

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИПР
Направление подготовки Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Кафедра ХТТ и ХК

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Исследование процесса каталитической депарафинизации дизельных фракций и атмосферного газойля методом математического моделирования	

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Новикова Анастасия Станиславовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ХТТ и ХК	Белинская Наталия Сергеевна			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Сечина Ася Александровна	Кандидат химических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	Доктор биологических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ХТТ и ХК	Юрьев Егор Михайлович	Кандидат технических наук		

Томск – 2016 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1), CDIO(п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), CDIO (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1,5,8,9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), CDIO (1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3) (ОК-9, ОК-10, ОК-13, ПК-4, 7, 10, 12 -17, 26) CDIO (п.1.3, 4.4, 4.7)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4,21,22,23,24,25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), CDIO (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,10,12,13,14,15, ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5) CDIO(п. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
Общекультурные компетенции		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5,9,10,11), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), CDIO (п. 2.5)
P8	Самостоятельно учиться непрерывно повышать квалификацию течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,7,8,12), Критерий 5 АИОР (2.6), CDIO (п. 2.4)
P9	Активно владеть иностраным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14) , Критерий 5 АИОР (п.2.2), CDIO (п. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3) CDIO(п. 4.7, 4.8, 3.1)

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К21	Новиковой Анастасии Станиславовне

Институт	ИПР	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет затрат НИ составляет 672930 рублей
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы и нормативы расходования ресурсов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Учтены отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Разрабатываемая модель является конкурентоспособной на рынке.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Разработан календарный план-график проведения научного исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Спроектирована конкурентноспособная разработка, отвечающая требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Сечина Ася Александровна	Кандидат химических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Новикова Анастасия Станиславовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К21	Новиковой Анастасии Станиславовне

Институт	ИПР	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	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).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты;

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

- повышенная яркость света;
- шум;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- ухудшение микроклимата,
- вредные вещества.

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

- сероводород,
- аммиак,
- окись углерода,
- МЭА,
- пары нефтепродуктов и т.д.

Средства защиты: хлопчатобумажные

– термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	<i>костюмы, защитные очки, ботинки кожаные, перчатки фильтрующие противогазы, каска.</i> <i>К опасным факторам относятся:</i> - <i>горючесть, взрывоопасность и токсичность веществ применяемых и получаемых на установке;</i> - <i>возможность образования зарядов статического электричества;</i> - <i>наличие электротехнических устройств высокого напряжения;</i> - <i>превышение токсичных веществ в воздухе рабочей зоны.</i> <i>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</i>
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.	<i>Основными загрязнителями атмосферы на производстве являются:</i> - <i>Сероводород;</i> - <i>Аммиак;</i> - <i>Оксид углерода(II);</i> - <i>Углеводороды.</i> <i>Повышения экологической безопасности можно достигнуть путем снижения выбросов во время эксплуатации за счет использования улучшенных фильтрационных и очистительных сооружений.</i>
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.	<i>Возникновение ЧС, требующих обеспечение электро- и пожаровзрывобезопасности на рабочем месте.</i> <i>Перечень возможных ЧС :</i> - <i>пожар;</i> - <i>взрыв;</i> - <i>розлив продуктов/компонентов производства;</i> <i>Для обеспечения безопасной эксплуатации установки предусмотрена рациональная технологическая схема с комплексной автоматизацией технологического процесса, позволяющая обеспечить его непрерывность и стабильную работу оборудования.</i> <i>Предусмотрено отключение электрооборудования со щита операторной.</i>
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. Для снижения вредного воздействия</i>

	химических факторов работникам производства выдается молоко питьевое в количестве 0,5 литра за смену для выведения из организма токсических веществ.
--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	Доктор биологических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2K21	Новикова Анастасия Саниславовна		

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, профиль подготовки «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»

Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Юрьев Е.М.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2K21	Новиковой Анастасии Станиславовне

Тема работы:

Исследование процесса каталитической депарафинизации дизельных фракций и атмосферного газойля методом математического моделирования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	1631/с от 29.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (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.).	Объект исследования: установка каталитической депарафинизации Л-24-10/2000 ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез». Исходными данными являются технологическая схема установки, 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. Характеристика и области применения дизельного топлива 1.2. Современные требования к качеству дизельного топлива 1.3. Современное состояние производства зимнего и арктического дизельного топлива в России 1.4. Назначение процесса каталитической депарафинизации 1.5. Постановка цели и задач исследования 2. Объект и методы исследования 2.1. Характеристика реактора каталитической депарафинизации, сырья и продуктов процесса 2.2. Математическая модель процесса каталитической депарафинизации 3. Экспериментальная часть 3.1. Исследование влияния температуры в реакторе депарафинизации на низкотемпературные свойства и выход продукта 3.2. Исследование влияния расхода сырья в реактор депарафинизации на низкотемпературные свойства и выход продукта 3.3. Исследование влияния расхода водородсодержащего газа в реактор депарафинизации на низкотемпературные свойства и выход продукта 3.4. Подбор оптимальных технологических параметров работы реактора депарафинизации 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 4.2. Планирование научно-исследовательских работ 4.3 Бюджет научно-технического исследования 4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 5. Социальная ответственность 5.1 Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте 5.2 Анализ факторов, характеризующих возникновение чрезвычайных ситуаций
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сечина Ася Александровна, доцент
Социальная ответственность	Ахмеджанов Рафик Равильевич, профессор
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.03.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ХТТ и ХК	Белинская Н.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Новикова А.С.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из: 97с., 7 рис., 25 табл., 50 источников, 5 прил.

Ключевые слова: каталитическая гидродепарафинизация, дизельное топливо, математическое моделирование, оптимальные параметры.

Объект исследования – установка каталитической депарафинизации дизельных фракций нефти.

Целью данной работы является повышение эффективности работы установки каталитической гидродепарафинизации дизельного топлива путем подбора оптимальных технологических режимов с применением метода математического моделирования.

В процессе исследования проводилась оценка влияния технологических параметров на процесс каталитической депарафинизации с применением математической модели процесса.

В результате исследования подобраны оптимальные технологические параметры процесса депарафинизации 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.

Оглавление

Введение	13
1. Обзор литературы	
1.1 Характеристика и области применения дизельного топлива	15
1.2 Современные требования, предъявляемые к качеству дизельных топлив для холодных климатических зон	16
1.3 Современное состояние производства зимнего и арктического дизельного топлива в России	25
1.4 Назначение процесса каталитической депарафинизации	31
1.5 Постановка цели и задач исследования	32
2. Объект и методы исследования	
2.1 Характеристика объекта исследования, исходных материалов	34
2.2 Математическая модель процесса каталитической депарафинизации	38
3. Расчеты и аналитика	
3.1 Исследование влияния температуры на процесс	44
3.2 Исследование влияния расхода сырья на процесс	45
3.3 Подбор оптимальных режимов проведения процесса при изменяющемся составе сырья	46
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	50
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	54
4.3 Бюджет научно-технического исследования	56
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	62
5. Социальная ответственность	64
5.1 Производственная безопасность	66
5.1.1 Анализ вредных факторов на рабочем месте	67

5.1.2 Анализ опасных факторов на рабочем месте	70
5.2 Охрана окружающей среды	74
5.3 Анализ факторов, характеризующих возникновение чрезвычайных ситуаций	75
5.3.1 Чрезвычайные ситуации на производственном объекте	76
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	79
Заключение	81
Список публикаций	83
Список использованных источников	84
Приложение А Характеристики сырья	90
Приложение Б Характеристики сырья, стабилизата гидроочищенной и депарафинизированной фракции 180-340 ° С и бензина-отгона секции 200	91
Приложение В Характеристики сырья, стабильной керосиновой фракции 140-240 град С и бензина отгона секции 300	92
Приложение Г Временные показатели проведения научного исследования	93
Приложение Д Календарный план-график проведения НИОКР по теме	96

ВВЕДЕНИЕ

Развитию технологий производства дизельных топлив (ДТ) для холодного и арктического климата уделяется значительное внимание, так как в Российской Федерации спрос и потребность в конкретных нефтепродуктах во многом определяются особенностями климата и географического положения регионов страны. В области производства дизельного топлива наиболее эффективными являются процессы каталитической гидродепарафинизации и изодепарафинизации, отечественные разработки которых в настоящее время реализованы в промышленности в незначительном объеме, либо существуют только на пилотном уровне или стадии испытаний на модельном сырье.

Актуальным является совершенствование процесса каталитической депарафинизации с использованием метода математического моделирования на основе учета термодинамических и кинетических закономерностей процесса, которые позволяют выработать рекомендации по регулированию технологических условий процесса депарафинизации дизельных фракций, что обеспечивает достижение оптимального выхода продукта и соблюдение норм по низкотемпературным характеристикам при изменении углеводородного состава сырья.

Объектом исследования является установка каталитической депарафинизации дизельных фракций нефти.

Предмет исследования – закономерности влияния технологических параметров процесса каталитической депарафинизации дизельных фракций нефти на состав, выход и низкотемпературные свойства получаемого продукта.

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

Личный вклад включает исследование влияния различных технологических параметров процесса депарафинизации на результаты процесса с

применением математической модели, а именно исследование влияния температуры и расхода сырья в реактор депарафинизации на низкотемпературные свойства и выход продукта, а также оптимизацию процесса депарафинизации по температурному режиму в зависимости от расхода и состава сырья.

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

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Характеристика и области применения дизельного топлива

В качестве топлива для быстроходных дизельных двигателей применяются дизельные фракции, выкипающие в интервале 180-350 °С. Наиболее существенное эксплуатационное свойство дизельного топлива – его способность быстро воспламеняться и плавно сгорать. Воспламенительные свойства зависят от химического и фракционного состава и тесно связаны с температурой самовоспламенения компонентов топлива. Поскольку у аренов температура самовоспламенения очень высокая (500-600°С), высокоароматизированные продукты непригодны для использования в качестве дизельного топлива. Алканы характеризуются самой низкой температурой самовоспламенения и потому являются желательными компонентами дизельного топлива.

Для оценки воспламеняемости дизельного топлива принято цетановое число. Цетановым числом топлива называется объемная доля (в%) цетана в смеси α -метилнафталином, эквивалентной по самовоспламеняемости испытываемому топливу. Определение цетанового числа, так же как и оценка детонационной стойкости бензина, проводится на стандартных лабораторных установках методом сравнения с эталонными топливами. В качестве эталонных топлив приняты цетан (гександекан $C_{16}H_{34}$), цетановое число которого приравняли к 100, и α -метилнафталин, цетановое число которого приравняли к 0. Цетановое число современного дизельного топлива составляет 50-52 ед.

Цетановое число отражает не только воспламеняемость дизельного топлива, но и другие его качества: чем выше цетановое число, тем лучше пусковые качества топлива, тем менее длителен период задержки самовоспламенения, больше полнота сгорания топлива и меньше склонность к нагарообразованию. Самое низкое цетановое число имеют бициклические арены, циклоалканы и бициклоалканы занимают промежуточную позицию, и наконец, наиболее высокая цетановая характеристика – у нормальных алканов. Разветвленные алканы имеют более низкое цетановое число, чем алканы

нормального строения. Понижение цетанового числа вызывается также введением в молекулу углеводорода двойной связи.

