

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

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Отделение школы (НОЦ) химической инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование процесса каталитической депарафинизации дизельных топлив

УДК 665.753.4:665.637.73-048.34

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM61	Новикова Анастасия Станиславовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белинская Наталия Сергеевна	кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницына Зоя Васильевна	кандидат технических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель отделения	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Самборская Марина Анатольевна	кандидат технических наук		

Томск – 2018 г

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Применять глубокие, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии в профессиональной деятельности.
Р2	Ставить и решать инновационные задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с учетом минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду.
Р3	Разрабатывать новые технологические процессы на основе математического моделирования, проектировать и использовать энерго- и ресурсосберегающие оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.
Р4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области разработки и оптимизации технологических процессов и систем с позиции энерго- и ресурсосбережения.
Р5	Внедрять и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
Р6	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности.
Р7	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
Р8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
Р9	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Отделение школы (НОЦ) химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2KM61	Новиковой Анастасии Станиславовне

Тема работы:

Исследование процесса каталитической депарафинизации	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования: процесс депарафинизации дизельных топлив. Исходными данными являются технологические режимы работы реактора каталитической депарафинизации, составы сырья и продукта. Режим работы реактора депарафинизации – непрерывный.
--	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Обзор литературы 1.1. Основные нормируемые показатели дизельных топлив 1.2. Способы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив 1.3. Обзор компьютерных систем, применяемых для моделирования в нефтегазовой отрасли 1.4. Постановка цели и задач исследования 2. Объект и методы исследования 2.1. Объект исследования 2.2. Методы исследования 3. Расчет и аналитика 3.1. Разработка модели реактора депарафинизации в среде HYSYS 4. Результаты разработки 4.1. Влияние состава сырья на процесс депарафинизации 4.2. Влияние расхода сырья на процесс депарафинизации 4.3. Влияние температуры на процесс депарафинизации 4.4. Оптимизация процесса депарафинизации 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5.1. Предпроектный анализ 5.2. Инициация проекта 5.3. Планирование управления научно-техническим проектом 5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 6. Социальная ответственность 5.1. Производственная безопасность 5.2. Охрана окружающей среды 5.3. Анализ факторов, характеризующих возникновение чрезвычайных ситуаций 5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Криницына Зоя Васильевна, доцент

Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна, ассистент
Иностранный язык	Сыскина Анна Александровна, доцент
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Введение Обзор литературы	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<i>Доцент</i>	<i>Белинская Наталья Сергеевна</i>	<i>кандидат технических наук</i>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<i>2КМ61</i>	<i>Новикова Анастасия Станиславовна</i>		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОС- БЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ61	Новикова Анастасия Станиславовна

Школа	ИШПР	Отделение	ХТТ и ХК
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефте- химии и биотехнологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Затраты на материальные ресурсы-1806 руб.; Затраты на ПО – 105959руб. Размер оклада руководителя – 36800 руб. Размер стипендии магистранта – 1854руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Срок выполнения проекта – 24 месяца; Дополнительная заработная плата – 12% от основной; Районный коэффициент = 1,3;
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка отчислений на социальные нужды – 27,1%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и результатов проекта, заинтересованных сторон, участников
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Построение календарного плана проекта, графика выполнения работ; Расчет затрат на сырье, заработную плату, ПО
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет интегральных показателей эффективности, оценка сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования рынка услуг
2. Оценочная карта конкурентных технических решений
3. Диаграмма Исикавы
4. Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации
5. Перечень заинтересованных сторон проекта
6. Цели и результаты проекта
7. Рабочая группа проекта
8. Ограничения и допущения проекта
9. Календарный план работ проекта
10. Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты
11. Затраты на спецоборудование для научных работ
12. Расчет основной заработной платы
13. Баланс рабочего времени
14. Группировка затрат проекта по статьям
15. Матрица ответственности
16. Оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM61	Новикова Анастасия Станиславовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ61	Новиковой Анастасии Станиславовне

Школа	ИШПР	Отделение	ОХИ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объектом исследования является процесс депарафинизации дизельных топлив. Относится к взрывоопасным, Помещения операторской оборудуются нормальным освещением, устройствами для кондиционирования воздуха, устройствами сигнализации. В сложных условиях контроля и управления технологическим процессом на панели смонтирована мнемоническая схема контролируемого объекта. Экспериментальная часть бакалаврской работы велась на ПК. Рабочая зона - аудитория, которая оборудована системами отопления, кондиционирования воздуха и естественным и искусственным освещением. Рабочее место – стационарное, оборудованное компьютером. Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

В производственной среде и при применении вычислительной техники вероятно воздействие следующих вредных факторов:

- освещение;
- шум;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- ухудшение микроклимата;
- зрительное напряжение;
- нервно-эмоциональные перегрузки

Вредные вещества. На установке депарафинизации присутствуют вредные вещества такие, как:

- сероводород,

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	- аммиак, - окись углерода, - МЭА, - пары нефтепродуктов и т.д. Средства защиты: хлопчатобумажные костюмы, защитные очки, ботинки кожаные, перчатки фильтрующие противогазы, каска. К опасным факторам относятся: - горючесть, взрывоопасность и токсичность веществ, применяемых и получаемых на установке; - возможность образования зарядов статического электричества; - наличие электротехнических устройств высокого напряжения; - превышение токсичных веществ в воздухе рабочей зоны. СанПиН 2.2.4.548-96, ГОСТ 12.1.013-78; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03; СанПиН 2.2.4.1191-03, СанПиН 2.6.1.1015-01; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96, инструкция по охране труда при работе на ПК
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Основными загрязнителями атмосферы на производстве являются: - Сероводород; - Аммиак; - Оксид углерода(II); - Углеводороды. Повышения экологической безопасности можно достигнуть путем снижения выбросов во время эксплуатации за счет использования улучшенных фильтрационных и очистительных сооружений. Анализ негативного воздействия на окружающую среду при работе за ПЭВМ (утилизация макулатуры и люминесцентных ламп).
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Возникновение ЧС, требующих обеспечение электро- и пожаровзрывобезопасности на рабочем месте. Перечень возможных ЧС: - пожар; - взрыв; - розлив продуктов/компонентов производства; Для обеспечения безопасной эксплуатации установки предусмотрена рациональная технологическая схема с комплексной автоматизацией технологического процесса, позволяющая обеспечить его непрерывность и стабильную работу оборудования. Предусмотрено отключение электрооборудования со щита операторной.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<i>К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации. Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами.</i> <i>Для снижения вредного воздействия химических факторов работникам производства выдается молоко питьевое в количестве 0,5 литра за смену для выведения из организма токсических веществ.</i> <i>Законодательные и нормативные документы по теме:</i> 1. Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 г. 2. СанПиН 2.2.4.584-96. 3. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. 4. ГОСТ 12.1.003-83. 5. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. 7. ГОСТ 12.1.002-84. 11. ГОСТ Р 22.0.01-94. 8. ГОСТ 12.0.004-90. 9. Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 г. 10. Федеральный закон № 421-ФЗ от 28.12.2013 г. 11. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. 12. Конституция Российской Федерации; 13. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 <i>N 197-ФЗ (ред. от 28.12.2013).</i>
--	---

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент Отделения контроля и диагностики	Авдеева Ирина Ивановна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Новикова Анастасия Станиславовна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из: 99 с., 12 рис., 29 табл., 52 источников, 3 прил.

Ключевые слова: КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ГИДРОДЕПАРАФИНИЗАЦИЯ, ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ.

Объект исследования – процесс каталитической депарафинизации дизельных топлив.

Цель работы заключается в повышении эффективности работы установки каталитической гидродепарафинизации дизельного топлива путем подбора оптимальных технологических режимов с применением метода математического моделирования.

В процессе исследования была создана модель реактора депарафинизации с использованием системы HYSYS, проведена оценка влияния технологических параметров на процесс каталитической депарафинизации.

В результате исследования подобраны оптимальные температуры процесса депарафинизации для производства дизельного топлива зимнего и арктического в зависимости от состава сырья.

Повышение эффективности работы установок каталитической гидродепарафинизации дизельных топлив достигнуто за счет подбора оптимального режима работы.

Область применения: нефтеперерабатывающая промышленность.

Экономическая значимость работы заключается в увеличении эффективности процесса по средствам подбора наиболее оптимальных параметров без вмешательства в работу установки, что позволяет получать максимально возможный выход продукта с требуемыми характеристиками.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 32511-2013 (ЕН 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. – Введ. 2015-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 16 с.

ГОСТ Р 55475-2013 Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное. Технические условия. – Введ. 2014-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 12 с.

ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. – Введ. 2006-07-01. Изм. №1 2012.03.01. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 34 с.

ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2007. – 4 с.

ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартиформ, 2010. – 32 с.

Определения

В данной работе приведены следующие термины к определениям:

депарафинизация: Процесс переработки нефти, направленный на удаление нормальных парафинов из нефтяных фракций.

температура помутнения: Максимальная температура, при которой в топливе появляется фазовая неоднородность.

температуру застывания: Температура, при которой топливо полностью теряет подвижность.

цетановое число: Характеристика воспламеняемости дизельного топлива, определяющая промежуток времени от впрыска топлива в цилиндр до

начала горения.

предельная температура фильтруемости: Наиболее высокая температура, при которой данный объем топлива не проходит через стандартный фильтр в установленное время при стандартных условиях охлаждения.

математическая модель: Приближенное описание объекта моделирования, выраженное с помощью математической символики.

Обозначения и сокращения

ДТ – дизельное топливо;

ВСГ – водородсодержащий газ;

ПТФ – предельная температура фильтруемости;

МАУ – моноциклические ароматические углеводороды;

ПАУ – полициклические ароматические углеводороды;

КМС – компьютерно-моделирующая система.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	17
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	18
1.1 Основные нормируемые показатели дизельных топлив.....	18
1.2 Способы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив.....	25
1.3 Обзор компьютерных систем, применяемых для моделирования в нефтегазовой отрасли	28
1.4 Постановка цели и задач исследования	33
2 Объект и методы исследования	34
2.1 Объект исследования	.
2.2 Методы исследования.....	34
2.1.1 Метод математического моделирования	34
2.1.2 Математическое моделирование каталитических процессов нефтепереработки	35
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	.
3.1 Разработка модели реактора депарафинизации в среде HYSYS	
4 РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.1 Влияние состава сырья на процесс депарафинизации	.
4.2 Влияние расхода сырья на процесс депарафинизации	
4.3 Влияние температуры на процесс депарафинизации.....	.
4.4 Оптимизация процесса депарафинизации.....	.
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	41
5.1 Предпроектный анализ	41
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	41

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	43
5.1.3 Диаграмма Исикавы.....	44
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	45
5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	47
5.2 Инициация проекта	48
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом	49
5.3.1 План проекта.....	49
5.3.2 Бюджет научного исследования	50
5.3.3 Матрица ответственности	53
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	54
5.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования	54
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	57
6.1 Производственная безопасность	59
6.1.1 Анализ вредных факторов на рабочем месте.....	59
6.1.2 Анализ опасных факторов, которые может создать объект исследования	63
6.2 Охрана окружающей среды	67
6.2.1 Анализ возможного влияния объекта исследования на окружающую среду	67
6.3 Анализ факторов, характеризующих возникновение чрезвычайных ситуаций	69
6.3.1 Чрезвычайные ситуации на производственном объекте	70
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	73

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	79
ПРИЛОЖЕНИЕ А	86
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ В	103

ВВЕДЕНИЕ

Дизельное топливо является одним из важнейших крупнотоннажных продуктов нефтепереработки, который обеспечивает функционирование транспортного парка различных отраслей народного хозяйства и масштабно используется отдельными потребителями. На текущем этапе развития мировой экономики наблюдается стабильная положительная динамика спроса на дизельное топливо, что способствует постоянному ужесточению требований к его качеству. В 2017г. производство дизельного топлива на нефтеперерабатывающих предприятиях России составило 76,8 млн. т [1]. Из-за холодных климатических условий РФ, создается дефицит зимних сортов дизельных топлив. Примерно 90% от общего объема производства дизельных топлив приходится на летние виды топлива, 9% приходится на производство зимних марок (температура застывания минус 35 и минус 45°C) и приблизительно 1% вырабатывается арктического дизельного топлива (температура застывания минус 55°C) для обеспечения районов Арктики и Крайнего Севера [2].

Актуальная задача в настоящее время – выработка зимнего и арктического топлива класса 4 (по низкотемпературным свойствам) с соответствующими низкотемпературными и экологическими характеристиками.

Объект исследования - процесс каталитической депарафинизации дизельных топлив.

Предметом исследования является закономерность влияний технологических параметров процесса каталитической депарафинизации дизельных фракций нефти на выход, состав и низкотемпературные свойства получаемого продукта.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Основные нормируемые показатели дизельных топлив

Зависимость свойств ДТ от температурных условий применения определяется особенностями его фракционного и химического состава. По допустимым температурам применения выделяют ДТ для умеренного, холодного, арктического климата. Потребность в низкозастывающем ДТ, обусловленная климатом большинства регионов страны, восполняется в меньшей мере наполовину. Статистика показывает востребованность действий, способствующих сглаживанию существующего дефицита.

Техническими условиями и Техническим регламентом Таможенного Союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» [3] регламентируются экологические и эксплуатационные свойства дизельных топлив.

Дизельные топлива, соответствующие современным требованиям к их качеству регламентируются основными государственными стандартами ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» [4], ГОСТ Р 55475-2013 «Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное. Технические условия» [5], ГОСТ Р 52368-2005 (EN 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» [6].

Актуальные требования к качеству дизельного топлива для зимнего и арктического климата, соответствующие вышеуказанным документам, приведены в таблицах 1-4.

Таблица 1 - Требования к качеству зимнего (классы 0,1,2,3) и арктического (класс 4) ДТ (ГОСТ Р 52368-2005).

Наименование показателя	Значение для класса				
	0	1	2	3	4
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-20	-26	-32	-38	-44

Температура помутнения, °С, не выше	-10	-16	-22	-28	-34
Плотность при 15 °С, кг/м ³	800-845	800-845	800-840	800-840	800-840
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	1,5-4	1,5-4	1,5-4	1,4-4	1,2-4
Цетановое число, не менее	49	49	48	47	47
Цетановый индекс, не менее	46	46	46	43	43
Фракционный состав: до температуры 180 °С, % (по объёму), не более	10	10	10	10	10
до температуры 340 °С, % (по объёму), не менее	95	95	95	95	95
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, выше	55	55	40	30	30
Полициклические ароматические углеводороды, % (по массе), не более	8				
Содержание серы, мг/кг, не более, для топлива: вид I вид II вид III	350 50 10				
Коксуемость 10 %-ного остатка разгонки, % (по массе), не более	0,3				
Зольность, % (по массе), не более	0,01				
Содержание воды, мг/кг, не более	200				
Общее загрязнение, мг/кг, не более	24				
Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 °С), единицы по шкале	Класс 1				
Окислительная стабильность: общее количество осадка, г/м ³ , не более	25				

Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа при 60 °С, мкм, не более	460
Содержание метиловых эфиров жирных кислот, %(по объему), не более	7

Таблица 2 - Требования к качеству зимнего (классы 0,1,2,3) и арктического (класс 4) ДТ (ГОСТ Р 55475-2013).

Наименование показателя	Значение				
	З	З	А	А	А
	-32	-38	-44	-48	-52
Цетановое число, не менее	48	47			
Цетановый индекс, не менее	46	43			
Плотность при 15 °С, кг/м ³	800-855				
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов*, %, не более	8				
Массовая доля серы, мг/кг, не более:					
К3	350				
К4	50				
К5	10				
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	40	30			
Коксуемость 10 %-ного остатка разгонки, % масс., не более	0,3				
Зольность, % масс., не более	0,01				
Массовая доля воды, мг/кг, не более	200				
Общее загрязнение, мг/кг, не более	24				
Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 °С), единицы по шкале	Класс 1				

Окислительная стабильность: общее количество осадка, г/м ³ , не более	25				
Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа при 60 °С, мкм, не более	460				
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	1,5-4,5	1,4-4,5	1,2-4		
Фракционный состав: перегоняется до температуры 180 °С, % об., не более 95 % об.	10				
перегоняется до при температуре, °С, не выше	360				
Температура помутнения, °С, не выше	-22	-28	-34	-38	-42
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-32	-38	-44	-48	-52

Примечание – *Для топлива экологических классов К3 и К4 содержание полициклических ароматических углеводородов должно быть не более 11 %, для топлива экологического класса К5 – не более 8 %.

