозиметрическая ячейка [32]

- 1 – датчик на основе эффекта Холла; 2 – кольцо из мягкого железа;  
3 – магнит; 4 – медный корпус; 5 – образец; 6 – трубка; 7 – ротор

### 2.3.2 Методики определения низкотемпературных свойств

Низкотемпературные свойства определяют подвижность ДТ при отрицательных температурах окружающей среды и определяют условия хранения топлива.

Температурой помутнения ( $T_{п}$ ) считается та максимальная температура, при которой в проходящем свете топливо меняет прозрачность (мутнеет) при сравнении с эталонным (параллельным) образцом.  $T_{п}$  определяли согласно [33].

Сущность метода заключается в постепенном охлаждении образца ДТ, помещенного в пробирку с двойными стенками, термометром и мешалкой [33], и наблюдением за изменением его внешнего вида в сравнении с эталонным образцом. За  $T_{п}$  принимают ту температуру, при которой наблюдается появление мути.

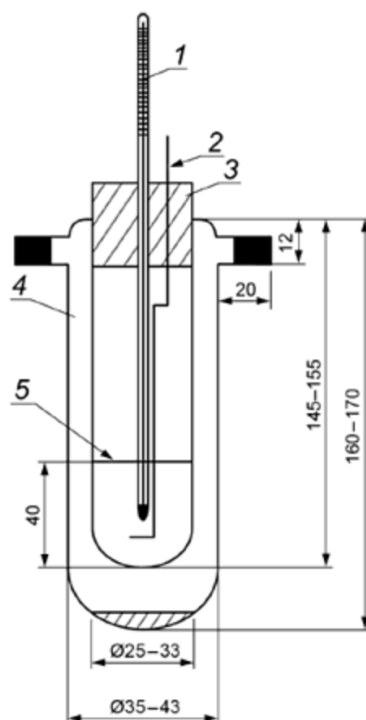


Рисунок 2.4 – Пробирка с двойными стенками и мешалкой

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

4 – термометр; 5 – мешалка

После определения  $T_{п}$  образец продолжают охлаждать для определения температуры застывания ( $T_3$ ) – самой низкой температуры, при которой ДТ обладает подвижностью (течет как жидкость).  $T_3$  определяли согласно [34].

Когда продукт в пробирке примет температуру, намеченную для определения застывания, пробирку наклоняют под углом  $45^\circ$  и, не вынимая из охлаждающей смеси, держат в таком положении в течение 1 мин. После этого наблюдают, не сместился ли мениск испытуемого продукта: если мениск сместился, то топливо не считается застывшим, если не сместился, то данную температуру принимают равной  $T_3$ .

ПТФ (на холодном фильтре) – самая высокая температура, при которой заданный объем топлива не протекает через стандартный фильтр в течение определенного времени, во время охлаждения в стандартизованных условиях. ПТФ определяли в соответствии с [35].

Метод заключается в постепенном охлаждении испытуемого топлива с интервалами в  $1^\circ\text{C}$  и прохождении его через проволочную фильтрационную сетку (стандартный фильтр) при вакууме.



Рисунок 2.5 – Установка для определения ПТФ

Определение ведут до температуры, при которой кристаллы парафина вызывают прекращение или замедление протекания жидкости через фильтр в

такой степени, что время наполнения пипетки превышает 60 с, или топливо не стекает полностью обратно в исходную емкость.

### 2.3.3 Методика определения фракционного состава

Фракционный состав определяет полноту сгорания и дымность отработавших газов двигателя, определялся согласно [36].

Сущность метода определения фракционного состава заключается в перегонке 100 см<sup>3</sup> образца ДТ на установке, представленной на Рисунке 2.6, и регистрации показаний термометра в момент начала кипения и каждые 10 мл перегнанного образца до окончания кипения.

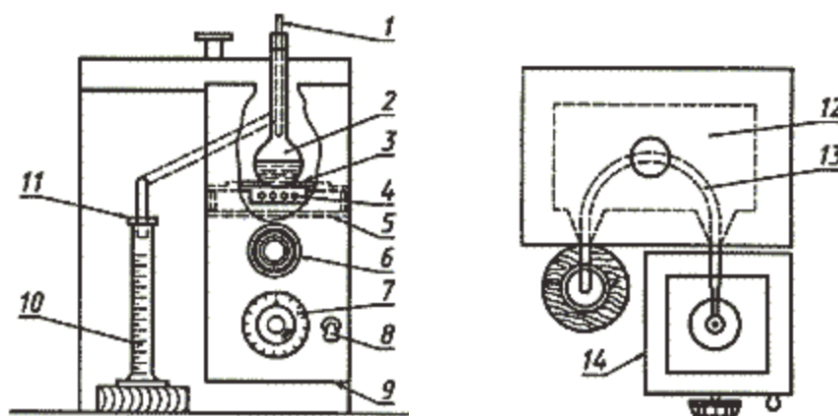


Рисунок 2.6 – Аппарат для определения фракционного состава

- 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

Испытуемый образец объемом 100 мл помешают в колбу Энглера, сверху в горлышко колбы устанавливают термометр таким образом, чтобы ртутный конец термометра находился на уровне носика для отвода паров. Колбу устанавливают в аппарат и начинают постепенно нагревать. При появлении первой капли конденсата регистрируют температуру начала кипения образца (н.к.). Далее регистрируют температуры кипения каждые последующих 10 мл конденсирующегося образца.

### 2.3.4 Методика расчета цетанового индекса

Цетановое число, определяющее мощностные и экономические показатели работы двигателя, не всегда возможно определить экспериментально. В таких случаях пользуются цетановым индексом. Цетановый индекс (ЦИ) определялся согласно [37].

ЦИ является расчетной величиной. В расчетную формулу входят плотность при 15 °С (определяли согласно [38]), температуры кипения 10, 50 и 90 об. % (определяли согласно [39]). Формула для расчета ЦИ:

$$\begin{aligned} \text{ЦИ} = & 45,2 + 0,0892 \cdot T_{10N} + (0,131 + 0,901B) \cdot T_{50N} \\ & + (0,0523 - 0,42B) \cdot T_{90N} + [0,00049 \cdot (T_{10N}^2 - T_{90N}^2)] \\ & + 107B + 60B^2; \end{aligned} \quad (2.1)$$

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

$$B = [\exp(-0,0035 \cdot D_N)] - 1; D_N = D - 850.$$

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

### 2.3.5 Методика определения содержания серы

Сера в дизельном топливе – один из нежелательных элементов в его составе. Допустимое количество серосодержащих примесей строго ограничено, поскольку их присутствие негативно влияет на экологическую обстановку и снижает ресурс оборудования.

Содержание серы определялось согласно [40] с использованием анализатора «СПЕКТРОСКАН S».

Сначала в аппарат по очереди помещают контрольный образец и холостую пробу для калибровки прибора. После этого образец для анализа помещают в специальной кювете в аппарат, где он попадает в пучок лучей, испускаемых рентгеновской трубкой. В зависимости от величины энергии возбуждения получают сигнал счетчика импульсов, который сравнивается с

сигналами контрольного и эталонного образцов. Результирующее значение общего содержания серы в образце ДТ аппарат выводит в % и в мг/кг.



