

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование процесса совместной переработки прямогонных дизельных фракций и растительных масел на цеолитном катализаторе

УДК 665.75:544.478

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Соснина Дарья Вячеславовна		

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 ОХИ ИШПР	Алтынов Андрей Андреевич	—		

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), CDIO (пп. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
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), CDIO (пп. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
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), CDIO (пп. 1.2, 2.1, 4.5)
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), CDIO (пп. 1.3, 4.4, 4.7)
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), CDIO (п. 2.2)
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), CDIO (пп. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)

<i>Общекультурные компетенции</i>		
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), CDIO (п. 2.5)
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), CDIO (п. 2.4)
P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), CDIO (пп. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3, 4), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), CDIO (пп. 4.7, 4.8, 3.1)

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	Соснина Дарья Вячеславовна

Тема работы:

Исследование процесса совместной переработки прямогонных дизельных фракций и растительных масел на цеолитном катализаторе	
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:

Исходные данные к работе	Образец прямогонного дизельного топлива, образец подсолнечного масла.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Литературный обзор 1.1 Технологии получения биокomпонентов моторных топлив 1.2 Низкозастывающие дизельные топлива 1.3 Цеолитные катализаторы 1.4 Совместная переработка смесей углеводороды/растительное масло 2 Объект и методы исследования 2.1 Объект исследования 2.2 Методика каталитической переработки 2.3 Методики определения состава и свойств исследуемых образцов 3 Расчеты и аналитика

	<p>3.1 Результаты определения состава и свойств сырья</p> <p>3.2 Результаты определения состава и свойств продуктов переработки на цеолитном катализаторе</p> <p>4 Результаты исследования</p> <p>4.1 Анализ изменения состава и свойств смесового дизельного топлива в результате переработки на цеолитном катализаторе</p> <p>4.2 Анализ влияния температуры переработки на цеолитном катализаторе смесового дизельного топлива на состав и свойства полученных продуктов</p> <p>4.3 Анализ влияния вовлечения растительного масла в переработку на цеолитном катализаторе на состав и свойства полученных продуктов</p> <p>5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>6 Социальная ответственность</p>
--	---

Перечень графического материала

Нет

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	к.э.н., доцент ОСГН ШБИП Спицына Л.Ю.
«Социальная ответственность»	старший преподаватель ООД ШБИП Гуляев М.В.

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

Нет

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	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	Соснина Дарья Вячеславовна		

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 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(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: технологии получения биокomпонентов моторных топлив; низкозастывающие дизельные топлива; цеолитные катализаторы; совместная переработка смесей углеводороды/растительное масло.	15
01.04.2021 г.	Объект и методы исследования: объект исследования; методика каталитической переработки; методики определения состава и свойств исследуемых образцов (содержания серы, вязкости, плотности, температуры помутнения и температуры застывания, предельной температуры фильтруемости, фракционного и группового состава, цетанового индекса).	15
15.04.2021 г.	Расчеты и аналитика: результаты определения состава и свойств сырья; результаты определения состава и свойств продуктов переработки на цеолитном катализаторе.	20
01.05.2021 г.	Результаты исследования: анализ изменения состава и свойств смесового дизельного топлива в результате переработки на цеолитном катализаторе; анализ влияния температуры переработки на цеолитном катализаторе смесового дизельного топлива на состав и свойства полученных продуктов; анализ вовлечения масла в переработку на цеолитном катализаторе на состав и свойства полученных продуктов.	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:

Группа	ФИО
2Д7В	Сосниной Дарье Вячеславовне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавр	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, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»: оклад доцента – 35120 руб., оклад исполнителя равен минимальному размеру оклада (1 квалифицированный уровень) – 12130 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	–районный коэффициент – 1,3; –накладные расходы – 16 %; –норма амортизации 25 %.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации отчисления во внебюджетные фонды – 30 %.

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 основных 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	Оценка эффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
	Соснина Дарья Вячеславовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д7В	Соснина Дарья Вячеславовна

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

Тема ВКР:

Исследование процесса совместной переработки прямогонных дизельных фракций и растительных масел на цеолитном катализаторе	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования – растительное масло, нефтяное дизельное топливо, смесь нефтяного дизельного топлива и растительного масла (10 % об. масла).</p> <p>Рабочая зона – химическая 134 лаборатория и химическая 129 лаборатория 2 корпуса отделения химической инженерии Томского политехнического университета.</p> <p>Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность, топлива для автотранспорта в условиях крайнего севера.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относятся: Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019).</p> <p>Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами:</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</p> <p>ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>1.1 В исследовательской лаборатории существует вероятность воздействия следующих вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – наличие вредных веществ; – отклонение показателей микроклимата; – недостаточное освещение рабочей зоны; – повышенный уровень шума; – поражение электрическим током; – возникновение пожара;

	<p>1.2 Вредные вещества. В исследовательской лаборатории при проведении работ присутствуют вредные вещества такие, как:</p> <ul style="list-style-type: none"> – этиловый спирт, – анилин, – бензол, – пары дизельного топлива. <p>Средства защиты: хлопчатобумажные халаты, перчатки, очки защитные.</p> <p>К опасным факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – горючесть, взрывоопасность и токсичность веществ; – превышение концентрации токсичных веществ в воздухе рабочей зоны.
3. Экологическая безопасность:	<p>Основными загрязнителями являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> – дизельное топливо; – анилин; – бензол; – нефтяные растворители; – люминесцентные лампы.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации при проведении исследований на рабочем месте:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожар; – взрыв; – разлив химических реагентов. <p>В случае возникновения ЧС необходимо избегать контакта с веществом, эвакуировать людей из опасной зоны, а также в лаборатории предусмотрены первичные средства пожаротушения.</p>

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

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	Соснина Дарья Вячеславовна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 101 страницу, 17 рисунков, 39 таблиц, 42 источника и 1 Приложение.

Ключевые слова: дизельное топливо, подсолнечное масло, смесевое дизельное топливо, низкотемпературные свойства, цеолитный катализатор.

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

Объект исследования – прямогонное дизельное топливо, смесь прямогонного дизельного топлива и растительного масла, а также продукты их переработки на цеолитном катализаторе. Предмет исследования – состав и свойства прямогонного и смесевого дизельного топлива, а также продуктов их переработки на цеолитном катализаторе.

Цель работы – исследование процесса совместной переработки прямогонных дизельных фракций и растительных масел на цеолитном катализаторе.

В ходе работы определены состав и свойства образца прямогонного дизельного топлива, подсолнечного масла и их смеси; осуществлена переработка на цеолитном катализаторе прямогонного и смесевого дизельного топлива в условиях варьирования температуры процесса; определены состав и свойства полученных продуктов; выявлены закономерности влияния температуры процесса на состав и свойства полученных продуктов; оценена целесообразность совместной переработки прямогонного дизельного топлива и растительного масла на цеолитном катализаторе.

Экономическая эффективность/значимость работы: заключается в возможности использования разработанной технологии для производства низкозастывающих дизельных топлив, возможности расширения сырьевого пула для производства дизельных топлив за счет вовлечения растительных масел.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	15
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	18
1.1 Технологии получения биокomпонентов моторных топлив	18
1.2 Низкозастывающие дизельные топлива	21
1.3 Цеолитные катализаторы	23
1.4 Совместная переработка смесей углеводороды/растительное масло	26
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	28
2.1 Объект исследования	28
2.2 Методика каталитической переработки	28
2.3 Методики определения состава и свойств исследуемых образцов	32
2.3.1 Методика определения содержания серы	32
2.3.2 Методика определения вязкости	33
2.3.3 Методика определения плотности	33
2.3.4 Методики определения температуры помутнения и температуры застывания	35
2.3.5 Методика определения предельной температуры фильтруемости	37
2.3.6 Методика определения фракционного состава	37
2.3.7 Методика определения группового состава	38
2.3.8 Методика определения цетанового индекса	41
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА	42
3.1 Результаты определения состава и свойств сырья	42
3.2 Результаты определения состава и свойств продуктов переработки на цеолитном катализаторе	44
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	47
4.1 Анализ изменения состава и свойств дизельного и смесового дизельного топлива в результате переработки на цеолитном катализаторе	47
4.2 Анализ влияния температуры переработки на цеолитном катализаторе смесового дизельного топлива на состав и свойства полученных продуктов	49
4.3 Анализ влияния вовлечения растительного масла в переработку на	

цеолитном катализаторе на состав и свойства получаемых продуктов	53
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	56
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	56
5.2 Анализ конкурентных технических решений	58
5.3 SWOT-анализ	59
5.4 Планирование исследовательских работ	60
5.4.1 Структура работ в рамках проводимого исследования	60
5.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ	61
5.4.3 Разработка графика проведения исследования	63
5.5 Бюджет проводимого исследования в рамках ВКР	65
5.5.1 Расчет материальных затрат исследования	65
5.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование	67
5.5.3 Основная заработная плата исполнителей проекта	68
5.5.4 Дополнительная заработная плата исполнительской темы	70
5.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	70
5.5.6 Накладные расходы	71
5.5.7 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта	71
5.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	72
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	75
6.1 Введение	75
6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	75
6.2.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	76
6.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	77
6.3 Производственная безопасность	78
6.3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	78
6.3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при	

внедрении разработки на производстве	81
6.3.2.1 Отклонение показателей микроклимата	81
6.3.2.2 Недостаточное освещение рабочей зоны	81
6.3.2.3 Повышенный уровень шума	83
6.3.2.4 Поражение электрическим током	84
6.3.2.5 Возникновение пожара	86
6.3.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)	87
6.4 Экологическая безопасность	87
6.4.1 Воздействие на атмосферу	88
6.4.2 Воздействие на гидросферу	88
6.4.3 Воздействие на литосферу	88
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	88
6.5.1 Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения	89
6.5.2 Выбор наиболее типичной ЧС	90
6.5.3 Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС	90
Выводы	92
Список публикаций студента	94
Список использованной литературы	95
Приложение	100

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение объемов потребления моторных топлив и, как следствие, развитие процессов нефтепереработки сопровождается постоянным ужесточением экологических требований, предъявляемых к качеству товарных нефтепродуктов. Необходимость соответствия данным требованиям влечет за собой большие как капитальные, так и эксплуатационные затраты. Все это приводит к необходимости поиска новых, возобновляемых и экологически чистых источников топлива.

В настоящее время для получения низкозастывающих дизельных топлив активно применяется процесс каталитической депарафинизации, который основан на удалении парафиновых углеводородов из нефтепродуктов избирательным гидрокрекингом на металл-цеолитных катализаторах. Однако процесс каталитической депарафинизации не позволяет решить все существующие проблемы, связанные с экологическими требованиями.

Решением существующих проблем может стать совместная переработка смесей растительных масел с прямогонным дизельным топливом на цеолитном катализаторе. Данную переработку возможно реализовать на установках, уже имеющихся на предприятиях без существенных конструктивных изменений.

Таким образом, **целью** данной работы является исследование процесса совместной переработки прямогонных дизельных фракций и растительных масел на цеолитном катализаторе.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Определить и проанализировать состав и свойства образца прямогонного дизельного топлива, подсолнечного масла и смеси прямогонного дизельного топлива и подсолнечного масла;
2. Осуществить переработку на цеолитном катализаторе прямогонного дизельного топлива и смесевое дизельное топливо в условиях варьирования температуры процесса;

3. Определить и проанализировать состав и свойства полученных продуктов переработки на цеолитном катализаторе;

4. Выявить закономерности влияния температуры переработки на цеолитном катализаторе смесевое дизельного топлива на состав и свойства полученных продуктов;

5. Выявить закономерности влияния вовлечения растительного масла в переработку на цеолитном катализаторе на состав и свойства полученных продуктов;

6. Оценить целесообразность совместной переработки прямогонного дизельного топлива и растительного масла на цеолитном катализаторе с целью получения низкозастывающих дизельных топлив.