Таблица 3 - Требования к качеству зимнего (классы 0,1,2,3) и арктического (класс 4) ДТ (ГОСТ 32511-2013).

Наименование показателя	Значение для класса				
	0	1	2	3	4
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-20	-26	-32	-38	-44
Температура помутнения, °С, не выше	-10	-16	-22	-28	-34
Плотность при 15 °С, кг/м ³	800-845		800-840		
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	1,5-4			1,4-4	1,2-4
Цетановое число, не менее	49	49	48	47	47

Цетановый индекс, не менее	46	46	46	43	43
Фракционный состав:					
до 180 °С перегоняется, % об., не более	10	10	10	10	10
до 360 °С перегоняется, % об., не менее	95	95	95	95	95
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже	55	55	40	30	30
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, %, не более	8				
Массовая доля серы, мг/кг, не более, для топлива:					
К3	350				
К4	50				
К5	10				
Коксуемость 10 %-ного остатка разгонки, % масс., не более	0,3				
Зольность, % масс., не более	0,01				
Содержание воды, мг/кг, не более	200				
Общее загрязнение, мг/кг, не более	24				
Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 °С), единицы по шкале	Класс 1				
Окислительная стабильность: общее количество осадка, г/м ³ , не более	25				
Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа (wsd 1,4) при 60 °С, мкм, не более	460				

Таблица 4 - Требования к качеству ДТ для зимнего (классы 0,1,2,3) и арктического (класс 4) климата (Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 013/2011).

Характеристики дизельного топлива, единица измерения	Нормы в отношении экологического класса		
	К3	К4	К5
Массовая доля серы, мг/кг, не более	350	50	10
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	30	30	30
Фракционный состав – 95 процентов объемных перегоняется при температуре, °С, не выше	360	360	360
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, % масс., не более	11	11	8
Цетановое число	47	47	47
Смазывающая способность, мкм, не более	460	460	460
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше дизельного топлива зимнего дизельного топлива арктического	-20 -38	-20 -38	-20 -38

Начиная с 1 января 2016 г. в Российской Федерации осуществляется выпуск в обращение только топлива экологического класса К5 (массовая доля серы не более 10 мг/кг) [7].

В настоящее время основным документом, по которому вырабатывается дизельное топливо является ГОСТ Р 52368–2005 [6], которое предназначено для эксплуатации современных дизельных двигателей, содержит в своем составе пакет присадок различного функционального назначения и

соответствует нормам Евросоюза EN 590:2009. В данном стандарте предусмотрен выпуск шести сортов дизельного топлива для умеренного климата (A, B, C, D, E, F) с предельной температурой фильтруемости от плюс 5 °C до минус 20 °C) и пяти классов дизельного топлива для применения в районах с холодным и арктическим климатом (0, 1, 2, 3, 4 с предельной температурой фильтруемости от минус 20 °C до минус 44 °C). Также предусмотрено производство дизельного топлива с содержанием серы 10, 50 и 350 мг/кг (Евро-3, Евро-4 и Евро-5 соответственно). В соответствии с ГОСТ Р 52368-2005 содержание полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), которые приводят к отложениям в камере сгорания, а также токсичности отработанных газов, не должно было превышать 11% мас., согласно Изменению №1 от 1 марта 2012 г. регламентированное значение составляет 8 % мас. В ЕС разрешенная концентрация ПАУ – не более 2 % мас. [8].

Низкотемпературные свойства являются важным критерием эксплуатационной эффективности дизельных топлив, применяемых в условиях холодных климатических зон. Низкотемпературные свойства определяются содержанием неразветвленных парафинов, их характеризуют следующие показатели: температура помутнения, температура застывания и предельная температура фильтруемости. В Государственных стандартах [4,5,6] регламентируются значения температуры помутнения и ПТФ, в соответствии с ТР ТС 013/2011 нормируется лишь значение ПТФ. Температура застывания в настоящее время Техническими условиями не регламентируется.

Нормальные парафиновые углеводороды с числом углеродных атомов в молекуле от 10 до 27 характеризуются высокими температурами плавления [9,10] и оказывают существенное влияние на низкотемпературные свойства, заметно ухудшая их. Введение 1 %мас. н-парафина C₂₄ поднимает температуру помутнения с минус 72 до 0 °C [11]. Допустимыми компонентами при получении топлив с допустимыми низкотемпературными свойствами

являются изомеры парафиновых углеводородов, так как показатели значения температуры помутнения и ПТФ более низкие, чем у н-парафинов.

Введены более жесткие требования по цетановому числу, которое является показателем воспламеняемости дизельного топлива. Так для зимнего дизельного топлива цетановое число должно быть не менее 45.

1.2 Способы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив

На протяжении долгого времени актуальными вариантами получения дизельного топлива являлись: снижение температуры конца кипения дизельных фракций, разбавление керосиновой фракцией, применение присадок, а также некоторые виды некаталитической депарафинизации [12,13,14].

Основные недостатки смешения дизельной и керосиновой фракций заключаются в том, что вместе со снижением низкотемпературных свойств одновременно происходит снижение цетанового числа, вязкости, температуры вспышки, а также смазывающей способности. Также фракционный состав такого топлива не удовлетворяет требованиям [6]. Например, в работе [15] представлено несколько способов производства дизельного топлива путем смешения со стабильным гидрогенизатом керосиновой фракции, в результате чего были получены смесевые дизельные топлива с температурой помутнения до минус 42°C. При этом температура вспышки в среднем была ниже требуемой и показатель фракционного состава «до температуры 180°C» превысил процентное содержание легких фракций на 17%.

Уменьшение содержания «тяжелой» части н-парафинов $C_{20}-C_{26}$ путем снижения температуры конца кипения фракции не позволяет полностью использовать потенциал сырьевых фракций. Так, для производства зимнего дизельного топлива с температурой застывания минус 35°C необходимо «обрезать» фракцию 320-360°C с потерей 25% потенциала, а с температурой минус 45°C – фракцию 280-360°C с потерей 50% потенциала [16]. Это

невыгодно с экономической точки зрения ввиду высокого спроса на светлые нефтепродукты.

Введение депрессорных присадок также не является эффективным вариантом производства дизельных топлив в широких масштабах. Во-первых, этот способ наиболее затратный; во-вторых, существуют сложности в выборе оптимального состава и дозы присадки для отдельных фракций; в-третьих, присадки чаще всего не влияют на изменение температуры помутнения. Так, в работе [17] исследовано влияние депрессорно-диспергирующей присадки Clariant в производстве зимних дизельных топлив класса 2 и 3, соответствующих [6]. Было установлено, что при добавлении 0,08% присадки только при ограниченном содержании отдельных групп н-парафинов (C18-C22) топливо будет обеспечивать стабильность при холодном хранении и не расслаиваться. При превышении же этого содержания в топливе происходит выпадение парафинов.

Существуют методы депарафинизации без использования водорода: депарафинизация кристаллизацией, электродепарафинизация, карбамидная, адсорбционная (цеолитная) и микробиологическая депарафинизация [18]. Кристаллическую депарафинизацию проводят в органических растворителях (метилэтилкетон, ацетон, толуол и др.) с различными холодильными циклами. Такой процесс чаще всего проводится для очистки масляных фракций с выходом до 80%.

Карбамидная депарафинизация основана на способности карбамида образовывать кристаллические комплексы (аддукты) с н-алканами. Недостаток этого процесса в том, что с ростом температуры кипения фракции его эффективность падает ввиду того, что в высококипящих фракциях имеется большое количество гибридных углеводородов, которые не могут образовать комплекс с карбамидом. Кроме того, температура помутнения снижается только до минус 11°C [15]. Поэтому в производство вовлекается не все сырье, что приводит к пониженному объему продукции.

Адсорбционная депарафинизация проводится на молекулярных ситах (цеолитах). Цеолиты обладают пористой структурой, позволяющей пропускать только молекулы парафинов определенного размера. В таком процессе более целесообразно перерабатывать масляные фракции не столько для снижения температуры застывания, сколько для выработки парафиновой фракции. Примером такого процесса в переработке дизельных фракций служит немецкая технология «Парекс», применяемый для получения жидких н-парафинов высокой степени очистки и денормализатов как низкотемпературных компонентов зимнего и арктического топлива [18]. В работе [19] описан способ безводородной цеолитной депарафинизации дизельных фракций 180-350°C на катализаторе, приготовленном на основе цеолите типа BETA (ZEOLYST, США).

Стоит упомянуть о процессе электродепарафинизации, основанном на явлениях электрофореза и диэлектрофореза. Высшие парафины осаждаются на электродах, при этом в среду добавляются присадки в качестве активатора электрического заряда. Данный процесс характерен только для масляного сырья. Микробиологическая депарафинизация основана на применении микроорганизмов (грибков), которые способны окислять углеводороды нормального строения, включая парафины с 25 атомами углерода [18]. Известна установка во Франции, перерабатывающая дистилляты с температурой выкипания 180-400°C с содержанием н-парафинов до 14%. При использовании данного процесса температура застывания продукта снижается на 24-40°C [20].

Наиболее перспективными с экономической точки зрения процессами получения низкотемпературных дизельных топлив являются гидрогенизационные процессы каталитической депарафинизации и гидроизомеризации.

Процесс гидроизомеризации осуществляется за счет скелетной изомеризации нормальных парафинов. При протекании данного процесса практически не меняется фракционный состав продуктов, поэтому выход целевого продукта сохраняется высоким, а цетановое число не снижается.

Поэтому экономически данная технология является более эффективной, но у нее есть свои недостатки. Катализатор изодепарафинизации должен проявлять высокую активность по отношению к реакциям изомеризации высококипящих неразветвленных парафинов без значительного разложения сырья, и минимальную активность к реакциям гидрокрекинга. Поэтому сложность заключается в подборе оптимального состава катализатора, он должен иметь: средний размер пор, баланс количества кислотных и металлических центров, высокую дисперсность металла, устойчивость кислотных центров. Выход дизельной фракции до 94% и высокое цетановое число обеспечивается добавлением платины, поэтому право проведения и исследования процесса фактически принадлежит только крупным зарубежным фирмам, в России проведение процесса сдерживается дороговизной катализатора [12]. Поэтому перспективнее исследовать и применять технологию каталитической гидродепарафинизации.

1.3 Обзор компьютерных систем, применяемых для моделирования в нефтегазовой отрасли

В настоящее время разработаны большие по своему интерфейсу комплексы программ для компьютерного моделирования химико-технологических систем. Проектирование процессов нефтепереработки углеводородного сырья невозможно без применения пакетов моделирующих программ, связывающих базы данных химических компонентов с методиками расчетов. КМС позволяют выполнять расчеты и оптимизацию режимов и основных показателей качества сырья и продукции. Разработка любой КМС для химического процесса проводится в 6 этапов.

1. Изучение механизма превращения реагентов в химическом реакторе.
2. Проведение термодинамических расчетов для оценки возможности протекания химических реакций.

3. Агрегирование компонентов и реакций, формирование схем в превращения веществ в химическом реакторе.

4. Решение обратной кинетической задачи по экспериментальным данным по работе промышленной установки.

5. Определение гидродинамического и теплового режимов работы реактора.

6. Создание базы данных и базы знаний. Оптимизация конструкционных, структурных и технологических параметров работы реактора.

Таким образом, в отличие от традиционной информационной технологии, понятие которой возникло одновременно с появлением ЭВМ, новые информационные технологии позволяют обрабатывать и накапливать знания о работе промышленных установок, их анализировать, делать выводы и давать рекомендации.

Возникает задача выбора систем технологического моделирования, основанных на общих принципах расчетов, включающих в себя разнообразные методы расчета термодинамических свойств (энтальпия, энтропия, плотность, коэффициенты фазового равновесия и др.) Они позволяют рассчитать сложные химико-технологические системы, которые состоят из большого количества подсистем, имеющих связь между собой.

Признанными системами в мире считаются PRO-2, разработанная американской фирмой SIMSCI, и HYSYS, который является разработкой канадской фирмы HYPROTECH. Существуют и созданные в нашей стране аналоги GIBBS и ГазКондНефть. Есть и более простые и менее универсальные системы моделирования, среди которых система MODBAL, созданная специалистами ТюменНИИГипрогаза и Тюменского филиала фирмы “Информгаз” ОАО Газпром. Из последних разработок заслуживает внимание KMC CHEMCAD.

Сравнение назначений и возможностей осуществлено среди программ: PRO II, HYSYS, ChemCAD.

PRO 2

Данная система используется около 40 лет и является наиболее мощной и развитой в мире. Главным достоинством системы PRO-2 считаются методики расчетов и набор оборудования, которые в нее включены. Вместе с тем есть возможность дописывать персональные алгоритмы на встроенном языке и добавлять их в систему. Из недостатков можно отметить сложность в эксплуатации. Система реализуется единым пакетом и позволяет:

- разработать новые процессы;
- оценить альтернативные конфигурации установок;
- модернизировать существующие установки;
- устранить неполадки;
- оптимизировать и увеличить выход продукта и прибыльность предприятия [21].

HYSYS

Эта система появилась гораздо позже, но при этом стремительно догоняет и превосходит по возможностям интерфейса систему PRO-2. HYSYS считается лучшим программным обеспечением для моделирования в нефтегазовой отрасли. Главным отличием системы HYSYS является ее реализация на таком языке программирования, как Си++, имеющая больше возможностей для развития в отличие от FORTRAN. Реализуется система отдельными пакетами, что позволяет подключать некоторые подсистемы лишь по мере необходимости.

С помощью HYSYS можно производить расчеты различных установок и получать существенный экономический эффект, повышая производительность и прибыльность установок. Данная система дает возможность:

- оптимизировать проектирование, оценивая рентабельность, безопасность и надежность установки,
- понять состояние оборудования, удостоверившись в работе в оптимальном режиме,

- уменьшить затраты на осуществление проекта, сведя к минимуму количество ошибок и сделав проект менее трудоемким. [21]

ChemCAD

Такая система позволяет моделировать химико-технологические процессы при разработках и оптимизациях нефтеперерабатывающих производств.

С помощью системы ChemCAD имеется возможность:

- подготовить оптимальные исходные данные по единицам оборудования и трубопроводным системам для рабочего инженерно-технического проектирования при создании новых, а также реконструкции и диверсификации действующих химических и нефтехимических производств;
- исследовать и оптимизировать работу систем автоматического регулирования ХТП;
- разработать динамические модели действующих технологических процессов, при создании тренажеров для операторов и инженеров химических производств [21].

Сравнение моделирующих программ

Компьютерно-моделирующие системы, позволяющие разрабатывать, анализировать и проектировать новые производства, а так же анализировать работы существующих, разнообразны. Такие системы дают возможность осуществить автоматизацию практически всех стадий производства, тем самым сведя затраты рабочего времени, трудовых ресурсов и денежных средств к минимуму. На производстве, в проектных и исследовательских организациях невозможен прогресс техники и технологии без глобального включения в инженерный труд таких средств моделирования.[22] Рассмотрим возможности пакетов моделирующих программ(табл. 5).