Для характеристики воспламеняемости топлива наряду с цетановым числом используют дизельный индекс, который вычисляют по формуле

$$\text{ДИ} = \frac{t_{\text{ан}} \cdot d}{100},$$

где $t_{\text{ан}}$ – анилиновая точка, °F, d – плотность в градусах API (находят по справочникам).

Основными показателями качества дизельного топлива являются также фракционный состав, вязкость, температура застывания, коксуемость, содержание серы, ароматических углеводородов, кислотность. Эти показатели нормируются таким образом, чтобы обеспечить условия полноценного образования топливовоздушной смеси, облегчить распыление топлива, предотвратить нагарообразование и отсутствие коррозии.

1.2 Современные требования, предъявляемые к качеству дизельных топлив для холодных климатических зон

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. На нефтеперерабатывающих предприятиях России производство дизельного топлива ежегодно возрастает в среднем на 2–5 %, в 2014 г. производство дизельного топлива составило 77,3 млн. т по сравнению с 72,0 млн. т в 2013 г. [1]. В перспективе ожидается более значительное повышение объемов производства, что связано с планируемым вводом в эксплуатацию комплексов глубокой переработки нефти, в частности установок гидрокрекинга на ряде российских нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) [2].

Особенности фракционного и химического состава ДТ определяют зависимость его свойств от температурных условий применения, в связи, с чем различают ДТ для умеренного, холодного, арктического климата. В России наблюдается серьезный дефицит производства низкозастывающих ДТ, обусловленный географическим положением и климатом значительной части регионов страны, существующая потребность в ДТ покрывается менее чем наполовину. Данная статистика определяет важность и востребованность мероприятий, реализация которых будет способствовать нивелированию существующего дефицита.

В настоящее время в России экологические и эксплуатационные характеристики дизельных топлив регулируются Техническими условиями, а также 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].

Технические условия устанавливаются следующими основными Государственными стандартами:

- ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия (с Изменением №1)» [4],
- ГОСТ Р 55475-2013 «Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное. Технические условия» [5],
- ГОСТ 32511-2013 (ЕН 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» [6] – вступил в силу 01.01.2015 г.

Технический регламент Таможенного Союза в большей степени регулирует экологические характеристики топлив, а также устанавливает сроки обязательного перехода на выпуск топлива того или иного класса.

В таблицах 1–4 приведены актуальные требования к качеству ДТ для зимнего и арктического климата в соответствии с вышеуказанными документами.

Таблица 1 – Требования к качеству ДТ для холодного и арктического климата в соответствии с 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 ДТ зимнего и арктического в соответствии с 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 ДТ для холодного и арктического климата в соответствии с 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 зимнего и арктического дизельного топлива в соответствии с Техническим регламентом 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	-20	-20	-20
дизельного топлива арктического	-38	-38	-38

Одним из важнейших критериев эксплуатационной эффективности дизельных топлив, применяемых в условиях холодных климатических зон, являются хорошие низкотемпературные свойства, значениями которых

определяется функционирование системы питания двигателей при отрицательных температурах окружающей среды и в условиях хранения топлива. Низкотемпературные свойства определяются, в первую очередь, содержанием неразветвленных парафинов и характеризуются тремя показателями: температурой помутнения, температурой застывания и предельной температурой фильтруемости (ПТФ). В соответствии с ГОСТ Р 52368-2005, ГОСТ Р 55475-2013 и ГОСТ 32511-2013 нормируются температура помутнения и ПТФ, согласно ТР ТС 013/2011 – только ПТФ. Значение температуры застывания в настоящее время Техническими условиями не регламентируется.

Температура помутнения – температура, при которой образуются первые кристаллы твердых углеводородов при охлаждении образца жидкого продукта в стандартных условиях. Предельная температура фильтруемости – температура, при которой кристаллизуется достаточное количество парафиновых углеводородов, чтобы привести к засорению фильтра с заданными параметрами при охлаждении образца жидкого продукта в стандартных условиях [7].

Наибольшее влияние на низкотемпературные свойства оказывает концентрация нормальных парафиновых углеводородов с числом углеродных атомов в молекуле от 15 до 29, характеризующихся высокими температурами плавления [8, 9]. Даже небольшое содержание таких углеводородов резко ухудшает низкотемпературные свойства. Введение 1 %мас. н-парафина C_{24} повышает температуру помутнения с минус 72 до 0 °С [10]. Изомеры парафиновых углеводородов имеют более низкие значения температуры помутнения и ПТФ, следовательно, являются желательными компонентами при получении низкозастывающих топлив.

На территории РФ допускается выпуск дизельного топлива ЕВРО для холодного и арктического климата в соответствии с ГОСТ Р 52368-2005 классов 0, 1, 2, 3 и 4 с ПТФ соответственно не выше минус 20, минус 26, минус 32, минус 38 и минус 44 °С, в соответствии с ГОСТ 32511-2013 – топлива дизельного ЕВРО зимнего классов 0, 1, 2, 3 (ДТ-З-КЗ (К4, К5)) с ПТФ

соответственно не выше минус 20, минус 26, минус 32, минус 38 °С, и арктического (ДТ-А-К3 (К4, К5)) с ПТФ не выше минус 44 °С.

В соответствии с ГОСТ Р 55475-2013, регламентирующим качество депарафинированного дизельного топлива, допускается выпуск пяти классов: зимнее – ДТ-З-К3(К4, К5) минус 32 и ДТ-З-К3(К4, К5) минус 38, арктическое – ДТ-А-К3(К4, К5) минус 44, ДТ-А-К3(К4, К5) минус 48 и ДТ-А-К3(К4, К5) минус 52, в которых ограничение по ПТФ указаны в обозначении класса (не выше указанного значения).

Техническим регламентом Таможенного Союза ТР ТС 013/2011 предельная температура фильтруемости регламентируется для дизельных топлив зимнего и арктического и определяется значениями минус 20 и минус 38 °С, соответственно.

Цетановое число зимнего дизельного топлива должно быть не менее 45.

С точки зрения экологической безопасности к низкозастывающим дизельным топливам предъявляются требования, аналогичные устанавливаемым к топливам для условий умеренного климата.

В соответствии с современными требованиями содержание полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) не должно превышать 8 % мас. В ГОСТ Р 52368-2005 такое значение введено Изменением №1 от 1 марта 2012 г., ранее регламентированное значение составляло 11 % мас., что свидетельствует о тенденции повышения качества экологических характеристик дизельного топлива. По ГОСТ 32511-2013 для всех топлив нормируется значение не выше 8 % мас. ПАУ.

В Европейских странах допустимая концентрация полициклических ароматических углеводородов – не более 2 % мас. [13].

Необходимость введения аналогичных требований в недалеком будущем станет актуальной задачей для Российской Федерации.

Экологические характеристики дизельных топлив также определяются содержанием серы. Процесс гидроочистки, используемый для снижения содержания серы в дизельном топливе, в настоящее время на рынке

отечественных и зарубежных технологий представлен в достаточном объеме. Технологии совершенны и позволяют получать дизельное топливо с содержанием серы менее 50 и 10 мг/кг (виды II и III в соответствии с ГОСТ Р 52368-2005, классы K4, K5 – в соответствии с ГОСТ Р 55475-2013 и ГОСТ 32511-2013, классы 4 и 5 в соответствии с Техническим Регламентом Таможенного Союза 013/2011).

1.3 Современное состояние производства зимнего и арктического дизельного топлива в России

В настоящее время в России методом каталитической депарафинизации ЗДТ вырабатывают шесть заводов в г.г.: Ухта, Сургут, Кириши, Омск, Ачинск, Комсомольск.

1. НПЗ г. Ухта, процесс проводят на специализированной установке ГДС-850.
2. ЗСК г. Сургут, процесс проводят на специализированной установке ЛЕС 35-64.
3. НПЗ г. Кириши, процесс проводят на специализированной установке Л-24-10/2000.
4. НПЗ г. Ачинск, процесс проводят на модернизированной установке ЛК-бу.
5. НПЗ г. Комсомольск, процесс проводят на специализированной установке.
6. НПЗ г. Омск, процесс проводят последовательно на установке Л-24-9х РТ, а затем на установке Л-24-6.

Впервые в России в 2003 г. на НПЗ г. Ухта была построена специализированная установка производства зимнего дизельного топлива ГДС-850, мощность которой (850 тыс.т/год) соответствует производительности 128 м³/ч сырья. Для процесса была предложена система трёх соединенных реакторов, в которых последовательно были размещены: G 78A —катализатор деме­таллизации, Hydex-G катализатор депарафинизация и C 20-6-05 TRX — катализатор гидрообессеривания [14]. Для достижения заданного качества

получаемого низкозастывающего дизельного топлива для каждого катализатора была выбрана своя объёмная скорость. Объёмная скорость для катализатора деме­тализации равна $16,0 \text{ ч}^{-1}$, для катализатора депарафинизации — $2,0 \text{ ч}^{-1}$, для катализатора гидрообессеривания — $3,7 \text{ ч}^{-1}$.

В октябре 2003 г. на установке ГДС-850 началось промышленное производство ЗДТ.

Результаты работы с октября 2003 г. по март 2004 г. показали, что на установке перерабатывали дизельные фракции с температурами начала кипения $190\text{-}200^\circ\text{C}$, конца кипения $330\text{-}340^\circ\text{C}$ и застывания минус $18\text{-}20^\circ\text{C}$. Процесс проводили при давлении 50 ати, кратности циркуляции $400\text{-}700 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ с}$, концентрации водорода 82-84%, содержании сероводорода в ЦВСГ 0,012-0,020% и объёмной скорости подачи сырья $1,6\text{-}2,0 \text{ ч}^{-1}$ (в расчёте на катализатор депарафинизации).

Результаты опытов, проведённых на промышленной установке, по изучению влияния температуры конца кипения сырья на изменение температуры застывания показали, что при депарафинизации дизельной фракции с температурой конца кипения $335\text{-}338^\circ\text{C}$ температура застывания снижается с минус 20-24 до минус $33\text{-}38^\circ\text{C}$, т.е. на $15\text{-}18^\circ\text{C}$, а при увеличении температуры конца кипения сырьевой дизельной фракции до $352\text{-}360^\circ\text{C}$ в процессе депарафинизации температура застывания снижается с минус 15 до минус $18\text{-}21^\circ\text{C}$, т.е. незначительно.

В 2012 г. проведено техническое перевооружение установки ГДС-850 с целью обеспечения производства ДТ экологического класса 5. Реакторы загружены следующим катализатором: гидроочистка — HR-626 («Аксенс»), гидродепарафинизация — Hydex-G («Зюд-Хеми»).

За 12 лет на НПЗ накоплен большой научно-технологический материал по производству ЗДТ:

- дважды меняли катализатор гидрообессеривания;
- дважды меняли катализатор депарафинизации;
- изучили влияние катализатора деме­тализации;

- изучили влияние замены катализатора дегидрометаллизации на катализатор гидрообессеривания;
- изучали влияние дополнительно смонтированного реактора для катализатора гидрообессеривания;
- изучали две технологии производства ЗДТ;
- провели семь окислительных регенерации.