Объектом исследования в данной работе являются прямогонное дизельное топливо, смесь прямогонного дизельного топлива и растительного масла, а также продукты их переработки на цеолитном катализаторе.

Предметом исследования являются состав и свойства прямогонного дизельного топлива, смеси прямогонного дизельного топлива и растительного масла, а также продуктов их переработки на цеолитном катализаторе.

Научная новизна работы:

1. Установлено, что в результате переработки смеси прямогонного дизельного топлива и 10 % об. подсолнечного масла на цеолитном катализаторе происходит значительное улучшение низкотемпературных свойств продуктов (более чем на 30 °С); увеличение содержания ароматических углеводородов практически в 2 раза, а также снижение содержания парафинов и нафтенов практически в 1,5 раза.

2. Показано, что увеличение температуры переработки смесевое дизельного топлива на цеолитном катализаторе с 375 °С до 475 °С приводит к небольшому утяжелению конца кипения продуктов; снижению вязкости, увеличению плотности, снижению содержания серы и цетанового индекса; увеличению предельной температуры фильтруемости; незначительному

снижению содержания ароматических углеводородов и парафинов, росту содержания нафтенов.

3. Установлено, что добавление 10 % об. подсолнечного масла к дизельному топливу при переработке на цеолитном катализаторе приводит к незначительному ухудшению низкотемпературных свойств полученных продуктов.

4. Показано, что закономерности влияния вовлечения подсолнечного масла в переработку на цеолитном катализаторе на состав полученных продуктов зависят от температуры реализации процесса. При реализации переработки при 375 °С добавление подсолнечного масла приводит к повышению содержания в продуктах ароматических углеводородов и парафинов, снижению содержания нафтенов; при 475 °С – к повышению содержания в продуктах ароматических углеводородов и нафтенов, снижению содержания парафинов.

Практическая значимость работы:

Установлено, что продукты совместной переработки подсолнечного масла и дизельного топлива на цеолитном катализаторе по низкотемпературным свойствам соответствуют: полученные при температуре 375 °С – арктической марке, при температуре 475 °С – зимней марке. Показано, что полученные продукты переработки на цеолитном катализаторе являются перспективными смесевыми компонентами низкозастывающих топлив.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности совместной переработки растительных масел и дизельных топлив на цеолитном катализаторе для получения низкозастывающих топлив. Вовлечение растительных масел позволит расширить сырьевой пул для производства топлив.

Апробация работы:

Основные положения работы были представлены на 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, а также на XXV Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр».

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Технологии получения биокomпонентов моторных топлив

Развитие экономики в современном мире влечет за собой увеличение объемов потребления моторных топлив и, как следствие, истощение не возобновляемых природных ресурсов, повышение цен на углеводородное сырье и загрязнение окружающей среды. В связи с этим проблема поиска альтернативных, возобновляемых источников энергии, способных заменить традиционные, является актуальной задачей развития топливно-энергетической промышленности.

На данный момент одним из наиболее распространенным альтернативным топливом является биодизельное топливо (БиодТ), полученное переэтерификацией растительных масел.

Примечательно, что БиодТ, синтезированные при определенных условиях, но с использованием различного сырья, будут существенно отличаться по свойствам.

Авторами [1] было проведено сравнительное исследование свойств БиодТ, полученных из рапсового и подсолнечного масел с использованием в качестве переэтерифицирующего агента метилового спирта. Анализ полученных данных показал, что БиодТ, синтезированное из разного сырья, отличается по свойствам. Так, плотность при 20 °С для БиодТ из рапсового масла составила 877 кг/м³, а для БиодТ из подсолнечного масла – 886 кг/м³. Значение кинематической вязкости для БиодТ из рапсового масла оказалось выше чем для БиодТ из подсолнечного масла и составило 8,0 мм²/с против 7,0 мм²/с. Что касается низкотемпературных характеристик, то для БиодТ из рапсового масла температура застывания (T_3) составила -21 °С, а для БиодТ из подсолнечного масла – -17 °С. Таким образом, авторами работы [1] было установлено, что наиболее предпочтительным сырьем для синтеза БиодТ из рассмотренных, является рапсовое масло, так как при его использовании обеспечиваются наилучшие низкотемпературные характеристики получаемого БиодТ.

Авторы [2] получали БиоДТ из таких масел как соевое, рапсовое, пальмовое, пальмоядровое и кокосовое. Анализ физико-химических характеристик, полученных БиоДТ, показал, что наибольшей плотностью при 15 °С обладает БиоДТ из рапсового масла (плотность составила 886 кг/м³), а наименьшей – БиоДТ из кокосового масла (плотность составила 874 кг/м³). Наибольшее значение кинематической вязкости при 40 °С было отмечено для БиоДТ из соевого масла и составило 6,6 мм²/с, а наименьшим значением вязкости, равным 2,7 мм²/с, характеризуется БиоДТ из кокосового масла. В работе [3] авторы осуществили синтез БиоДТ из касторового масла и масла ятрофы и сравнили свойства полученных продуктов. При определении физико-химических свойств, полученных БиоДТ, авторы [3] установили, что продукт, полученный из масла ятрофы обладает меньшей плотностью (при 25 °С плотность составила 875 кг/м³) и большей вязкостью (кинематическая вязкость составила 13 мм²/с) по сравнению с продуктом из касторового масла (при 25 °С плотность составила 905 кг/м³, значение вязкости – 12,5 мм²/с).

Авторы [4] исследовали характеристики БиоДТ, полученных из таких масел как кокосовое, пальмовое, масло ятрофы, масло каранджи и хлопковое масло. Анализ полученных результатов показал, что наименьшая плотность (865 кг/м³ при 15 °С) соответствует БиоДТ, полученному из кокосового масла, а наибольшая (равная 886 кг/м³) соответствует БиоДТ, полученному из хлопкового масла. Наименьшим значением кинематической вязкости при 40 °С характеризуется БиоДТ из кокосового масла (2,9 мм²/с), а наибольшим значением обладает БиоДТ из масла ятрофы (вязкость составила 4,93 мм²/с).

Как можно видеть из результатов, представленных в работах [1-4], полученные БиоДТ по своим свойствам не соответствуют требованиям, предъявляемым к дизельным топливам (ДТ) зимней и арктической маркам согласно [5].

Одним из перспективных направлений для получения низкозастывающих биоконпонентов моторных топлив является каталитический крекинг растительных масел. Данный процесс позволяет

существенно расширить сырьевую базу для получения нефтепродуктов. Одним из главных преимуществ крекинга растительных масел является отсутствие в данном виде сырья различных азот- и серосодержащих соединений, что позволяет снизить выбросы вредных веществ в атмосферу.

В работе [6] было исследовано получение транспортного топлива из масла ятрофы путем каталитического крекинга. Процесс осуществлялся в реакторе периодического действия, в атмосфере азота при температуре 375 °С. В качестве катализаторов крекинга были использованы такие катализаторы как ZSM-5, ZSM-5 + SiAl и NiMo/SiAl. Наибольшую эффективность показал катализатор ZSM-5 + SiAl, поскольку при его использовании для переработки масла ятрофы в составе получаемых продуктов крекинга образовалось 36 % углеводородов бензинового ряда (C₇-C₁₁) и 58 % углеводородов дизельного ряда (C₁₂-C₂₂).

Авторами работы [7] было изучено превращение отработанных масел в биотопливо в ходе крекинга на отработанных катализаторах каталитического крекинга в псевдооживленном слое. Переработка осуществлялась на лабораторной установке каталитического крекинга в интервале температур от 450 до 520 °С. Результаты исследования показали, что выходы ДТ, бензина и сжиженного нефтяного газа находятся в интервале 25-29 % мас., 40-42 % мас. и 14-18 % мас., соответственно. Также было установлено, что с повышением температуры процесса каталитического крекинга возрастает конверсия ДТ в бензин и сжиженный нефтяной газ.

В работе [8] было исследовано влияние температуры и времени протекания процесса на характеристики биотоплива, полученного в ходе каталитического крекинга при переработке отработанного масла. Каталитический крекинг проводился на комбинированном катализаторе H-USY и ZSM-5, в соотношении 0,5:0,5. Температура процесса варьировалась в пределах от 400 °С до 550 °С, с шагом 50 °С, а время процесса – от 30 до 60 минут, с шагом 15 минут. Процесс проводился в проточном реакторе при атмосферном давлении. В ходе исследования было установлено, что

наибольшая эффективность катализатора наблюдается при температуре крекинга 450 °С и времени протекания процесса равном 60 минут. При данных условиях выход биотоплива составил 49,35 % мас.

Таким образом, анализ литературных источников показал, что каталитическая переработка растительных масел является перспективным процессом для получения нефтепродуктов. Однако существенным недостатком переработки с использованием в качестве сырья растительных масел является довольно низкий выход продуктов по сравнению с объемами сырьевых ресурсов.

1.2 Низкозастывающие дизельные топлива

Холодные климатические условия и географическое положение большей части Российской Федерации обуславливают необходимость исследований, направленных на получение низкозастывающих ДТ. Неудовлетворительные низкотемпературные свойства данных топлив обусловлены присутствием в их составе n-парафинов, а также нафтеновых углеводородов с длинными боковыми цепями, которые в ходе эксплуатации при понижении температуры начинают образовывать кристаллы. Образование кристаллов приводит к ухудшению работы различных механизмов дизельных двигателей.

Предотвратить образование кристаллов углеводородов при пониженных температурах и тем самым улучшить низкотемпературные свойства ДТ возможно различными способами.

Одним из таких способов является модифицирование топлива депрессорными присадками.

В работе [9] была изучена эффективность действия товарных депрессорных присадок типа полиметакрилат марки «Д», сополимер этилена с винилацетатом и АЗНИИ ЦИАТИМ-1 на низкотемпературные свойства ДТ в зависимости от его компонентного и фракционного состава. В ходе исследования было установлено, что эффективность действия одних и тех же

присадок при добавлении к ДТ с различным компонентным и фракционным составом неодинакова.

В работе [10] показано, что введение депрессорной присадки позволяет снизить T_3 ДТ от -12 до -35 °С, но не оказывает влияния на значения температуры помутнения (T_n) и предельной температуры фильтруемости (ПТФ).

Также улучшение низкотемпературных свойств ДТ возможно осуществлять путем депарафинизации кристаллизацией. Данный процесс основан на понижении растворимости парафинов в нефтепродуктах при охлаждении. В ходе осуществления данного процесса кристаллические образования отделяют от раствора фильтрованием или центрифугированием.

Одним из наиболее распространенных примеров процесса депарафинизации кристаллизацией является карбамидная депарафинизация. Карбамидная депарафинизация основана на образовании комплексов парафинов с карбамидами и их последующим отделением путем фильтрования.

Авторами работы [11] была исследована карбамидная депарафинизация, которая позволила снизить T_3 отдельных фракций самотлорской нефти. Так T_3 фракции $180-350$ °С, которая составляла -25 °С, в ходе депарафинизации снизилась до -64 °С. Однако существенным недостатком данного способа для получения низкозастывающих топлив является значительное снижение цетанового числа, а также большой расход сырья (парафины составляют порядка 40-60 % мас. в составе нефти).

ДТ с улучшенными низкотемпературными характеристиками возможно получать в ходе процесса каталитической депарафинизации, которая может протекать как в присутствии водородсодержащего газа, так и без него. В процессе каталитической депарафинизации нефтяного сырья происходит крекинг n-парафинов, в результате которого образуются более легкие парафины (в основном изопарафины), нафтены, ароматические соединения и легкие углеводородные газы.