Рисунок 2.7 – Анализатор «СПЕКТРОСКАН S»

### 2.3.6 Методика определения группового состава

Назначением метода определения группового состава топлива является определение содержания в составе исследуемого образца парафиновых, нафтеновых и ароматических групп углеводородов. Групповой состав образцов ДТ определялся согласно методике, представленной в [41]. Данная методика основывается на методе анилиновых точек. Основные этапы определения группового состава представлены на Рисунке 2.8. Методика основана на определении температурной депрессии анилиновой точки до и после деароматизации исходной фракции ДТ. Максимальной (критической) анилиновой точкой считается температура, при которой углеводородная фракция и анилин смешиваются в любых соотношениях.

Максимальную анилиновую точку определяют путем добавления 0,2 мл анилина к исходной фракции и регистрируя температуры, при которых фракция и образец перестают взаимно смешиваться (то есть в экспериментальной пробирке образуется муть), при их нагревании в глицериновой бане. Регистрируют показания до тех пор, пока последняя

замеренная температура не окажется ниже предыдущей. Максимальную температуру принимают за максимальную анилиновую точку.

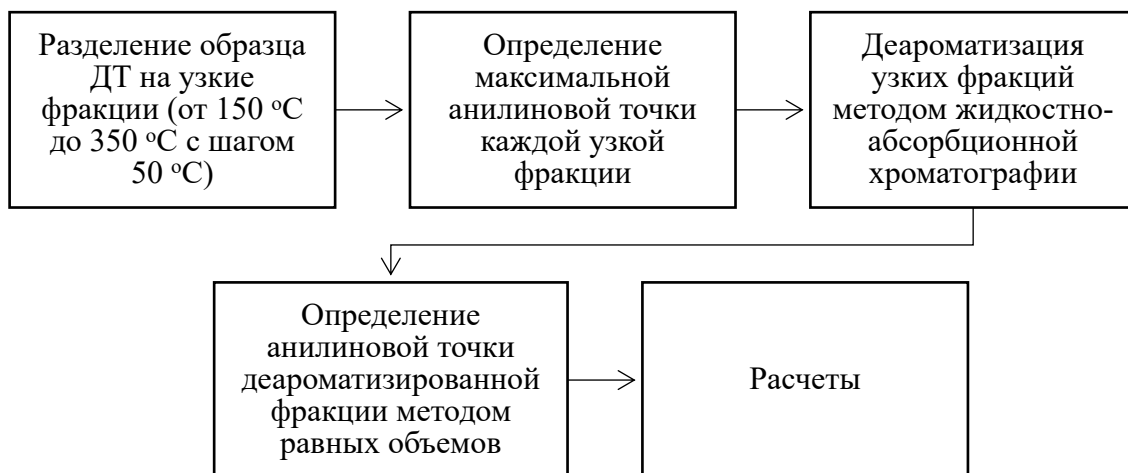


Рисунок 2.8 – Этапы определения группового состава

Деароматизацию фракций проводят методом жидкостно-абсорбционной хроматографии, принцип которого базируется на различиях между абсорбционной способностью ароматических углеводородов в сравнении с парафиновыми и нафтеновыми углеводородами.

В хроматографическую колонку плотно насыпают 15 г предварительно прокаленного в течение 6 ч при 180 °С силикагеля. Затем в колонку наливают 15 мл узкой фракции. После того, как образец полностью впитался, в колонку наливают 15 мл этилового спирта. Когда образец достигает конца колонки, его отбирают по каплям в пробирки объемом 0,3 мл и проверяют показатель преломления на рефрактометре до того момента, пока значение показателя преломления не изменится более, чем на 0,0005. Отобранный до изменения показателя преломления элюат собирают в отдельной пробирке и принимают за деароматизированную фракцию. На этом деароматизацию считают оконченной.

На последнем этапе определяют анилиновую точку деароматизированной фракции методом равных объемов: в пробирку добавляют деароматизированную фракцию и анилин в объемном



соотношении 1:1. Температуру появления мути регистрируют и принимают за анилиновую точку деароматизированной фракции.

В результате обработки экспериментальных данных получают массовые содержания (в %) основных групп углеводов в составе исследуемого образца ДТ.

### **2.3.7 Методика определения структурно-группового состава**

Структурно-групповой состав исходного образца ДТ и полученных продуктов переработки определялся согласно методике, представленной в [42]. Метод является расчетным и заключается в экспериментальном определении физико-химических параметров и их дальнейшем пересчете в результирующие значения массового содержания углерода в различных типах структур, а также содержания ароматических и нафтеновых колец в средней молекуле. Показатели, необходимые для расчета [42]:

1. Показатель преломления ( $n$ ) – определяется с точностью до  $\pm 0,0001$  при температуре 20 °С;
2. Плотность ( $d$ ) – определяется с точностью  $\pm 0,0002$  г/см<sup>3</sup> для жидких фракций при температуре 20 °С согласно методике, представленной в разделе 2.3.1.
3. молекулярная масса ( $M$ ) – определяется с погрешностью  $\pm 3$  %.
4. содержание серы (% мас.) – определяется согласно методике, представленной в разделе 2.3.5.

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

Для достижения поставленных тактических целей при реализации продукта, а также становления и поддержания компании на рынке, важно грамотно и корректно выбрать стратегию предпринимательской деятельности. Оценка стоимости научной разработки – одно из основных условий для проведения исследования и поиска источников финансирования для коммерциализации его результатов.

Целями финансового менеджмента являются увеличение капитала и денежной массы, а также максимизация финансового результата. Данные цели достигаются за счет выбранной финансовой политики и инструментов финансового менеджмента.

Таким образом, данный раздел дипломной работы посвящен определению конкурентоспособности технологической разработки, отвечающей современным и перспективным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Выполнение выпускной квалификационной работы проводилось в Инженерной школе природных ресурсов Национального исследовательского Томского Политехнического Университета в отделении химической инженерии. Область применения – топливо для автотранспорта.

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

Продуктом исследования является низкозастывающее дизельное топливо. Для анализа потребителей необходимо произвести анализ целевого рынка и сегментировать его.

В качестве целевого рынка представлены промышленные предприятия топливного комплекса по производству дизельного топлива (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Сегментирование рынка

		Способ улучшения низкотемпературных свойств		
		Каталитическая гидродепарафинизация	Применение депрессорных присадок	Безводородная переработка на цеолите
Размер предприятия	Крупное			
	Среднее			
	Малое			

<table style="border: none;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 15px; background-color: #cccccc; border: 1px solid black;"></td> <td style="padding-left: 5px;">– ПАО «Газпром нефть»;</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 15px; background-color: #808080; border: 1px solid black;"></td> <td style="padding-left: 5px;">– ПАО «Сургутнефтегаз»;</td> </tr> </table>		– ПАО «Газпром нефть»;		– ПАО «Сургутнефтегаз»;	<table style="border: none;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 15px; background-color: #808080; border: 1px solid black;"></td> <td style="padding-left: 5px;">– НК «Роснефть»;</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 15px; background-color: #000000; border: 1px solid black;"></td> <td style="padding-left: 5px;">– ПАО «ЛУКОЙЛ».</td> </tr> </table>		– НК «Роснефть»;		– ПАО «ЛУКОЙЛ».
	– ПАО «Газпром нефть»;								
	– ПАО «Сургутнефтегаз»;								
	– НК «Роснефть»;								
	– ПАО «ЛУКОЙЛ».								