Таблица 5 - Сравнение возможностей современных ПМП [23]

Расчетный модуль	Aspen HYSYS	PRO II	ChemCAD
Реактор Гиббса	✓	✓	✓
Реактор равновесный	✓	✓	✓
Реактор стехиометрический	✓	✓	✓
Реактор кинетический с мешалкой и трубчатый	✓	✗	✗
Жидкостная экстракция	✓	✓	✓
Ректификация с расслаиванием жидкости	✓	✓	✓
Расчет ректификации и абсорбции с учетом массопередачи	✓	✗	✓
Расчет ректификации и абсорбции с равновесными ступенями разделения	✓	✓	✓
Упрощенный расчет ректификации Short-Cut	✓	✓	✗
Смеситель, разделитель потоков, сепаратор	✓	✓	✓
Насосы, компрессоры	✓	✓	✓
Теплообменники с тепловыми кривыми	✓	✓	✓
Многоходовые теплообменники LNG с анализом зон теплопередачи	✓	✓	✓
Двухфазный, трехфазный равновесный испаритель	✓	✓	✓
Циклон, гидроциклон	✗	✗	✓

В соответствии с изложенной информацией пакет программ HYSYS имеет следующие преимущества: удобство графического интерфейса системы, простота применения, имеет обширный пакет расчетных модулей, полностью и достаточно описывает физико-химическую сущность процессов, имеет высокую сходимость вычислений, большое количество компонентов в базе данных с возможностью ее пополнения. Все перечисленные достоинства позволяют сделать вывод о целесообразности выбора пакета программ HYSYS, чтобы разрабатывать процедуры и алгоритмы компьютерного моделирования сложных крупнотоннажных химических производств непрерывного действия.

1.4 Постановка цели и задач исследования

Благодаря растущему спросу на низкозастывающие дизельные топлива, а также ужесточению экологических требований к качеству моторных топлив, гидропроцессы находят всё большее применение на нефтеперерабатывающих предприятиях [24]. Одним из современных процессов гидропереработки, позволяющий получить ДТ с улучшенными низкотемпературными свойствами, является процесс каталитической гидродепарафинизации [25].

Цель работы заключается в повышении эффективности работы установки каталитической гидродепарафинизации дизельного топлива путем подбора оптимальных технологических режимов с применением метода математического моделирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать математическую модель процесса каталитической депарафинизации.
2. Исследовать влияние состава сырья на процесс депарафинизации.
3. Исследовать влияние расхода сырья в реактор на процесс депарафинизации.
4. Исследовать влияние температуры на входе в реактор на процесс депарафинизации.
5. Оптимизировать процесс депарафинизации по температурному режиму в зависимости состава сырья.

Работа имеет практическое значение для регулирования режима процесса депарафинизации в зависимости от состава сырья и загрузки установки по сырью.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.2 Методы исследования

2.1.1 Метод математического моделирования

Моделированием химико-технологической системы называется процесс ее исследования с помощью созданной для этой цели математической модели.

Математическое описание образуют математические структуры, отражающие свойства процесса в различных экспериментальных условиях. Для связи установленных в ходе эксперимента физико-химических свойств процесса, математическим структурам, которые используются при построении математического описания, придается физическое истолкование. Для формирования математического описания необходима информация об экспериментальных данных и математических структурах, связывающих их.

Математическое моделирование сокращает объем физического исследования, позволяет сделать его более эффективным, но не исключает его [27].

Возможность получать результаты для анализа и синтеза высокоэффективных ХТС, дает метод математического моделирования, кроме того он позволяет прогнозировать их оптимальное поведение в течение длительного времени и выявлять оптимальный алгоритм их управления [28].

Количественное и формализованное описание в виде систем уравнений, передающих действие каждого блока технологического процесса, позволяет получить применение математических моделей химико-технологических систем. Обозначения для упрощения записи математической модели :

$\vec{x}_k$ – вектор входных параметров;

$\vec{y}_k$ – вектор выходных параметров;

$\vec{z}_k$ – вектор конструктивных параметров;

$\vec{u}_k$ – вектор управляющих параметров.

Параметры являются многомерными. Математическая модель в общем включает в себя две группы уравнений:

1. Функциональная зависимость процессов в аппарате описывается следующим уравнением:

$$\vec{y}_k = F_k(\vec{x}_k, \vec{z}_k, \vec{u}_k). \quad (1)$$

Система нелинейных алгебраических или дифференциальных уравнений представлена для описания каждого элемента ХТС.

F_k – некоторый функционал (алгебраический, дифференциальный или интегральный).

2. Для описания технологических связей вводится уравнение:

$$\vec{x}_k = L_{l-k}(\vec{Y}_l), \quad (2)$$

где L_{l-k} принимает значение l в том случае, если существует технологическая связь между аппаратами под номерами l и k , а именно входные параметры в l -й аппарат являются выходными параметрами k -го аппарата. $L_{l-k} = 0$ в том случае, если связь между этими аппаратами отсутствует.

Для упрощения описания математической модели многокомпонентных химико-технологических процессов применяется такой метод моделирования, как агрегирование, группирующий компоненты по технологическим параметрам и химическим признакам.

Программа составляется по алгоритму, основанному на выбранном методе. В исходные данные в виде наперед заданного числа задается точность метода. Необходимо подчеркнуть, в математической модели, какой бы точностью она не обладала, реальный процесс, который протекает в химико-технологической системе, представлен формально. Посредством метода наименьших квадратов можно количественно оценить адекватность и определить среднеквадратичное отклонение расчетных и экспериментальных характеристик. Равным образом можно использовать специальные критерии адекватности, например, критерий Фишера [28].

2.1.2 Математическое моделирование каталитических процессов нефтепереработки

Создание математической модели включает в себя этапы:

- анализ экспериментальных данных с промышленной установки;
- изучение механизма реакций на катализаторе; составление списка возможных реакций, которые протекают в ходе процесса;
- оценка термодинамической вероятности протекания данных реакций, составление и обоснование уровня формализации схемы превращений углеводородов в ходе процесса;
- расчет реактора и обоснование выбора гидродинамической модели;
- составление системы дифференциальных уравнений кинетической модели;
- оценка кинетических параметров модели с использованием экспериментальных данных;
- проверка модели на адекватность [23].

Схема превращений в процессе каталитической депарафинизации представлена на рис. 2.

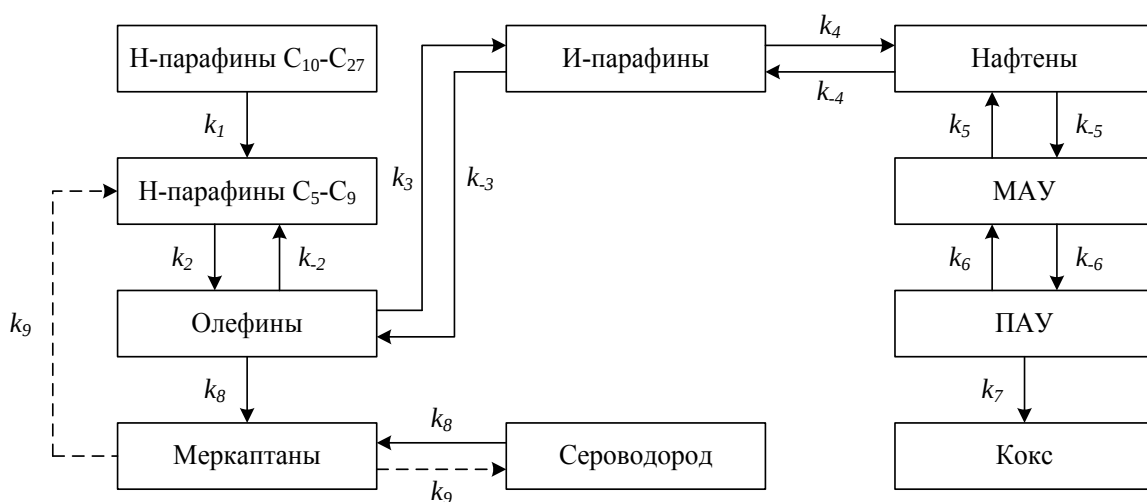


Рисунок 2 – Формализованная схема превращений углеводородов в процессе каталитической депарафинизации: н-парафины C₁₀–C₂₇ – парафины нормального строения с числом атомов углерода от 10 до 27; н-парафины C₅–C₉ – парафины нормального строения с числом атомов углерода от 5 до 9;

МАУ – моноароматические углеводороды; ПАУ – полиароматические углеводороды; k_j – константа скорости j -й прямой реакции; k_{-j} – константа скорости j -й обратной реакции.

Сплошными линиями показаны реакции на катализаторе депарафинизации, пунктирными – реакция на катализаторе гидроочистки.

Кинетическая модель процесса каталитической депарафинизации разрабатывается в соответствии с формализованной схемой химических превращения, описанной выше. Модель включает в себя систему обыкновенных дифференциальных уравнений, отражающих изменения концентраций групп компонентов по времени с начальными условиями.

При разработке кинетической модели и определении ее параметров сделано допущение, что процесс является гомогенным. Исходя из принятого допущения, скорости реакций процесса каталитической депарафинизации записаны согласно закону действующих масс и представлены в табл. 7.

Таблица 7 - Уравнения скоростей реакций процесса депарафинизации

№	Реакция	Прямая реакция	Обратная реакция
Процесс депарафинизации			
1.	Гидрокрекинг н-парафинов $C_{10}-C_{27}$	$W_1 = k_1 \cdot C_{n-P_{C_{10}-C_{27}}} \cdot C_V$	—
2.	Дегидрирование н-парафинов C_5-C_9	$W_2 = k_2 \cdot C_{n-P_{C_5-C_9}}$	$W_{-2} = k_{-2} \cdot C_{Ol} \cdot C_V$
3.	Изомеризация олефинов	$W_3 = k_3 \cdot C_{Ol} \cdot C_V$	$W_{-3} = k_{-3} \cdot C_{i-P}$
4.	Циклизация и-парафинов	$W_4 = k_4 \cdot C_{i-P}$	$W_{-4} = k_{-4} \cdot C_{Naft} \cdot C_V$
5.	Гидрирование моноароматических углеводородов	$W_5 = k_5 \cdot C_{MAY} \cdot C_V^3$	$W_{-5} = k_{-5} \cdot C_{Naft}$
6.	Гидрирование полиароматических углеводородов	$W_6 = k_6 \cdot C_{PAY} \cdot C_V$	$W_{-6} = k_{-6} \cdot C_{MAY}^2$
7.	Образование кокса	$W_7 = k_7 \cdot C_{PAY}$	—
8.	Образование меркаптанов	$W_8 = k_8 \cdot C_{Ol} \cdot C_{SV}$	—
Процесс гидроочистки			

9.	Гидрирование меркаптанов	$W_9 = k_9 \cdot C_{Merk} \cdot C_V^2$	—
----	--------------------------	--	---

В табл. 7 приняты следующие обозначения:

W_j	— скорость j -й прямой реакции;
W_{-j}	— скорость j -й обратной реакции;
$C_{n-P \ C_{10}-C_{27}}$	— концентрация н-парафинов C_{10} — C_{27} , моль/л;
$C_{n-P \ C_5-C_9}$	— концентрация н-парафинов C_5 — C_9 , моль/л;
C_{Ol}	— концентрация олефинов, моль/л;
C_{i-P}	— концентрация и-парафинов, моль/л;
C_{Naft}	— концентрация нафтенов, моль/л;
C_{MAU}	— концентрация МАУ, моль/л;
C_{PAU}	— концентрация ПАУ, моль/л;
C_{Merk}	— концентрация меркаптанов, моль/л;
C_{SV}	— концентрация сероводорода, моль/л;
C_V	— концентрация водорода, моль/л.

Система уравнений кинетической модели будет выглядеть следующим образом:

процесс гидроочистки

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC_{n-P \ C_{10}-C_{27}}}{dt} = W_9 \\ \frac{dC_{Merk}}{dt} = -W_9 \\ \frac{dC_{SV}}{dt} = 2 \cdot W_9 \\ \frac{dC_V}{dt} = -2 \cdot W_9 \end{array} \right.$$

процесс депарафинизации

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC_{n-P \ C_{10}-C_{27}}}{dt} = -W_1 \\ \frac{dC_{n-P \ C_5-C_9}}{dt} = W_1 - W_2 + W_{-2} \\ \frac{dC_{Ol}}{dt} = W_2 - W_{-2} - W_8 \\ \frac{dC_{i-P}}{dt} = W_3 - W_{-3} - W_4 + W_{-4} \\ \frac{dC_{Naft}}{dt} = W_4 - W_{-4} + W_5 - W_{-5} \\ \frac{dC_{MAY}}{dt} = -W_5 + W_{-5} + 2 \cdot W_6 - 2 \cdot W_{-6} \\ \frac{dC_{PAY}}{dt} = -W_{-6} + W_{-6} - W_7 \\ \frac{dC_K}{dt} = W_7 \\ \frac{dC_{Merk}}{dt} = W_8 \\ \frac{dC_{SV}}{dt} = -W_8 \\ \frac{dC_V}{dt} = -W_1 + W_2 - W_{-2} - W_3 + W_4 - W_{-4} - 3 \cdot W_5 + 3 \cdot W_{-5} - W_6 + W_{-6} \end{array} \right.$$

Начальные условия: $t=0$, $C_i=C_{i0}$. Граничные условия: $t = \tau$.

t – время, с; dC_i – изменение концентрации i -й группы углеводородов (н-парафины C_{10} – C_{27} , н-парафины C_5 – C_9 и т.д.); C_{i0} – концентрация i -й группы углеводородов в сырье, моль/л; τ – время контакта, с.

Время контакта определяется в зависимости от объема катализатора (V_{cat}) и расхода сырья (G_C):

$$\tau = \frac{V_{cat}}{G_c}.$$

В табл. 8 приведены кинетические параметры для реакций процесса каталитической депарафинизации и гидроочистки.

Таблица 8 - Кинетические параметры модели процесса каталитической депарафинизации (при температуре 355 °C)

№	Реакция	E_a , кДж/моль	k_0	k_j
---	---------	---------------------	-------	-------

1.	Гидрокрекинг н-парафинов C ₁₀ –C ₂₇	140	$5,12 \cdot 10^9 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$	$1,16 \cdot 10^{-2} \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
2.	Дегидрирование н-парафинов C ₅ –C ₉	110	$1,04 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$	$7,37 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$
3.	Изомеризация олефинов	130	$6,07 \cdot 10^8 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$	$9,33 \cdot 10^{-3} \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
4.	Циклизация и-парафинов	180	$6,47 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$	$6,90 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$
5.	Гидрирование моноароматических углеводородов	140	$5,00 \cdot 10^5 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$	$7,34 \cdot 10^{-7} \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
6.	Гидрирование полиароматических углеводородов	140	$3,28 \cdot 10^7 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$	$7,45 \cdot 10^{-5} \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
7.	Образование кокса	190	$2,39 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$	$3,75 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$
8.	Образование меркаптанов	120	$2,95 \cdot 10^6 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$	$3,08 \cdot 10^{-4} \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
9.	Гидрирование меркаптанов	80	$3,67 \cdot 10^7 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$	$8,14 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

На сегодняшний день потенциал развития экономики России существенно опирается на нефтяную промышленность. А научные исследования, проводимые с целью поисков путей совершенствования существующих технологий, являются опорой для стратегического развития нефтеперерабатывающей промышленности в целом. Для долгосрочного планирования работы любого нефтеперерабатывающего предприятия необходимо учитывать не только размеры завода, но также и объем инвестиций, которые вкладывают предприниматели в процессы подготовки и переработки с учетом переменного состава нефти. Международный рынок нефтепереработки диктует условия необходимости поиска новых, коммерчески конкурентоспособных решений для устранения основных проблем на НПЗ.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является не только расчет бюджета научного исследования, но и оценка его перспективности и эффективности на рынке с позиции энерго- и ресурсосбережения.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того чтобы оценить потенциальных пользователей результатов исследования, необходимо провести анализ целевого рынка и его сегментирование по наиболее существенным признакам. В данной работе результатом исследования является компьютерная моделирующая система, которая может быть использована непосредственно, как программный продукт на предприятии (производстве); обучающая программа в образовательных учреждениях; а также может быть инструментом для выполнения индивидуальных расчетов для предприятий-заказчиков. Поэтому необходимо

составить карту сегментирования целевого рынка (рис.12) по продажам компьютерных моделирующих систем (КМС).