В работе [12] был исследован процесс безводородной каталитической депарафинизации на лабораторной установке, которая позволяет проводить каталитические процессы в широком интервале температур и давлений на стационарном слое катализатора. Процесс каталитической депарафинизации сырья осуществлялся на цеолитном катализаторе структурного типа ZSM-5 марок СГК-1 и СГК-5 в интервале температур от 300 до 350 °С, избыточном давлении 0,02-0,03 МПа и объемной скорости подачи сырья 3-4 ч⁻¹. Результаты определения свойств продуктов, полученных в ходе переработки, показали, что продукт депарафинизации характеризуется более легким составом по сравнению с исходным сырьем. Также наблюдалось значительное снижение T_3 продукта по сравнению с исходной фракцией (T_3 исходной смеси 10 °С, T_3 продукта -28 °С).

В работе [13] была исследована возможность получения низкозастывающих ДТ на цеолитном катализаторе типа ZSM-5. Процесс переработки ДТ был реализован на лабораторной проточной каталитической установке при давлении 0,35 МПа, температуре 375 °С и скорости подачи сырья 0,5 мл/мин. В результате из образца прямогонного ДТ с неудовлетворительными для топлив зимней и арктической марок свойствами в ходе каталитической переработки был получен продукт, соответствующий требованиям [5] для арктической марки ДТ. Так ПТФ полученного продукта снизилась с -5 °С до -51 °С.

1.3 Цеолитные катализаторы

Совершенствование цеолитных катализаторов, которые активно применяются в таких процессах как крекинг и гидрокрекинг, является одним из наиболее важных направлений в развитии катализа.

Цеолитные катализаторы используют для проведения реакций органического и неорганического синтеза. Цеолиты представляют собой термически стабильные и устойчивые по отношению к контактными ядам катализаторы. Возможность их использования в качестве носителей

каталитически активной массы обусловлена развитой поверхностью, способностью к катионообмену, а также высокой механической прочностью.

Природные цеолиты представляют собой кристаллические алюмосиликаты, которые содержат оксиды щелочных и щелочноземельных металлов, и отличаются строго регулярной структурой пор, заполненных водой при нормальных условиях [14]. При нагревании цеолитов происходит выделение водяного пара, но не происходит изменение структуры цеолитов.

Цеолиты, входящие в состав цеолитных катализаторов, имеют вид каркаса, построенного из бесконечной одно-, двух- или трехмерной сетки тетраэдров SiO^4 и AlO^5 , связанных общими атомами кислорода, и пронизанного полостями и каналами. Матрица цеолитного катализатора, в которой распределен и закреплен кристаллический цеолит, также может состоять из Al_2O_3 , SiO_2 , глины или аморфного алюмосиликата.

Соотношение атомов Si/Al в кристаллическом каркасе цеолита, размеры и строение полостей, каналов цеолита и матрицы; наличие катионов (помимо катионов щелочных и щелочноземельных металлов) или их отсутствие определяют активность и стабильность цеолитного катализатора [15].

Различают моно- и бифункциональные цеолитные катализаторы. Монофункциональные катализаторы содержат брэнстедовские и льюисовские центры. Их каталитическое действие основано на способности образовывать карбониевые ионы. За счет образования карбониевых ионов данные катализаторы способны ускорять реакции крекинга, изомеризации, диспропорционирования, переноса водорода и др.

Бифункциональные кислотные катализаторы, помимо кислотных центров, содержат также катионы металлов VI и VII групп. Эти катионы определяют способность катализаторов ускорять окислительно-восстановительные реакции. Таким образом, на бифункциональных цеолитных катализаторах протекают два типа реакций. Первый тип – реакции на кислотных центрах, а второй – реакции на катионах металлов. В данном случае направление и селективность протекающих реакций обусловлены

соотношением количества кислотных центров и количеством катиона металла, который введен в катализатор.

Среди синтетических цеолитов наиболее распространенными являются цеолиты типов А, X, Y и ZSM [16].

Цеолиты типа А представляют собой низкокремнистые формы, в которых соотношение $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ не превышает 2. Стоит отметить, что данные цеолиты разрушаются в кислой среде.

Для цеолитов типа X соотношение $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ колеблется в пределах от 2,2 до 3,3. Данные цеолиты характеризуются достаточно широкими входными окнами и способны к адсорбции большинства компонентов сложных смесей, среди которых все типы углеводов, органические соединения серы, меркаптаны, галогензамещенные углеводороды.

В ряду катализаторов на основе цеолитов наиболее распространенными являются металлзамещенные Y-цеолиты в кислотной и основной форме, алюмофосфаты (APO-5 и APO-8) и алюмосиликаты (ZSM-5, ZSM-8, ZSM-11).

Цеолиты типа Y и ZSM-5 широко применяются в качестве активных компонентов катализаторов в процессах крекинга, глубокого крекинга тяжелого сырья, гидродепарафинизации, гидрокрекинга.

Особенности строения высококремнеземных цеолитов обуславливают их избирательную адсорбцию к углеводородам, обеспечивая при этом доступ в основном парафиновым углеводородам нормального и слаборазветвленного строения. Цеолиты типа ZSM-5 характеризуются моноразмерными кристаллами цеолита с хорошо развитой внешней поверхностью, обедненной атомами алюминия [17]. Данная структура позволяет значительно понизить крекирующую активность катализаторов на основе данных цеолитов, уменьшить их закоксовывание при переработке сырья широкого фракционного состава, в том числе и для тяжелых углеводородов, для которых внутренний объем цеолитных каналов практически недоступен.

1.4 Совместная переработка смесей углеводороды/растительное масло

Как было описано ранее, для получения низкозастывающих ДТ широкое распространение нашел процесс каталитической депарафинизации. Однако несмотря на все достоинства, данный процесс не решает существующие проблемы, связанные с экологическими требованиями.

Также было установлено, что переработка растительных масел, хоть и является перспективной, но не позволяет получать большой выход нефтепродуктов. Данную проблему возможно решить за счет переработки нефтепродуктов с добавлением растительного масла в качестве смесового компонента.

Таким образом, исследования, посвященные совместной переработке растительных масел и углеводородов, целью которой является получение ДТ, удовлетворяющих требованиям стандартов, с возможностью вовлечения экологически чистых компонентов, становятся наиболее актуальными в настоящее время.

В работе [18] исследовано совместное превращение вакуумного газойля и растительного масла в условиях каталитического крекинга. Результаты исследования показали, что добавление от 3 до 10 % мас. подсолнечного масла позволяет повысить выход бензиновой фракции и достичь максимальной конверсии исходного смесового сырья. При дальнейшем увеличении количества вовлекаемого масла наблюдается закоксовывание катализатора и его дезактивация.

Авторами [19] описан способ получения низкозастывающих моторных топлив путем гидрогенизационной переработки сырья, состоящего из смеси дистиллята растительного происхождения и дистиллята нефтяного происхождения. Содержание дистиллята растительного происхождения в смеси варьировалось от 5,0 до 40,0 % мас. Следует отметить, что переработку сырья осуществляли в две стадии. Первая стадия – гидрооблагораживание сырья, вторая – депарафинизация и гидроочистка на цеолитсодержащем

алюмомолибденовом катализаторе. Было установлено, что возможно осуществлять вовлечение до 40 % мас. растительного дистиллята в сырье для каталитической переработки. При этом наблюдается снижение T_3 (до -55 °C), снижение ПТФ (ниже -42 °C), снижение содержания серы (менее 0,01 % мас.), а также высокий выход целевых продуктов процесса, который составил 96 % мас.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

Объектом исследования в данной работе выступили подсолнечное растительное масло, прямогонное ДТ, смесь прямогонного ДТ и растительного масла, а также продукты их переработки на цеолитном катализаторе.

В качестве сырья для каталитической переработки было использовано прямогонное ДТ и смесевое ДТ с содержанием 10 % об. подсолнечного масла.

Для подсолнечного масла была принята маркировка ПМ, для смеси прямогонного ДТ с содержанием 10 % об. подсолнечного масла – ДТ+10% ПМ.

В качестве катализатора был использован цеолитный катализатор структурного типа ZSM-5, марки КН-30, предоставленный ПАО «Новосибирский завод химконцентратов».

2.2 Методика каталитической переработки

Процесс каталитической переработки был реализован на лабораторной каталитической установке «САТАСОН», которая предназначена для исследования процессов, протекающих в условиях повышенного давления в проточном реакторе при максимальном давлении 90 бар и максимальной температуре 700 °С.

Технологическая схема установки «САТАСОН» представлена на рисунке 2.1.

Для продувки системы, разбавления реакционной смеси, а также проведения теста на герметичность в реакторный блок из баллона подается азот. Выполняя манипуляции путем механического воздействия на ручку регулятора давления РПС.1 выставляется необходимое давление. Заданное давление контролируется по манометрам, которые установлены в корпусе регулятора и через вентиль запорный ВЗ.3 подается в реакторную систему.

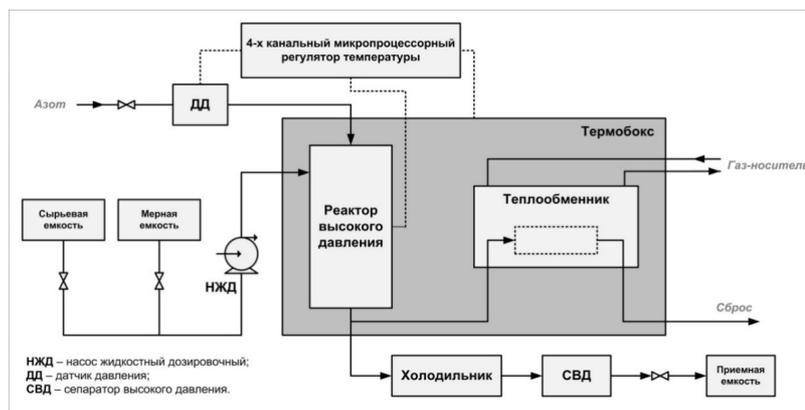


Рисунок 2.1 – Технологическая схема установки «CATACON»

ВЗ – вентиль запорный; РПС – регулятор давления газа «после себя»;
 СЕ – сырьевая емкость; МЕ – мерная емкость; НЖ – насос жидкостной дозировочный;
 Ф – противопыльный фильтр; РРГ – регулятор расхода газа; ОК – обратный клапан;
 М – манометр показывающий; МК – манометр контактный; ПК – предохранительный
 клапан; ТЕ – термоэлектрический преобразователь термопара хромель-алюмель;
 Р – реактор высокого давления; Х – трубчатый холодильник; СВД – сепаратор высокого
 давления; КЗ – клапан запорный; КР – клапан регулирующий; МП – манометр
 показывающий; ДД – датчик давления; Е – емкость приемная; РДС – регулятор давления
 газа «до себя»; БПИ – блок питания/ управления/ индикации; ПАС – прибор аварийной
 сигнализации; МРТ – микропроцессорный регулятор температуры

На линии подачи газа установлен цифровой датчик давления (ДД), соединенный с прибором аварийной сигнализации (ПАС) и пружинным предохранительным клапаном ПК. На датчике давления устанавливаются нижний и верхний предел давления, которые должны соответствовать рабочему давлению. Нижний предел устанавливаемого давления должен быть меньше рабочего давления на 10 %, а верхний предел больше на 10 % рабочего давления. В случае выхода давления за установленные границы внутренние контакты датчика давления замыкаются, что приводит к обесточиванию всей каталитической установки. Это позволяет предотвратить аварийную ситуацию. Предохранительный клапан (ПК) также позволяет предотвращать аварийные ситуации в том случае, когда давление в реакторной системе превышает 100 бар.