Из приведенной таблицы следует, что применение способа каталитической гидродепарафинизации для улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива невозможно на малых по размеру предприятиях. Недостатком данного метода является использование в процессе ВСГ, который является продуктом внутрипромышленных процессов крупных заводов и части средних. Также недостатком гидродепарафинизации является высокая стоимость затрат на катализатор. Большинство российских НПЗ не обладают достаточными производственными мощностями, поэтому наиболее актуальным способом производства зимних и арктических сортов дизельных топлив является применение депрессорных присадок, однако ограничением использования данного метода является зависимость эффективности действия присадки от состава топлива. На крупных предприятиях логичнее применять каталитические процессы переработки, так как это сократит время выпуска продукта за счет отказа от лабораторных исследований определения эффективности действия депрессора для каждой партии топлива. Таким образом наиболее рациональным способом улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива является проведение процесса безводородной переработки на цеолитном катализаторе, так как данный процесс не требует дополнительных лабораторных исследований как в случае использования присадок, а также при проведении процесса не используются дорогостоящие

металлсодержащие катализаторы и ВСГ. Предположительно, разработка будет применима как на крупных предприятиях, так и на малых и средних.

## 5.2 Анализ конкурентных технических решений

В связи с высокой мобильностью рынков, необходимо систематически проводить анализ разработок конкурентов для гарантии успешной реализации собственной разработки. Одним из подходов к оценке перспективности научного исследования является технология QuaD (Quality Advisor). Данный инструмент позволяет определить целесообразность вложения денежных средств в проект. По технологии QuaD экспертным путем оцениваются показатели (1 балл – слабая позиция, 100 баллов – сильная) [44]. Веса показателей в сумме должны быть равны 1. Оценочная карта представлена в Таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Макс. балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
1.Эффективность	0,089	90	100	0,9	0,0801
2.Удобство в эксплуатации	0,077	85	100	0,85	0,06545
3.Энергосбережение	0,077	80	100	0,8	0,0616
4.Надежность	0,077	80	100	0,8	0,0616
5.Материалоемкость	0,065	90	100	0,9	0,0585
6.Безопасность	0,089	90	100	0,9	0,0801
7.Экологичность	0,089	90	100	0,9	0,0801
8.Ремонтопригодность	0,065	85	100	0,85	0,0553
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
9.Конкурентноспособность продукта	0,077	95	100	0,95	0,0732
10.Перспективность рынка	0,077	100	100	1	0,077
11.Срок выхода на рынок	0,077	50	100	0,5	0,0385
12.Послепродажное обслуживание	0,077	80	100	0,8	0,0616

## Продолжение Таблицы 5.2

13.Наличие сертификации разработки	0,064	30	100	0,3	0,0192
<b>Итого:</b>	<b>1</b>				<b>0,8122</b>

Итоговое средневзвешенное значение показателя качества и перспективности составило 0,81, следовательно, разработка является перспективной. Для повышения конкурентоспособности на рынке нужно сертифицировать научную разработку, а также стремиться к сокращению сроков реализации проекта для доведения продукта до уровня, позволяющего выйти на рынок. Для достижения данных целей необходимо провести большее количество лабораторных исследований.

### 5.3 SWOT-анализ

Состояние компании зависит от того, на сколько успешно она способна реагировать на различные воздействия. Для стратегического планирования и анализа, заключающихся в выявлении факторов внутренней и внешней среды, влияющих на проект, была составлена матрица SWOT-анализа (Таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны исследовательского проекта:</b>
	<p>С1. Проведение эксперимента в лаборатории при НИИ ТПУ;</p> <p>С2. Мобильность рабочего места;</p> <p>С3. Новое направление изучения;</p> <p>С4. Глубокое изучение своего направления каждым участником вследствие делегирования обязанностей;</p> <p>С5. Перспектива ресурсоэффективной работы установки безводородной переработки дизельного топлива.</p>	<p>Сл1. Недостаточно большой объем проведенных экспериментов;</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой;</p> <p>Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения анализа продукта;</p> <p>Сл4. Погрешности при поведении опытов.</p>

### Продолжение Таблицы 5.3

<p><b>Возможности:</b>          В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;          В2. Появление дополнительного спроса на продукт научных исследований.          В3. Внедрение разработанной технологии на предприятия нефтепереработки.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</b>          Выявление новых зависимостей характеристик получаемого продукта переработки от технологических параметров проведения процесса.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</b>          1. Разработка научного исследования;          2. Приобретение необходимых экспериментальных данных по составу сырья и продукта с установки с использованием необходимого оборудования.</p>
<p><b>Угрозы:</b>          У1. Отсутствие спроса на технологии производства;          У2. Внедрение другой технологии на НПЗ;          У3. Опровержение полученных результатов в ходе экспериментов.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</b>          1. Продвижение новой технологии получения низкозастывающего дизельного топлива, без использования ВСГ и катализаторов, содержащих металлы платиновой группы.          2. Развитие конкурентной среды.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</b>          1. Необходимо привлечение заказчиков;          2. Приобретение необходимого оборудования для реализации экспериментов.</p>

По результатам SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны проекта, а также угрозы и возможности. Так же было выявлено то, как можно компенсировать слабые стороны проекта за счет его возможностей и нейтрализовать угрозы с помощью сильных сторон проекта. Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

## 5.4 Планирование исследовательских работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке [44]:

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

### 5.4.1 Структура работ в рамках проводимого исследования

Для проведения научных исследований была сформирована исследовательская группа, в состав которой входят бакалавр и научный руководитель выпускной квалификационной работы.

В Таблице 5.4 представлен перечень этапов подготовки и выполненных работ в рамках проведения исследования, также указано распределение исполнителей по отдельным видам работ.

Таблица 5.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Поиск и изучение литературы по выбранной теме	Научный руководитель, бакалавр
	3	Выбор направления исследования	
	4	Календарное планирование экспериментов	
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск необходимых методик для проведения экспериментов	Бакалавр
	6	Проведение экспериментов	Бакалавр
	7	Сопоставление результатов экспериментов и выявление зависимостей	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, бакалавр
<i>Проведение ВКР</i>			
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Бакалавр
	10	Сдача работы на рецензию	Научный руководитель, бакалавр
	11	Предзащита ВКР	Бакалавр

### 5.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

При проведении исследования должна существовать налаженная система учета, способная соотносить затраты на оплату труда с конкретными разработками. Основную часть затрат при проведении исследования занимают трудовые затраты, в связи с чем особо важным является определение трудоемкости работ каждого из участников проводимого исследования.