В настоящее время НПЗ увеличил производительность установки выше 1,0 млн т/год, при этом выход ЗДТ достигает 90%.

На Сургутском заводе стабилизации конденсата в 2004 г. на секции 200 установки ЛКС 35-64 начали производить методом каталитической депарафинизации зимнее дизельное топливо [15]. Технологическая схема секции 200 состояла из трёх реакторов и была идентична одному потоку установки гидрообессеривания Л-24-6, но с большим объёмом реакторов (рис. 1). Технологическая схема вопреки проекту была изменена: в первые два реактора загружен катализатор депарафинизации СГК-1 (ОАО «ВНИИ НП»), а в третий реактор — катализатор гидрообессеривания КГУ—950 (ООО НПП «ОЛКАТЦ», а не наоборот. На Сургутском ЗСК было проведено несколько десятков опытных пробегов, в результате которых были разработаны технологии производства ЗДТ [16], характеристики которых последовательно соответствовали спецификациям ГОСТ 305-82, ГОСТ Р 52368 и Регламента.

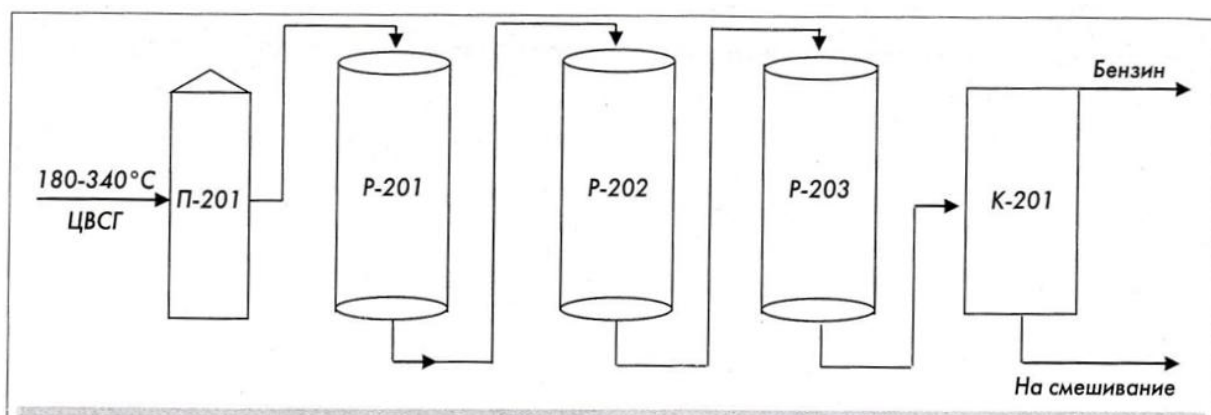


Рисунок 1 – Схема реакторного блока секции 200 установки ЛКС 36-64:
П-201 – печь; Р-201, Р-202, Р-203 – реакторы; К-201 – колонна стабилизации.

Технология № 1. В секции 200 сырьё депарафинизировали в реакторах Р-201 и 13-202 на катализаторе СГК-1 с последующим гидрообессериванием в реакторе Р-203 на катализаторе КГУ-950.

Технология № 2. В гидродепарафинизат секции 200 добавлена прямогонная дизельная фракция.

Технология № 3. В секции 300 гидроочищали керосиновую фракцию, гидрогенизат смешивали с сырьём секции 200, затем смесь депарафинизировали и гидрообессеривали.

Технология № 4. кубовый остаток гидрогенизата секции 300 смешивали с кубовым остатком гидродепарафинизата секции 200.

В период работы катализатора депарафинизация СГК-1 с 2004 по 2012 гг. в вынужденных пределах температур 320-350 °С выход ЗДТ достигал 88-90% [77]. В течение этого времени было проведено 42 реактивации.

В период 2012-2014 гг. своеобразие технологии производства ЗДТ на секции 200 заключается в том, что процесс проводился при иной последовательности расположения катализаторов: в реактор Р-201 загружали катализатор гидрообессеривания КШУ-08, в реактор Р-202 — катализатор депарафинизации Hydex-G и в последний реактор Р-203 сверху — катализатор депарафинизации, а снизу — катализатор гидрообессеривания.

Катализаторы гидрообессеривания и депарафинизации дезактивируются с различной скоростью, и по действующему регламенту установки ЛКС 35-64 они имеют разные температурные пределы работы, вследствие чего у катализаторов депарафинизации и гидрообессеривания неодинаковая продолжительность цикла работы.

В период 2012-2014 гг. катализатор СГК-1 был заменён на катализатор Hydex-G.

На НПЗ г. Кириши работает специализированная установка производства ЗДТ Л-24-10/2000, вырабатывающая зимнее дизельное топливо в течение 6 мес. в году. Основная особенность установки — проведение процессов гидрообессеривания и депарафинизации под давлением 90 ати.

В качестве сырья предполагается переработка прямогонного сырья и атмосферного газойля. Исходя из условий производства зимнего дизельного топлива, гидрообессеривание проводится с объёмной скоростью $1,0 \text{ ч}^{-1}$, а депарафинизация — с объёмной скоростью $2,7 \text{ ч}^{-1}$, что полностью отвечает требованиям производства ЗДТ соответствующих технических условий.

Данные анализа химсостава сырья и продуктов подтверждают, что в результате процесса количество н-парафинов C_5-C_{11} растёт за счет убыли н-парафинов $C_{12}-C_{27}$, свидетельствующей о крекинге тяжелой части сырья с последующим гидрированием непредельных, а относительный рост н-парафинов в тяжелой части продукта объясняется гидрирование полиароматики с последующим превращением нафтен. Безусловно, нельзя забывать об идущих параллельно реакциях изомеризации.

Необходимость углубления сероочистки и увеличения производства зимнего дизельного топлива подвигло Ачинский НПЗ начать глобальную реконструкцию установки ЛК-6у (рис. 2). В 2006 г. дополнительно был смонтирован реактор Р-301а. В реактор 301 был загружен катализатор депарафинизации Hydex-G, а в реактор 301а сверху — катализатор Hydex-G и снизу — катализатор гидрообессеривания С 20-6-5TRX [18].

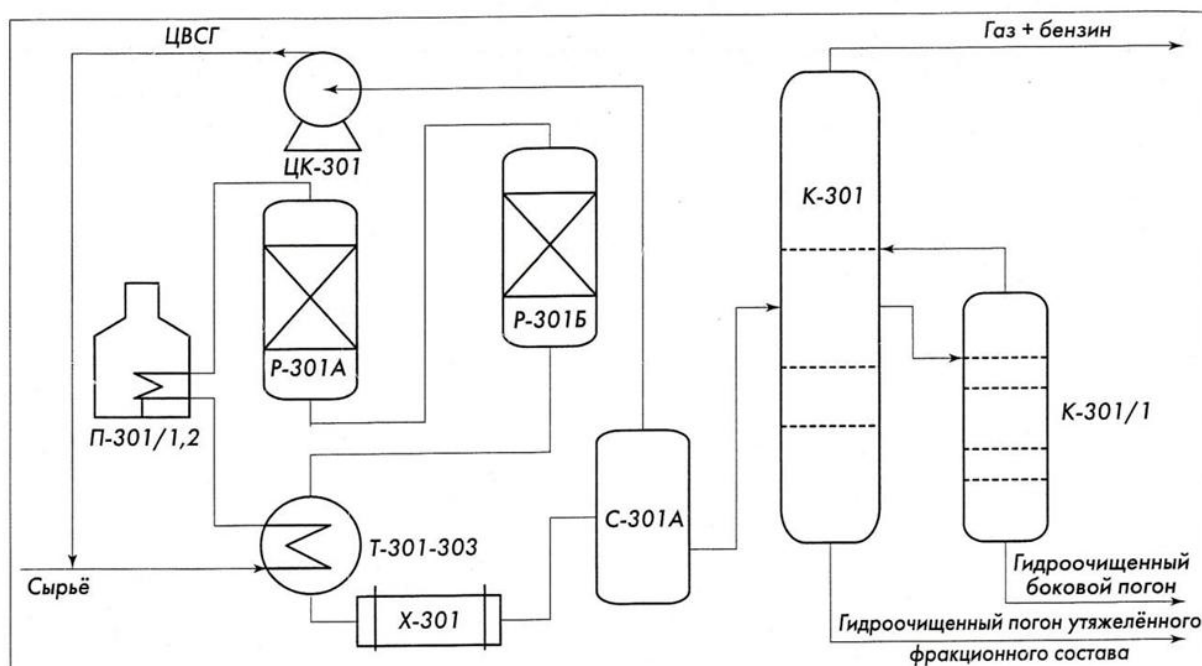


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема секции С-300/1 установки ЛК-6у:

Р301А – реактор гидродепарафинизации; Р-301Б – реактор гидроочистки; П-301/1,2 – печь; ЦК-301 – циркуляционный компрессор; ВСГ-Т-301-303 – теплообменники реакторного блока; Х-301 – воздушный холодильник; С-301А – сепаратор высокого давления; К-301 – колонна стабилизации; К-301/1 – колонна стабилизации бокового погона К-301

Всё внимание НПЗ было направлено на увеличение глубины сероочистки дизельного топлива, поэтому реактор Р-301а был заменён на реактор Р—391Б ёмкостью 108 м³, что снизило объёмную скорость процесса гидрообессеривания и углубило сероочистку, причём в реактор Р-301Б был загружен катализатор НР 626. В настоящее время Ачинский НПЗ решает вопросы увеличения производства зимнего дизельного топлива.

В 2006 г. на Комсомольском НПЗ была построена специализированная установка глубокого облагораживания дизельного топлива. Установка состоит из трёх ступеней и предназначена не только для гидрообессеривания и снижения температуры застывания, но и для глубокой деароматизации дизельного топлива [19].

Реактор гидрообессеривания содержит четыре слоя трёх катализаторов гидрообессеривания и гидродеазотирования. Прогрессивным решением в технологии производства является применение противотока сырья и водорода. Сырьё в реакторы деароматизации и изомеризации поступает сверху, а водород — снизу.

В настоящее время работает только реактор гидрообессеривания.

Из пяти классических технологий производства зимнего дизельного топлива методом каталитической депарафинизации Омский НПЗ выбрал самую эффективную технологию, учитывающую влияние серо- и азотсодержащих соединений на дезактивацию катализатора депарафинизации.

Влияние серо- и азотсодержащих соединений на активность катализаторов депарафинизации настолько велико, что промежуточное удаление сероводорода и

аммиака в отварной колонне рекомендуется не только при применении платиносодержащих катализаторов, но и для катализаторов, содержащих неблагородные металлы.

На Омском НПЗ выбрали экономически менее выгодную, но верную схему, соединив две существующие отдельностоящие установки гидрообессеривания. На первом этапе на установке Л-24-9хРТ снижают содержание серы в дизельной фракции до 10 ppm, а затем на установке Л-24-6 снижают низкотемпературные характеристики дизельного топлива на катализаторе фирмы «Крайтерион».

Обзор применяемых на НПЗ России технологий производства ЗДТ методом депарафинизации показал, что ЗДТ производится на шести НПЗ России по шести различным технологиям. ранее разработанным фирмами «Мобил», «Зюд-Хеми», «Шелл». Катализаторы производства ЗДТ были разработаны фирмами «Мобил», «Зюд-Хеми», «Щелл» и ОАО «ВНИИ НП».