Жидкий исходный реагент из мерной емкости (МЕ) подается в жидкостной насос (НЖ). Мерная емкость (МЕ) объемом примерно 50 мл

предназначена для калибровки, проверки работоспособности жидкостного насоса и для проведения кратковременных экспериментов. Перед началом работы насоса (НЖ) рекомендуется удалить воздух из рабочей полости насоса для исключения работы насоса на холостом ходу и дальнейшего его отказа. Процедуру обезвоздушивания необходимо проводить до тех пор, пока не будет достигнуто полное отсутствие воздуха в полости насоса. После проведения процедуры обезвоздушивания можно осуществлять подачу жидкого сырья в реакторную систему.

Реакторный блок состоит из реактора, электрической печи и системы обратных клапанов. Реактор представляет собой трубу из нержавеющей стали, с внутренним диаметром 12 мм, максимальным объемом загружаемого катализатора 10 см³. Обогрев реактора обеспечивает однозонная электрическая печь, позволяющая поддерживать температуру по слою катализатора с погрешностью ± 5 °С. Реакторный блок снабжен контролирующей термопарой, расположенной в слое катализатора. Регулирующая термопара устанавливается в печи реактора, через специальное отверстие в верхней части реактора, или в термопарном кармане, расположенном в испарителе реактора. Блок разделения продуктов состоит из прямооточного холодильника и сепаратора высокого давления.

Продукт, прошедший через слой катализатора, в реакторном блоке предварительно охлаждается в холодильнике, где происходит его частичная конденсация. Далее охлажденная смесь поступает в сепаратор. После разделения продуктов, в сепараторе высокого давления, конденсат сливается через регулирующей клапан (КР.2) в приемник конденсата (Е). Газовые продукты выходят из сепаратора высокого давления (СВД) через боковой штуцер, клапан запорный (КЗ.2), редуктор обратного давления (РДС) в систему аналитического контроля или если анализ не требуется в вытяжную вентиляцию. Для проведения хроматографических анализов парогазовой смеси непосредственно из реактора в реакторной системе предусмотрены клапан запорный (КЗ.1), предназначенный для открывания и запираания потока

на анализ, клапан, регулирующий (КР.1) для регулирования потока через кран-дозатор (Кр-Д1). По ловушке-индикатору можно визуально контролировать количество смеси, проходящей через кран-дозатор (Кр-Д1-6/2).

Технические характеристики каталитической установки «САТАСОН» представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики установки «САТАСОН»

Параметр	Значение
Максимальное рабочее давление на установке, атм	90
Тип реактора	проточный
Диапазон температур реактора, °С	50-700
Размер зерен катализатора, мм	0,5-2,0
Внутренний диаметр реактора, мм	12,0
Диапазон регулирования расходов по водороду, н. мл/мин	10-500
Диапазон регулирования расходов по жидкости, н. мл/мин	0,01-9,99
Напряжение питания, В	220

Основными технологическим узлом установки является реактор с печью. Используемый реактор проточного типа позволяет работать в условиях повышенных давлений. Конструкция реактора представлена на рисунке 2.2.

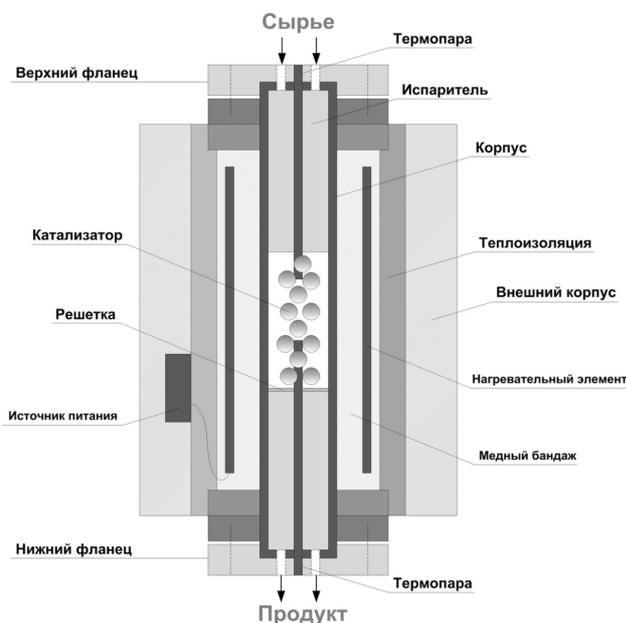


Рисунок 2.2 – Конструкция каталитического реактора установки «САТАСОН»

Верхний участок корпуса реактора равный 90 мм, используется для предварительного нагрева, испарения и подготовки исходной реакционной смеси. Для лучшей теплопередачи от стенки реактора к сырью в испарителе

сделаны специальные каналы, увеличивающие поверхность теплообмена для испарения, подогрева и смешения исходных реагентов. В средней зоне реактора размещается катализатор. Загрузка осуществляется через верхний фланец реактора, выгрузка – через нижний.

Каталитическая переработка чистого и смесового ДТ проводилась при следующих условиях: температура процесса 375 °С, давление 0,35 МПа, скорость подачи сырья 0,5 ч⁻¹ (условия 1) и температура процесса 475 °С, давление 0,35 МПа, скорость подачи сырья 0,5 ч⁻¹ (условия 2).

2.3 Методики определения состава и свойств исследуемых образцов

2.3.1 Методика определения содержания серы

Контроль содержания серы в нефтепродуктах является важной задачей, поскольку соединения серы токсичны, придают нефтепродуктам неприятный запах, способствуют смолообразованию в крекинг-продуктах и вызывают коррозию металлов.

Однако содержание серы в составе ниже некоторых установленных значений также может оказывать негативное влияние на характеристики моторных топлив. Так, например, ДТ, содержащие меньше 0,035 % мас. серы, имеют худшие смазывающие свойства и, как следствие, увеличивают износ составляющих насосов и снижают срок безотказной работы других устройств.

Содержание серы в нефтепродуктах определяется согласно [20].

Данный метод позволяет определять массовую долю серы в пределах 0,015-5,000 % в нефтях и нефтепродуктах, обеспечивая быстрое и точное определение содержания серы с минимальной подготовкой исследуемого образца (длительность анализа составляет 2-4 минуты).

Сущность метода энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии заключается в том, что исследуемый образец помещают в пучок лучей, которые испускаются источником рентгеновского излучения. Далее проводят измерение характеристик энергии возбуждения от рентгеновского излучения и сравнивают полученный сигнал счетчика

импульсов с сигналами счетчика, полученными при испытании заранее подготовленных калибровочных образцов. Значение общего содержания серы получают в % мас. либо в мг/кг.

2.3.2 Методика определения вязкости

Вязкость является одним из основных показателей качества ДТ согласно [5] и оказывает влияние на прокачиваемость топлива по системе питания двигателей внутреннего сгорания, на износ отдельных частей данной системы, а также на процесс смесеобразования.

Большая вязкость топлива приводит к затруднению его прокачиваемости через фильтры и трубопроводы и плохому распылению при впрыске топлива в цилиндры двигателя. В свою очередь слишком низкая вязкость топлива ухудшает его смазывающие характеристики в результате чего увеличивается износ системы двигателя.

Для ДТ, как правило, определяют кинематическую вязкость, которая показывает отношение динамической вязкости к плотности исследуемой жидкости при той же температуре.

Определение кинематической и расчет динамической вязкости проводились при помощи вискозиметра Штабингера SVM3000 Anton Paar (рисунок 2.3) в соответствии с методикой [21].



Рисунок 2.3 – Вискозиметр Штабингера

Прибор рассчитывает динамическую вязкость по определенной кинематической и плотности.

Принцип работы прибора (рисунок 2.4) основан на том, что трубка (1), заполняется исследуемым образцом и вращается с постоянной угловой скоростью. В исследуемый образец погружен цилиндрический полый ротор (2), внутри которого находится постоянный магнит (3). Центрирование ротора происходит за счет железного кольца (4). Вращение трубки (1) приводит к взаимному смещению слоев жидкости и вращению ротора (2). Магнит создает переменное магнитное поле, которое приводит к появлению вихревых токов в медном корпусе (5). За счет этих токов происходит торможение ротора. Сила торможения в состоянии установившегося равновесия постоянна и ей препятствует только вязкость жидкости.

Переменное поле от внутреннего магнита также оказывает воздействие на датчик Холла (6), который преобразует энергию магнитного поля в потенциал постоянного тока. По измеренным значениям разности скоростей внешней трубки и внутреннего ротора определяется значение динамической вязкости [22].

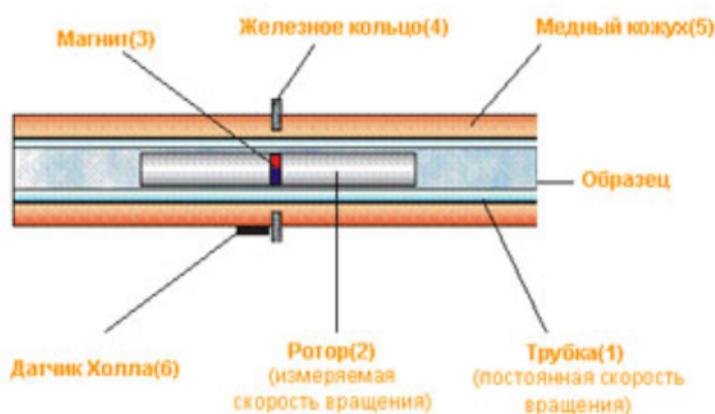


Рисунок 2.4 – Принцип работы вискозиметра Штабингера

2.3.3 Методика определения плотности

Определение плотности проводилось при помощи вискозиметра Штабингера SVM3000 Anton Paar (рисунок 2.3) в соответствии с методикой [23].

Сущность данного метода основана на измерении частоты колебаний U-образной измерительной трубки, вызываемых электромагнитным генератором. Под воздействием возбуждающего поля пустая измерительная

трубка колеблется с собственной частотой, а при заполнении трубки исследуемым веществом частота колебаний изменяется в зависимости от массы (плотности) исследуемого вещества. Подобно маятнику, чем больше плотность образца, а значит и его масса, заключенная в трубке, тем ниже частота колебаний. Для пересчета частоты колебаний в цифровое значение плотности используются данные предварительной калибровки.

Поскольку плотность сильно зависит от температуры, для исключения этого влияния на результат измерительная трубка термостатируется. Поддержание температуры осуществляется электронным термостатом, встроенным в прибор.

Определения плотности и вязкости исследуемых образцов проводилось при температурах 15 и 20 °С.

2.3.4 Методики определения температуры помутнения и температуры застывания

T_n показывает, при какой температуре ДТ начинает мутнеть, то есть теряет свою прозрачность по сравнению с эталонным (параллельным) образцом. T_n определяется в соответствии с методикой [24].

Для определения T_n в две стандартные пробирки с двойными стенками до метки наливают испытуемый образец топлива и закрывают корковой пробкой. В пробку вставляют термометр и проволочную мешалку. Первую пробирку устанавливают в жидкостный низкотемпературный термостат КРИО-ВТ-05-01 (рисунок 2.5), а вторую (контрольную) – на штативе для пробирок [25].

Первую пробирку охлаждают и через каждый 1 °С вынимают из термостата и сравнивают со второй контрольной пробиркой. Если в проходящем свете прозрачность топлива в первой пробирке не изменилась, то ее вновь устанавливают в термостат и продолжают охлаждение. Контрольные наблюдения проводят через каждый градус. За T_n принимается температура, при которой наблюдается появление мути в первой пробирке по сравнению с эталонной.