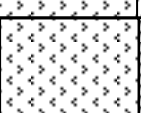
Потребитель	Вид услуги		
	Продажа программного продукта	Оказание услуг по исследованию и оптимизации	Продажа электронного тренажера
Крупные НПЗ			
Средние НПЗ			
Мелкие НПЗ			
Образовательные учреждения	 		
Проектные институты	 		

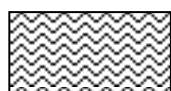
Рисунок 12 – Карта сегментирования рынка услуг по применению КМС



- Aspen Technology, Inc., г. Кэмбридж



- Schneider Electric, г. Рюэй-Мальмезон



- Schlumberger, г. Москва

Для составления данной карты было взято три фирмы, которые находятся в числе крупнейших по разработке симуляторов подготовительных и перерабатывающих процессов в нефтехимии. Как показано на карте, данные компании в основном занимаются разработкой и продажей своего программного обеспечения (ПО) для крупных предприятий, образовательных учреждений и проектных институтов. При этом следует учесть, что доля моделирующих утилит для процессов промышленной подготовки в этих программах выше, чем для процессов переработки, так как они в принципе проще. Ни одна из КМС данных фирм не включает в себя процесс каталитической депарафинизации. Исследованием процессов и их мониторингом занимаются технологи на производстве с применением данного

ПО, сами фирмы непосредственно оптимизацией занимаются редко. Также следует отметить, что данные компании не распространяют электронные тренажеры для обучения как инженерно-технического персонала, так и обучающихся по соответствующим программам обучения.

Исходя из всего этого, можно сделать вывод, что наиболее перспективными на рынке КМС являются направления создания доступных по цене моделирующих систем, имеющих функции мониторинга и оптимизации действующих производств, в частности, процесса каталитической депарафинизации, а также возможность проведения прогнозирующих расчетов для действующих и строящихся производств. Такие системы могут быть применены как в качестве полноценных симуляторов, так и в качестве упрощенных тренажеров в образовательных целях.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

В таблице 14 представлен сравнительный анализ математической модели(ф), разработанной в рамках выполнения ВКР и двух конкурентных моделей(к1)и(к2).

Таблица 14 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							

1. Повышение производительности промышленной установки кат.депарафинизации	0,2	4	5	2	0,8	1	0,4
2. Удобство в эксплуатации	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
3. Энергоэкономичность в производстве дизельного топлива	0,06	5	5	1	0,3	0,3	0,06
4. Надежность	0,04	4	4	1	0,16	0,16	0,04
5. Безопасность	0,06	4	5	1	0,24	0,3	0,06
6. Простота эксплуатации	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
7. Качество интеллектуального интерфейса	0,03	3	5	4	0,09	0,15	0,12
8.Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,03	3	4	4	0,09	0,12	0,12
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,2	4	5	3	0,8	1	0,6
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	2	5	3	0,1	0,25	0,15
3. Цена	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	5	4	0,3	0,3	0,24
5. Финансирование научной разработки	0,04	4	5	4	0,16	0,2	0,16
6. Срок выхода на рынок	0,05	2	5	3	0,1	0,25	0,15
7. Наличие сертификации разработки	0,02	1	5	3	0,02	0,1	0,06
Итого		5	0	4	,91	,77	,74

Разрабатываемая модель является потенциально конкурентоспособной, так как имеет ряд преимуществ. Во-первых, такая модель обладает чувствительностью к составу перерабатываемого сырья (она может воспринимать как «легкое», так и «тяжелое» сырье). Во-вторых, модель имеет способность прогнозирования работы промышленных установок в динамическом режиме с учетом дезактивации катализатора и оптимизации параметров с целью продления срока службы катализатора, что является важной частью капитальных затрат предприятия. В-третьих, модель обладает достаточно простым и удобным интерфейсом, который будет понятен как инженерно-техническому персоналу, так и студентам в качестве тренажера.

5.1.3 Диаграмма Исикавы

Основной проблемой при разработке математической модели действующего промышленного процесса является неадекватность полученной модели экспериментальным данным с установки. В соответствии с приемом 6М, на диаграмме необходимо указать причинно-следственные связи по категориям персонала, метода, материалов, среды, материалам, измерениям (прил. Б).

5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Наиболее сложным этапом в создании инновации является введение результатов научно-технических разработок на рынок, или так называемая коммерциализация. Чтобы понять, насколько исследуемый проект готов к коммерциализации, необходимо оценить степень проработанности проекта. Для этого необходимо заполнить форму в табл.15, приведенную ниже.

Таблица 15 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	5
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
	Проработаны вопросы	3	3

11.	международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок		
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	5
	ИТОГО	48	48

Оценке степени проработанности научного проекта количество баллов соответствует следующим критериям: 1 балл – не проработанность проекта, 2 балла – слабая проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Оценке уровня имеющихся знаний у разработчика количество баллов соответствует следующим критериям: 1 – не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности проекта к коммерциализации определяется, исходя из суммы баллов по каждому направлению. В соответствии с [30], количество баллов в 48 соответствует перспективности проекта, выше среднего. Для повышения уровня перспективности проекта и его коммерциализации необходимы следующие меры:

- привлечение большего объема инвестиций в виде государственного финансирования;
- изучение целевого рынка сбыта продукта и имеющихся конкурентов;
- привлечение в команду исследователей грамотного специалиста по стратегии выхода продукта на рынок и оценке рисков;
- оценка финансовой составляющей проекта и стоимости интеллектуальной собственности.

5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Владение интеллектуальной собственностью непосредственно влияет на развитие внутренней экономики страны, так как оно обеспечивает доступ к новшествам крупным предприятиям, тем самым стимулируя применение в производственной сфере усовершенствованных технических решений. Эффективной конкуренции на рынке новейших мировых технологий можно достичь за счет защиты интеллектуальной собственности патентами.

Для успешной коммерциализации разработанной КМС для ЭВМ можно применить следующие методы:

1. Инжиниринг или заключение коммерческого договора с производством, на котором имеется действующая установка каталитической депарафинизации дизельного топлива. По данному договору заказчик (в лице производства) предоставляет имеющиеся данные по мониторингу установки и работе катализатора, а консультант (в лице научной группы исследователей) предоставляет услуги моделирования, оптимизации и прогнозирования установки. Таким образом, продукт доводится до рыночной формы совместно двумя сторонами и внедряется в производство, а в дальнейшем и на рынок. Так как университет, где проводятся исследования, тесно сотрудничает с предприятием, где налажено производство с помощью данной установки, такой подход наиболее вероятен.

2. Торговля патентными лицензиями. Такая форма коммерциализации является достаточно широко распространенной. Объектом купли-продажи является программа для ЭВМ. По такому договору право на торговлю лицензией передается лицензиату на определенный срок (5-7 лет), при этом лицензиат обеспечивает гарантии в освоении лицензионного продукта, малые технические и коммерческие риски, постоянный доход (роялти). А лицензиар получает прибыль без капитальных вложений, сокращает сроки окупаемости затрат на исследования, упрощает процедуру выхода на рынок. Данный

продукт удовлетворяет всем необходимым критериям, предъявляемым к продаже по лицензиям: уникальность, небольшой объем инвестиций, наличие налаженного производства, предложение программного обеспечения и др. [31].

5.2 Инициация проекта

Прежде чем приступить к выполнению проекта, необходимо определить его изначальные цели и результаты, на которые он будет направлен. Определяются заинтересованные стороны проекта, а также его участники, работы и сроки выполнения работ [30].

1. Цели и результат проекта. В табл. 16 перечислены заинтересованные стороны проекта

Таблица 16 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научно-исследовательский Томский политехнический университет	Публикации в журналах, индексируемых широко известными базами данных в мировом научном сообществе.
Нефтеперерабатывающее предприятие	Внедрение программного продукта на предприятие с целью прогнозирования и оптимизации работы установки депарафинизации
Научно-исследовательская группа	Разработка качественного ПО, получение финансирования на дальнейшие исследования и совершенствование продукции

Далее в табл. 17 представлены цели проекта и ожидаемые результаты.

Таблица 17 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	1. Разработка адекватной математической модели процесса каталитической депарафинизации дизельного топлива. 2. Создание компьютерной моделирующей системы установки каталитической депарафинизации дизельного топлива.
Ожидаемые результаты проекта:	1. Возможность оптимизации и прогнозирования промышленной установки каталитической депарафинизации дизельного топлива. 2. Продление срока службы катализатора, повышение выхода продукции, соответствующей требованиям.
Критерии приемки результата проекта:	Адекватность полученной модели должна составлять не менее 95%

Требования к результату проекта:	Требования
	Оценка адекватности модели должна показать, что абсолютная погрешность расчетов не превышает 5%
	Моделирующая система должна производить расчеты оптимальных параметров процесса с целью получения максимального выхода продукта, соответствующего требованиям стандартов

2.Организационная структура проекта. В табл.18 представлены участники данного проекта и функции, которые они выполняют.

Таблица 18 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час (за 2 года)
1	Иванчина Э.Д. ТПУ, проф. ОХИ	Руководитель проекта	Координирует деятельность участников проекта	1050
2	Францина Е.В., ТПУ, научный сотрудник ОХИ	Руководитель проекта	Координирует деятельность участников/выполняет отдельные работы	1050
3	Белинская Н.С., ТПУ, доцент ОХИ	Руководитель проекта	Координирует деятельность участников/Выполняет отдельные работы по проекту	1020
4	Новикова А.С. магистрант	Исполнитель по проекту	Выполняет отдельные работы по проекту	2208

3.Ограничения и допущения проекта: Срок выполнения проекта – июнь 2018.

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

5.3.1 План проекта

В прил. В приведен график Ганта для выполненной работы, отражающий этапы разработки проекта, виды выполняемых работ магистрантом и руководителем, а также период для каждого этапа.

5.3.2 Бюджет научного исследования

Процесс формирования бюджета научного исследования происходит группирование его по статьям.

Таблица 19 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка	Кол-во	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Блокнот	-	3 шт	40	120
Ручка	Erich Krause	10 шт	17	170
Картридж для принтера (ч/б)	Advantage Black	2 шт	1090	2180
Картридж для принтера (цв)	Advantage Tri-Colour	1 шт	890	890
Бумага	SvetoCopy, A4	1 шт	300	300
Всего за материалы				3660
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				146
Итого по статье				1806

Таблица 20 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб	Общая стоимость оборудования, тыс. руб
1	ПО Microsoft office	1	5979	5979
2	Aspen Hysys	1	99980	99980

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Исполнитель по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс.руб.
1	Руководитель	30	1,19	35,7
5	Магистрант	175	0,36	57,6

Статья расчета заработной платы включает в себя основную заработную плату работников и дополнительную.

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (4)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.; $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

В свою очередь основная заработная плата определяется как:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} \quad (5)$$

где $T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.; $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Средняя заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (6)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при 24 днях $M=11,2$ мес., при 48 днях $M=20,4$ мес.); $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб.дн. (табл.22).

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (7)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.; $k_{\text{пр}}$ – приемлимый коэффициент; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент.

Таблица 22 – Баланс рабочего времени за два года

Показатели рабочего времени	Руководители	Магистрант
Календарное число дней	730	730
Количество нерабочих дней		
-выходные дни		
- праздничные дни	104	104
	14	14
Потери рабочего времени		
-отпуск	48	48
-невыходы по болезни	5	5
Действительный годовой фонд рабочего времени (за два года)	562	562

Размер заработной платы научных сотрудников НИ ТПУ определяется в соответствии с Приказом об оплате труда профессорско-преподавательского состава, надбавок и районного коэффициента (табл.23).

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	З _б , руб.	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	T _{раб} , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель 1	36 800	1,3	47 840	885,3	562	497 538,6
Руководитель 2	26 300	1,3	34 190	632,7	562	355 576
Руководитель 3	20 800	1,3	27 040	500,4	562	281 216

Продолжение таблицы 23

Магистрант	1854	1,3	2410,2	44,6	562	25065,2
------------	------	-----	--------	------	-----	---------

Дополнительная заработная плата рассчитывается в размере 12% от основной заработной платы в качестве выплат за отпуска, выслугу лет, общественные работы и т.д.

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп} \quad (8)$$

где k_{доп} – коэффициент дополнительной зарплаты.

Таблица 24 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель (3 человека)	Магистрант (1 человек)
Основная зарплата	1 134 330,6	25 065,2
Дополнительная зарплата	136 119,7	3 007,8
Итого по статье С _{зп}	1 270 450,3	28 073,0

В соответствии с №212-ФЗ от 24.07.2009 (34 ст. Налогового Кодекса РФ с 04.05.2017) сумма отчислений в Пенсионный Фонд, медицинское и социальное страхование составляет 30% от размера заработной платы. Для образовательных и научных учреждений данная ставка является пониженной и составляет 27,1%. С учетом того, что со стипендий аспирантов, магистрантов и студентов данная сумма не взимается, сумма данного налога составит 344 292 руб.

При группировании бюджета в статье «Основная заработная плата» необходимо учесть долю участия каждого работника проекта. Тогда общая заработная плата будет рассчитываться как:

$$Z_{осн} = \sum_{i=1}^n x_i \cdot Z_{оснi} \quad (9)$$

где x_i – доля участия в работе каждого человека; $Z_{оснi}$ – заработная плата каждого работника.

Степень участия для каждого работника соответствует: для руководителя 1 – 0,4; руководителя 2 и 3 – 0,1; магистранта 1 – 0,07.

Итоговая группировка бюджета научного исследования представлена в табл. 25.

Таблица 25 – Группировка затрат проекта по статьям

Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
1 806	105 959	264 449,2	31 733,9	71 190,3	475 138,4

Таким образом, бюджет научного исследования с учетом всех приведенных пунктов составит 475 138,4 руб.

5.3.3 Матрица ответственности

Матрица ответственности формируется с целью распределения задач между участниками проекта.

Таблица 26 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель проекта	Магистрант
Установление проблемы и задач, составление технического задания	О	И
Литературный обзор	С	И
Проведение расчетов	С	И
Анализ полученных данных	С	И
Оформление результатов	С	О

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

5.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (9)$$

где $I_{\Phi}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Данный научный проект может быть выполнен в нескольких вариантах. Бюджет одного аналога проекта может быть уменьшен за счет применения иного программного обеспечения и объектно-ориентированного языка программирования. Например, использование Delphi 7 или приобретение новой базы данных Oracle. Тогда бюджет проекта составит для исполнения 1 – 417 158,4 руб, для исполнения 2 - 1 470 054,7 руб. Максимальная стоимость проекта с учетом новейшего программного обеспечения и дополнительного экспертного персонала с производства может составить 2 млн. руб.

Рассчитаем интегральные финансовые показатели для различных вариантов исполнения проекта:

$$I_{\Phi}^{тек} = \frac{475138,4}{2000000} = 0,238 \quad (10)$$

$$I_{\Phi}^{исп1} = \frac{417158,40}{2000000} = 0,210 \quad (11)$$

$$I_{\Phi}^{исп2} = \frac{1470054,7}{2000000} = 0,735 \quad (12)$$

Полученные величины интегральных финансовых показателей разработки отражают соответствующее численное удорожание или удешевление стоимости разработки в размах в зависимости от варианта.

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (13)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b^a_i, b^p_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения (табл.27).

Таблица 27 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда инженерно-технического персонала	0,25	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	4
3. Помехоустойчивость	0,1	5	4	3
4. Энергосбережение	0,20	5	4	4
5. Надежность	0,20	5	4	3
6. Материалоемкость	0,1	5	5	5
ИТОГО	1	30	26	23

$$I_p^{\text{тек}} = 0,15 \cdot 5 + 0,10 \cdot 5 + 0,20 \cdot 5 + 0,20 \cdot 5 + 0,10 \cdot 5 = 3,75 \quad (14)$$

$$I_p^{\text{исп1}} = 0,15 \cdot 4 + 0,10 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 + 0,10 \cdot 5 = 3,10 \quad (15)$$

$$I_p^{\text{тек}} = 0,15 \cdot 4 + 0,10 \cdot 3 + 0,20 \cdot 4 + 0,20 \cdot 3 + 0,10 \cdot 5 = 2,80 \quad (16)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки и аналога определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{тек.пр}}^{\text{финр}} = \frac{I_{\text{тек.пр}}^{\text{р}}}{I_{\text{тек.пр}}^{\text{ф}}} \quad (17)$$

$$I_{\text{исп-2}}^{\text{финр}} = \frac{I_{\text{исп-2}}^{\text{р}}}{I_{\text{исп-2}}^{\text{ф}}} \quad (18)$$

$$I_{\text{тек}} = \frac{3,75}{0,238} = 15,79 \quad (19)$$

$$I_{\text{исп1}} = \frac{3,10}{0,210} = 14,86 \quad (20)$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{2,80}{0,735} = 3,81 \quad (21)$$

Сравнительная эффективность проекта составит:

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{I_{\text{финр}}^{\text{тек}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} = \frac{15,79}{14,86} = 1,1 \quad (22)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{I_{\text{финр}}^{\text{тек}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп2}}} = \frac{15,60}{3,81} = 4,1 \quad (23)$$

Таблица 28 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Тек.проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,238	0,210	0,735
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,75	3,10	2,80
3	Интегральный показатель эффективности	15,79	14,86	3,81
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения		1,1	4,1

Сравнение значений интегральных показателей из табл.28 позволяет сделать вывод, что в результате проведенной работы была спроектирована и создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является одним из национальных приоритетов в целях сохранения человеческого капитала[32]. Для этого применяется комплекс мер, содержащий правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [32].