Опыт работы НПЗ России говорит о нерешённости вопросов активности и продолжительности работы катализаторов производства ЗДТ.

При производстве ЗДТ необходимо учитывать следующие факторы: новые технологические схемы производства ЗДТ и новые катализаторы: влияние сероводорода и аммиака, фракционного состава сырья, содержания серы, способа активации катализатора депарафинизации при совместной работе с катализатором гидрообессеривания; совершенствование отечественных катализаторов; тестирование катализаторов независимо от их происхождения; экономика проведения процессов на благородных и неблагородных металлах.

Опыт производства зимнего дизельного топлива показывает, что на катализаторах, содержащих неблагородные металлы, можно производить ЗДТ с выходом 90% .

Новые разработки технологий на тех же катализаторах увеличивают выход зимнего дизельного топлива до 93-95% [20].

1.4 Назначение процесса каталитической депарафинизации

Одной из разновидностей легкого гидрокрекинга является гидродепарафинизация дистиллятов. Она представляет собой легкий гидрокрекинг (распад) *n*-парафиновых углеводородов с целью получения дистиллятов с улучшенными низкотемпературными свойствами.

Цель процесса – получение зимнего и арктического дизельного топлива с очень низкой температурой застывания (от минус 18 °С до минус 68 °С). В данном процессе используется полифункциональный цеолитсодержащий катализатор. Катализаторы представляют собой гранулы, состоящие из высококремнеземного цеолита группы пентасилов, оксида алюминия и гидрирующего компонента (неблагородного металла).

Процесс каталитической депарафинизации дистиллятов включает гидроочистку сырья, его депарафинизацию, стабилизацию и фракционирование на конечные продукты. Основной реакцией в процессе депарафинизации являются легкий гидрокрекинг *n*-алканов.

После проведения комбинированного процесса гидроочистки и гидродепарафинизации температура застывания снижается на 25 – 30 °С [21].

Для процесса гидроочистки температура лежит в интервале 300 – 400 °С, для процесса гидродепарафинизации – в интервале 300 – 405 °С. Парциальное давление водорода должно быть не выше 9 МПа. Объемная скорость подачи сырья в слое катализатора гидроочистки составляет 0,6 – 1,0 ч⁻¹, в слое катализатора гидродепарафинизации – 1,5 – 2,5 ч⁻¹. Для процесса гидроочистки и депарафинизации рекомендуется кратность циркуляции 100 %-ного водорода не менее 150 м³/м³ сырья.

Выход продуктов в процессе депарафинизации варьируется в следующих диапазонах: выход газа 3 – 9 %; выход бензина 9 – 11 %, выход дизельного топлива 80 – 85 %.

1.5 Постановка цели и задач исследования

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.

Отсюда вытекает цель исследования – 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. Провести исследование влияния температуры в реакторе депарафинизации на низкотемпературные свойства и выход продукта;
2. Провести исследование влияния расхода сырья в реактор депарафинизации на низкотемпературные свойства и выход продукта;
3. Осуществить подбор оптимальных технологических параметров работы реактора депарафинизации в зависимости от состава сырья

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика объекта исследования, исходных материалов

Сырьем процесса гидродепарафинизации является смесь прямогонной дизельной фракции и атмосферного газойля. Продукты, получаемые в процессе депарафинизации включают стабильный бензин; фракция 180–240 °С, фракция 240–340 °С, которые являются компонентами дизельных топлив; фракция >340 °С.

Характеристика смесового сырья (дизельной фракции и атмосферного газойля) и продуктов процесса депарафинизации представлена в табл. 5.

Таблица 5 – Характеристика сырья и продуктов процесса каталитической депарафинизации

Показатели	Фракционный состав	Сырье	Продукты		
		ДФ+АГ	СБ	Фракция 180-240+240-340 °С	Фракция >340 °С
Плотность при 20 °С		843,7	738,0	829,5	860,5
Температура выкипания, °С	НК	112	104	171	279
	10 %	232	110	204	317
	30 %	274	114	236	330
	50 %	299	120	259	344
	70 %	323	128	278	360
	90 %	352	140	305	383
	КК	370	154	328	413
Температура помутнения, °С		плюс 1	–	минус 26	минус 16
Предельная температура фильтруемости, °С		–	–	минус 28	минус 17
Температура застывания, °С		–	–	минус 35	– минус 25
Содержание н-парафинов, % мас.		17,0	–	8,19	2,91

ДФ – дизельная фракция; СБ – стабильный бензин; АГ – атмосферный газойль.

Как видно из табл. 5 процесс каталитической депарафинизации позволяет значительно улучшить низкотемпературные свойства компонентов дизельных топлив за счет снижения содержания парафинов нормального строения путем

селективного гидрокрекинга с последующей изомеризацией, а также получать стабильный бензин в качестве целевого продукта.

Производство компонентов дизельных топлив и автомобильных бензинов путем депарафинизации является сложным многоэтапным процессом и включает взаимосвязанные стадии гидроочистки, депарафинизации, стабилизации и ректификации. Схема процесса представлена на рис. 3.

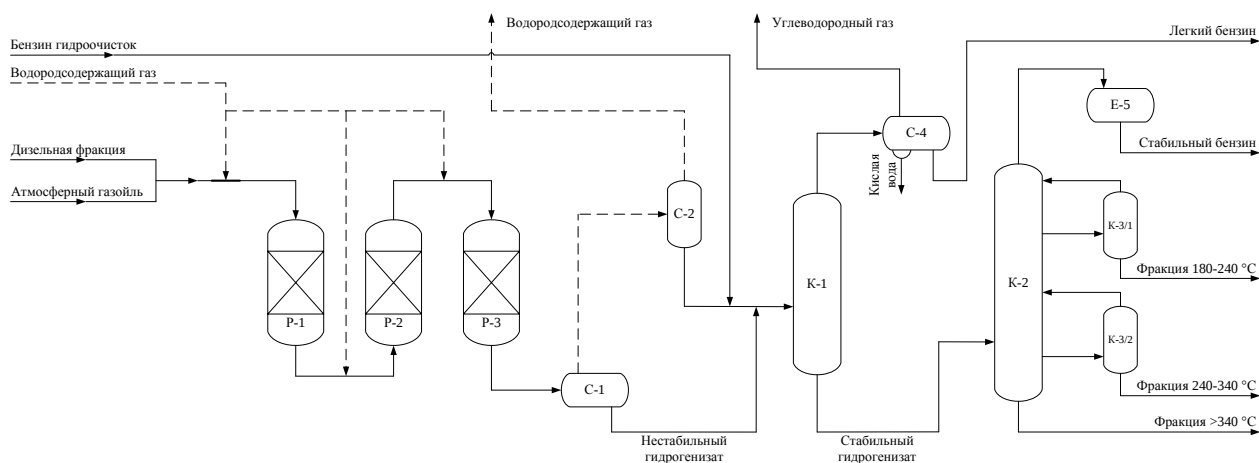


Рисунок 3 – Схема процесса каталитической депарафинизации

P-1 и P-2 – реакторы гидроочистки; P-3 – реактор депарафинизации;

C-1 – сепаратор высокого давления; C-2 – сепаратор низкого давления;

K-1 – стабилизационная колонна; K-2 – ректификационная колонна;

K-3/1, 3/2 – отпарные колонны (стрипинги); C-4, E-5 – рефлюксные ёмкости

Сырьевая смесь поступает в реакторный блок на «тройник смешения», где смешивается с циркуляционным водородсодержащим газом. После «тройника смешения» газосырьевая смесь нагревается в теплообменнике и подается в печь, после чего поступает в реакторы гидроочистки P-1 и P-2. После реактора P-2 газопродуктовая смесь поступает на нагрев в печь и далее в реактор депарафинизации P-3. Реакторы P-1, P-2, P-3 работают последовательно. В реакторах P-1 и P-2 происходит гидрирование соединений, содержащих серу, азот и кислород с образованием сероводорода, аммиака и воды. Общий адиабатический подъем температуры при гидрообессеривании может составлять более 25 °C, поэтому между реакторами P-1 и P-2 подается квенч водородсодержащего газа. Для регулирования температуры на входе в реактор P-

3 предусмотрено два варианта: охлаждение газопродуктовой смеси подачей квенча между реакторами Р-2 и Р-3, если температура входа в Р-3 выше необходимой, и нагрев в печи, если температура на входе в Р-3 ниже необходимой для процесса гидродепарафинизации. Газопродуктовая смесь из реактора Р-3 поступает в сепаратор С-1, где происходит ее разделение на парогазовую смесь и нестабильный гидрогенизат. Парогазовая смесь из сепаратора С-1 поступает в теплообменник, где отдает тепло на нагрев нестабильного гидрогенизата из С-2, затем охлаждается в воздушном холодильнике и поступает в сепаратор С-2, где разделяется на циркуляционный газ и нестабильный гидрогенизат. На выходе из сепаратора С-2 в поток нестабильного гидрогенизата подается бензин-отгон гидроочисток. Нестабильный гидрогенизат из сепаратора С-2 проходит межтрубное пространство теплообменника, где нагревается теплом парогазовой смеси из С-1, и после смешения с нестабильным гидрогенизатом сепаратора С-1, направляется на стабилизацию в колонну К-1. Для поддержания необходимой концентрации водорода в циркуляционном газе часть газа отдувается с установки, а взамен в поток циркуляционного газа подается свежий водородсодержащий газ.

В блоке стабилизации смесь нестабильного гидрогенизата из сепараторов С-1 и С-2 с отгоном с установок гидроочистки нагревается в теплообменнике и поступает в колонну стабилизации К-1, где из нее выделяются растворенные легкие углеводороды, сероводород и вода. В колонне стабилизации К-1 содержится 20 клапанных тарелок. Нестабильный гидрогенизат поступает на 12 тарелку. Часть стабильного гидрогенизата из куба колонны К-1 возвращается в колонну через печь в качестве «горячей струи». Для более эффективного удаления сероводорода из нестабильного гидрогенизата предусмотрена линия подачи стабильного бензина (верх К-2) в печь перед колонной К-1. Легкие продукты из верхней части колонны К-1 конденсируются и охлаждаются в воздушном и водяном конденсаторах-холодильниках и поступают в сепаратор С-4, где происходит их разделение на углеводородный газ и легкий бензин и отстаивание легкого бензина от воды. Для снижения степени коррозии

оборудования и трубопроводов перед воздушным конденсатором-холодильником в поток подается ингибитор коррозии. Легкий бензин из сепаратора С-4 подается на 20 тарелку колонны К-1 в качестве орошения, а балансовое количество выводится на установки первичной переработки нефти.