Рисунок 2.5 – Жидкостный низкотемпературный термостат КРИО-ВТ-05-01

Большое значение при транспортировке и применении топлива в зимних условиях имеет его подвижность при низких температурах. Температура, при которой нефтепродукт в стандартных условиях теряет подвижность, называется T_3 . T_3 определяется в соответствии с методикой [26].

Согласно данной методике, исследуемый образец помещают в стандартную пробирку до метки и закрывают пробкой с термометром. Пробирку с образцом помещают в жидкостный низкотемпературный термостат (рисунок 2.5) и охлаждают до предполагаемой T_3 . Через каждый $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ пробирку вынимают из термостата и наклоняют под углом 45° , наблюдая за уровнем топлива. Последовательное охлаждение и наблюдение за уровнем топлива повторяют до тех пор, пока не будет достигнута температура, при которой уровень образца в пробирке, наклоненной под углом 45° , остается неподвижным в течение определенного времени (рисунок 2.6). Эта температура принимается равной T_3 .



Рисунок 2.6 – Определение T_3

На практике определение $T_{п}$ и T_3 проводят последовательно.

2.3.5 Методика определения предельной температуры фильтруемости

ПТФ определялась согласно методике [27] на установке ПТФ (0...-70 °С) (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Установка для определения ПТФ [27]

Сущность метода заключается в постепенном охлаждении образца ДТ и стекании его через фильтрационную сетку. Определение проводят до тех пор, пока не будет достигнута температура, при которой топливо теряет способность проходить через стандартный фильтр, время наполнения пипетки превышает 60 с, или топливо не стекает полностью обратно в измерительный сосуд [27].

2.3.6 Методика определения фракционного состава

Фракционный состав является определяющей характеристикой при установлении области применения нефтепродукта. Пределы гарантируют качество продуктов с соответствующими характеристиками испаряемости.

Условия испытания по методу с применением автоматического оборудования эмпирически подобраны так, что они коррелируют с условиями перегонки при использовании ручного оборудования, а также с другими характеристиками испаряемости.

Фракционный состав определяется, согласно методике, представленной в [28].

Сущность метода заключается в том, что исследуемый образец ДТ в количестве 100 см³ перегоняют на специальной установке. В ходе перегонки фиксируют показания термометра при объеме конденсата равном 10 %, 50 %, 90 % и 95 % об. При проведении эксперимента в обязательном порядке регулируют скорость нагрева. Также регулируют скорость образования конденсата, которая должна быть постоянной и равной приблизительно 1 капле в секунду.

2.3.7 Методика определения группового состава

Определение группового химического состава основано на установлении количественного содержания в образце ДТ таких групп углеводородов как ароматические, нафтеновые и парафиновые углеводороды.

Групповой углеводородный состав образцов ДТ определялся согласно методике, представленной в [29], которая основана на методе анилиновых точек.

Метод анилиновых точек в свою очередь основан на различной растворимости углеводородов различных классов в полярном растворителе (анилине). При смешении нефтяной фракции с анилином при нормальных условиях не происходит взаимного растворения нефтепродукта в анилине. Однако при нагревании с постоянным перемешиванием может быть достигнута температура, при которой происходит полное взаимное растворение нефтепродукта в анилине. Полученную температуру полного растворения нефтепродукта в анилине называют анилиновой точкой или критической температурой растворения.

Для определения анилиновой точки существует два основных метода: метод равных объемов и метод максимальных анилиновых точек.

Определение группового углеводородного состава ДТ состоит из следующих основных этапов:

1. Разделение ДТ на 50-ти градусные фракции;
2. Определение максимальной анилиновой точки в 50-ти градусных фракциях;

3. Удаление ароматических углеводородов жидкостно-адсорбционной хроматографией;
4. Определение анилиновой точки деароматизированной фракции методом равных объемов;
5. Расчет содержания парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов.

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

Критическую температуру растворения определяют добавлением в исследуемый образец анилина до тех пор, пока не произойдет скачок температуры – сначала температура полного смешения повышается, но при некотором соотношении ДТ и анилина достигает максимума, после чего при дальнейшем добавлении анилина начинает падать. Эту температуру принимают за максимальную анилиновую точку. Установка для определения максимальной анилиновой точки приведена на рисунке 2.8 [29].

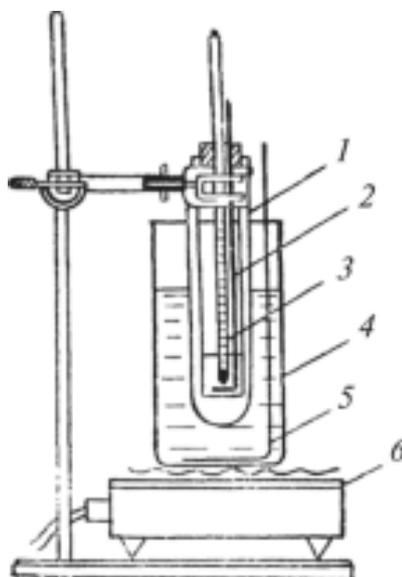


Рисунок 2.8 – Установка для определения максимальной анилиновой точки [29]

1 – пробирка с двойными стенками; 2 – мешалка; 3 – термометр; 4 – глицириновая баня;
5 – мешалка; 6 – электроплитка

Далее с помощью жидкостно-адсорбционной хроматографии осуществляют деароматизацию полученных фракций. Данный метод основан на различной сорбируемости компонентов смеси, которая зависит от их химического состава и строения.

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

В колонку, заполненную силикагелем (рисунок 2.9), заливают исследуемый образец ДТ и после того, как он полностью впитается в силикагель, добавляют этиловый спирт. Деароматизированный продукт собирают с низа колонки в градуированные пробирки.

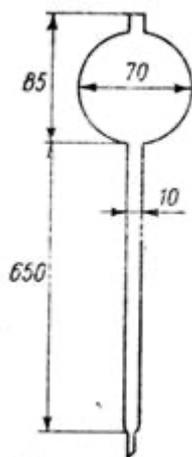


Рисунок 2.9 – Адсорбционная колонка [29]

Для каждой отобранной фракции с помощью рефрактометра определяют показатель преломления (рисунок 2.10) до тех пор, пока этот показатель между двумя последовательно отобранными порциями не будет отличаться на 0,0005. Увеличение коэффициента преломления позволяет определить наличие ароматических углеводородов. Фракции, которые не содержат ароматических углеводородов, сливают вместе и определяют для них анилиновую точку методом равных объемов.

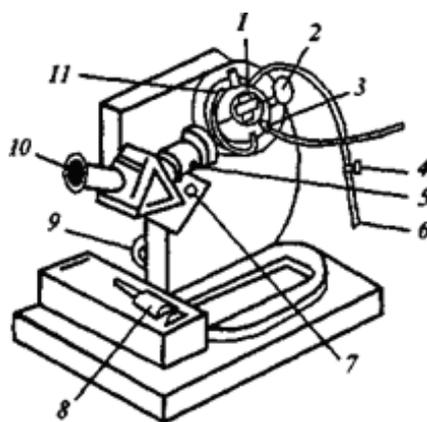


Рисунок 2.10 – Рефрактометр

1 – осветительная призма; 2 – зеркало; 3 – штуцер; 4 – винтовой зажим; 5 – маховичок компенсатора дисперсии; 6, 11 – шланги; 7 – отверстие для ключа; 8 – ключ; 9 – маховичок для поворота призмного блока; 10 – зрительная труба

2.3.8 Методика определения цетанового индекса

Цетановый индекс определялся в соответствии с методикой, представленной в [30].

Сущность метода заключается в определении температуры отгона 10, 50, 90 % об. фракций в соответствии с [28], а также плотности исследуемого образца при 15 °С в соответствии с [23]. По полученным данным далее осуществляется расчет цетанового индекса (ЦИ) по формуле:

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

$$T_{10N} = T_{10\%} - 215$$

$$T_{50N} = T_{50\%} - 260 \tag{2.1}$$

$$T_{90N} = T_{90\%} - 310$$

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

$$D_N = D - 850$$

где ЦИ – цетановый индекс, пункты; $T_{10\%}$, $T_{50\%}$, $T_{90\%}$ – температура отгона 10, 50, 90 % об. фракции, °С; D – плотность при 15 °С, кг/м³.

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Проблемы эффективного ресурсопотребления и ресурсосбережения являются наиболее актуальными в настоящее время. Практически каждый технологический процесс сопровождается потреблением первичных ресурсов, к которым относятся земля, вода, воздух, топливо (энергия), а также материальные и трудовые ресурсы. Важнейшим вопросом стратегического менеджмента является формирование и реализация стратегии ресурсосбережения на всех уровнях управления.

Оценка коммерческой ценности разработки - необходимое условие при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Данный раздел дипломной работы посвящен обоснованию целесообразности исследования совместной переработки на цеолитном катализаторе смесей прямогонного ДТ и растительного масла с целью получения экологически чистых компонентов моторных топлив.

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

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

Продуктом исследования является смесевое дизельное топливо с улучшенными низкотемпературными свойствами, а в качестве целевого рынка были представлены предприятия, на которых будет осуществляться производство низкотемпературного смесевого дизельного топлива (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Сегментирование рынка

Размер НПЗ	Вид способов улучшения			
	НПЗ	Каталитическая депарафинизация	Каталитическая изомеризация	Каталитическая переработка на цеолитах
Крупное				
Среднее				
Маленькое				

- Каталитическая депарафинизация
 – Каталитическая переработка на

- Каталитическая изомеризация
 цеолитах

Как можно видеть из Таблицы 5.1, из рассмотренных возможных способов переработки смесового дизельного топлива с целью улучшения низкотемпературных свойств и обеспечения соответствия экологическим требованиям, каталитическую изомеризацию возможно реализовать только на крупных НПЗ, так как высокая стоимость используемых платиновых катализаторов экономически невыгодна для реализации на малотоннажном предприятии. При использовании процесса каталитической депарафинизации необходимость в дорогостоящих катализаторах снижается, однако применение данного процесса не выгодно с экономической точки зрения для малых предприятий нефтеперерабатывающей промышленности. Технология каталитической переработки смесовых дизельных топлив на цеолитах основана на использовании дешевых цеолитных катализаторов. Данную технологию можно внедрять как на существующие крупнотоннажные предприятия, так и на малые и средние по размерам НПЗ. Также, рассматриваемую технологию возможно реализовывать на установках, которые уже имеются на предприятиях без конструктивных изменений. Таким образом, из рассмотренных процессов, наиболее рациональным для переработки смесовых дизельных топлив с неудовлетворительными низкотемпературными характеристиками не соответствующих экологическим требованиям является каталитическая переработка на цеолитных катализаторах.

5.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ разработок конкурентов позволяет оценить сильные и слабые стороны собственного проекта для обеспечения его успешной реализации на рынке. Существующая технология Quality Advisor (QuaD) позволяет оценить перспективность научной разработки [31].