В Статье 37[33] изложены требования безопасности, обеспечивающие **охрану здоровья и условий труда на предприятии**. На основании Конституции РФ базируется ряд законов и нормативных актов, уточняющих и расширяющих понятие охраны и защиты труда. Трудовой кодекс [32], охватывает вопросы от правового возникновения трудовых отношения, до детального рассмотрения трудового договора, времени отдыха и профессиональной подготовки работника, охраны труда, разрешения трудовых споров и т.д. Для обеспечения соблюдения требований **охраны труда на предприятии** существует ряд служб, в качестве которых выступают федеральные органы и органы исполнительной власти субъектов РФ[32]. Государственный надзор за исполнением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, осуществляют Генеральный прокурор Российской Федерации и подчиненные ему прокуроры в соответствии с федеральным законом. Согласно[35] непосредственно на предприятии проводится социальная оценка условий труда уполномоченной организацией. Кроме того возможно создание на предприятии внутренних комиссий или комитетов на базе профсоюзов.

Правовые аспекты взаимоотношений работодателей и работников в области охраны труда (гарантии, права и обязанности работников; обязанности работодателей; полномочия органов государственной власти в области охраны труда и т.д.) изложены в правовом документе [34]. При выполнении бакалаврской работы наиболее важными являются разделы, посвященные

рабочему месту. Работник должен быть проинформирован об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных или опасных производственных факторов [34]. Согласно Статье 8 [34], рабочее место должно соответствовать требованиям охраны труда и быть защищенным от влияния вредных и (или) опасных производственных факторов и её организация должна соответствовать правовым нормам, а также антропометрическим, социальным, психофизическим данным работника.

Так документ [36] является межгосударственным стандартом, и содержит практические рекомендации, предназначенные для использования всеми, на кого возложена ответственность за управление охраной труда [32].

Для выполнения задачи сохранения жизни и здоровья работника, согласно приказу [37], при поступлении на работу проводится медосмотр, с целью проверки здоровья кандидата на соответствие. Согласно Приложению N1 данного документа, во время работы проводятся плановые медосмотры с участием врачей и проведением лабораторных исследований, для выявления воздействия вредных факторов и вероятности развития профессиональных заболеваний. Для сохранения и поддержания здоровья работников, применяют комплексные меры. Они включают в себя средства индивидуальной защиты, которые обеспечивают механическую, термическую, биологическую, химическую, электрическую и радиационную безопасность [38], а так же согласно документу [39], для снижения вредного воздействия химических факторов (969 компонентов), биологических (микроорганизмы, препараты с живыми клетками) и физических (ионизирующие излучения) работникам выдается молоко питьевое в количестве 0,5 литра за смену для выведения из организма токсических веществ (возможна замена молока равноценными продуктами, согласно Приложению N1 [39] или же денежная выплата). Согласно [40] выполняется бесплатная выдача смывающих и (или) обезвреживающих средств (жидкое и твердое мыло, очищающие и восстанавливающие кремы и т.д.), если выполнение обязанностей работника

связано с действием опасных производственных факторов, температурных условий и загрязнений.

Экспериментальная часть магистерской работы осуществлялась на персональном компьютере (далее ПК) при работе с различными программными обеспечениями на кафедре химической технологии топлива и химической кибернетики. Рабочая зона представляет собой аудиторию, оборудованную системами отопления, кондиционирования воздуха и естественным и искусственным освещением. Также в аудитории находится аптечка первой медицинской помощи, углекислотный огнетушитель для тушения пожара. Рабочее место – стационарное, оборудованное компьютером.

6.1 Производственная безопасность

Работа за персональным компьютером регулируется техникой безопасности предприятия и требует соблюдения предписанных норм. При использовании вычислительной техники возможно проявление следующих вредных и опасных факторов: перенапряжение зрительных анализаторов; монотонность труда, эмоциональные перегрузки; повышенный уровень электромагнитных излучений; статические физические перегрузки костно-мышечного аппарата и локальные динамические перегрузки мышц кистей рук; повышенная яркость света; пониженная ионизация воздуха; повышенное напряжение в электрической цепи и т.д. Далее будут рассмотрены нормы и ограничения, применимые к наиболее важным факторам производства.

6.1.1 Анализ вредных факторов на рабочем месте

Уровень электромагнитных полей (ЭМП) и мягкого рентгеновского излучения

Одним из наиболее вредных факторов является ЭМП, которое при превышении допустимых уровней оказывает вредное влияние на нервную,

иммунную, эндокринную системы человека. Наиболее подвержены влиянию ЭМП кровеносная система, головной мозг, глаза, иммунная и половая системы.

Наибольший вред состоянию здоровья человека наносят блок бесперебойного питания, переходники, незаземлённые розетки, а также мониторы и системные блоки. Основным источником ЭМ излучений от мониторов ПЭВМ является трансформатор высокой частоты строчной развёртки, который размещается в задней или боковой части. Кроме того усилить пагубное воздействие ЭМП может продолжительное время работы, теснота помещения и большое число ПК. Кроме того нарушается работа нервной системы, ослабевает память, повышается утомляемость, нарушается режим сна.

Согласно [41,42] при напряженности электрического поля в диапазоне в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц и в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц временные допустимые уровни электро-магнитного поля составляют 25 В/м и 2,5 В/м соответственно.

Согласно [41] мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса видеодисплейного терминала не должна превышать 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч).

Полностью избежать воздействия ЭМП ПЭВМ невозможно. Но можно максимально снизить это воздействие. Меры снижения интенсивности ЭМП состоят в рациональном размещении рабочих мест - соседний ПК должен находиться на расстоянии 1,5 м, особенно его боковые и задние стенки. Отделка помещения должна быть представлена диффузионно-отражающими материалами с заданными коэффициентами отражения [43]. К тому же уменьшение излучения в источнике достигается за счет применения согласованных нагрузок и поглотителей мощности, преобразующих энергию излучения в тепловую.

Уровень акустического шума и вибрации

Шум, как раздражающий фактор, оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. При работе с ПК возможно появление

нервного напряжения и снижение работоспособности. Источники шума - процессор компьютера, электролампы, системы вентиляции и отопления.

В соответствии [44] уровень шума на рабочем месте пользователей ПК не должны превышать значений 50 дБА. В помещениях всех типов образовательных учреждений, в которых эксплуатируются ПЭВМ, уровень вибрации не должен превышать допустимых значений в соответствии с [45]. Рабочее место не имеет собственных источников вибрации, но испытывает общетехнологические воздействия. Следовательно, согласно классификации [45] по источнику возникновения вибрации, рабочее место относится к Категории 3 и Типу В.

Освещение на рабочем месте

Особая роль отводится контролю по обеспечению должного уровня освещения рабочего места. Поскольку местом проведения работ является помещение, то возникает необходимость максимального приближения освещения к естественному солнечному, чтобы избежать снижения зрения и повышение утомляемости работника.

Согласно [41] в помещениях для эксплуатации ПК организовано естественное освещение через светопроемы, обеспечивающее коэффициенты естественной освещенности (КЕО) не ниже 1.5%. Искусственное освещение представлено комбинированной системой. Поскольку монитор ПК также является источником света, то рекомендуется в целях снижения мерцания экрана устанавливать частоту кадров 60 Гц для ЖКИ-мониторов.

Согласно пункту 6.15 [41] для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Рабочий стол рекомендуется устанавливать таким образом, чтобы световой поток был направлен слева от работника.

Микроклимат на рабочих местах оборудованных ПЭВМ

Под термином «микроклимат» понимается совокупность нескольких опасных факторов - температура окружающей среды, влажность воздуха и скорость движения воздуха. Отклонение данных показателей от нормы влияет главным образом на осуществление теплообмена организма с окружающей средой.

На рабочих местах пользователей ПК должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата в соответствии с [46]. Согласно данному документу, работа с ПК относится к категории тяжести работ 1а (работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением). Исходя из данной классификации, температура воздуха должна быть в холодный период года не более 22-24°C, в теплый период года 23-25°C. Относительная влажность должна составлять 40-60%, скорость движения воздуха — 0,1 м/с для холодного и теплого периода года.

Содержание вредных химических веществ

Необходимо уделить внимание нормам ПДК вредных химических веществ, так как рабочее место располагается на кафедре, оснащенной оборудованием для проведения работ с химическими реактивами. Согласно [47] рабочая зона представляет собой пространство высотой до двух метров над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих. Содержание вредных химических веществ в воздухе помещений, предназначенных для использования ПЭВМ во всех типах образовательных учреждений, не должно превышать предельно допустимых среднесуточных концентраций для атмосферного воздуха в соответствии с источником [47].

Аэроионный состав воздуха

При нахождении работника в закрытом помещении, в результате процесса дыхания, происходит выделение "тяжелых аэроионов" -положительно заряженных частиц. Данные компоненты оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека. В связи с этим, аэроионный состав воздуха

контролируется при проведении производственного санитарного контроля, при аттестации рабочих мест по условиям труда и др.

В соответствии с [48] нормированию подвергаются концентрации аэроионов положительной и отрицательной полярности $r^+, r^{3/4}$ и коэффициент униполярности U .

Ионный состав воздуха должен содержать следующее количество отрицательных и положительных аэройонов: минимально необходимый уровень 600 и 400 ионов в 1 см^3 воздуха; оптимальный уровень 3 000-5 000 и 1 500-3 000 ионов в 1 см^3 воздуха; максимально допустимый — 50 000 ионов в 1 см^3 воздуха.

Для нормализации аэроионного состава воздуха в рабочей зоне и обеспечения оптимальных показателей микроклимата в течение рабочего дня используют профессиональное климатическое оборудование, предназначенное для офисных помещений такие как комплексные системы с функциями климат-контроля, кондиционирования, увлажнения, ионизации и антимикробной очистки воздуха, необходима ежедневная влажная уборка и проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

6.1.2 Анализ опасных факторов, которые может создать объект исследования

Процесс на каталитической установке протекает при высоких температурах (до 350°C) и следствием этого является то, что получаемые продукты находятся в жидком и газообразном состоянии. Это делает их более активными. Большинство ядовитых веществ попадает в организм человека через органы дыхания. Это опасно из-за большой всасывающей способности слизистой оболочки носа и дыхательной поверхности легких. В процессе гидрогенизации сырьем является среднее масло, содержащее нафтеновые, парафиновые и ароматические углеводороды. Получаемые бензины содержат до 20% ароматических углеводородов (бензол, толуол и т.д.). Они относятся к

ядовитым (токсичным) веществам. Помимо этого в состав выделяющихся газов входят такие газы как сероводород и аммиак.

Сероводород – высокотоксичный нервный яд, вдыхание которого в концентрации 1000 мг/м³ и выше может привести к смерти. При хроническом отравлении сероводородом у человека наблюдается расстройство нервной, сердечно – сосудистой системы, органов пищеварения и дыхания, ПДК – 10 мг/м куб.

Таким образом действие на организм углеводородных компонентов с сероводородом многообразно. Прежде всего страдает нервная система, сердечно-сосудистая система, возможны поражения печени.

В воздухе кроме токсичных веществ содержится так называемая производственная пыль. В процессе каталитического гидрогенизации выделение пыли происходит при дроблении и транспортировке катализатора. Длительный контакт с производственной пылью в данном случае приводит к хроническому заболеванию легких – силикозу.

Поэтому важно знать какая предельно предельно-допустимая концентрация этих веществ должна быть в воздухе, чтобы они не оказывали сильного влияния на организм человека. По определению ПДК вещества в воздухе рабочей зоны: концентрация которая при ежедневной работе без средств защиты в течении 8 часов или другой продолжительности но не более 40 часов в неделю в течении всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

Для некоторых веществ класс опасности может быть изменен на более низкий, даже при высокой ПДК. Это объясняется тем, что при высокой разовой концентрации вещества в рабочей зоне влияние на организм человека может многократно усилится. Примером таких веществ используемых на рассматриваемом производстве могут являться сероводород, бензол и его гомологи.

Таблица 29 – Предельно-допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе рабочей зоны (ГН 2.2.5.1313-03)

Наименование	ПДК р.з., мг/м ³	Класс опаснос ти	Примечание
Сероводород	10	2	При большой концентрации — в результате поражения обоняния — не чувствуется тяжелый запах сероводорода. При малых концентрациях вначале наблюдается раздражение конъюнктивы и роговицы глаз, симптомы воспаления в носовой полости, кашель, слабость, слюноотделение, головная боль, понижение артериального давления, учащенный пульс; при более длительном поражении может развиваться отек легких.
Оксид углерода	20	4	Токсическое действие СО проявляется тканевой гипоксией. СО соединяется с гемоглобином, образуя карбоксигемоглобин
Пары нефтепродуктов	10	3	После вдыхания паров возникает кашель, одышка; нарастает одышка, появляются боли в груди, всё более усиливающееся затруднение дыхания. Пары оказывают избирательное психотропное, гепатотоксическое, нефротоксическое, пневмотоксическое действие.
Моноэтанолламин (МЭА)	1	2	Обладает щелочными свойствами, поэтому при попадании на открытые участки кожи, есть риск ожога. Острая токсичность. Наблюдается вегетативно-сосудистая дистония, хронический диффузный бронхит и изменения функций печени
Аммиак	20	4	При остром отравлении аммиаком поражаются глаза и дыхательные пути, при высоких концентрациях возможен смертельный исход. Вызывает сильный кашель, удушье, при высокой концентрации паров — возбуждение, бред. При контакте с кожей — жгучая боль, отек, ожог с пузырями. При хронических отравлениях наблюдаются

			расстройство пищеварения, катар верхних дыхательных путей, ослабление слуха.
--	--	--	--

К средствам защиты от попадания на кожу вредных химических веществ служат резиновые перчатки, лабораторные халаты, шапочки, обувь. Для защиты дыхательных путей от действия вредных химических веществ служат специальные ватно-марлевые повязки, респираторы, противогазы. Для защиты слизистой оболочки глаз можно использовать специальные очки. Средством защиты от поражения вредными химическими веществами служит также точное соблюдение техники безопасности и инструкций к используемым веществам.

Электробезопасность

Электрические установки, к которым относятся ЭВМ, представляют для человека большую потенциальную опасность. В процессе эксплуатации или при проведении профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под током.

Согласно классификации помещений по электробезопасности дипломный проект разрабатывался в помещении без повышенной опасности (класс 01 по ГОСТ 12.1.019 – 85), характеризующимся наличием следующих условий:

- напряжение питающей сети 220В, 50Гц;
- относительная влажность воздуха не более 75%;
- средняя температура не более 35°C;
- наличие деревянного полового покрытия.

При нормальном режиме работы оборудования опасность электропоражения невелика, однако, возможны режимы, называемые аварийными, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящихся под напряжением с заземленными конструкциями.

Основными техническими способами и средствами защиты от поражения электрическим током являются:

- защитное зануление;
- выравнивание потенциалов;
- защитное заземление;
- электрическое разделение сети;
- изоляция токоведущих частей;
- оградительные устройства и другое.