После блока стабилизации стабильный гидрогенизат из нижней части колонны К-1 поступает в блок ректификации через печь в колонну К-2 на 4-ю тарелку. В сложной колонне ректификации К-2 с двумя стриппингами К-3/1 и К-3/2 происходит разделение стабильного гидрогенизата на следующие фракции: стабильный бензин (верх К-2), 180-240 °С, 240-340 °С и остаток – фракцию > 340 °С. Пары стабильного бензина из верхней части колонны К-2 после конденсации и охлаждения в воздушном конденсаторе-холодильнике поступают в рефлюксную емкость Е-5, откуда часть бензина возвращается в колонну К-2 на 41 тарелку в качестве орошения, а балансовое количество после охлаждения в воздушном и водяном холодильниках выводится с установки. Фракция 180-240 °С с 24-й тарелки колонны К-2 выводится на верхнюю 8 тарелку колонны стриппинга К-3/1, где из нее выделяются более легкие фракции. Выделенная легкая часть фракции 180-240 °С возвращается в колонну К-2 под 27-ю тарелку, а стабильная фракция 180-240 °С из кубовой части колонны К-3/1 и после охлаждения в воздушном и водяном холодильниках выводится с установки. Фракция 240-340 °С с 16-й тарелки колонны К-2 выводится на верхнюю 8 тарелку в колонну стриппинга К-3/2, где из нее выделяются более легкие фракции. Выделенная легкая часть фракции 240-340 °С возвращается в колонну К-2 под 19-ю тарелку, а стабильная фракция 240-340 °С из нижней части колонны К-3/2 отдает свое тепло в ребойлере на поддержание температурного режима в колонне К-3/1 и в трубном пространстве теплообменника на нагрев сырья, охлаждается в воздушном холодильнике и выводится с установки. Фракция > 340 °С из кубовой части колонны К-2 частично возвращается в колонну через печь в качестве «горячей струи», а балансовое количество отдает тепло в ребойлере на поддержание температурного режима колонны К-3/2 и в теплообменнике на нагрев сырья колонны К-1, после чего охлаждается в воздушном холодильнике и

выводится с установки в качестве компонента приготовления котельного топлива [22].

Материальный баланс установки депарафинизации представлен в табл. 6.

Таблица 6 – Материальный баланс установки депарафинизации

Технологические потоки		Расход	
		кг/ч	% мас.
Пришло:			
1	Сырье, в т.ч.	202443	94,05
	Прямогонная дизельная фракция	111760	51,92
	Атмосферный газойль	90683	42,13
2	Свежий водородсодержащий газ	7408	3,44
3	Бензин-отгон гидроочисток	5409	2,51
Всего:		215260	100,00
Получено:			
1	Отдув ВСГ	3061	1,42
2	Углеводородный газ	9984	4,64
3	Легкий бензин	7464	3,47
4	Стабильный бензин	12543	5,83
5	Фракция 180–240 °С	26737	12,42
6	Фракция 240–340 °С	129591	60,20
7	Фракция выше 340 °С	16011	7,44
8	H ₂ S	1695	0,79
9	Вода	8176	3,80
Всего:		215260	100,00

2.2 Математическая модель процесса каталитической депарафинизации

В данной работе для исследования процесса каталитической депарафинизации применен метод математического моделирования.

Построение математической модели в общем случае включает следующие этапы: анализ экспериментальных данных с промышленной установки; изучение механизма реакций на катализаторе; составление списка возможных реакций, протекающих 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. 4.

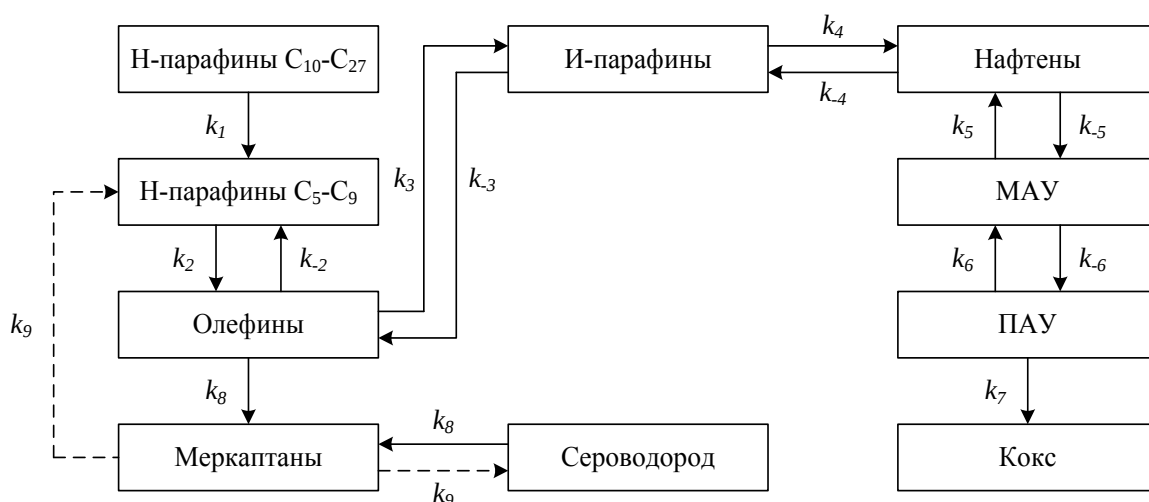


Рисунок 4 – Формализованная схема превращений углеводородов в процессе каталитической депарафинизации: н-парафины $C_{10}-C_{27}$ – парафины нормального строения с числом атомов углерода от 10 до 27; н-парафины C_5-C_9 – парафины нормального строения с числом атомов углерода от 5 до 9;

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.

На основе составленной формализованной схемы химических превращений разрабатывается кинетическая модель процесса каталитической депарафинизации, которая представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений 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. 2.1 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_{MAY} — концентрация МАУ, моль/л;
 C_{PAY} — концентрация ПАУ, моль/л;
 C_{Merk} — концентрация меркаптанов, моль/л;
 C_{SV} — концентрация сероводорода, моль/л;
 C_V — концентрация водорода, моль/л.

Тогда система уравнений кинетической модели запишется:

процесс депарафинизации

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

процесс гидроочистки

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

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 °С)

№	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	$3,67 \cdot 10^7 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$	$8,14 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

Адекватность разработанной кинетической модели реальному процессу оценена путем сравнения концентраций компонентов, рассчитанных на модели, и концентраций компонентов, определенных экспериментально на установке каталитической гидродепарафинизации Л-24-10/2000 ООО «КИНЕФ» (табл. 9).

Таблица 9 – Сравнение экспериментальных и расчетных значений концентраций компонентов в продукте процесса каталитической депарафинизации

№ отбора	1		2		3		4	
Компоненты	C_p	$C_{\text{э}}$	C_p	$C_{\text{э}}$	C_p	$C_{\text{э}}$	C_p	$C_{\text{э}}$
Н-парафины $C_{10}-C_{27}$	10,44	11,10	9,87	9,32	9,93	10,08	11,90	10,17
Н-парафины C_5-C_9	2,05	2,16	1,10	0,57	2,31	1,99	1,00	2,10
Олефины	3,87	2,01	2,83	2,25	2,99	3,07	2,29	1,74
Нафтены	41,44	43,40	42,82	44,16	40,88	40,18	31,95	32,57
И-парафины	19,81	20,24	22,49	23,66	22,32	22,95	29,07	30,77
МАУ	18,97	19,30	18,55	18,53	19,28	19,90	21,15	20,99
ПАУ	1,32	1,72	1,30	1,51	1,41	1,83	1,62	1,57
Сероводород	0,0691	0,0690	0,0820	0,0821	0,0375	0,0372	0,0945	0,0944

В табл. 9 приняты следующие обозначения: C_p – расчетное значение концентрации компонента в продукте, % мас.; $C_{\text{э}}$ – экспериментальное значение концентрации компонента в продукте, % мас.

Согласно табл. 9, экспериментальные и расчетные значения ключевых компонентов имеют достаточную сходимость, так как абсолютная погрешность расчета не превышает 1,16 % мас., что сопоставимо с погрешностью метода хроматографического анализа для определения концентраций компонентов.

На основании этого, можно сделать вывод, что разработанная кинетическая модель адекватно описывает реальный процесс.

Проверка кинетической модели каталитической депарафинизации показала, что она может применяться для выявления кинетических закономерностей процесса, проведения оптимизации и прогнозных расчетов.

3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

Для исследования влияния технологических параметров работы реактора депарафинизации и оптимизации технологического режима использовались три точки точки отбора, составы которых представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Состав гидрогенизата для точек отбора 1, 2 и 3, % мас.

	Точка отбора 1	Точка отбора 2	Точка отбора 3
Н-парафины C10-C27	12,40	16,20	19,80
Н-парафины C5-C9	2,15	2,35	1,87
Олефины	1,10	0,87	1,32
Нафтены	37,80	35,80	32,80
И-парафины	25,70	24,70	22,35
Моноароматика	19,60	18,90	20,01
Полиароматика	1,25	1,15	1,82
Кокс	0,00	0,00	0,00
Меркаптаны	0,00	0,00	0,00
Сероводород	0,0333	0,0333	0,0333

Из таблицы видно, составы трех точек отбора отличаются содержанием н-парафинов C₁₀-C₂₇. Точка отбора 3 имеет высокое содержание высокомолекулярных парафинов (19,8%мас.) по сравнению с точкой отбора 1 (12,4%мас.).

3.1 Исследование влияния температуры на процесс

Температура в реакторе является одним из ключевых факторов, влияющих на скорость протекания реакций в процессе депарафинизации. С использованием математической модели проведено исследование влияния температуры на процесс депарафинизации. На рис. 5 показано влияние температуры ректора в диапазоне 330–370 °С на концентрацию н-парафинов C₁₀-C₂₇ в продуктовой

смеси.

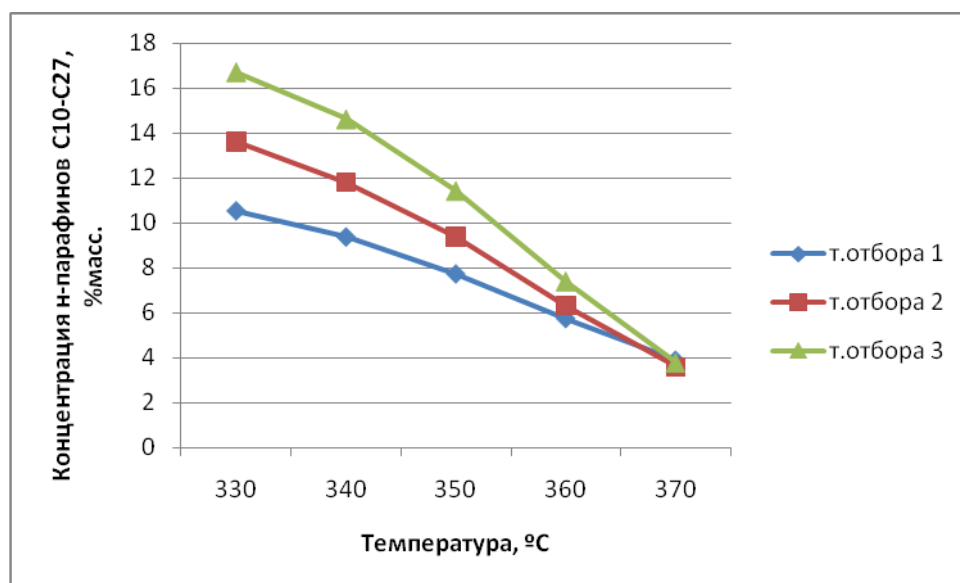


Рисунок 5 – Влияние температуры на концентрацию н-парафинов $C_{10}-C_{27}$ в продуктовой смеси

Из рис. 5 можно сделать вывод, что при увеличении температуры в реакторе гидродепарафинизации на $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ содержание н-парафинов $C_{10}-C_{27}$ снижается на $6,64\%\text{масс.}$ (с $10,53\%\text{масс.}$ до $3,89\%\text{масс.}$) для сырья с низким содержанием высокомолекулярных парафинов, для точки отбора 2 на $10\%\text{масс.}$ (с $13,6\%\text{масс.}$ до $3,58\%\text{масс.}$) и для точки отбора 3 на $13\%\text{масс.}$ (с $16,72\%\text{масс.}$ до $3,77\%\text{масс.}$), что способствует улучшению низкотемпературных свойств получаемых в процессе гидродепарафинизации дизельных фракций.