Согласно данной технологии экспертами оцениваются показатели проекта по 100-балльной шкале, где 1 балл – слабая позиция, а 100 баллов – сильная позиция проекта. Сумма веса всех критериев оценки должна быть равна 1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений 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	0,091	95	100	0,95	0,08645
2.Удобство в эксплуатации	0,075	90	100	0,9	0,0675
3.Энергосбережение	0,078	85	100	0,85	0,0663
4.Надежность	0,078	80	100	0,8	0,0624
5.Материалоемкость	0,065	85	100	0,85	0,05525
6.Безопасность	0,090	90	100	0,9	0,081
7.Экологичность	0,090	95	100	0,95	0,0855
8.Ремонтопригодность	0,067	90	100	0,9	0,0603
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
9.Конкурентоспособность продукта	0,079	95	100	0,95	0,07505
10.Перспективность рынка	0,080	100	100	1	0,08
11.Срок выхода на рынок	0,075	60	100	0,6	0,045
12.Послепродажное обслуживание	0,075	80	100	0,8	0,06
13.Наличие сертификации разработки	0,057	25	100	0,25	0,01425
Итого:	1				0,839

Итоговое средневзвешенное значение показателя качества и перспективности составило 0,839, что говорит о том, что разработка является перспективной. Чтобы повысить конкурентоспособность научной разработки

на рынке её необходимо сертифицировать. Также важно стремиться к сокращению сроков реализации проекта для доведения продукта до уровня, позволяющего выйти на рынок. Достигнуть поставленные цели возможно только посредством большого количества лабораторных исследований.

5.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой инструмент стратегического анализа и планирования, который применяется для оценки явлений и факторов, оказывающих влияние на компанию или проект [31].

Матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 5.3, позволяет определить критерии, влияющие на эффективность проекта, а также исследовать внешнюю и внутреннюю среду проекта.

Таблица 5.3 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Проведение эксперимента в лаборатории НИИ ТПУ; 2. Мобильность рабочего места; 3. Относительно новое направление исследования; 4. Глубокое изучение направления каждым участником, основанное на разделении обязанностей; 5. Возможность корректировки соотношения компонентов смесового ДТ и параметров процесса. 	<p>Слабые стороны исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточное количество проведенных экспериментов; 2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров для работы с научной разработкой; 3. Отсутствие оборудования, необходимого для получения продукта и определения его свойств; 4. Погрешности при проведении исследований.
<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Использование инновационной структуры ТПУ; 2. Переход нефтеперерабатывающей отрасли на ресурсосберегающие и экологичные технологии; 3. Появление дополнительного спроса на продукт научных работ. 	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p> <p>Определение количества ПМ, которое возможно вовлекать в смесовое ДТ при каталитической переработке и выявление оптимальных условий процесса каталитической переработки смесовых ДТ.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка научного исследования; 2. Помощь специалистов ТПУ в проведении исследований; 3. Использование оборудования ТПУ в проведении исследований; 4. Повышение квалификации кадров.

Окончание таблицы 5.3

Угрозы: 1. Отсутствие спроса на технологии производства; 2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции; 3. Опровержение полученных в ходе эксперимента результатов.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» 1. Сертификация продукции; 2. Изучение законодательной базы; 3. Продвижение программы с целью создания спроса на рынке.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» 1. Необходимо привлечение заказчиков; 2. Отсутствие спроса на разработки альтернативной энергетики вызвано недостаточным финансированием исследований со стороны государства.
--	---	---

SWOT-анализ позволил выявить сильные и слабые стороны проекта, а также угрозы и возможности при его реализации. Компенсировать слабые стороны проекта возможно за счет его возможностей, а также путем нейтрализации угроз с помощью сильных сторон проекта.

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, которые выполняются в рамках научно-исследовательской работы.

5.4 Планирование исследовательских работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

1. Определение структуры работ в рамках исследования;
2. Определение участников каждой работы;
3. Установление продолжительности выполняемых работ;
4. Построение графика проведения исследований.

5.4.1 Структура работ в рамках проводимого исследования

Для проведения исследований была сформирована исследовательская группа, в состав которой входят: студент, аспирант, научный руководитель, консультант по экономической части (ЭЧ) и консультант по части социальной ответственности (СО) ВКР. Составляется перечень этапов и работ в рамках проведения исследовательской работы, проводится распределение исполнителей по отдельным видам работ (таблица 5.4).

Таблица 5.4 — Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

5.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение трудоемкости работ каждого из участников проводимого исследования является важным моментом, поскольку именно трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки.

Трудоемкость выполнения исследовательской работы оценивается опытно-статистическим методом. Для расчета ожидаемого значения трудоемкости ($t_{ожі}$) применим формулу 5.1 [31]. Результаты вычислений представлены в таблице 5.3:

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

где $t_{ожі}$ – 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 благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями [31].

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

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

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

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

Таблица 5.5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									T_{pi}		
	$t_{\min i}$, чел-дни			$t_{\max i}$, чел-дни			$t_{ожі}$, чел-дни					
	С	Н	А	С	Н	А	С	Н	А	С	Н	А
Составление и утверждение технического задания	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-
Выбор направления исследования	1	1	-	1	1	-	1	1	-	1	1	-

Окончание таблицы 5.5

Обзор современных исследований по выбранному направлению	6	6	6	9	9	9	7,5	7,5	7,5	2,5	2,5	2,5
Календарное планирование работ по теме	1	1	1	3	1	3	3	1	3	1	0,33	1
Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследования	10	-	40	10	-	40	21	-	21	10,5	-	10,5
Построение моделей и проведение экспериментов	30	-	52	30	-	52	41	-	41	20,5	-	20,5
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	6	6	-	10	10	-	8	8	-	4	4	-
Оценка эффективности проведенных исследований	-	1	-	-	3	-	-	1,5	-	-	1,5	-
Определение целесообразности проведения ВКР	6	6	-	10	10	-	8	8	-	4	4	-
Оформление отчета НИР		-	-		-	-		-	-	8	-	-
Сдача работы на рецензию	3	3	-	7	7	-	5	5	-	2,5	2,5	-
Предзащита	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-
Подготовка к защите дипломной работы	11	-	-	15	-	-	13	-	-	13	-	-
Защита дипломной работы	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-

Где С – студент, Н – научный руководитель, А – аспирант

5.4.3 Разработка графика проведения исследования

При выполнении дипломной работы студент становится участником сравнительно небольшой по объему научной темы. Именно поэтому более удобным и наглядным является построение ленточного графика научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, которые характеризуются датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика длительность каждого из этапов работ переводят из рабочих дней в календарные дни. Для перевода рабочих дней в календарные используется следующая формула:

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

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по формуле:

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

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

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

$T_{\text{пр}}$ – количества праздничных дней в году.

Таблица 5.6 – Временные показатели проведения научного исследования

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

Окончание таблицы 5.6

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

На основании Таблицы 5.5 и 5.6 составляем календарный план-график, который наглядно показывает продолжительность работы исполнителей. План-график представлен в Таблице А.1 (Приложение 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:

- 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;
- накладные расходы.

5.5.1 Расчет материальных затрат исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле [31]:

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

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

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб.м, руб./м² и т.д.);

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

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в Таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Материальные затраты проекта

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Дизельное топливо	2 л	50	100
Масло растительное	1 л	80	80
Анилин	0,1 кг	220	220
Спирт этиловый	10 л	340	3400
Глицерин	1 л	200	200
Силикагель	5 кг	100	500
Термометр	4 шт.	1200	4800
Адсорбционная колонка	4 шт.	1200	4800
Пипетки градуированные на 1 см ³	10 шт.	45	450
Пробирки градуированные	80 шт.	20	1600
Цилиндры мерные на 100 см ³	5 шт.	200	1000
Стеклянные воронки	5 шт.	50	250
Колба Энглера	4 шт.	200	800
Пробирка с двойными стенками	2 шт.	1500	3000
Всего за материалы			21200
Транспортно-заготовительные расходы (15 %)			3180
Итого			24380

По данным из приведенной выше таблицы можно судить о материальных затратах научно-исследовательской работы. Затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. в данной статье не

учитываются, поскольку они включены в накладные расходы. Величина этих затрат учитывается как доля в коэффициенте накладных расходов.

5.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данный раздел включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ в рамках конкретной тематики.

Все расчеты по приобретению спецоборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

№ 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	166,10	191,00
2	Плитка электрическая ВИТЕК	1	1,69	1,90
3	Аппарат для разгонки нефтепродуктов «АРНС-Э»	1	110,88	127,50
4	Аппарат для определения ПТФ	1	150,00	172,50
5	Вискозиметр-плотномер Штабингера SVM 3000	1	235,10	270,40
6	Плунжерный насос Eldex	1	300,00	345,00
Итого:				1108,3

Амортизация имеющегося оборудования рассчитывается по формуле:

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

Результаты расчета амортизации имеющегося оборудования представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Расчет амортизации имеющегося оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	Срок эксплуатации оборудования, год	Срок использования, дни	Амортизация оборудования, тыс. руб.
1	Термостат жидкостный низкотемпературный «КРИО-ВТ-05-01»	191,00	10	20	1,05
2	Плитка электрическая VITEK	1,90	5	10	0,01
3	Аппарат для разгонки нефтепродуктов «АРНС-Э»	127,50	10	20	0,70
4	Аппарат для определения ПТФ	172,50	5	20	1,89
5	Вискозиметр-плотномер Штабингера SVM 3000	270,40	5	10	1,48
6	Плунжерный насос Eldex	345,00	10	20	1,89
Итого:					7,02

5.5.3 Основная заработная плата исполнителей проекта

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:

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

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

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

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

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

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:

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

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.

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

Таблица 5.10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент	Аспирант
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней:			
– выходные;	44	48	48
– праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
– отпуск	56	28	28
– невыходы по болезни	2	2	2
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	273	273

Месячный должностной оклад работника:

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

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. Студент: 12130 руб.
3. Аспирант: 12130 руб.

Таблица 5.11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{мс}$, 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	39	118989
Студент	12130	0,3	1,3	25230	961	50	48050
Аспирант	12130	0,3	1,3	25230	961	44	42284
Итого							209323

5.5.4 Дополнительная заработная плата исполнительской темы

Расчет дополнительной заработной платы проводится по следующей формуле [30]:

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

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

- $Z_{доп}$ научного руководителя = 14278,7 руб.;
- $Z_{доп}$ студента = 5766,0 руб.;
- $Z_{доп}$ аспиранта = 5074,1 руб.;

В итоге заработная плата работников равна:

- Научного руководителя: $C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп} = 118989 + 14278,7 = 133267,7$ руб.;
- Студента: $C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп} = 48050 + 5766 = 53816$ руб.
- Аспиранта: $C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп} = 42284 + 5074,1 = 47358,1$ руб.

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:

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

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

Информация об отчислениях во внебюджетные фонды представлена в Таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	118989	14278,7
Студент	48050	5766
Аспирант	42284	5074,1
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Итого, руб.:	$Z_{внеб}$ руководителя = 39980,31; $Z_{внеб}$ студента = 16144,8; $Z_{внеб}$ аспиранта = 14207,43	
В сумме, руб.:	70332,54	

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 68 телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

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

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %. Результаты расчета представлены в таблице 5.13.

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 5.13.

Таблица 5.13 – Расчет бюджета затрат исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты	24380	Пункт 5.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ (величина амортизации)	7020	Пункт 5.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	209323	Пункт 5.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	25118,8	Пункт 5.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	70332,54	Пункт 5.4.5
6. Накладные расходы	53787,89	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат	389962,23	Сумма ст. 1-6

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

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

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

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

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

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

$$I_{p-исп.1} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 4,5$$

Расчет интегрального показателя проводился на основании данных, представленных в Таблице 5.14.

Таблица 5.14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1
1. Способствует увеличению выхода этиловых эфиров жирных кислот	0,2	5
2. Удобство в проведении исследования на практике в силу его простоты, не требующей специального обучения	0,15	5
3. Экономичность	0,2	4
4. Энергосбережение	0,1	3
5. Надежность	0,25	5
6. Материалоемкость	0,1	4
ИТОГО	1	

Интегральный показатель эффективности данного варианта исполнения разработки ($I_{исп.1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финр}} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

Исп. 1 – текущий проект, который основан на использование технологии каталитической переработки на цеолитах.