Такие способы, как защитное заземление и изоляция применяются в помещении отдела разработки печатных плат. Из реально возможных аварийных случаев можно выделить пробой изоляции. В лаборатории отдела разработки печатных плат не имеется не защищенных изоляцией токоведущих частей электроустановок. Для контроля состояния электрической изоляции проводов, производят периодические испытания изоляции. Периодическое измерение сопротивления изоляции позволяет своевременно выявить и устранить повреждения.

6.2 Охрана окружающей среды

6.2.1 Анализ возможного влияния объекта исследования на окружающую среду

Вредное воздействие предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности распространяется, главным образом, на водные бассейны и атмосферу. Эта промышленность относится к наиболее водоемким отраслям народного хозяйства. По объектам водопотребления её опережает лишь энергетика, металлургическая, химическая промышленность и коммунальное хозяйство.

Для борьбы с загрязнением атмосферы на каталитической установке применяют следующие меры:

- воздух, с компрессорных установок проходит очистку в центробежных циклонах, после чего сбрасывается в атмосферу;

- газы, которые не могут быть использованы в дальнейшем для переработки подаются на факельную установку;
- совершенствование производства и создания новых технологий (например, безотходная технология для совместного получения АИ-93 и А-76, переход на производство неэтилированного бензина, уменьшение ароматических углеводородов в бензине;
- каталитический дожиг выбросов.
- использование котлов утилизаторов для использования тепла отходящих газов с целью снижения теплового загрязнения атмосферы.
- сооружения линий аварийных сбросов давления в факельную линию.

Воздействие на гидросферу отсутствует, так как слив вредных веществ отсутствует. Воздействие на литосферу отсутствует, так как выброс твердых остатков отсутствует.

Анализ возможного влияния на окружающую среду при работе за ПЭВМ

Работа, связанная с компьютерами, имеет целую группу факторов, оказывающих вредное воздействие на окружающую среду.

Компьютерное оборудование имеет свой срок годности, после которого его необходимо утилизировать. Помимо набора металлов, в сборке компьютеров используются материалы на основе поливинилхлорида, фенолформальдегида и ряда других крайне вредных химических соединений. Попадая на городскую свалку, свинец, ртуть, сурьма, мышьяк, кадмий, из которых состоят электронные компоненты, преобразуются под воздействием внешних факторов в органические и растворимые соединения и превращаются в сильнейшие яды, отравляя все вокруг.

Если приложить определенные усилия, то любой компьютер или телефон можно переработать и пустить во вторичное использование. Рассматривая поэтапно сам процесс утилизации компьютерной техники и оргтехники, выясняем, что здесь активно (50/50) используется ручной труд, удаляют и

сортируют, и лишь затем отправляют в измельчитель и другие технические средства переработки. Все работы на предприятиях по утилизации компьютерной и другой оргтехники проводятся с применением обязательных средств защиты организма (перчатки, защита органов дыхания).

Так же на рабочем месте расходуется большое количество бумаги и других отходов, например, люминесцентных ламп. Всё это требует определенного порядка утилизации и не может быть отправлено в мусор. Так макулатура идет на вторичную переработку – значительно менее опасный для экологии процесс, способствующий снижению объемов вырубки лесов. Лампы по окончании срока положено сдавать на специальные предприятия, где они подлежат утилизации, суть которой состоит в сбор и нейтрализации веществ, содержащих ртуть.

6.3 Анализ факторов, характеризующих возникновение чрезвычайных ситуаций

При эксплуатации электрооборудования (в данном случае ПК) возможно возникновение чрезвычайных ситуаций, требующих обеспечения электро- и пожарной безопасности на рабочем месте. Источниками возникновения пожара могут быть электрические схемы от ЭВМ, устройства электропитания, кондиционирования воздуха. В данных объектах по некоторым причинам (снижение сопротивления изоляции, ослабление контактов, перегрузка сетей, короткое замыкание) возникает перегрев элементов, что приводит к появлению искр и возгоранию.

Согласно [49] не электротехническому персоналу, выполняющему работы, при которых может возникнуть опасность поражения электрическим током, присваивается группа I по электробезопасности.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты[50]. На кафедре размещены таблички с указанием номера телефона вызова пожарной охраны, кроме того размещен

схематичный план эвакуации людей при пожаре; дополнительно разработана инструкция, определяющая действия персонала в случае возникновения очага возгорания. Согласно Статье 11 [51] установлен и выполняется запрет на курение в помещении. Определен порядок хранения и уборки отходов химических веществ, так как они используются рядом с рабочим местом. В соответствии с требованиями пожарной безопасности и охраны труда, проводится регулярный инструктаж и проверка знаний по технике безопасности на рабочем месте. Помещение оснащено первичными средствами пожаротушения: огнетушители, лопаты, ящики с песком, асбестовые одеяла.

Горючие компоненты в помещении - строительные материалы для акустической и эстетической отделки помещений, перегородки, двери, полы, перфокарты и перфоленты, изоляция кабелей и др.

В случае возникновения пожара, необходимо предпринять следующие меры: обесточить помещение, вызвать службу пожарной охраны. Если горит электроприбор (ПК) - накрыть его асбестовым одеялом или другим плотным материалом и дожидаться прекращения горения из-за отсутствия доступа кислорода. Затем воспользоваться порошковым огнетушителем. Если масштабы возгорания велики, то необходимо закрыть дверь в горящее помещение, чтобы снизить скорость распространения огня, соблюдать спокойствие и эвакуироваться.

6.3.1 Чрезвычайные ситуации на производственном объекте

Пожаровзрывобезопасность

Для обеспечения безаварийной работы установки и достижения минимального уровня взрывопожароопасности процесса предусмотрены следующие мероприятия:

- все стадии технологического процесса непрерывны и склонны к устойчивому протеканию;
- при соблюдении правил эксплуатации процесс не обладает возможностью взрыва внутри технологической аппаратуры;

- применяемые, обращающиеся и получаемые вещества не обладают способностью быстро и спонтанно полимеризоваться, реагировать с водой, саморазогреваться и самовоспламеняться, не склонны к произвольному термическому разложению при высоких температурах и давлениях;

- на установке отсутствуют открытые поверхности аппаратов и трубопроводов с температурой выше температуры самовоспламенения обращаемых веществ;

- контроль и управление процессом осуществляется автоматически и дистанционно из операторной с использованием электронной системы приборов;

- предусмотрены система аварийного освобождения аппаратов от нефтепродукта в аварийную емкость и аварийный сброс на факел;

- на наружной установке, где расположено оборудование, в котором обращаются взрывопожароопасные вещества, предусмотрены датчики загазованности, сигналы от которых поступают в операторную.

Способы и средства пожаротушения. В соответствии с требованием норм по пожаротушению на установке должны быть предусмотрены первичные и стационарные средства пожаротушения, а также пожарная сигнализация.

Согласно на установке предусмотрены следующие средства пожаротушения:

- первичные средства пожаротушения (огнетушители – пенные ОХП-10, корюшковые ОПУ-10, ОПС-10г, углекислотные ОУ-5, ОУ-8; кошмы, ящики с песком, лопаты и т.д.);

- стационарная система пенотушения открытой насосной;

- водяная оросительная система колонных аппаратов;

- лафетные стволы на лафетных вышках (4 вышки);

- пожарные краны в помещении компрессорной.

- для печей предусмотрена система паротушения, а вокруг печей предусмотрена паровая завеса, включающаяся автоматически по сигналу загазованности на наружной установке.

Способы обезвреживания и нейтрализации продуктов производства при разливах и авариях

Для локализации проливов опасных веществ и предотвращения их испарения и воспламенения применяется покрытие разливов пеной, песком, водяным паром, асбестовым полотном.

Для исключения растекания нефтепродуктов по территории установки группы аппаратов имеют защитные ограждения в виде бетонных бортиков: дренажная емкость, площадь ограждения $S = 15 \text{ м}^2$, высота бортика 200 мм; теплообменники, площадь ограждения $S = 220 \text{ м}^2$, высота бортика 300 мм; топливные баки, площадь ограждения $S = 170 \text{ м}^2$, высота бортика 1 м; сырьевые резервуары находятся в обваловке высотой 2 м, площадь обвалования 1625 м^2 .

Предотвращение разгерметизации оборудования

На установке процесс ведется в среде водородсодержащего газа и сероводорода, что может приводить к возникновению межкристаллитной водородной и сероводородной коррозии оборудования и трубопроводов. Условия проведения технологического процесса - высокие температура и давление - усиливают коррозию. Для исключения разгерметизации оборудования по причине коррозии на установке предусмотрены следующие решения: конструкционные материалы, применяемые на установке, по коррозионной стойкости и работоспособности в условиях высоких давлений и температур соответствуют условиям эксплуатации; реакторы имеют внутреннее защитное торкрет-покрытие; с целью своевременного проведения ремонта установки осуществляется контроль за соблюдением графиков планово-предупредительных ремонтов (ППР) оборудования установки со стороны технических служб; после проведенных ремонтов проводится опрессовка технологических трубопроводов, аппаратов на герметичность азотом.

Для исключения разгерметизации оборудования и трубопроводов с целью предупреждения аварийных выбросов опасных веществ на установке предусмотрено:

- постоянный контроль параметров технологического режима установки, не допускающий превышения реальных значений температур и давлений над паспортными;
- применяется прокладочный материал высокого качества (паронит, фторопласт, алюминий), обеспечивающий необходимую герметичность разъемных соединений в течение межремонтного периода эксплуатации установки;
- защита оборудования от превышения давления осуществляется системой предохранительных клапанов, сброс от которых производится в закрытую факельную систему через факельную емкость.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др. [52]

Управление охраной труда осуществляет блок федеральных органов исполнительной власти, руководимый Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития). Оно осуществляет функции государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения и социального развития, социального страхования, условий и охраны труда и т. д.

Функции по контролю и надзору, которые ранее осуществлялись Санэпиднадзором Минздрава России, переданы Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор).

Федеральная служба по труду и занятости (Роструд) осуществляет функции по надзору и контролю в сфере труда, а также государственный надзор и контроль за соблюдением, в частности, трудового законодательства и нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права; установленного порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве.

Федеральное агентство по здравоохранению и социальному развитию (Росздрав) организует деятельность по установлению связи заболевания с профессией, государственной службы медико-социальной экспертизы и др.

Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития (Росздравнадзор) осуществляет контроль за порядком организации осуществления медико-социальной экспертизы; порядком установления степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и др.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) — государственный санитарно-эпидемиологический надзор за соблюдением санитарного законодательства; организует деятельность системы санитарно-эпидемиологической службы РФ.

В федеральном законе “О пожарной безопасности” (1994) определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности.[22] Федеральный закон “О промышленной безопасности опасных производственных объектов” (1997) определяет

правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций к локализации последствий аварий.

Федеральный закон “О радиационной безопасности населения” (1995) характеризует правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Литературный обзор показал, что дизельное топливо является одним из основных продуктов нефтеперерабатывающей отрасли. При этом наблюдается тенденция к внедрению на российские нефтеперерабатывающие заводы нового современного процесса гидродепарафинизации, совмещенного с процессом гидроочистки. Это обусловлено несколькими факторами. Во-первых, в последние годы наблюдается тенденция к уменьшению запасов нефти нафтенного типа и увеличению добычи парафинистой нефти. Как известно, парафины являются наиболее высокозастывающими компонентами дизельных топлив, и изменение состава перерабатываемого сырья на более парафинистое требует внедрения таких новых процессов производства низкозастывающих дизельных топлив, как процесс гидродепарафинизации. Во-вторых, капитальные затраты на строительство установок каталитической депарафинизации значительно ниже затрат на строительство установок гидрокрекинга и каталитического крекинга. В третьих, такое совмещение процессов позволяет производить топливо класса ЕВРО 5, что особенно актуально в условиях ужесточения требований по экологическим характеристикам топлив.

Кроме того, в настоящее время исследования в области процесса депарафинизации сосредоточены на разработке новых каталитических композиций и новых технологий процесса. При этом, не достаточное внимание уделено оптимизации и повышению эффективности действующих установок.

Рассмотрено влияние на процесс следующих факторов: температура, расход и состав сырья. Повышение температуры и снижение расхода сырья в процессе гидродепарафинизации позволяет получать дизельное топливо с более низкими температурами фильтруемости за счет увеличения конверсии высокомолекулярных *n*-алканов и увеличения выхода *i*-парафинов.

Анализ влияние состава сырья показал, что с увеличением содержания *n*-парафинов в сырье на 7%мас. возрастает выход продукта (ДТ) на 2%, так как

увеличивается содержание н-парафинов $C_{10}-C_{27}$ в продукте на 2,8%мас. заметно ухудшаются низкотемпературные свойства продукта (ПТФ повышается на 12°C).

Анализ влияния расхода сырья на процесс показал, что при увеличении расхода сырья на 40 м³/ч выход продукта (ДТ) возрастает с 60% до 61%, при этом качество продукта заметно ухудшается, так как уменьшается время контакта сырья и катализатора. Содержание парафиновых углеводородов нормального строения $C_{10}-C_{27}$ в продуктовой смеси увеличивается на 1,2 процента массовых, предельная температура фильтруемости снижается на 4.

Анализ влияния температуры на процесс показал, что при увеличении температуры на 20°C наблюдается уменьшение концентрации высокомолекулярных н-парафинов на 5,6%мас. (с 12,5%мас. до 6,9%мас), что способствует улучшению низкотемпературных свойств получаемых в процессе гидродепарафинизации дизельных фракций (падение ПТФ с -23°C до -40°C).

Оптимизация процесса осуществлена с целью производства зимнего и арктического дизельного топлива по ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) путем подбора оптимальной температуры в реакторе.

Увеличение температуры выше оптимальной не целесообразно, так как это приведет к снижению выхода дизельной фракции.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Новикова А.С., Белинская Н.С., Францина Е.В. Моделирование реактора процесса депарафинизации // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XIX Международной научно-практической конференции имени процессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых (г. Томск, 21–24 мая 2018 г.) / Томский политехнический университет. — Томск : Изд-во Томского политехнического университета. — 2018. — с. 382-383

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Статистическая информация [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства энергетики РФ. – Режим доступа: <http://www.minenergo.gov.ru/activity/statistic>.
2. Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. М.: Издательство «Техника», 2001. – 384 с.
3. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту»: [техн. регламент: принят решением Комиссии Таможенного союза 18 окт. 2011 г.]. – 2011. – 22 с.
4. ГОСТ 32511-2013 (ЕН 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. – Введ. 2015-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 16 с.
5. ГОСТ Р 55475-2013 Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное. Технические условия. – Введ. 2014-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 12 с.
6. ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. – Введ. 2006-07-01. Изм. №1 2012.03.01. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 34 с.
7. Панов А.В., Генералов В.Н., Виноградова Н.Я., Гуляева Л.А., Хавкин В.А., Шмелькова О.И. Разработка вариантов реконструкции установок гидроочистки ОАО «Газпромнефть-Омский НПЗ» // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2014. – № 3. – С. 14-18.
8. Зуйков, А. В. Особенности производства малосернистого дизельного топлива с низ-ким содержанием полициклических ароматических углеводородов / А. В. Зуйков, Е. А. Чернышева, Ю. В. Сидоров, В. А. Хавкин, Л. А. Гуляева // Нефтепереработки и нефтехимия. – 2013. – № 1. – С. 11-15.