3.2 Исследование влияния расхода сырья на процесс

Проведены расчеты на модели по изменению содержания н-парафинов $C_{10}-C_{27}$ и в продуктовой смеси при изменении расхода сырья в диапазоне $340-380\text{ м}^3/\text{ч.}$ Температура в реакторе принята равной $350\text{ }^{\circ}\text{C.}$ Результаты расчета на модели представлены на рис. 6.

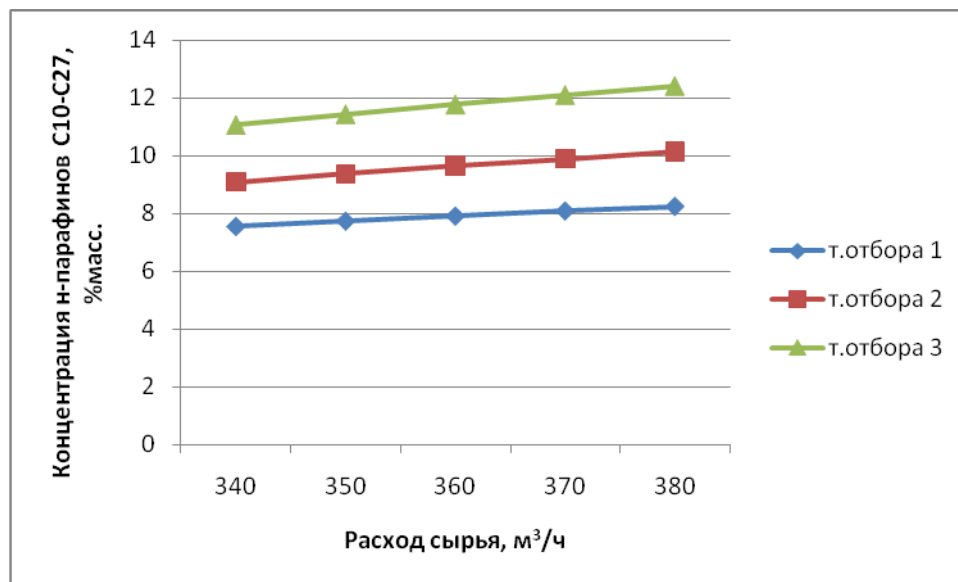


Рисунок 6 – Влияние расхода сырья на содержание н-парафинов $C_{10}-C_{27}$ в продукте

При увеличении расхода сырья уменьшается время контакта сырья и катализатора, при этом содержание парафиновых углеводородов нормального строения $C_{10}-C_{27}$ в продукте увеличивается на 0,71%масс. для сырья токи отбора 1 (с 7,54%масс. до 8,25%масс.), на 1%масс. для токи отбора 2 (с 9,09%масс. до 10,14%масс.) и на 1,35%масс. для точки отбора 3 (с 11,06%масс. до 12,41%масс.).

3.3 Подбор оптимальных режимов проведения процесса при изменяющемся составе сырья

Температура – один из факторов, определяющих скорость реакций в процессе. Поэтому для определения оптимального режима, исследовали её влияние в диапазоне 330–370 °С на содержание н-парафинов $C_{10}-C_{27}$ в продукте, в зависимости от расхода сырья в диапазоне 340–380 м³/ч. При этом давление принято равным 7,2 МПа, расход водород содержащего газа – 15000 м³/ч.

Оптимизация по температуре и расходу сырья для трех составов сырья осуществлялась, ориентируясь на то, чтобы температура помутнения была не выше минус 22 (по ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009), класс 2)), по которому дизельное топливо производится на рассматриваемой установке. Результаты прогнозного расчета представлены в табл. 11, 12, 13.

Таблица 11 – Результаты прогнозного расчета на модели для сырья точки отбора 1

Расход сырья, м ³ /ч	Температура в реакторе, °С	Содержание н-парафинов С10–С27	Выход целевых ДФ,	T _n ДФ, °С
340	330	10,43	60	Минус 21
	340	9,23	59	Минус 24
	350	7,54	58	Минус 28
	360	5,52	58	Минус 30
	370	3,69	56	Минус 37
350	330	10,53	60	Минус 21
	340	9,37	60	Минус 23
	350	7,73	58	Минус 27
	360	5,75	57	Минус 31
	370	3,89	56	Минус 36
360	330	10,61	60	Минус 21
	340	9,5	60	Минус 23
	350	7,91	59	Минус 27
	360	5,96	57	Минус 31
	370	4,09	56	Минус 36
370	330	10,69	60	Минус 20
	340	9,63	60	Минус 23
	350	8,09	59	Минус 26
	360	6,17	57	Минус 31
	370	4,29	56	Минус 35
380	330	10,77	60	Минус 20
	340	9,74	60	Минус 23
	350	8,25	59	Минус 26
	360	6,37	58	Минус 30
	370	4,49	56	Минус 35

T_n – температура помутнения.

Таблица 12 – Результаты прогнозного расчета на модели для сырья точки отбора 2

Расход сырья, м ³ /ч	Температура в реакторе, °С	Содержание н-парафинов С10–С27	Выход целевых ДФ,	T _n ДФ, °С
340	330	13,47	62	Минус 14
	340	11,68	61	Минус 18
	350	9,09	59	Минус 24
	360	6,01	57	Минус 31
	370	3,33	56	Минус 37
350	330	13,60	62	Минус 14

	340	11,88	61	Минус18
	350	9,37	60	Минус23
	360	6,32	58	Минус30
	370	3,58	56	Минус37
360	330	13,72	62	Минус13
	340	12,07	61	Минус17
	350	9,64	60	Минус23
	360	6,62	58	Минус30
	370	3,82	56	Минус36
370	330	13,83	62	Минус13
	340	12,25	61	Минус17
	350	9,89	60	Минус22
	360	6,91	58	Минус29
	370	4,07	56	Минус36
380	330	13,94	63	Минус13
	340	12,42	62	Минус16
	350	10,14	60	Минус22
	360	7,20	58	Минус28
	370	4,33	56	Минус35

Таблица 13 – Результаты прогнозного расчета на модели для сырья точки отбора 3

Расход сырья, м ³ /ч	Температура в реакторе,	Содержание н-парафинов	Выход целевых	T _n ДФ, °С
340	330	16,56	64	Минус7
	340	14,36	63	Минус12
	350	11,06	61	Минус20
	360	7,00	58	Минус29
	370	3,47	56	Минус37
350	330	16,72	64	Минус7
	340	14,62	63	Минус11
	350	11,43	61	Минус19
	360	7,40	58	Минус28
	370	3,77	56	Минус36
360	330	16,86	64	Минус6
	340	14,86	63	Минус11
	350	11,77	61	Минус18
	360	7,79	59	Минус27
	370	4,08	56	Минус36
370	330	17,00	65	Минус6
	340	15,08	63	Минус10
	350	12,10	61	Минус17
	360	8,17	59	Минус26
	370	4,39	56	Минус35
380	330	17,13	65	Минус6
	340	15,29	63	Минус10

	350	12,41	62	Минус16
	360	8,55	59	Минус25
	370	4,71	57	Минус34

Для сырья каждой точки отбора выбрана оптимальная температура в реакторе, которая позволяет получать компоненты дизельных топлив с требуемыми низкотемпературными свойствами (температура помутнения не выше минус 22 °С) при сохранении высокого выхода (58–60 %).

Для сырья точки отбора 1 оптимальная температура в реакторе гидродепарафинизации составляет 340 °С, для точки отбора 2 – 350 °С и для точки отбора 3 – 360 °С при расходе сырья, изменяющемся в диапазоне 340–380 м³/ч.

При этом при переработке увеличение температуры выше оптимальной приводит к снижению выхода дизельных фракций. Поэтому увеличение температуры выше оптимальной не целесообразно.

При увеличении расхода сырья производительность установки гидродепарафинизации увеличивается, однако при этом качество продукта снижается и не соответствует требуемым значениям содержания высокомолекулярных н-парафинов, и, соответственно, требуемой температуре помутнения. Поэтому процесс необходимо проводить при оптимальном соотношении температуры и расхода сырья для получения продукта с требуемыми характеристиками.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование[24]. На рисунке 7 представлена карта сегментирования рынка по виду оказываемой услуги с применением математической модели процесса гидродепарафинизации дизельного топлива.

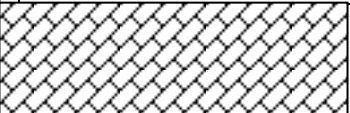
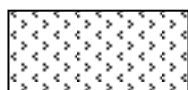
Потребитель	Вид услуги		
	Продажа программного продукта	Оказание услуг по исследованию и оптимизации	Продажа тренировочной версии
Крупные НПЗ			
Средние НПЗ			
Мелкие НПЗ			
Образовательные учреждения			
Проектные организации			

Рисунок 7 – Карта сегментирования



- фирма А



- фирма Б



- фирма В

На Рисунке 7 показано, какие ниши на рынке услуг по применению математической модели не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок.

Анализ конкурентных технических решений

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)[25],[26],выполненных в 2015 и 2016 годах соответственно.

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}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности труда пользователя	0,09	5	2	2	0,45	0,18	0,18
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	5	3	3	0,35	0,21	0,21
Энергоэкономичность	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
Надежность	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
Безопасность	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,2	5	3	2	1	0,6	0,4
Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
Цена	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
Послепродажное обслуживание	0,07	5	5	2	0,35	0,35	0,14
Финансирование научной разработки	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
Срок выхода на рынок	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1	63	51	46	4,9	3,73	3,23

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

(1)

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Разрабатываемая математическая модель является конкурентоспособной на рынке, главным преимуществом которой, является чувствительность к составу перерабатываемого сырья.

SWOT-анализ

Для комплексной оценки научно-исследовательского проекта применяют SWOT-анализ, результатом которого является описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 15.