Ниже представлена таблица, определяющая эффективность проекта.

Таблица 5.15 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1

Выводы по разделу:

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

Также представлены результаты планирования исследовательской работы.

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

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

6.1 Введение

Нефтяная промышленность является одним из базовых секторов Российской экономики, которые формируют государственные доходы и торговый баланс страны. Нефтяная промышленность основана на добыче и переработке нефти, которая представляет собой невозобновляемый природный ресурс.

Среди основных проблем, вызванных нефтяной отраслью, остро стоят проблемы экологического характера, которые возникают как в процессе извлечения нефти, так и в процессе её переработки.

Поскольку большая часть Российской Федерации расположена в районах, которые относятся к районам крайнего севера, приоритетным направлением развития нефтепереработки является получение низкозастывающих зимних и арктических топлив. Среди существующих методов, таких как каталитическая депарафинизация, применение присадок и т.д., наиболее перспективным является метод каталитической переработки на цеолитном катализаторе. Однако переработка чистого дизельного топлива не позволяет получать продукт, который бы соответствовал всем предъявляемым экологическим требованиям. В связи с этим предлагается совместная переработка дизельного топлива и растительного масла, которая позволяет получать экологически чистые продукты.

Сущность данной работы – исследование процесса совместной переработки смесей дизельного топлива и растительного масла с целью получения экологически чистых компонентов.

6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном разделе будут рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства, а также их особенности, которые применяются к условиям выполнения научно-исследовательской работы по исследованию

совместной переработки на цеолитном катализаторе смесей прямогонного ДТ и растительного масла с целью получения экологически чистых компонентов моторных топлив.

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

Согласно ТК РФ, N 197-ФЗ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

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

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

6.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей

зоны

Рабочим местом выполнения исследования совместной переработки на цеолитном катализаторе смесей прямогонного дизельного топлива и растительного масла с целью получения экологически чистых компонентов моторных топлив является химическая 129 и 134 лаборатория 2 корпуса отделения химической инженерии Томского политехнического университета. Лаборатория оборудована вентиляцией, водоснабжением и канализацией. Полы выполнены из жаростойкой и гидрофобной керамогранитной плитки. Лабораторный столы имеют гладкие поверхности из материалов, не сорбирующих вредные вещества, и легко поддаются очистке.

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 [32].

6.3 Производственная безопасность

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

При работе в лаборатории используются вредные вещества, ПДК в воздухе рабочей зоны, класс опасности и влияние на организм человека этих веществ указаны в таблице 6.1 [33-39].

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Наличие вредных веществ (Таблица 6.2)		+	+	ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
2.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
3.Недостаточное освещение рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений
4.Повышенный уровень шума		+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
5.Поражение электрическим током		+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
6. Возникновение пожара		+	+	ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность»

Таблица 6.2 – Вредные вещества и их характеристика

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Воздействие на организм
Дизельное топливо	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.
Этиловый спирт	1000	4	При остром отравлении этиловым спиртом отмечается рвота, замедление дыхания и сердечных сокращений, потеря сознания.
Анилин	0,1	2	Оказывает воздействие на центральную нервную систему, на кровь, обладает способностью проникать в организм через неповрежденную кожу, а также при вдыхании его паров.

Поэтому при работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования к технике безопасности [33]:

1. Категорически запрещено работать в лаборатории без контроля преподавателя или других сотрудников.
2. Перед тем, как приступить к работе, необходимо осмотреть и привести в порядок рабочее место.
3. Необходимо знать, где находятся средства индивидуальной защиты, аптечка, а также средства тушения пожара.
4. Работа в лаборатории осуществляется только с использованием средств индивидуальной защиты (хлопчатобумажный халат, перчатки из химически стойких материалов, при необходимости защитные очки).

5. Приступать к работе разрешается только при условии усвоения методики проведения испытания.

6. Перед работой необходимо проверить исправность используемого оборудования.

7. Опыты необходимо проводить в чистой химической посуде. По окончании эксперимента следует сразу мыть загрязненную посуду.

8. Категорически запрещено пробовать химические вещества на вкус. Нюхать вещества необходимо осторожно, направляя к себе пары или газы легким движением руки.

9. Для отбора жидких органических веществ и их растворов в пипетки необходимо использовать резиновые груши и другие приспособления.

10. При работе необходимо следить, чтобы химические вещества не попадали на кожные покровы.

11. Все сосуды, используемые для хранения химических веществ, должны иметь этикетки с соответствующими названиями.

12. Работу с ядовитыми и едкими веществами, а также с органическими растворителями необходимо проводить только в вытяжном шкафу.

13. Работа в вытяжном шкафу осуществляется таким образом, чтобы в шкафу находились только руки. Наблюдение за процессом осуществляется через шкаф, для этого створки шкафа поднимают на высоту не более 30 см.

14. Приготовление химических растворов, сопровождающееся выделением тепла, должно проводиться в фарфоровой либо термостойкой посуде.

15. Во избежание ожогов запрещено наклоняться над посудой, в которой происходит кипение какой-либо жидкости.

16. Категорически запрещено сливать в раковину остатки кислот и щелочей, огнеопасных и взрывоопасных, а также сильно пахнущих химических веществ. Слив данных веществ осуществляется в вытяжном шкафу в специальные сосуды с плотно притертыми крышками и соответствующими этикетками.

17. По окончании работы необходимо отключить воду, вытяжные шкафы и электроприборы.

6.3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении разработки на производстве

6.3.2.1 Отклонение показателей микроклимата

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

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

Метеорологические условия производственной среды регламентируются [34].

Температура воздуха в лаборатории поддерживается:

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

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

Создание необходимого микроклимата в лаборатории и предотвращение различного рода переохлаждений и перегреваний организма осуществляются посредством проведения различных защитных мероприятий. К таким мероприятиям относятся системы местного кондиционирования воздуха и отопления, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламент времени работы и т. д.

В летний период проветривание помещений осуществляется с использованием вентиляторов. В зимнее время обогрев помещений производят центральным отоплением.

6.3.2.2 Недостаточное освещение рабочей зоны

Важное значение для создания благоприятных условий труда имеет рациональное освещение помещений и рабочих установок. В лаборатории

применяется естественное и искусственное освещение. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет проведение работ, ведет к снижению производительности труда и может явиться причиной несчастных случаев.

Естественное освещение характеризуется изменяющейся освещенностью на рабочих местах в течение суток года, которое обуславливается световым климатом.

Для естественного освещения рассчитывают коэффициент естественной освещенности (КЕО), который зависит от времени года, которые обуславливаются световым климатом.

В соответствии с санитарными нормами и правила величина КЕО при верхнем комбинированном естественном освещении должна быть равна 4 %, а при боковом – 1,5 %.

Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим. В таблице 6.3 приведена норма освещенности на рабочем месте производственных помещений при искусственных источниках света.

Таблица 6.3 – Норма освещенности на рабочем месте производственных помещений при искусственных источниках света

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совместное освещение	
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта URG и коэффициента пульсации		КЕО, %			
						При системе комбинированного освещения		При стеме общего освещения	URG, не более	К, %, не более	При верхнем или комбинированном	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном	При боковом освещении
						Всего	В том числе от общего							
Маслой точности	св.1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	200	300	25	20	3,0	1,0	1,8	0,6
			б	Малый Средний	Средний Темный	-	-	200	25	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	-	-	200	25	20				
			г	Средний Большой >>	Светлый >> Средний	-	-	200	25	20				

В лаборатории, где проводилось исследование, используется комбинированная система освещения, то есть общее искусственное и местное освещение. Согласно [35] освещенность соответствует допустимым нормам.

Для обеспечения нормативной освещенности в помещениях осуществляется чистка стекол оконных рам и светильников, а также производится замена перегоревших световых приборов.

6.3.2.3 Повышенный уровень шума

Производственные процессы в химической лаборатории сопровождаются шумом.

Длительное воздействие шума оказывает раздражающее воздействие на работника, способствует возникновению психических и физиологических нарушений, а также приводит к снижению остроты слуха, повышению кровяного давления, утомлению центральной нервной системы, ослаблению внимания, увеличению количества ошибок в действиях рабочего, снижению производительности труда. Воздействие шума также является причиной возникновения профессиональных заболеваний.

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).

По данным [36] в лабораторных помещениях максимальный уровень шума 75 дБа. В таблице 6.4 приведен допустимый уровень шума в лабораторных помещениях.

Таблица 6.4 – Допустимый уровень шума в лабораторных помещениях

	Уровни звукового давления, дБА, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБа
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Лабораторные помещения	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Выполнение определенных мероприятий позволяет минимизировать негативное воздействие шума. К таким мероприятиям относят:

- подбор рабочего оборудования, которое обладает меньшими шумовыми характеристиками;
- использование специальных технических средств, таких как защитные экраны, кожухи, звукопоглощающие покрытия и изоляция;
- ограничение продолжительности и интенсивности воздействия шума до приемлемого уровня риска;
- обязательное предоставление работникам средств индивидуальной защиты органов слуха.

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

Наушники понижают негативное воздействие в диапазоне от 7 до 38 дБ с частотой от 125 до 8000 Гц.

Вкладыши (беруши) закрывают слуховой проход. Этот вид защиты дешев, компактен и применим ко многим ситуациям, но не всегда результативен, так как снижает уровень негативного воздействия всего на 5-20 дБ.

6.3.2.4 Поражение электрическим током

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

Основным нормативным документом, устанавливающим требования по электробезопасности, является ГОСТ 12.1.038-82 [37].

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются [37-38]:

- несоответствие электроустановок, средств защиты и приспособлений требованиям безопасности и условиям применения;

- дефекты устройства электроустановок и защитных средств (дефекты конструирования, изготовления, монтажа, ремонта);
- неисправности электроустановок и защитных средств, возникшие в процессе эксплуатации;
- несоответствие типа электроустановки и защитных средств условиям применения;
- использование защитных средств с истекшим сроком периодических испытаний.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются [38]:

- защитное заземление;
- защитное зануление;
- защитное отключение;
- электрическое разделение сети;
- малое напряжение;
- электрозащитные средства;
- уравнивание потенциалов;
- двойная изоляция;
- предупредительная сигнализация;
- блокировка;
- знаки безопасности.

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

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

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

6.3.2.5 Возникновение пожара

Все помещения химической лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь средства пожаротушения согласно [39].

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

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

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

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

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

6.3.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

Для обеспечения снижения влияния опасных и вредных факторов на работающих при исследовании влияния сырья и параметров синтеза на характеристики биодизельного топлива могут быть предприняты следующие решения:

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

6.4 Экологическая безопасность

В настоящее время производственная деятельность человека связана с использованием природных ресурсов, которые охватывают большинство химических элементов.

Охрана окружающей среды является одной из наиболее актуальных проблем человечества.

Именно химические соединения представляют собой наиболее распространенные загрязнители среди существующих загрязнителей окружающей среды.

Существует два основных подхода к проблеме защиты окружающей среды:

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

Для лаборатории наиболее оптимален первый вариант защиты окружающей среды.

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 [40].

6.4.2 Воздействие на гидросферу

Отработанные органические сливы собирают в специальную герметично закрытую тару, которая по мере заполнения отправляется на обезвреживание и утилизацию. Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой [41].

6.4.3 Воздействие на литосферу

Твердые отходы собираются в специальные сборники и транспортируются для утилизации. Наиболее опасными отходами для литосферы в условиях лаборатории являются отработанные люминесцентные лампы, относящиеся к 1 классу опасности. Их утилизация производится согласно [41].