Трудоемкость выполнения исследовательской работы оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для расчета ожидаемого (среднего) значения трудоемкости ( $t_{ож\ i}$ ) применим следующую формулу [44]:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (5.1)$$

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

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

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

Ожидаемая трудоемкость для 1 этапа работы, приведенного в Таблице 5.4, рассчитывается по формуле:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел.-дн.}$$

Для остальных этапов 2-12 расчет аналогичен.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями [44]:



$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

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

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

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

Тогда продолжительность первого этапа работы рассчитывается следующим образом:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб. дн.}$$

Для остальных этапов 2-12 расчет аналогичен.

### 5.4.3 Разработка графика проведения исследования

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

Для удобства построения диаграммы длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни по формуле [44]:

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

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле (для шестидневной рабочей недели) [44]:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (5.4)$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

Продолжительность выполнения первого этапа работы равна [44]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} = 1,4 \cdot 1,22 = 1,7 = 2$$

Для этапов работ 2-12 расчет аналогичен.

Все рассчитанные значения представлены в Таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Временные показатели проведения исследования

Номер работы	Трудоемкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож\ i}$ , чел-дни			
1	1	2	1,4	Научный руководитель	1,4	2
2	5	8	6,2	Бакалавр	6,2	8
3	2	3	2,4	Научный руководитель, бакалавр	1,2	2
4	3	4	3,4	Научный руководитель	3,4	5
5	7	10	8,2	Бакалавр	8,2	10
6	62	80	69,2	Бакалавр	69,2	85
7	5	7	5,8	Бакалавр	5,8	7
8	8	10	8,8	Научный руководитель, бакалавр	4,4	6
9	24	30	26,4	Бакалавр	26,4	33
10	2	3	2,4	Научный руководитель, бакалавр	1,2	2
11	1	1	1	Бакалавр	1	1
12	1	1	1	Бакалавр	1	1
Итого					129	162

На основании полученных данных, представленных в Таблице 5.5, составляем календарный план-график, который наглядно показывает продолжительность работы исполнителей. План-график представлен в Приложении А.

## 5.5 Бюджет проводимого исследования в рамках ВКР

При планировании бюджета проекта должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям [44]:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

### 5.5.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле [44]:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи},$$

(5.5)

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

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

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

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовливаемые расходы. Величина коэффициента ( $k_T$ ) принимается как 15% от стоимости материала.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в Таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Материальные затраты проекта

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ( $Z_M$ ), руб.
Анилин	кг	1	1 410	1 621,5

Образцы дизельного топлива	л	5	40	230,0
----------------------------	---	---	----	-------

Продолжение Таблицы 5.6

Бюретка	шт.	5	4578	26 323,5
Упаковка лабораторных пробирок	шт.	1	800	920,0
Градуированная пипетка	шт.	10	65,30	750,95
Термометр лабораторный	шт.	4	4000	18 400,0
Стакан стеклянный лабораторный	шт.	10	40,7	468,05
Силикагель	кг	5	1250	7 187,5
Мерный цилиндр	шт.	5	1110	6 382,5
Шприц	шт.	50	2,57	147,78
Итого				62 431,78

По данным из приведенной выше таблицы можно судить о материальных затратах научно-исследовательской работы.

### 5.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование

Все расчеты по приобретению спецоборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в Таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Расчет бюджета затрат на приобретение специального оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Термостат жидкостный низкотемпературный «КРИО-ВТ-05-01»	1	166,1	191
2	Плитка электрическая VITEK	1	22,7	26,1

3	Рефрактометр ИРФ-454 Б2М	1	74,28	85,42
4	Аппарат для разгонки нефтепродуктов АРНС-9	1	110,88	127,51

Продолжение Таблицы 5.7

5	Вискозиметр-плотномер Штабингера SVM 3000	1	235,1	270,4
6	Аналитические весы	1	15,00	17,25
7	Анализатор Спектроскан SUL	1	1 200,00	1 380,00
8	Установка для определения предельной температуры фильтруемости Termex	1	212,40	244,26
Итого:				2341,94

Произведем расчет амортизационных отчислений: срок службы всего оборудования – 5 лет, средневзвешенная норма амортизации  $100\% / 5 = 20\%$ .

Величина амортизации:

1.  $((191000 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 16955$  руб.;
2.  $((26100 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 2316,82$  руб.;
3.  $((28400 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 7582,49$  руб.;
4.  $((127510 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 11318,70$  руб.;
5.  $((270400 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 20869,15$  руб.;
6.  $((15000 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 1331,51$  руб.;
7.  $((1200000 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 106520,55$  руб.;
8.  $((212400 \cdot 0,2) / 365) \cdot 162 = 18854,14$  руб.

Сумма = 185748,36 руб.

### 5.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполненных работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Заработная плата включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением исследования в рамках ВКР, (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 [44]:

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

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя рассчитывается по следующей формуле [44]:

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

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [44]:

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

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-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. (Таблица 5.8)

Таблица 5.8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
– выходные;	44	48
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
– отпуск	48	28
– невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	259	275

Месячный должностной оклад работника [44]:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p, \quad (5.9)$$

где  $Z_{mc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

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

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

Оклад работников на 2021 год (в рублях) составляет:

1. Научный руководитель: 35120 руб.;
2. Бакалавр: 1988 руб.

Таблица 5.9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{mc}$ , руб.	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_{раб}$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	35120	0,3	1,3	73049	3051	259	790209
Бакалавр	2500	0,3	1,3	2584,4	101,8	275	27995
						Итого	818204

#### 5.5.4 Дополнительная заработная плата исполнительской темы

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 12-15% от основной заработной платы работников, участвующих в выполнении темы [44]:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (5.10)$$

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

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты (0,12 от  $Z_{осн}$ );

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

В таблице 5.10 приведена форма расчета основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.10 – Заработная плата исполнителей научно-технического исследования

Заработная плата	Руководитель	Бакалавр
Основная зарплата	790209	27995
Дополнительная зарплата	94825,08	3359,4
Зарплата исполнителя	885034,08	31354,4
Итого по статье С <sub>зп</sub> , руб.	9160388,48	

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

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [44]:

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

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, численно равный 30,0 %.

Информация об отчислениях во внебюджетные фонды представлена в Таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	790209	94825,08
Бакалавр	27995	13953,7
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Итого, руб.:	$Z_{внеб}$ руководителя = 267280,29;	



	$Z_{внеб}$ бакалавра = 12668,51
В сумме, руб.:	279948,80

### 5.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [44]:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (5.12)$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %. Результаты расчета представлены в таблице 5.12.

### 5.5.7 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на исследовательский проект приведен в Таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Расчет бюджета затрат исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты	62431,78	Пункт 5.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ (величина амортизации)	185748,36	Пункт 5.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	818204	Пункт 5.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	98184,48	Пункт 5.5.4

5. Отчисления во внебюджетные фонды	279948,80	Пункт 5.5.5
6. Накладные расходы	231122,79	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат	1675640,21	Сумма ст. 1-6

## 5.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической 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 [44]:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (5.13)$$

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 [44]:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \quad (5.14)$$

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 5.13.