Таблица 15 – SWOT-анализ

	Сильные стороны проекта: 1. Возможность оптимизации важного процесса переработки нефтяного сырья – гидродепарафинизации. 2. Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов. 3. Возможность проведения необходимых исследований без вмешательства в работу 4. Отсутствие аналогичных математических моделей по процессу 5. Чувствительность к изменению состава сырья. 6. Наличие бюджетного финансирования 7. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны проекта: 1. Ограниченность экспериментальных данных спромышленной установки. 2. Отсутствие учета в модели реакции коксо-образования на катализаторе депарафинизации. 3. Отсутствие экспериментальных образцов для проведения анализа.
--	--	---

Угрозы: 1.Создание подобной модели на рынке в более быстрые сроки 2.Внедрение других моделей на предприятия отечественных НПЗ 3. Отсутствие спроса не заинтересованность предприятий по внедрению инновационного проекта	1. Продвижение новой технологии оптимизации процесса с применением математической модели. 2. Развитие конкурентной среды. 3. Введение в модель чувствительности к составу сырья	1.Разработка научного исследования 2.Повышение квалификации кадров у потребителя 3.Приобретение необходимых экспериментальных данные по составу сырья и продукта с промышленной установки.
Возможности: 1. Внедрение разработанной модели на предприятия нефтепереработки для оптимизации процесса производства дизельных топлив. 2. Внедрение разработанной модели на производство для отработки действий персонала. 3. Внедрение системы в образовательную сферу в качестве компьютерного тренажера для обучения студентов. 4.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ 5. Внедрение на Российский НПЗ процесса гидродепарафинизации и соответственно повышение спроса на разрабатываемый продукт.	Разработка математической модели процесса каталитической гидродепарафинизации на основании физико-химической основы процесса с учетом реакционной способности углеводородов, участвующих в реакциях	1.Ограниченность экспериментальных данных с промышленной установки. 2.Отсутствие данных о содержании кокса на катализаторе. 3.Повышение эффективности использования сырья на предприятии 4.Повышение квалификации персонала на производстве 5.Создание тренировочной версии для обучения студентов основам процесса гидродепарафинизации, закономерностям процесса. 6.Отсутствие экспериментальных образцов для проведения анализа.

В данном разделе был проведен SWOT-анализ, представленный в таблице 15. По его результатам были выявлены сильные и слабые стороны проекта, а так же угрозы и возможности. Так же было выявлено то, как можно компенсировать слабые стороны проекта за счет его возможностей и нейтрализовать угрозы с помощью сильных сторон проекта. Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

В Таблице 16 составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 16 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
	4	Изучение литературы: назначение процесса, термодинамический анализ реакций, составление формализованной схемы превращений	Бакалавр
	5	Разработка кинетической модели	Руководитель, бакалавр
	6	Проверка модели на адекватность	Бакалавр
	7	Расчет на разработанной математической модели	Бакалавр
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Бакалавр
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель
Обобщение и оценка результатов	10	Составление пояснительной записки	Бакалавр
<i>Проведение ОКР</i>			
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр
	12	Защита дипломной работы	Бакалавр, руководитель

Определение трудоемкости выполнения работ

Ожидаемая трудоемкость выполнения [27]:

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

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

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

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

Ожидаемая трудоемкость для этапов работы приведенных в таблице 4.3 рассчитывается по формуле (2):

$$t_{\text{ож1}} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4, \text{ чел.-дн.}$$

Для этапов 2 – 14 расчет аналогичен. Результаты в Приложении Г.

Продолжительность каждой работы в рабочих днях [28]:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} \quad (3)$$

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

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

Продолжительность каждого этапа работы приведенных в таблице 4.3 рассчитывается по формуле (3):

$$T_{p1} = \frac{1,4}{1} = 1,4$$

Для этапов 2 – 14 расчет аналогичен. Результаты в Приложении Г.

Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (4)$$

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

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

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

Продолжительность выполнения каждого этапа работы приведенных в Таблице 4.3 рассчитывается по формуле (4).

$$T_{\text{кл}} = 1,4 \cdot 1,48 = 2,08 = 2$$

Для этапов 2-14 расчет аналогичен. результаты в Приложении Г.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (5)$$

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

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 119} = 1,48$$

Все рассчитанные значения представлены в Приложении Г.

На основе Приложения Г строится календарный план-график Приложение Д.

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением[27].

Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле[29]:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расхи}} \quad (6)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты на приобретение тетради рассчитываются по формуле (4.6):

$$З_m = (1 + 7) \cdot 35 \cdot 1 = 219$$

Для остальных видов материальных ресурсов расчет аналогичен. Результаты в таблице 17.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед. с НДС, руб.		Затраты на материалы, (З _м), руб.	
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Тетрадь	шт.	1	2	20	20	160	320
Ручка	шт.	1	4	60	60	510	2040
Флешка	шт.	1	1	250	250	9625	9625
Картридж для принтера	мл	100	200	6	6	1140	2280
Бумага	листов	500	600	0,52	0,52	432	518
Скоросшиватель	шт.	1	3	55	55	509	1526
Итого						12376	16309

Исп.1 – руководитель, исп.2 – бакалавр.

Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Расчет затрат на приобретение программного обеспечения (ПО) в таблице 18

Таблица 18 – расчеты затрат на приобретение ПО

Наименование ПО		Стоимость ПО с НДС, руб.	
Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.3
Microsoft office	Microsoft office	2900	2900
Delphi	Delphi	43800	43800
Итого:		46700	46700

Расчет заработной платы

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчёт основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнитель и по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по окладам без к _р , тыс. руб.
---	---------------------	-----------------------------	-------------------------	--	--

1	Разработка технического задания, выбор направления исследований, оценка результатов	Руководитель, аспирант	12	1,458	17,496
3	Теоретические и экспериментальные исследования. Расчет на разработанной модели, оформление отчета по НИР	Бакалавр	55	0,181	9,955

Итого:
27,451

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (7)$$

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (8)$$

В ТПУ

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{б}} \cdot K_{\text{р}} \quad (8^*)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (9)$$

В формуле (9) $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 20).

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	92	92
Действительный годовой фонд рабочего времени	155	155

Месячный должностной оклад работника[34]:

$$З_m = З_б * k_p, (4.10)$$

где $З_б$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 21.

Таблица 21 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_б$, руб.	k_p	$З_m$, руб.	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	17496	1,3	22745	1526	155	236530
Бакалавр	9955	1,3	12941	868	155	134540

Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (10)$$

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплат (13 % от $З_{осн}$);

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

Результаты расчета в таблице 21.

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (11)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%[29].

Результаты расчета в таблице 21.

Расчет затрат на научные и производственные командировки

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов.

Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками).

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работ и определяется из условий договоров с контрагентами или субподрядчиками.

Накладные расходы

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

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) * k_{нр} \quad (12)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Результаты расчета в таблице 4.9.

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции[29].

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Руководитель	Бакалавр
Мат.затраты	12376	16309
Затраты на спец. Оборудование	46700	46700
ЗП. Основная	236530	134540
ЗП. Дополнительная	30748,9	17490,2
Отчисления во ВнФ	72165,3	-
Затраты на научн. командировки	-	-
Контрагентские расходы	-	-
Накладные расходы	37844,8	21526,4
Бюджет НТИ	436365	236565,6

Согласно полученным результатам бюджет затрат НТИ составляет 672930,6 рублей.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как [27]:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (23),$$

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

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

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

$$I_{\text{ф}}^1 = 1477048/2770452=0.53$$

$$I_{\text{ф}}^2 = 2770452/2770452=1$$

$$I_{\text{ф}}^3 = 1554352/2770452=0.56$$

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 23

Таблица 23 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,1	4	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	2	3	4
3. Энергосбережение	0,15	4	5	5
4. Надежность	0,20	3	4	4
5. Воспроизводимость	0,25	5	3	5
6. Материалоемкость	0,15	4	5	4
ИТОГО	1			

$$I_{p.-исп1} = 0,1 * 4 + 0,15 * 2 + 0,15 * 4 + 0,20 * 3 + 0,25 * 5 + 0,15 * 4 = 3,8$$

$$I_{p.-исп2} = 0,1 * 4 + 0,15 * 3 + 0,15 * 5 + 0,2 * 4 + 0,25 * 3 + 0,15 * 5 = 3,9$$

$$I_{p.-исп3} = 0,1 * 5 + 0,15 * 5 + 0,15 * 4 + 0,20 * 4 + 0,25 * 5 + 0,15 * 4 = 4,5$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.} \quad (24)$$

$$I_{исп}^1 = 3,8 / 0,53 = 7,2$$

$$I_{исп}^2 = 3,9 / 1 = 3,9$$

$$I_{исп}^3 = 4,5 / 0,56 = 8,0$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$) [27]:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (25)$$

Таблица 24 - Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,53	1	0,56
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,8	3,9	4,5
Интегральный показатель эффективности	7,2	3,9	8,0
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,1	2,1	1

В результате проведенной работы была спроектирована и создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является одним из национальных приоритетов в целях сохранения человеческого капитала[30]. Для этого применяется комплекс мер, содержащий правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [30].

В Статье [31] 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 [30], 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[30]. 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[32] 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 [33]. 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 [33]. Согласно Статье 8 [33], 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 [28] является межгосударственным стандартом, и содержит практические рекомендации, предназначенные для использования всеми, на кого возложена ответственность за управление охраной труда [30].

Для выполнения задачи сохранения жизни и здоровья работника, согласно приказу [34], 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 [35], а так же согласно документу [36], 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 [36] или же денежная выплата). Согласно [37] 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 бакалаврской 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.

5.1 Производственная безопасность

Работа за персональным компьютером регулируется техникой безопасности предприятия и требует соблюдения предписанных норм. При работе с компьютером на человека могут воздействовать следующие опасные производственные факторы:

- поражение электрическим током;
- возникновение пожара;
- возможность механического травмирования;
- ожоги в результате случайного контакта с горячими поверхностями внутри лазерного принтера.

К вредным физическим производственным факторам относятся:

- повышенный уровень электромагнитного излучения;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенные уровни запыленности воздуха рабочей зоны;
- повышенное содержание положительных и отрицательных ионов в воздухе рабочей зоны;
- пониженная или повышенная влажность и подвижность воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума;
- нерациональная организация освещения рабочего места.

5.1.1 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 [38,39] 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 [38] 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 [40]. 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 [41] 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 [42]. Рабочее место не имеет собственных источников вибрации, но испытывает общетехнологические воздействия. Следовательно, согласно классификации [42] 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 [38] 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 [38] 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 [43]. 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 [44] 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 [44].

Аэроинный 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 [45] 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 см³ воздуха; оптимальный уровень 3 000-5 000 и 1 500-3 000 ионов в 1 см³ воздуха; максимально допустимый — 50 000 ионов в 1 см³ 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.

5.1.2 Анализ опасных факторов на рабочем месте

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 25 – 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.
Окись углерода	20	4	Токсическое действие СО проявляется тканевой гипоксией. СО соединяется с гемоглобином, образуя карбоксигемоглобин
Пары нефтепродуктов	10	3	После вдыхания паров возникает кашель, отдышка; нарастает отдышка, появляются кашель, 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.

5.2 Охрана окружающей среды

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.

5.3 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 [46] 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[47]. 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 [48] 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 дождаться 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.

5.3.1 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 ОП-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 бачки, площадь ограждения $S = 170 \text{ м}^2$, высота бортика 1м; 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.