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одним из важнейших факторов в безопасности жизнедеятельности людей является готовность к чрезвычайным ситуациям. Чрезвычайная

ситуация представляет собой совокупность обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями зданий, сооружений, материальных ценностей, поражением и гибелью людей.

6.5.1 Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Чрезвычайные ситуации (ЧС), которые могут быть инициированы объектом исследования подразделяют на:

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

В любой лаборатории всегда существует вероятность возникновения аварийной ситуации. Для ликвидации аварии разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий.

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

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

При стихийном бедствии необходимо оповестить всех работников лаборатории об угрозе возникновения бедствия. При поступлении сигнала о возможном инциденте все работники лаборатории должны быть обеспечены

средствами индивидуальной защиты, после чего в лаборатории отключается электроэнергия, водоснабжение. При необходимости персонал эвакуируется в безопасное место [42].

6.5.2 Выбор наиболее типичной ЧС

Наиболее типичной ЧС является ситуация техногенного характера, которая может быть вызвана выходом из строя отсеков с хранением образцов ДТ, самовозгоранием топлива, а также пожаром на производстве. Для ликвидации аварии на производстве разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий, представленные в разделе 6.5.1.

6.5.3 Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС

Наиболее вероятной ЧС при проведении исследований в рамках ВКР является возникновение пожара в 129 и 134 аудитории, 2 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

- неисправность нагревательных элементов;
- несоблюдение мер предосторожности;
- работа с ЛВЖ.

Мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций представлены ниже согласно ГОСТ 22.0.04-97:

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

- План реагирования в случае террористических действий.

Вывод:

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где выполнялось исследование совместной переработки на цеолитном катализаторе смесей прямогонного дизельного топлива и растительного масла с целью получения экологически чистых компонентов моторных топлив, можно сделать вывод, что исследовательская лаборатория, удовлетворяет предъявляемым требованиям и нормам. Соблюдение техники безопасности и правил работы в химической лаборатории не окажет влияния на здоровье работника при выполнении работ.

Микроклимат, освещение и уровень шума в химической лаборатории удовлетворяют требованиям, а воздействие вредных и опасных факторов сведено к минимуму.

При соблюдении описанных в работе правил утилизации отходов, деятельность в химической лаборатории не будет представлять опасности для экологической обстановки окружающей среды.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

№	Наименование работы, ее вид	Характер работы	Выходные данные	Объем, стр.	Соавторы
Публикации в ведущих научных изданиях, входящих в базы Scopus или Web of Science: 1					
1	The use of Biodiesel as a Blend Component of Commercial Diesel Fuels	Печатная	Chemistry for Sustainable Development, 2020, Vol. 28, № 2, pp. 128-137.	10	Belozertseva N.E. Bogdanov I.A. Torchakova O.M. Belinskaya N.S. Kirgina M.V.
Публикации в ведущих рецензируемых научных Российских и зарубежных журналах и изданиях, входящих в перечень ВАК: 2					
1	Исследование влияния параметров синтеза биодизельного топлива реакцией переэтерификации на выход и ключевые характеристики продукта	Печатная	Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института, 2021, №56, с. 23-29.	7	Белозерцева Н.Е. Богданов И.А. Бальжанова А.Т. Киргина М.В.
2	Использование биодизеля в качестве смесового компонента товарных дизельных топлив	Печатная	Химия в интересах устойчивого развития, 2020, Т. 28, №2, с. 131-140.	10	Белозерцева Н.Е. Богданов И.А. Бальжанова А.Т. Торчакова О.М. Белинская Н.С. Киргина М.В.
Прочие публикации: 4					
1	Оценка целесообразности добавления растительного масла к прямогонной дизельной фракции при 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, Т.2, с. 230	1	Алтынов А.А. Белозерцева Н.Е.
2	Feasibility evaluation of adding vegetable oil to straight-run diesel fraction during zeoforming	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, Т.2, с. 90-91.	2	Altynov A. A. Belozertseva N. E.
3	Выбор наиболее предпочтительного сырья для синтеза биодизельного топлива	Печатная	Материалы Национальной научно-практической конференции «Нефть и газ: технологии и инновации», Тюмень, 2020, Т. 2, с. 171-173.	3	Белозерцева Н.Е.
4	Выбор наиболее предпочтительного щелочного катализатора для синтеза биодизельного топлива	Печатная	Материалы IV Всероссийской молодежной научной конференции с Международным участием «Экологобезопасные и ресурсосберегающие технологии и материалы», Улан-Удэ, 2020, Т. 2, с. 67-68.	2	Белозерцева Н.Е. Киргина М.В.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Болоев П.А., Бураев М.К., Шистеев А.В., Бодякина Т.В. К вопросу об использовании биотоплива в дизельных двигателях // ВЕСТНИК ВСГУТУ. – 2018. – № 3. – С. 31-36.
- 2 Марков В.А., Девянин С.Н., Нагорнов С.А., Акимов В.С. Биодизельные топлива из различных сырьевых ресурсов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 3. – С. 25-31.
- 3 Devendra Vashist, Mukhtar Ahmad Statistical analysis of diesel engine performance for castor and jatropha biodiesel-blended fuel // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME). – 2014. – Vol. 10, pp. 2155-2169.
- 4 Vikas Sharma, Ganesh Duraisamy Production and characterization of bio-mix fuel produced from a ternary and quaternary mixture of raw oil feedstock.
- 5 ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия» – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
- 6 Shelly Biswas, D.K. Sharma Effect of different catalyst on the cracking of Jatropha oil // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2014. – Vol. 110, pp. 346-352.
- 7 Nguyen Le-Phuc, Tri V. Tran, Thien T. Phan, Phuong T. Ngo, Quan L.M. Ha, Thuy N. Luong, Thinh H. Tran, Tuan T. Phan High-efficient production of biofuels using spent fluid catalytic cracking (FCC) catalysts and high acid value waste cooking oils // Renewable energy. – 2021. – Vol. 168, pp. 57-63.
- 8 S. Arita, N. Nazarudin, R. Rosmawati, L.N. Komariah, O. Alfernando The effect of combined H-USY and ZSM-5 catalyst in catalytic cracking of waste cooking oil to produce biofuel. Cite as: AIP Conference Proceedings 2242, 040047 (2020); <https://doi.org/10.1063/5.0007867> Published Online: 01 June 2020.
- 9 Кондрашева Н.К., Кондрашев Д.О., Валид Насиф, Хасан Аль-Резк С.Д., Попова С.В. Низкотемпературные свойства смесевых дизельных топлив с депрессорными присадками // Нефтегазовое дело. – 2007. – С. 1-7.

- 10 Зайнуллина А.Ш, Ташуат Д.А. Исследование влияния депрессорных присадок на физико-химические свойства нефтепродуктов // Вестник Алматинского технологического университета. – 2018. – № 4. – С. 94-97.
- 11 Овчаров С.Н., Переверзев А.Н., Овчарова А.С. Депарафинизация дизельных фракций нефти с целью получения низкозастывающих дизельных топлив // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2005. – № 3. – С. 64-67.
- 12 Г.В. Боженков, Д.В. Медведев, Е.В. Рудякова, Н.Д. Губанов Каталитическая депарафинизация средних дистиллятов // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – Т. 10. – № 2. – С. 349-359.
- 13 Богданов И.А., Алтынов А.А., Мартьянова Е.И., Короткова Е.И., Киргина М.В. Получение низкозастывающих дизельных топлив на цеолитном катализаторе типа ZSM-5 // Вестник технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 9. – С. 68-74.
- 14 Немцов А.А. Модифицирование носителей на основе модернита, шабазита и фожазита / А.А. Немцов, М.И. Пакина, Ю.В. Александрова, Е.А. Власов, С.В. Мякин // Известия СГТИ. – 2015. – № 31. – С. 25-28.
- 15 Рабо Дж. Химия цеолитов и катализ на цеолитах. Том 2. / Дж. Рабо. – М.: Мир, 1990. – 706 с.
- 16 Алехина М.Б. Промышленные адсорбенты: учебное пособие РХТУ им. Д.И. Менделеева / М.Б. Алехина. – М.: РХТУ, 2007. – 175 с.
- 17 Коробицына Л.Л. Синтез и свойства сверх-высококремнеземных цеолитов типа ZSM-5 / Л.Л. Коробицына, Л.М. Величкина, А.В. Восмериков, В.И. Радомская, Е.С. Астапова, Н.В. Рябова, О.А. Агапьятова // Журнал неорганической химии. – 2008. – Т. 53. – № 2. – С. 209-214.
- 18 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.
- 19 Гуляева Л.А., Виноградова Н.Я., Хавкин В.А., Красильникова Л.А. Способ получения реактивных и дизельных топлив из смеси растительного и

нефтяного сырья: пат. 2737724 Рос. Федерация, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «СамГТУ». – № 2019144317; заявл. 27.12.2019; опубл. 02.12.2019, бюл. № 34.

20 ГОСТ 32139-2013 «Нефть и нефтепродукты. Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии (с Поправкой). – М.: Стандартиформ, 2014. – 18 с.

21 ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200019821> – Дата обращения: 08.05.2021.

22 Вискозиметры Штабингера // Штабингер SVM300 [Электронный ресурс]. – URL: <http://granate.ru/svm3000.html> – Дата обращения: 08.05.2021.

23 ISO 12185:1996 «Нефть сырая и нефтепродукты. Определение плотности. Метод с применением осциллирующей U-образной трубки» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=3630660> – Дата обращения: 02.05.2020.

24 ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200007918> – Дата обращения: 02.05.2020.

25 КРИО-ВТ-12 Термостат жидкостный низкотемпературный // Общелабораторное оборудование [Электронный ресурс]. – URL: <https://termexlab.ru/#!/ru/product/krio-vt-12-termostat-zhidkostnyij-nizkotemperaturnyj-130120> – Дата обращения: 02.05.2020.

26 ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200005428> – Дата обращения: 02.05.2020.

- 27 ГОСТ 22254-92 «Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре» – М.: Издательство стандартов, 1992. – 15 с.
- 28 ГОСТ 2177-99 «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава» – М.: Издательство стандартов, 2001. – 23 с.
- 29 О.С. Сухинина Определение группового и структурно-группового составов нефтяных фракции: Методические указания к лабораторной работе для студентов химико-технологического факультета / сост. О.С. Сухинина, А.И. Левашова – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 22 с.
- 30 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: 02.05.2021 г.
- 31 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
- 32 Захаров Л.Н. Техника безопасности в химических лабораториях / Л.Н. Захаров. – Ленинград: Химия, 1991. – 336 с.
- 33 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: 02.05.2021.
- 34 СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> – Дата обращения: 02.05.2021.

- 35 СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение (с Изменением № 1)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001026> – Дата обращения: 02.05.2021.
- 36 ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606> – Дата обращения: 02.05.2021.
- 37 ГОСТ 12.1.002-84 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200271> – Дата обращения: 02.05.2021.
- 38 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: 02.05.2021.
- 39 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: 02.05.2021.
- 40 ГОСТ 17.2.3.02-78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200001355> – Дата обращения: 02.05.2021.
- 41 ГОСТ Р 52105-2003 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032452/> – Дата обращения: 02.05.2021.
- 42 ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200139176> – Дата обращения: 02.05.2021.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Тki, кал.дн	Продолжительность проведения работ													
				Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1														
2	Выбор направления исследований	Руководитель Студент	1 1														
3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Руководитель Студент Аспирант	3 3 3														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Студент Аспирант	1 1 1														
5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Студент Аспирант	13 13														
6	Построение моделей и проведение экспериментов	Студент Аспирант	25 25														
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель Студент	5 5														
8	Оценка эффективности проведенных исследований	Руководитель	2														
9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель Студент	5 5														
10	Оформление отчета по НИР	Студент	10														