9. Гультяев, С. В. Физико-химические свойства дизельных топлив Западной Сибири / С.В. Гультяев, А. М. Глазунов, В. В. Дрогалев, С. Г. Агаев // Новейшие технологические решения и оборудование: Материалы III общероссийской конференции, 19-21 апреля 2015 г., Кисловодск.
10. Переверзев, А. Н. Концентрирование н-алканов при выделении жидких парафинов цеолитами / А. Н. Переверзев, А. С. Овчарова // Вузовская наука Северо-Кавказскому региону: Материалы региональной научно-технической конференции, 2006., СевКавГТУ.
11. Энглин, Б. А. Применение жидких топлив при низких температурах / Б.А. Энглин. – М.: Химия, 1980. – 208с.
12. Перспективные процессы производства дизельных топлив для холодного и арктического климата с улучшенными экологическими и эксплуатационными характеристиками / Груданова А.И., Хавкин В.А., Гуляева Л.А., Сергиенко С.А., Красильникова Л.А., Мисько О.М. // Мир нефтепродуктов. – 2013. – № 13. – с. 3-7.
13. Райская Н.В., Тараканов Г.В. Получение низкозастывающих дизельных топлив из газовых конденсатов // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2014. – № 1. – с. 32-34.
14. Бурюкин Ф.А., Косицына С.С., Савич С.А. Улучшение качества низкозастывающих дизельных топлив в процессе каталитической гидродепарафинизации // Известия Томского политехнического университета. Химия и химические технологии. – 2014. – Т. 325. – № 3. – с.14-22.
15. Разработка промышленной технологии производства зимнего дизельного топлива смешиванием дизельной и керосиновой фракции / Афанасьев И.П., Ишмурзин А.В., Талалаев С.Ю., Лебедев Б.Л. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2014. – № 4. – с. 10-18.
16. Производство зимнего дизельного топлива в России / Лебедев Б.Л., Афанасьев И.П., Ишмурзин А.В., Талалаев С.Ю. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2015. – № 4. – с. 19-27.

17. Гилева М.В., Кулакова Н.А., Рябов В.Г. Применение депрессорно-диспергирующей присадки при получении дизельного топлива для арктического климата // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. – 2015. – № 4. – с. 147-160.
18. Получение низкозастывающих продуктов методами депарафинизации / Гайнуллин Р.Р., Гизятуллин Э.Т., Солодова Н.Л., Абдуллин А.И. // Вестник КТУ. – 2013. – Т.16. – № 10. – с. 257-265.
19. Безводородная депарафинизация дизельных фракций на цеолитсодержащих катализаторах типа ВЕТА / Овчарова А.С., Князева Е.Е., Савенкова И.В., Овчаров С.Н. // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2013. – № 2. – с. 42-46.
20. Казакова Л.П., Крейн С.Э. Физико-химические основы производства нефтяных масел. М.: Химия, 1978. – 320 с.
21. Обзор систем моделирования и инженерных расчетов, применяемых в нефтегазовой отрасли. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://sstu.syzran.ru/epa/docs/ITiOvNGO/4.2.pdf>
22. Белинская Н.С. Совершенствование работы сопряженной системы «реактор – колонна стабилизации» процесса каталитической депарафинизации дизельных фракций нефти методом математического моделирования: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.17.08 / Национальный исследовательский Томский политехнический университет; науч.рук. Э.Д. Иванчина. – Защищена 22.12.2015 г. – Томск: 2015. – 170 с.
23. Гартман Т.Н., Советин Ф.С. Аналитический обзор современных пакетов моделирующих программ для компьютерного моделирования химико-технологических систем // Успехи в химии и химической технологии. – 2012. – № 11. – 4 с.
24. Камешков А.В., Федоров В.И., Семикин К.В. Влияние режима гидродепарафинизации на низкотемпературные свойства дизельной фракции // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2016 – №. 4. – С. 3-7.

25. Киселёва Т.П., Алиев Р.Р., Посохова О.М., Целютина М.И. Каталитическая депарафинизация: состояние и перспективы. Часть 1 // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2016 – №. 1. – С. 3-8.
26. Капустин В.М., Рудин М.Г. Химия и технология переработки нефти. – М.: Химия, 2013. – 496 с.
27. Жоров Ю.М. Расчеты и исследования химических процессов нефтепереработки. – Химия. – 1973. – 216 с.
28. Михаил Гаврилович Слинько – служение Науке и Отечеству / сост. М.М. Слинько, А.С. Носков, В.А. Чумаченко, Н.П. Беляев; отв. ред. В.Н. Пармон; Рос. акад. наук, Сиб. Отд-е, Ин-т катализа им. Г.К. Борескова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 2014. – 540 с.
29. Белинская Н.С., Иванчина Э.Д., Ивашкина Е.Н., Силко Г.Ю., Францина Е.В. Оптимизация технологического режима установки гидродепарафинизации дизельных топлив методом математического моделирования // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2014 – Т. 57. – Вып. 11. – С. 90-92.
30. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
31. Кудашов В.И., Нечепуренко Ю.В. Формы и методы коммерциализации интеллектуальной собственности // Труды БГТУ. Экономика и управление. – 2015. – №7. – с. 34-38.
32. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 30.12.2008)// СПС Консультант.
33. Конституция Российской Федерации (принята на всенародном голосовании 12 декабря 1993 г.) .

34. Федеральный закон от 17.07.1999 N 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации" (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) // СПС Консультант.

35. Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".

36. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда. Общие требования.ILO-OSH2001 ».

37. Приказ от 12апреля 2011г. N 302н “Об утверждении перечня вредных и(или)опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования),и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров(обследований) работников, занятых на тяжелых работах с вредными и (или) опасными условиями труда”.

38. Постановление Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2009 г.N 1213 “Об утверждении технического регламента о безопасности средств индивидуальной защиты”.

39. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 февраля 2009 г.N 45 "Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов, Порядка осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов, и Перечня вредных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов"

40. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 17 декабря 2010 г. N 1122н "Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи работникам смывающих и (или) обезвреживающих средств и стандарта

безопасности труда "Обеспечение работников смывающими и (или) обезвреживающими средствами"

41. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03: утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 13 июня 2003 г. № 118 г. Москва.

42. ГОСТ 12.1.002–84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни и требования к проведению контроля на рабочем мест. – введ. 01.01.1986.- М.: Стандартинформ, 2009. – 7 с.

43. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 г. Москва.

44. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России 31 октября 1996 г. № 36. Москва.

45. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 40. Москва.

46. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.548-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 1 октября 1996 г., № 21. Москва.

47. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03: утверждены главным государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003. Москва.

48. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений: санитарно-

эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.1294-03: утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 18 апреля 2003г. Москва.

49. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок; приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н, зарегистрировано в Минюсте России 12.12.2013 N 30593.

50. Приказ МЧС РФ от 18 июня 2003г.N313 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03)».

51. Федеральный закон от 23 февраля 2013 г. N 15-ФЗ "Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма и последствий потребления табака"

52. Закон Российской Федерации “О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера”

Investigation of the catalytic dewaxing process

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM61	Новикова А.С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белинская Н.С.	К.Т.Н.		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сыскина А.А.	к.ф.н.		

INTRODUCTION

Diesel fuel is one of the most important large-tonnage products of oil refining, which ensures the functioning of the transport fleet of various sectors of the national economy and is widely used by individual consumers. At the current stage of the world economy development, there is a stable positive dynamics of demand for diesel fuel, which contributes to a constant tightening of the requirements for its quality. In 2017 production of diesel fuel at oil refineries in Russia amounted to 76.8 million tons [1]. Due to the climatic conditions of the Russian Federation, a deficit of winter varieties of diesel fuels is created. Approximately 90% of the total volume of diesel fuel production falls on summer fuels, 9% falls on the production of winter grades (pour point minus 35 and minus 45 ° C) and approximately 1% is produced by arctic diesel fuel (pour point minus 55 ° C) for providing the regions of the Arctic and the Far North [1].

The actual task at present is the development of winter and arctic fuel of Class 5 with the corresponding low-temperature and ecological characteristics.

The object of research is the process of catalytic dewaxing of diesel fuels.

The subject of the study is the regularity of the influence of technological parameters of the process of catalytic dewaxing of diesel oil fractions on the yield, composition and low-temperature properties of the product obtained.

1. REVIEW OF LITERATURE

1.1. Basic normalized parameters of diesel fuels

Dependence of the properties of diesel fuel on the temperature conditions of use is determined by the features of its fractional and chemical composition. Diesel fuels for moderate, cold, arctic climate are allocated for permissible application temperatures. The need for low-hardening diesel fuel, conditioned by the climate of most regions of the country, is being replaced to a lesser extent by half. Statistics show the relevance of actions that contribute to smoothing the existing deficit.

Technical conditions and Technical regulations of the Customs Union of the Customs Union of the Republic of TU 013/2011 "On the requirements for automobile and aviation gasoline, diesel and marine fuel, jet fuel and fuel oil" [3] regulate the ecological and operational properties of diesel fuels.

Diesel fuels meeting modern requirements for their quality are regulated by the main state standards GOST 32511-2013 (EN 590: 2009) "Diesel fuel EURO. Specifications ", GOST R 55475-2013" Diesel fuel, winter and arctic dewaxed. Specifications ", GOST R 52368-2005 (EN 590: 2009)" Diesel fuel EURO. Technical conditions ».

Current requirements for the quality of diesel fuel for the winter and Arctic climate, corresponding to the above documents, are given in Tables 1-4.

Table 1 - Requirements for the quality of diesel fuel for the cold and arctic climate in accordance with GOST R 52368-2005

The name of the indicator	The value for the class				
	0	1	2	3	4
The limiting filterability temperature, ° C, not higher	-20	-26	-32	-38	-44
Cloud point, ° C, not higher	-10	-16	-22	-28	-34
Density at 15 ° C, kg / m ³					

	800-845	800-845	800-840	800-840	800-840
Kinematic viscosity at 40 ° C, mm ² / s	1.5-4	1.5-4	1.5-4	1.4-4	1.2-4
Cetane number, not less	49	49	48	47	47
Cetane number, not less	46	46	46	43	43
Fractional composition: up to a temperature of 180 ° C,% (by volume), not more	10	10	10	10	10
up to a temperature of 340 ° C,% (by volume), not less	95	95	95	95	95
Flash point in a closed crucible, ° C, higher	55	55	40	30	30
Polycyclic aromatic hydrocarbons,% (by weight), not more	8				
Sulfur content, mg / kg, not more, for fuel: type I	350				
type II	50				
type III	10				
Coking ability of 10% distillation residue,% (by weight), not more	0.3				
Ash content,% (by weight), not more	0.01				
Water content, mg / kg, not more	200				
Total contamination, mg / kg, not more	24				
Corrosion of a copper plate (3 h at 50 ° C), units on a scale	Class 1				
Oxidative stability: total amount of precipitate, g / m ³ , not more	25				
Lubricity: corrected wear spot diameter at	460				

60 ° C, μm , not more	
The content of methyl esters of fatty acids, % (by volume), not more	7

Table 2 - Requirements for the quality of diesel fuel in winter and arctic in accordance with GOST R 55475-2013

The name of the indicator	Value				
	3 -32	3 -38	A -44	A -48	A -52
Cetane number, not less	48	47			
Cetane index, not less	46	43			
Density at 15 ° C, kg / m3	800-855				
Mass fraction of polycyclic aromatic hydrocarbons *,%, not more	8				
Mass fraction of sulfur, mg / kg, not more	350 50 10				
K3					
K4					
K5					
Flash point in a closed crucible, ° C, not lower	40	30			
Coking capacity of 10% of the distillation residue, % by mass, not more	0.3				
Ash content, % mass, not more	0.01				
Mass fraction of water, mg / kg, not more	200				
Total contamination, mg / kg, not more	24				
Corrosion of a copper plate (3 h at 50 ° C), units on a scale	Class 1				
Oxidative stability: total amount of precipitate, g / m3, not more	25				
Lubricity: corrected wear spot diameter at	460				

60 ° C, μm, not more					
Kinematic viscosity at 40 ° C, mm2 / s	1.5-4.5	1.5-4.5	1.5-4.5		
Fractional composition: distilled to a temperature of 180 ° C,% by volume, not more than 95% by volume. distilled at a temperature of, ° C, not higher	10 360				
The cloud point, ° C, is not higher	-22	-22	-22	-22	-22
The limiting filterability temperature, ° C, is not higher	-32	-32	-32	-32	-32

Note - * For fuel of ecological classes K3 and K4, the content of polycyclic aromatic hydrocarbons should not be more than 11%, for fuel of ecological class K5 - no more than 8%.

Table 3 - Requirements for the quality of DT for the cold and arctic climate in accordance with GOST 32511-2013

The name of the indicator	The value for the class				
	0	1	2	3	4
The limiting filterability temperature, ° C, is not higher	-20	-26	-32	-38	-44
The cloud point, ° C, is not higher	-10	-16	-22	-28	-34
Density at 15 ° C, kg / m ³	800-845		800-840		
Kinematic viscosity at 40 ° C, mm ² / s	1.5-4			1,4-4	1,2-4
Cetane number, not less	49	49	48	47	47
Cetane index, not less	46	46	46	43	43
Fractional composition: up to 180 ° C is distilled,% vol., not more up to 360 ° C is distilled,% vol., not less	10 95	10 95	10 95	10 95	10 95
Flash point, determined in a closed	55	55	40	30	30

crucible, ° C, not lower					
Mass fraction of polycyclic aromatic hydrocarbons,%, not more	8				
Mass fraction of sulfur, mg / kg, not more, for fuel:					
K3	350				
K4	50				
K5	10				
Coking ability of 10% of the remaining races,wt.%, not more	0.3				
Ash content,% mass, not more	0.01				
Water content, mg / kg, not more	200				
Total contamination, mg / kg, not more	24				
Corrosion of a copper plate (3 h at 50 ° C), units on a scale	Class 1				
Oxidative stability: total amount of precipitate, g / m3, not more	25				
Lubricity: adjusted wear spot diameter (wsd 1.4) at 60 ° C, µm, not more	460				

Table 4 - Requirements for the quality of winter and arctic diesel fuel in accordance with the Technical Regulations of the Customs Union TR TA 013/2011

Characteristics of diesel fuel, unit of measurement	Environmental standards		
	K3	K4	K5
Mass fraction of sulfur, mg / kg, not more	350	50	10
The flash point in a closed crucible, ° C, is not lower	30	30	30
Fractional composition - 95 percent volumetric distilled at a temperature, ° C, not higher	360	360	360

Mass fraction of polycyclic aromatic hydrocarbons,% by mass, not more	11	11	8
Cetane number	47	47	47
Lubricating ability, mkm, not more	460	460	460
The limiting filterability temperature, ° C, is not higher.			
diesel fuel of winter	-20	-20	-20
diesel fuel of Arctic	-38	-38	-38

Starting from January 1, 2016 in the Russian Federation, only fuel of ecological class K5 (sulfur mass fraction no more than 10 mg / kg) is put into circulation [17]. At present, the main document according to which diesel fuel is produced is GOST R 52368-2005 [18], which is intended for the operation of modern diesel engines, it contains in its composition a package of additives for various purposes and corresponds to the norm of the European Union EN 590: 2009. This standard provides for the release of six grades of diesel fuel for temperate climate (A, B, C, D, E, F) with a filterability limit temperature of plus 5 °C to minus 20 ° C) and five classes of diesel fuel for use in areas with cold and the Arctic climate (0, 1, 2, 3, 4 with a limiting filterability temperature from minus 20 ° C to minus 44 ° C). It is also used for the production of diesel fuel with sulfur content of 10, 50 and 350 mg / kg (Euro-3, Euro-4 and Euro-5, respectively). According to GOST R 52368-2005, the content of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), which lead to deposits in the combustion chamber, as well as the toxicity of the exhaust gases, should not exceed 11% by weight, according to Amendment No. 1 of March 1, 2012, the value is 8 wt.%. In the EU, the authorized PAH concentration is not more than 2 wt.% [13]. Low-temperature properties are an important criterion for the operational efficiency of diesel fuels used in cold climatic zones. Low-temperature properties are determined by the content of unbranched paraffins, they are characterized by the following indicators: cloud point, pour point and filterability limit temperature (FPP). State standards [4,5,6] regulate cloud point and FPP, in accordance with TR TS

013/2011 only the value of FPP is normalized. The pour point is not currently regulated by the Technical Specifications. Normal paraffin hydrocarbons with the number of carbon atoms in the molecule from 15 to 29 are characterized by high melting points [8, 9] and have a strong effect on low-temperature properties, significantly worsening them. Introduction of 1% wt. n-paraffin C24 raises the cloud point from minus 72 to 0 ° C [10]. Admissible components for obtaining fuels with acceptable low-temperature properties are isomers of paraffinic hydrocarbons, since the values of the cloud point and FPP are lower than those of n-paraffins. More stringent requirements for the cetane number, which is an indicator of the flammability of diesel fuel, are introduced. So for a winter diesel fuel, the cetane number should be at least 45.