Таблица 5.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2	Аналог 3
Способствует улучшению низкотемпературных свойств	0,4	5	5	4	4
Удобство в эксплуатации	0,2	4	4	4	5
Энергосбережение	0,2	4	3	3	5
Надежность	0,2	4	4	3	3
Итого	1	17	16	14	17

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

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

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

$$I_{A3} = 0,4 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 = 4,2$$

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

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

Аналог 3 – использование депрессорных присадок, позволяющих улучшить низкотемпературные свойства дизельного топлива.

Таким образом, видно, что проведение процесса безводородной переработки дизельного топлива на цеолите наиболее эффективный метод улучшения низкотемпературных свойств, так как имеет наивысшее значение интегрального показателя.

## **6 Социальная ответственность**

### **6.1 Введение**

В процессе принятия решений каждый руководитель несет ответственность за подчиненных. Охрана труда подразумевает систему сохранения здоровья и работоспособности работников в процессе трудовой деятельности. К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации, согласно которому устанавливаются права и обязанности работника и работодателя, регулируются вопросы охраны труда, закрепляются правила оплаты и нормирования труда, порядок разрешения трудовых споров.

В данной главе выпускной квалификационной работы рассмотрены основные разделы, связанные с рабочим местом. Рабочее место должно соответствовать требованиям и быть защищенным от вредных и опасных производственных факторов, организация рабочего места должна соответствовать антропометрическим, социальным, физическим данным работника.

Предметом исследования является 134 химическая лаборатория 2 корпуса отделения химической инженерии Томского политехнического университета, в которой проводится выявление и анализ вредных и опасных факторов, имеющих место на рассматриваемом объекте, а также разработка мер по снижению воздействия этих факторов на обслуживающий персонал.

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

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

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

Основные положения по охране труда изложены в Трудовом кодексе Российской Федерации [45]. Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации, каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- 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;
- 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;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным

нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации, нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю, следовательно, работодатель обязан вести учет времени, отработанного каждым работником. Работникам за тяжелые работы и работы с вредными и опасными условиями Российским законодательством предусмотрены следующие льготы и компенсации:

- ежегодный дополнительный отпуск минимальной продолжительности 7 календарных дней (ст.117 ТК РФ, Постановление правительства РФ от 20.11.2008 г. №870 «Об установлении сокращенной продолжительности рабочего времени, ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, повышенной оплаты труда работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда»);

- повышение оплаты труда - не менее 4% тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда (ст. 147 ТК РФ, Постановление правительства РФ от 20.11.2008 г. №870 «Об установлении сокращенной продолжительности рабочего времени, ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, повышенной оплаты труда работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда»).

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

В соответствии с Постановлением Минтруда России и Минобразования России от 13 января 2003 г. № 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций» к выполнению работ допускаются работники, прошедшие обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в установленном порядке.

Рабочим местом выполнения работы является химическая лаборатория 2 корпуса отделения химической инженерии Томского политехнического университета. Лаборатория оборудована вентиляцией, водоснабжением и канализацией. Полы выполнены из жаростойкой и гидрофобной керамогранитной плитки. Лабораторные столы имеют гладкие поверхности из материалов, не сорбирующих вредные вещества, и легко поддаются очистке.

Работа с вредными и легколетучими веществами производится в вытяжных шкафах, обеспечивающих изоляцию работающих от опасной среды. Помещение хорошо освещено как дневным, так и искусственным светом.

В условиях химических лабораторий в задачи производственной санитарии входит предупреждение профессиональных отравлений, предотвращение воздействия на работающих ядовитых и раздражающих веществ, производственной пыли, шума и других вредных факторов, определение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе производственных помещений, разработка и эксплуатация средств индивидуальной защиты, системы вентиляции, отопления и рационального освещения [46].

## **6.3 Производственная безопасность**

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

При работе в лаборатории используются вредные вещества, поэтому особенно важным является контроль за воздухом их рабочей зоны, а также соблюдение правил техники безопасности работниками. В таблице 6.1 представлен список вредных веществ, используемых в работе, а также их предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны, класс опасности и влияние на организм человека.

Таблица 6.1 – Вредные вещества и их характеристика

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Воздействие на организм
Топливо дизельное	300	4	Высокие концентрации паров алифатических предельных углеводородов действуют на центральную нервную систему человека и оказывают наркотическое воздействие при вдыхании. Дизельное топливо раздражает слизистые оболочки и кожу человека, вызывая их поражение и кожные заболевания. Длительный контакт с дизельным топливом приводит к изменению функции центральной нервной системы и повышает заболеваемость органов дыхания.
Спирт этиловый	1000	4	При остром отравлении этиловым спиртом отмечается рвота, замедление дыхания и сердечных сокращений, потеря сознания.
Анилин технический	0,1	2	Анилин – высокотоксичное вещество. Действует на центральную нервную систему, на кровь, обладает способностью проникать в организм через неповрежденную кожу и при вдыхании его паров. При отравлениях средней тяжести наблюдаются тошнота, рвота, иногда, шатающаяся походка, учащение пульса. При тяжелых отравлениях отмечается полная потеря сознания, кома, резкая синюшная окраска кожных покровов.
Бензол	5	2	Бензол высокотоксичен. При отравлении его парами обычно наблюдаются учащенное сердцебиение, сонливость, головокружение, головные боли, тремор и прочие симптомы отравления. Попадание бензола внутрь может вызвать поражение желудочно-кишечного тракта. Бензол оказывает угнетающее действие на функцию кроветворения, обладает канцерогенным действием.

Таким образом, в данной выпускной квалификационной работе использовались четыре вещества, превышение значений ПДК которых может значительно сказаться на здоровье работника лаборатории. При работе с вредными веществами необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты и быть предельно аккуратным при выполнении экспериментальных работ.



В Таблице 6.2 представлены возможные опасные и вредные факторы, которые могут оказать влияние на работника лаборатории при выполнении исследования.

Таблица 6.2 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Наличие вредных веществ (Таблица 6.1) в работе		+	+	ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [46]
2.Повышенный уровень шума		+	+	ГОСТ 12.1.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности» [47]
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [48]
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений [49]
5.Неудовлетворительные показатели микроклимата	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [50]
6.Наличие взрывоопасных и токсичных веществ		+	+	ПБ 09-540-03 Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств [51]
7.Поражение электрическим током		+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [52]

Основой для нормальной работы в химической лаборатории может служить лишь сознательное соблюдение каждым сотрудником правил техники безопасности [45]:

1. Категорически запрещается работать одному в лаборатории. Разрешается работать только в отведенное время под контролем преподавателя или других сотрудников.

2. Категорически запрещается принимать и хранить пищу.

3. Каждый должен знать, где находятся средства индивидуальной защиты, аптечка, средства для тушения пожара. Работать необходимо в халате.

4. Приступать к работе можно после усвоения всей техники ее выполнения.

5. Категорически запрещается пробовать химические вещества на вкус. В процессе работы необходимо следить, чтобы вещества не попадали на кожу.

6. Все банки, в которых хранятся вещества, должны быть снабжены этикетками с соответствующими названиями.