5.4 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. [49]

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.[50] **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 высоkozастывающими 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 и расход сырья. Повышение температуры и снижение расхода сырья в процессе гидродепарафинизации позволяет получать дизельное топливо с более низкими температурами застывания, фильтруемости и помутнения за счет увеличения конверсии высокомолекулярных *n*-алканов и увеличения выхода *i*-парафинов.

Анализ влияния температуры на процесс показал, что при увеличении температуры на 40°C наблюдается уменьшение концентрации высокомолекулярных *n*-парафинов на 6,64%мас. (с 10,53%мас. до 3,89%мас) для сырья точки отбора 1, для точки отбора 2 на 10%мас. (с 13,6%мас. до

3,58%мас.) и для точки отбора 3 на 13%мас. (с 16,72%мас. до 3,77%мас.), что способствует улучшению низкотемпературных свойств получаемых в процессе гидродепарафинизации дизельных фракций.

Анализ влияния расхода сырья на процесс показал, что при увеличении расхода сырья на 40 м³/ч увеличивается содержание парафиновых углеводородов нормального строения C₁₀—C₂₇ в продуктовой смеси на 0.7 процента массовых для точки отбора 1 (с 7,54%мас. до 8,25%мас.), на 1%мас. для точки отбора 2 (с 9,09%мас. до 10,14%мас.) и на 1,35%мас. для точки отбора 3 (с 11,06%мас. до 12,41%мас.), так как уменьшается время контакта сырья и катализатора.

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

При увеличении расхода сырья производительность установки гидродепарафинизации увеличивается, однако при этом качество продукта снижается и не соответствует требуемым значениям содержания высокомолекулярных n-парафинов, и, соответственно, требуемой температуре застывания. Поэтому процесс необходимо проводить при оптимальном соотношении температуры, расхода ВСГ в зависимости от расхода сырья для получения продукта с требуемыми характеристиками.

Список публикаций

1. Новикова А.С., Францина Е.В. Исследование процесса каталитической депарафинизации смеси дизельных фракций и атмосферного газойля с применением компьютерной моделирующей системы // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, имени профессора Л.П. Кулёва, посвященной 120-летию Томского политехнического университета (г. Томск, 17–20 мая 2016 г.) / Томский политехнический университет. — Томск : Изд-во Томского политехнического университета. — 2016. — с. 368-369

Список использованных источников

1. Статистическая информация [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министер-ства энергетики РФ. – Режим доступа: <http://www.minenergo.gov.ru/activity/statistic>.

2. Капустин В. М., Чернышева Е. А. Перспективы развития каталитических процессов нефтепереработки и повышения в них роли катализаторов / II Российский конгресс по катализу «РОСКАТАЛИЗ» [Электронный ресурс]: тезисы докладов конгресса, 2-5 октября 2014, Самара /

ИК СО РАН. – Новосибирск: Институт катализа СО РАН, 2014. – USB-Флеш-накопитель. С.31. ISBN 978-5-906376-07-7.

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 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.

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

7. Туманян, Б. П. Практические работы по технологии нефти. Малый лабораторный практикум: учебное пособие / Б. П. Туманян. – М.: Техника, 2009. – 160 с.

8. Гульяев, С. В. Физико-химические свойства дизельных топлив Западной Сибири / С.В. Гульяев, А. М. Глазунов, В. В. Дрогалев, С. Г. Агаев // Новейшие технологические реше-ния и оборудование: Материалы III общероссийской конференции, 19-21 апреля 2015 г., Кисловодск.

9. Переверзев, А. Н. Концентрирование n-алканов при выделении жидких парафинов цеолитами / А. Н. Переверзев, А. С. Овчарова // Вузовская наука Северо-Кавказскому региону: Материалы региональной научно-технической конференции, 2006., СевКавГТУ.

10. Энглин, Б. А. Применение жидких топлив при низких температурах / Б.А. Энглин. – М.: Химия, 1980. – 208с.

11. Нефтепродукты: свойства, качество, применение. Справочник / под ред. Б.К. Лосикова. – М.: Химия, 1966. – 776 с.

12. Данилова, А.М. Применение присадок в топливах. Справочное издание. / А.М. Данилов. – М.: Мир, 2005. – 289 с.

13. 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.

14. Чистяков В.Н. , Пиджаков Д.А. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2004. - №7. – С. 7-11.

15. Афанасьев И.П. , Алексеев С.З. , Минхайров М.Ф. , Ишмурзин А.В. , Лебедев Б.Л. ,Першин В.А. // Нефтепереработка и нефтехимия . – 2005. - №10. – С.20-24.

16. Афанасьев И.П., Ишмурзин А.В., Талалаев С.Ю., Лебедев Б.Л. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2014.- №4. – С. 10-18.

17. Афанасьев И.П., Лебедев Б.Л., Ишмузин А.В., Талалаев С.Ю. , Вишенцев А.Ю., Антипин С.Г. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2014. - №4.- С.18-22.

18. Кинзуль А.П., Иващенко И.В., Хандаркаев С.В., Домнин П.И., Долгов В.А., Фокина Н.А., Давлетшина Р.А. // Мир нефтепродуктов. – 2012. - №8. – С.12-14.

19. Нападовский В.В., Ежов В.В., Баклашов К.В., Лебедев Ю.Н., Левандовский А.С., Мелехин В.В., Зайцев В.Г. // ХТТМ. – 2006. - №5. – С.13-17.

20. Афанасьев И.П., Лебедев Б.Л., и др. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2014. - №4. – С.22-27.
21. Капустин В.М., Рудин М.Г. Химия и технология переработки нефти. – М.: Химия, 2013. – 496 с.
22. Технологический регламент установки Л-24-10/2000 «Установка гидродепарафинизации смеси атмосферного газойля с бензином висбрекинга». – 2013. – 531 с.
23. 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.
24. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2014. – 73 с.
25. Разработка формализованной схемы превращений углеводородов и кинетической модели процесса гидродепарафинизации дизельных топлив./ Силко Г.Ю., Францина Е.В., Ивашкина Е.Н., Иванчина Э.Д., Белинская Н.С.// Известия Томского политехнического университета./ - 2013. – № 3. – с. 129–133
26. Оптимизация технологического режима установки гидродепарафинизации дизельных топлив методом математического моделирования./Белинская Н.С., Иванчина Э.Д., Ивашкина Е.Н., Силко Г.Ю., Францина Е.В.// Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2014 – Вып. 11. – с. 90-92
27. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2014. – 73 с.
28. 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”.

29. 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.

30. Конституция Российской Федерации (принята на всенародном голосовании 12 декабря 1993 г.) .

31. 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.

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

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

34. Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

35. Постановление Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2009 г.N 1213 «Об утверждении технического регламента о безопасности средств индивидуальной защиты».

36. 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».

37. 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».

38. 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.

39. 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.

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

41. 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.

42. 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.

43. 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.

44. 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

45. 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.

46. 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.

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

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

49. Закон Российской Федерации «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

50. Федеральный закон «О пожарной безопасности».

Приложение А

Таблица 1. – Характеристики сырья, стабилизата гидроочищенной и депарафинизированной фракции 180-340 °С и бензина-отгона секции 200

Показатели	Плотность, г/см ³	Фракционный состав, °С							Температура, °С			Вязкость, мм ² /с
		Н.к.	5%	10%	50%	90%	96%	К.к.	Помутнения	Застывания	вспышки	
Сырье с.200 (фр. 180-340 °С)	0,8297	141	-	210	265	315	336	-	-12	-30	-	3,95
Гидроочищенное сырье фр.180-330(340 °С)	0,8351	193	217	228	261	305	323	-	-23	-19	70	4,28
Бензин-отгон(с.200)	0,7021	29	-	52	100	152	-	177	-	-	-	-

Приложение Б

Таблица 2 –Характеристики сырья, стабильной керосиновой фракции 140-240 град С и бензина отгона секции 300

Показатели	Плот-ность, г/см ³	Фракционный состав,°С						Температура,°С		Вязкость,мм ² /с
		Н.к.	10%	50%	90%	96%	К.к.	Застывания	Вспышки	
Сырье с.300 (фр.140-240 °С)	0,7861	125	152	179	206	218	-	-26	30	1,35
Стабильная керосиновая фр. 140-240 °С	0,7896	149,5	162	181	207,5	220,5	-	-	42	1,41
Бензин-отгон(с.200)	0,7425	86	-	-	-	-	123	-	-	-

Приложение В

Таблица 3 – Характеристика смесового дизельного топлива

Показатели	Плотность, г/см ³	Фракционный состав,°С						Температура,°С			Вязкость, мм ² /с	Цетановое число
		Н.к.	10 %	50 %	90 %	96%	98 %	Помутнения	Застывания	вспышки		
с.300 К-301 к	0,7896	148,5	161	178,5	205	-	218	-	-	40	1,41	-
с.200 К-201 к	0,8351	193	228	261	305	323	-	-23	-30	77	4,28	-
Дизельное топливо смесовое (ГОСТ 305-82)	0,8061	155	171	202	282	315	-	-26	-46	48	2,03	47

Приложение Г

Таблица 4 - Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях, T _{pi}		Длительность работ в календарных днях, T _{ki}	
		t _{max} , чел-дни		T _{min} , чел-дни		t _{ож.} чел-дни							
		Исп.1	Исп.2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп.1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп.2
1	Составление и утверждение технического задания	3		2		2,4		Р		2,4		4	
2	Выбор направления исследований	2	2	1	1	1,4	1,4	Р	Б	0,7	0,7	1	1
3	Календарное планирование работ по теме	4		2		2,8		Р		2,8			4

Обозначения: Исп.1 -Р – руководитель; Исп.2 - Б-бакалавр

Продолжение таблицы 4

4	Изучение литературы: назначение процесса, термодинамический анализ реакций, составление формализованной схемы превращений		14		7		9,8		Б		9,8		15
5	Разработка кинетической модели	7	7	4	4	5,2	5,2	Р	Б	2,6	2,6	4	4
6	Проверка модели на адекватность		1		1		1		Б		1		2
7	Расчет на разработанной математической модели		2		1		1,4		Б		1,4		2
8	Оценка эффективности полученных результатов		2		1		1,4		Б		1,4		2
9	Определение целесообразности проведения ОКР	1		1		1		Р		1		2	
10	Оформление отчета по НИР		7		5		5,8		Б		5,8		9

Продолжение таблицы 4

11	Подготовка к защите дипломной работы		14		7		9,8		Б		9,8		15
12	Защита дипломной работы	1	1	1	1	1	1	Р	Б	0,5	0,5	1	1

Приложение Д

Таблица 5 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работы	Исполнители	Т _{кп} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				Февр	Март			Апрель			Май			Июнь	
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4												
2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	1												
3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	4												
4	Изучение литературы: назначение процесса, термодинамический анализ реакций, составление формализованной схемы превращений	Бакалавр	15												
5	Разработка кинетической модели	Руководитель, бакалавр	4												
6	Проверка модели на адекватность	Бакалавр	2												

Продолжение таблицы 5

7	Расчет на разработанной математической модели	Бакалавр	2												
8	Оценка эффективности полученных результатов	Бакалавр	2												
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель	2												
10	Составление пояснительной записки	Бакалавр	9												
11	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр	15												
12	Защита дипломной работы	Руководитель, бакалавр	1												

Обозначения:



- Руководитель

- Бакалавр