1.2 Ways to improve the low-temperature properties of diesel fuels

Over the long term, topical options for obtaining diesel fuel have been: lower than end-boiling temperature of diesel fractions, dilution with kerosene fraction, use of additives, and some types of non-catalytic dewaxing [18,24,29]. The main drawbacks of mixing diesel and kerosene fractions are that together with the reduction of low-temperature properties, cetane number, viscosity, flash point, and lubricity decrease simultaneously. Also, the fractional composition of such fuel does not meet the requirements [14]. For example, in [19] several methods for the production of diesel fuel by mixing with a stable hydrogenate of the kerosene fraction are presented, resulting in the production of mixed diesel fuels with a cloud point of minus 42 ° C. At the same time, the flash point was, on average, lower than required and the fractional composition "up to a temperature of 180 ° C" exceeded the percentage of light fractions by 17%. Reducing the content of the "heavy" part of n-paraffins C20-C26 by reducing the end-boiling temperature of the fraction does not allow full utilization of the raw fractions potential. Thus, for the production of winter diesel fuel with a pour point minus 35 ° C, it is necessary to "cut off" the fraction of 320-360 °C with a loss of 25% of the potential, and with a temperature of minus 45

°C - a fraction of 280-360 °C with a loss of 50% of the potential [20]. This is unprofitable from the economic point of view in view of the high demand for light oil products. The introduction of depressant additives is also not an effective option for the production of diesel fuels on a large scale. First, this method is the most expensive; Secondly, there are difficulties in choosing the optimal composition and dosage of additives for individual fractions; thirdly, additives most often do not affect the change in cloud point temperature. Thus, the influence of the Clariant depressant-dispersant additive in the production of winter diesel fuels of Class 2 and 3, corresponding to [14], was investigated in [21]. It was found that when adding 0.08% additive only if the content of individual n-paraffin groups (C18-C22) is limited, the fuel will provide stability during cold storage and do not separate. If this content is exceeded in the fuel, paraffins fall out. There are methods of dewaxing without the use of hydrogen: dewaxing by crystallization, electrodewaxing, carbamide, adsorption (zeolitic) and microbiological dewaxing [22]. Crystalline dewaxing is carried out in organic solvents (methyl ethyl ketone, acetone, toluene, etc.) with various refrigeration cycles. Such a process is most often carried out for the purification of oil fractions with a yield of up to 80%.

Carbamide dewaxing is based on the ability of carbamide to form crystalline complexes (adducts) with n-alkanes. The disadvantage of this process is that with the growth of the boiling point of the fraction, its efficiency decreases because of the high number of hybrid hydrocarbons in the high-boiling fractions that can not form a complex with urea. In addition, the cloud point decreases only to minus 11 ° C [26]. Therefore, not all raw materials are involved in production, which leads to a reduced volume of production. Adsorption dewaxing is carried out on molecular sieves (zeolites). Zeolites have a porous structure that allows only molecules of paraffins of a certain size to pass through. In such a process, it is more expedient to process the oil fractions not so much to lower the pour point, as for the production of the paraffin fraction. An example of such a process in the processing of diesel fractions is the German technology "Parex", used to produce liquid n-paraffins of high purity and denormalizates as low-temperature components of winter and arctic fuel [22]. [23]

describes a method for the non-hydrogenous zeolite dewaxing of diesel fractions of 180-350 ° C on a catalyst prepared on the basis of a zeolite of the BETA type (ZEOLYST, USA). It is worth mentioning the electrodewaxing process is based on the phenomena of electrophoresis and dielectrophoresis. Higher paraffins are deposited on the electrodes, while additives are added to the medium as an activator of electric charge. This process is typical only for oil raw materials. Microbiological dewaxing is based on the use of microorganisms (fungi), which are able to oxidize hydrocarbons of normal structure, including paraffins with 25 carbon atoms [22]. The plant in France is known for processing distillates with a boiling point of 180-400 ° C with a content of n-paraffins up to 14%. When using this process, the pour point of the product decreases by 24-40 ° C [25]. The most promising from an economic point of view processes of obtaining low-temperature diesel fuels are the hydrogenation processes of catalytic dewaxing and hydroisomerization.

The process of hydroisomerization is carried out due to the skeletal isomerization of normal paraffins. With this process, the fractional composition of the products practically does not change, therefore the yield of the target product remains high, and the cetane number does not decrease. Therefore, this technology is economically more efficient, but it has its drawbacks. The isode dehydrogenation catalyst should exhibit high activity with respect to isomerization reactions of high boiling unbranched paraffins without significant decomposition of the feedstock, and minimal activity to hydrocracking reactions. Therefore, the difficulty lies in the selection of the optimum catalyst composition, it should have: average pore size, balance of the number of acid and metal centers, high dispersion of the metal, stability of acid sites. The yield of diesel fraction up to 94% and the high cetane number is provided by the addition of platinum, so the right to conduct and study the process actually belongs only to large foreign firms, in Russia the process is restrained by the high cost of the catalyst [18]. Therefore, it is more promising to investigate and apply the technology of catalytic hydrodewaxing.

1.3 Overview of computer systems used for modeling in the oil and gas industry

Currently, large-scale software complexes for computer modeling of chemical-technological systems have been developed. Designing processes for refining hydrocarbon raw materials is impossible without the use of packages of simulation programs linking databases of chemical components with calculation methods. CMS allow you to perform calculations and optimization of regimes and key indicators of the quality of raw materials and products. The development of any CMS for the chemical process is carried out in 6 stages.

1. Study of the mechanism of conversion of reagents in a chemical reactor.
2. Conducting thermodynamic calculations to assess the possibility of chemical reactions.
3. Aggregation of components and reactions, formation of schemes in the transformation of substances in a chemical reactor.
4. Solution of the inverse kinetic problem from experimental data on the operation of an industrial plant.
5. Determination of the hydrodynamic and thermal operating conditions of the reactor.
6. Creation of a database and knowledge base. Optimization of structural, structural and technological parameters of reactor operation.

Thus, unlike traditional information technology, the concept of which arose simultaneously with the appearance of a computer, new information technologies make it possible to process and accumulate knowledge about the operation of industrial installations, analyze them, draw conclusions and make recommendations.

The task is to select systems of technological modeling based on general principles of calculations, including a variety of methods for calculating the thermodynamic properties (enthalpy, entropy, density, phase equilibrium coefficients, etc.). They make it possible to calculate complex chemical-technological systems that consist of a large number of subsystems, which are connected with each other.

Recognized systems in the world are PRO-2, developed by the American firm SIMSCI, and HYSYS, which is the development of the Canadian firm HYPROTECH. There are also analogs created in our country that deserve attention, GIBBS and GazKondNeft. There are also simpler and less universal modeling systems, among which the MODBAL system, created by TyumenNIIGiprogaz and Tyumen branch of Informgaz, OAO Gazprom.

CMC CHEMCAD deserves attention among recent developments. Comparison of appointments and opportunities is carried out in the programs: PRO II, HYSYS, ChemCAD.

PRO II

This system is used for about 40 years and is the most powerful and developed in the world. The main advantage of the PRO-2 system is the calculation techniques and a set of equipment that is included in it. However, it is possible to add personal algorithms to the built-in language and add them to the system. Among the shortcomings, one can note the complexity in operation. The system is implemented in a single package. The application areas of the program are:

- development of new processes;
- evaluation of alternative plant configurations;
- modernization of existing installations;
- troubleshooting;
- monitoring, optimization and increase in product yield;
- optimization and increase in product yield and profitability of the enterprise.

HYSYS

This system appeared much later, but at the same time it rapidly overtakes and surpasses the PRO-2 system in terms of its interface capabilities. Hysys is considered the best software for modeling in the oil and gas industry. The main difference of the HYSYS system is its implementation in a programming language like C ++, which has more opportunities for development than FORTRAN. The system is

implemented in separate packages, which allows you to connect some subsystems only as needed.

With the help of HYSYS, it is possible to calculate various installations and obtain a significant economic effect, increasing the productivity and profitability of installations. This system allows you to optimize the design, assessing the profitability, safety and reliability of the installation, understand the state of the equipment, check if it works in the optimal mode, reduce the costs of project implementation, minimizing the number of errors and making the project less time-consuming.

ChemCAD

Such a system allows modeling chemical-technological processes in the development and optimization of oil refineries. With the help of a ChemCAD, it is possible to prepare optimal initial data on equipment units and pipeline systems for engineering design when creating new ones, as well as reconstruction and diversification of existing chemical and petrochemical industries; to study and optimize the operation of automatic control systems of chemical-technological systems; to develop dynamic models of operating technological processes, when creating simulators for operators and engineers of chemical industries [13].

Comparison of modeling programs

Computer-modeling systems designed for the development, analysis and design of new industries, as well as the analysis of the existing ones, are diverse. Such systems make it possible to automate virtually all stages of production, thereby reducing the costs of working time, labor and money resources to a minimum. In the production, in the design and research organizations, the progress of technology is impossible without the global inclusion of such modeling tools in the engineering work. [12] The capabilities of simulation software packages should be considered (Table 5).

Table 5 - Comparison of the capabilities of modern modeling software packages

Calculation module	Aspen HYSYS	PRO II	ChemCAD
Gibbs Reactor	+	+	+

The reactor is in equilibrium	+	+	+
The reactor is stoichiometric	+	+	+
The reactor is kinetic with a stirrer and tubular	+	-	-
Liquid extraction	+	+	+
Rectification with delamination of liquid	+	+	+
Calculation of rectification and absorption taking into account mass transfer	+	-	+
Calculation of rectification and absorption with equilibrium separation steps	+	+	+
Simplified calculation of rectification Short-Cut	+	+	-
Mixer, separator	+	+	+
Pumps, compressors	+	+	+
Heat exchangers with thermal curves	+	+	+
Multi-pass heat exchangers LNG with analysis of heat transfer zones	+	+	+
Two-phase, three-phase equilibrium evaporator	+	+	+
Cyclone, hydrocyclone	-	-	+

According to the above information, the HYSYS software package has the following advantages: the convenience of the system graphical interface, the ease of use, has an extensive package of calculation modules, fully and fairly describes the physico-chemical essence of processes, has a high convergence of calculations, a large number of components in the database with the possibility of replenishment. All these advantages allow us to conclude that it is expedient to choose the HYSYS software package for developing procedures and algorithms for computer simulation of complex large-scale chemical manufactures of continuous operation.

1.4 Statement of the purpose and objectives of the research

Due to the growing demand for low-hardening diesel fuels, as well as tougher environmental requirements for the quality of motor fuels, hydroprocesses are increasingly used in oil refineries [1]. One of the modern processes of hydroprocessing, which allows obtaining diesel fuel with improved low-temperature properties, is the process of catalytic hydrodewaxing [2].

The purpose of the work is to increase the efficiency of the catalytic hydrodewaxing of diesel fuel by selecting the optimal technological regimes using the mathematical modeling method.

Personal contribution includes the study of the influence of various technological parameters of the dewaxing process on the results of the process using a mathematical model, namely, the study of the influence of raw material and temperature in the dewaxing reactor on the low-temperature properties and yield of the product, as well as the optimization of the dewaxing process according to the temperature regime, depending on the consumption and composition of raw materials.

The work is of practical importance for regulating the regime of the dewaxing process depending on the composition of the feedstock and the loading raw materials to the plant.

Диаграмма Исикавы

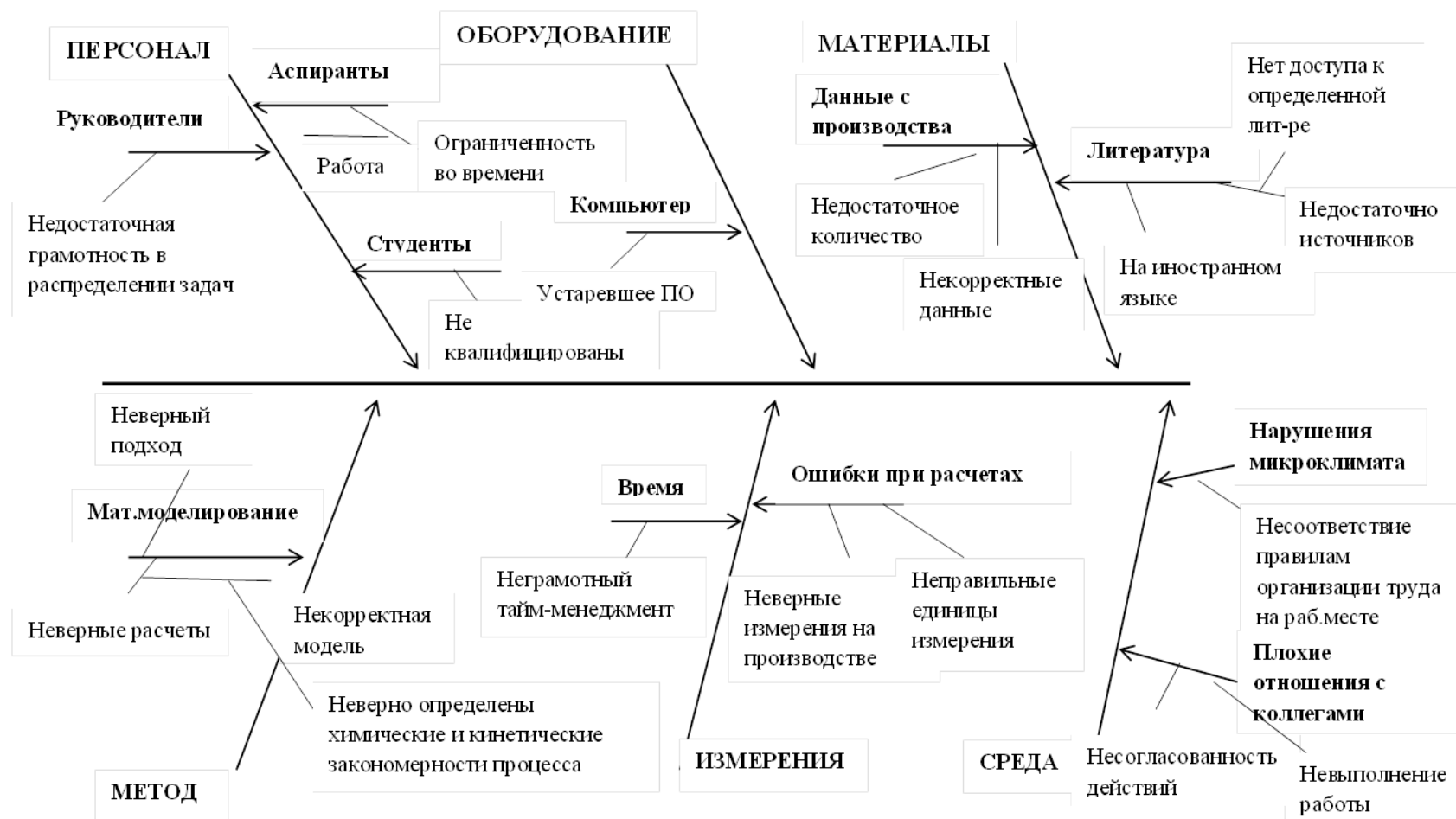


Рисунок Б.1 – Диаграмма Исикавы для математической модели процесса депарафинизации

График Ганта

Таблица Б.1 – График выполнения работ по проекту

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. Дн.	Продолжительность выполнения работ																													
				сент.			окт.			ноя.			дек.			январ.			февр.			март			апрель			май			июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление, обсуждение и утверждение плана работ, технического задания	Руководитель, магистрант	2																														
2	Составление календарного плана работ	Руководитель, магистрант	3																														
3	Проведение литературного обзора - изучение материалов	Магистрант	90																														
4	Составление модели и оценка адекватности модели	Магистрант	30																														
5	Корректировка математической модели	Руководитель, магистрант	40																														
6	Проведение расчетов на полученной модели	Магистрант	10																														
7	Оценка полученных результатов	Магистрант	3																														
10	Оформление дипломной работы	Магистрант	60																														

[illegible]

Обозначения:

 - магистрант

 - научный руководитель