7. Запрещается нагревать, смешивать и взбалтывать реактивы вблизи лица. При нагревании нельзя держать пробирку или колбу отверстием к себе или в направлении работающего товарища.

8. Запрещено выливать в раковину остатки кислот и щелочей, огнеопасных и взрывоопасных, а также сильно пахнущих веществ. Не разрешается бросать в раковину стекла от разбитой посуды, бумагу и вату.

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

### **6.3.2 Неудовлетворительные показатели микроклимата**

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

Параметры микроклимата на рабочих местах и в производственных помещениях нормируются по трем основным показателям: температура воздуха, относительная влажность воздуха и скорость движения воздуха. Указанные параметры различны для теплого и холодного периодов времени

года. Соблюдение гигиенических требований к микроклимату производственных помещений в холодный период позволяет поддерживать на рабочем месте здоровую, благоприятную для организма человека обстановку.

Согласно [53] 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 [53]

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Iб	22-24	21-25	60-40	0,1

В лаборатории создание микроклимата обеспечивается работой форточек, дверей, приточной вытяжной вентиляцией. Летом помещения проветриваются с помощью вентиляторов. В зимнее время помещения нагревают центральным отоплением.

### 6.3.3 Повышенный уровень шума

Производственные процессы в химической лаборатории сопровождаются шумом.

Шум ухудшает условия труда и оказывает вредное воздействие на организм человека. При достаточно длительном воздействии происходит ухудшение слуха, потеря остроты зрения, повышается кровяное давление. Уровень шума не должен превышать допустимых значений 80 дБ [47].

Для химической лаборатории характерны следующие виды шумов:

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

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

#### **6.3.4 Недостаточное освещение рабочей зоны**

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

В лаборатории применяется естественное и искусственное освещение. Естественное освещение обеспечивается за счет проникновения в помещение солнечного света через окна лаборатории.

В связи с ограниченностью естественного освещения в помещении предусмотрена система искусственного освещения для обеспечения оптимального светового режима. В лаборатории, где проводилось исследование, используется комбинированная система освещения, то есть общее искусственное и местное освещение. Местным (локальным) освещением оборудованы все рабочие места лаборатории.

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

#### **6.3.5 Поражение электрическим током**

Электробезопасность установки должна обеспечиваться в любых возможных нормальных и аварийных эксплуатационных ситуациях. Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям электробезопасности при работе с электроустановками согласно [46]. Источниками электрической опасности являются: оголенные части проводов или отсутствие изоляции, замыкания, статическое напряжение, отсутствие заземления.

В целях предотвращения электротравматизма запрещается [46]:

- работать на неисправных электрических приборах и установках;
- перегружать электросеть;

- переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы;
- работать вблизи открытых частей электроустановок, прикасаться к ним;
- загромождать подходы к электрическим устройствам.

При поражении электрическим током необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроприбор, которого касается пострадавший. Для отключения электросетей на вводах должны быть рубильники или другие доступные устройства. Отключение всей сети, за исключением дежурного освещения, производится общим рубильником.

### **6.3.6 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)**

С целью профилактики неблагоприятного воздействия параметров микроклимата в холодный период времени года, все въездные и другие часто открывающиеся проемы оборудуются тамбурами или воздушными завесами. Если обогрев здания невозможен, применяют воздушное и лучистое отопление. При работе на открытом воздухе в холодный период работодатель устанавливает перерывы на обогрев работников в специально-оборудованных теплых помещениях, выдает работникам соответствующую спецодежду, обувь, рукавицы, обладающие теплозащитными свойствами и другие СИЗ.

Для обеспечения снижения уровня воздействия опасных и вредных факторов представлены следующие решения:

- при работе в лаборатории необходимо использовать СИЗ для защиты от химически опасных веществ. Для защиты дыхательных путей систематически должна проводиться проверка путей вентиляции;
- с целью профилактики неблагоприятного воздействия параметров микроклимата в помещении должен быть установлен термометр для контроля отклонения показателей температуры от нормы. Также должен быть проведен

осмотр систем отопления, проверка толщины стен, проверка утеплителя в холодное время года;

- при значительном уровне шума работнику необходимо использовать наушники или беруши. Также стоит организовать перерывы для снятия напряжения на слуховой аппарат;
- при обнаружении дефектов в изоляции проводов, неисправностей рубильников, штепсельных вилок, розеток, а также заземления и ограждений следует немедленно сообщать электрику.

## **6.4 Экологическая безопасность**

Под экологической безопасностью понимают обстановку, при которой в окружающей среде нормализуется экологический баланс. С каждым годом вопросам экологии уделяется все большее значение, в связи с чем ужесточаются требования стандартов в области экологичности выпускаемых продуктов, а также все чаще используются технологии замкнутого цикла.

Среди загрязнителей окружающей среды (биологических, физических, химических и радиоактивных) одно из первых мест занимают химические соединения. Однако химическая лаборатория не является особо опасным объектом воздействия на окружающую среду.

### **6.4.1 Воздействие на атмосферу**

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то для очистки достаточно использование адсорбционного фильтра. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента. В качестве адсорбента наиболее часто используют активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров [54].

#### **6.4.2 Воздействие на гидросферу**

Для утилизации отработанных веществ в вытяжном шкафу должны находиться специальные сосуды с плотно притертыми крышками и соответствующими этикетками: «СЛИВ КИСЛОТ», «СЛИВ ЩЕЛОЧЕЙ», «СЛИВ ОРГАНИКИ». 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. 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 [55].

#### **6.4.3 Воздействие на литосферу**

Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. Наиболее опасными отходами для литосферы в условиях лаборатории являются отработанные люминесцентные лампы, относящиеся к 1 классу опасности. Их утилизация производится согласно [55].

### **6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Для обеспечения безопасной жизнедеятельности, исследователь должен быть подготовлен к возможности попадания в чрезвычайную ситуацию. Чрезвычайная ситуация – это совокупность обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями зданий, сооружений, материальных ценностей, поражению и гибелью людей.

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

По происхождению чрезвычайные ситуации делятся по следующим признакам: природного характера, техногенного характера, биолого-социального характера, экологического характера. В лаборатории возможна [Введите текст]

ЧС техногенного характера. Для ликвидации аварии разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на ее ликвидацию и спасение людей.

При задымлении лаборатории или при ее заражении ядовитыми парами или газами оставаться в лаборатории для ликвидации аварии можно только при условии наличия противогаза, при выключенных нагревательных приборах. После дезактивации помещение необходимо проветрить.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией в лаборатории является пожар. 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);

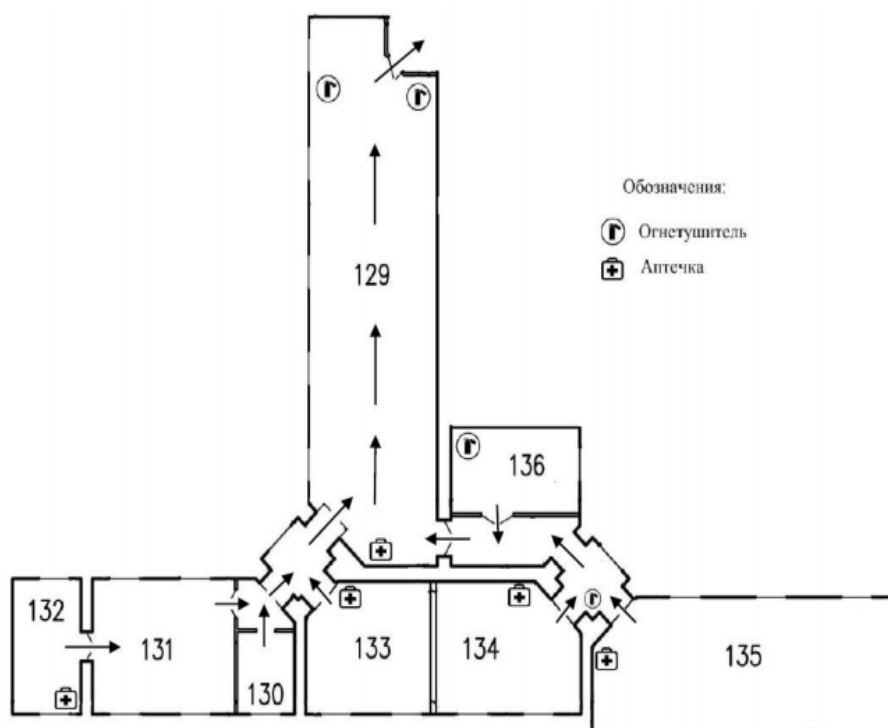


Рисунок 6.1 – План эвакуации

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;
6. 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).

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

Мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций представлены ниже:

- Систематическая диагностика оборудования;
- Обслуживание и ремонт вентиляторов, вытяжных шкафов, осветительных приборов;
- Наличие современных сигнализаций и приборов контроля в помещении для исследования;
- Систематический инструктаж персонала;
- Планы поддержания рабочего состояния лаборатории после чрезвычайной ситуации или катастрофы;
- План реагирования в случае террористических действий.

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где выполнялась выпускная квалификационная работа 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 работников.

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.

## Список публикаций студента

№	Наименование работы, ее вид	Характер работы	Выходные данные	Объем, стр.	Соавторы
<b>Публикации в ведущих рецензируемых научных Российских и зарубежных журналах и изданиях, входящих в перечень ВАК: 2</b>					
1	Получение низкозастывающих дизельных топлив на цеолитном катализаторе типа ZSM-5	Печатная	Вестник технологического университета. 2020, Т. 23, № 9, с. 68-74.	6	Богданов И.А. Алтынов А.А. Короткова Е.И. Киргина М.В.
2	Исследование влияния температуры процесса переработки прямогонной дизельной фракции на цеолитном катализаторе на состав и характеристики получаемых продуктов	Печатная	Южно-Сибирский научный вестник. 2021, № 3, с. 26-32.	6	Богданов И.А. Алтынов А.А. Киргина М.В.
<b>Доклады и тезисы докладов, опубликованные в материалах российской Международной (Всероссийской) конференции: 7</b>					
1	Исследование направлений превращений углеводородов дизельных фракций при безводородной переработке на цеолите	Печатная	Материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2021, с. 69-70.	1	Богданов И.А.
2	Сравнение структурно-группового состава сырья и продуктов цеоформинга дизельной фракции	Печатная	Материалы XXIV Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием), Нижний Новгород, 2021, с. 259.	1	Богданов И.А.
3	Облагораживание на цеолите – эффективный способ получения низкозастывающих дизельных топлив	Печатная	Материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2020, с. 387-388.	1	Богданов И.А.
4	Исследование группового состава продуктов облагораживания дизельной фракции на цеолитном катализаторе	Печатная	Труды XXIV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне «Проблемы геологии и освоения недр», Томск, 2020, с. 293-294.	2	Богданов И.А.
5	Получение низкозастывающего дизельного топлива переработкой на цеолитном катализаторе КН-30	Печатная	Материалы XI Международной конференции, посвящённой 50-летию Института химии нефти СО РАН «Химия нефти и газа», Томск, с. 165.	1	Богданов И.А.
6	Получение товарных бензинов и дизельных топлив на цеолитном катализаторе	Печатная	Тезисы докладов Национальной научно-практической конференции «Нефть и газ: технологии и инновации», Тюмень, 2020, С. 122-125.	1	Богданов И.А.

7	Получение моторных топлив переработкой на цеолитном катализаторе	Печатная	Тезисы докладов 74-й Международной молодежной научной конференции «Нефть и газ – 2020», Москва, 2020, С. 276-277.	2	Богданов И.А. Алтынов А.А.
---	--	----------	---	---	-------------------------------

## Список использованных источников

1. Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс] – Электрон. дан., 2021. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/activity/statistic>. – Дата обращения: 07.04.2021.
2. ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009). Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия (с Изменениями N 1, 2). – М.: Стандартинформ, 2009. – 51 с.
3. ТР ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
4. 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.: Стандартинформ, 2012. – 22 с.
5. Иванова И.И. Цеолитные катализаторы: синтез, активация, катализ и дезактивация // Труды Международного симпозиума «Дифракционные методы в характеристике новых материалов». – 2017. – С. 17-18.
6. Рабо Дж. Химия цеолитов и катализ на цеолитах. – М.: Мир. – 1980. – Т. 2. – 442 с.
7. Коваль Л.М. Синтез, физико-химические и каталитические свойства высококремнеземных цеолитов / Л.М. Коваль, Л.Л. Коробицына, А.В. Восмерилов // Томск. – 2001. – 50 с.
8. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. – М.: Академкнига. – 2004. – 756 с.
9. Magdalena Lassinantti. Synthesis, characterization and properties of zeolite films and membranes // Micropores and Mesopores Materials. – 2001. – С. 25-63.
10. Величкина Л.М. Синтез, физико-химические и каталитические свойства СВК-цеолитов / Л.М. Величкина, Л.Л. Коробицына, А.В. Восмерилов, В.И. Радомская // Журнал физической химии. – 2007. – Т. 81. – № 10. – С. 1814-1819.

11. Коробицына Л.Л. Синтез и свойства высокомолекулярных цеолитов / Л.Л. Коробицына, Л.Г. Колпокова, А.В. Восмериков, Л.М. Величкина, Н.В. Рябова // Химическая технология. – 2010. – Т. 11. – № 1. – С. 15-20.
12. Afroukhteh-langaroudia N., Tarighi S., Khonakdar H.A. Каталитический крекинг н-гексана и н-гептана на цеолите ZSM-5: влияние соотношения  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  // Нефтехимия. – 2018. – Т. 58. – № 3. – С. 350-356.
13. Фатхутдинов А.И., Ибрагимов Д.А., Иванова И.А., Шарафиева З.Ф., Мухаметзянова А.А., Павлов А.В. Катализаторы в процессах гидрокрекинга остаточного сырья // Вестник технологического университета. – 2017. – Т. 20. – № 7. – С. 74-77.
14. Гидроизомеризация н-парафиновых углеводородов  $\text{C}_8\text{-C}_{16}$  на Pt-содержащем катализаторе на основе цеолита ZSM-5: Сборник материалов VIII Всероссийской конференции, посвященной 60-летию ПАО «Химпром» / Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2020. – 213 с.
15. Беркань В.О., Азнабаев Ш.Т., Сидоров Г.М., Алипов Д.Е. Изучение эффективности использования цеолитных материалов в качестве компонентов катализаторов гидроизомеризации н-алканов // Башкирский химический журнал. – 2017. – Т. 24. – № 1. – С. 67-72.
16. Макеева Д.А., Куликов Л.А., Афокин М.И., Князева М.И., Караханов Э.А., Максимов А.Л. Получение ароматических углеводородов из синтез-газа: основы, проблемы, перспективы // Журнал прикладной химии. – 2020. – Т. 93. – № 7. – С. 915-937.
17. Павлов М.Л., Шавалеев Д.А., Кутепов Б.И., Травкина О.С., Павлова И.Н., Басимова Р.А., Эрштейн А.С., Герзелиев И.М. Синтез и исследование катализаторов алкилирования бензола этиленом на основе цеолита ZSM-5 // Нефтехимия. – 2016. – Т. 56. – № 2. – С. 171-177.
18. Синтез и исследование свойств катализатора алкилирования на основе цеолита ZSM-5: Материалы Международной научно-практической

конференции / Государственное унитарное предприятие «Институт нефтехимпереработки Республики Башкортостан». – Уфа, 2015. – 290 с.

19. Кузьмина Р.И., Фролов М.П., Ливенцев В.Т., Ветрова Т.К., Ковнев А.В. Разработка цеолитсодержащего катализатора риформинга // Катализ в промышленности. – 2010. – № 6. – С. 29-34.

20. Конверсия метанола на отечественном пентасиле типа ЦВМ: получение высокооктановых компонентов бензина // Электронный научный журнал нефтегазовое дело. – 2010. – № 1. – С. 35.

21. Кузьмина Р.И., Заикин М.А., Манин С.Д., Мендагалиева Д.Р. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2017. – Т. 17. – № 1. – С. 24-29.

22. Алтынов А.А., Богданов И.А., Белинская Н.С., Попок Е.В., Киргина М.В. Производство автомобильных бензинов с использованием стабильного газового конденсата и продуктов процесса «Цеоформинг» в качестве смесевых компонентов // Электронный научный журнал нефтегазовое дело. – 2019. – № 2. – С. 217-242.

23. Доронин В.П., Потапенко О.В., Липин П.В., Сорокина Т.П. Превращения растительных масел в условиях каталитического крекинга // Катализ в промышленности. – 2013. – № 6. – С. 61-67.

24. Зеленская Е.А., Зеленская Т.В. Оценка влияния цеолитсодержащих катализаторов на состав продуктов облагораживания нефтяных фракций // Экспозиция нефть газ. – 2013. – № 2. – С. 40-42.

25. Камешков А.В., Гайле А.А. Получение дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами (обзор) // Органический синтез и биотехнология. – 2015. – № 25. – С. 49-60.

26. Афанасьев И.П., Лебедев Б.Л., Ишмурзин А.В. [и др.]. Мониторинг процесса депарафинизации дизельного топлива и реактивации катализатора СГК-1 // Нефтепереработка и нефтехимия. 2014. – № 4. – С. 18-22.

27. Агабеков В.Е., Сеньков Г.М. Каталитическая изомеризация легких парафиновых углеводородов // Катализ в промышленности. 2006. – № 5. – С. 31-41.
28. Митусова Т.Н., Калинина М.В., Полина Е.В. Снижение температуры помутнения дизельного топлива за счет применения специальной присадки // Нефтепереработка и нефтехимия. 2005. – № 2. – С. 18-20.
29. Махмудова Л.Ш., Ахмадова Х.Х., Хадисова Ж.Т., Абдулмежидова З.А., Пименов А.А., Красников П.Е. Производство низкозастывающих дизельных топлив на Российских НПЗ: состояние и перспективы // Российский химический журнал. – 2017. – Т. 61. – № 2. – С. 75-97.
30. Боженков Г.В., Медведев Д.В., Рудякова Е.В., Губанов Н.Д. Каталитическая депарафинизация средних дистиллятов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – Т. 10. – № 2. – С. 349-359.
31. ПАО «НЗХК» [Электронный ресурс] – Электрон. дан., 2021. – Режим доступа: <https://www.iso.org>.
32. ГОСТ 33-2016. Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости. – М.: Издательство стандартов, 2017. – 34 с.
33. ГОСТ 5066-2018. Топлива моторные. Методы определения температур помутнения, начала кристаллизации и замерзания. – М.: Стандартинформ, 2019. – 7 с.
34. ГОСТ 20287-91. Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания. – М.: Стандартинформ, 2006. – 9 с.
35. ГОСТ 22254-92. Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 15 с.
36. ГОСТ 2177-99. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 23 с.
37. ISO 4264. Petroleum products – Calculation of cetane index of middledistillate fuels by the four variable equation [Электронный ресурс]. –

Электрон. дан. URL: <https://www.iso.org>, свободный. Дата обращения: 08.04.2021 г.

38. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности (с Изменением N 1, с Поправкой). – М: Издательство стандартов, 1987. – 140 с.

39. ГОСТ 2177-99. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 23 с.

40. ГОСТ 32139-2013. Нефть и нефтепродукты. Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии (с Поправкой). – М.: Стандартинформ, 2014. – 18 с.

41. 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.

42. ASTM D3238-2017 Standard Test Method for Calculation of Carbon Distribution and Structural Group Analysis of Petroleum Oils by the n-d-M Method.

43. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Креницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

44. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197.

45. Захаров Л.Н. Техника безопасности в химических лабораториях / Л.Н. Захаров. – Ленинград: Химия, 1991. – 336 с.

46. ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200233> – Дата обращения: 07.05.2021.

47. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [Электронный ресурс]. – URL: [Введите текст]



ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901703278> – Дата обращения: 07.05.2021.

48. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение (с Изменением № 1)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001026> – Дата обращения: 07.05.2021.

49. ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105707> – Дата обращения: 07.05.2021.

50. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> – Дата обращения: 07.05.2021.

51. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением №1)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071156> – Дата обращения: 07.05.2021.

52. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200080203> – Дата обращения: 07.05.2021.

53. 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.

54. ГОСТ Р 58577-2019 «Правила установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ проектируемыми и действующими хозяйствующими субъектами и методы определения этих нормативов» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200168569> – Дата обращения: 08.05.2021.

55. ГОСТ Р 52105-2003 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные [Введите текст]

положения» [Электронный ресурс]. – URL:  
<http://docs.cntd.ru/document/1200032452/> – Дата обращения: 08.05.2021.

## Приложение А

Таблица А – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>ки</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	2														
2	Поиск и изучение литературы по выбранной теме	Бакалавр	8														
3	Выбор направления исследования	Научный руководитель, бакалавр	2														
4	Календарное планирование экспериментов	Научный руководитель	5														
5	Поиск необходимых методик для проведения экспериментов	Бакалавр	10														
6	Проведение экспериментов	Бакалавр	85														

[Введите текст]

