

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

Школа Инженерная школа природных
ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и
биотехнологии»

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Математическое моделирование процесса гидроочистки дизельного топлива

УДК 665.753.4:665.658:519.876

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К4А	Кислинская Александра Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Кривцова Надежда Игоревна	к.т.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

ДОПУСТИТЬ ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ХТТ и ХК	Юрьев Егор Михайлович	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ООП 18.03.01)

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социальноэкономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1), CDIO(п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
Р2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), CDIO (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
Р3	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)
Р4	Разрабатывать <i>новые</i> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <i>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</i>	Требования ФГОС (ПК11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3) CDIO (п.1.3, 4.4, 4.7)
Р5	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)
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <i>выводить на рынок новые материалы</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химикотехнологическом 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)

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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></p>	<p>Введение. Теоретический анализ – Процесс гидроочистки дизельного топлива: основная технологическая схема, влияние технологических параметров на процесс, катализаторы, химизм и механизм процесса.</p> <p>Подходы к моделированию процесса гидроочистки.</p> <p>Постановка задачи исследования - Объекты и методы анализа. Результаты работы и их обсуждение – математическая модель процесса гидроочистки дизельного топлива, нахождение кинетических параметров. Заключение. Финансовый менеджмент. Социальная ответственность. Список использованных источников.</p>
--	--

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>нет</p>
--	------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ШБИП, к.э.н., Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Ассистент, Немцова Ольга Александровна

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

<p>Введение Обзор литературы Объект и методы исследования Результаты проведенного исследования Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Социальная ответственность Выводы Список публикаций Список использованных источников</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>28.05.2018 г.</p>
--	-----------------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кривцова Н.И.	К.т.н., доцент		15.01.18 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К4А	Кислинская Александра Александровна		15.01.18 г.

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.16	Введение	
30.03.16	Отбор и анализ литературы	
30.04.16	Эксперимент и обсуждение результатов	
15.05.16	Написание и оформление работы	
20.05.16	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
20.05.16	Социальная ответственность	
01.06.16	Выводы	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кривцова Надежда Игоревна	к.т.н, доцент		

СОГЛАСОВАНО:

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2К4А		Кислинской Александре Александровне	
Школа	ИШПР	Отделение	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. Анализ конкурентных технических решений 3. SWOT-анализ
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий
3. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Проведение оценки экономической эффективности исследования моделирования процесса гидроочистки дизельного топлива и внедрения катализатора HR-583

Перечень графического материала:

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
6. Сравнительная эффективность разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К4А	Кислинская Александра Александровна		

решения в следующей последовательности:	
2. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы). Основными вредными веществами, выбрасываемыми, в атмосферу из источников являются: углеводороды, окислы азота, сероводород, окись углерода, сернистый газ. Для снижения выделения выбросов в атмосферу предусмотрены мероприятия, рассматриваемые в разделе.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: <ul style="list-style-type: none"> – разгерметизация фланцевых соединений аппаратов и трубопроводов; – размораживание (в зимних условиях) трубопроводов и аппаратов; – внезапная остановка отдельных систем и агрегатов; – появление неисправностей на работающих системах; – нарушение норм технологического режима; – нарушение требований охраны труда работающими.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	"Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014) Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: технический перерыв, проветривание, полная изоляция от производственных источников шума и вибрации.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К4А	Кислинская Александра Александровна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 88 с., 14 рисунков, 49 таблиц, 65 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: кинетическая модель, установка гидроочистки, серосодержащие соединения, гидроочистка, дизельное топливо, Л-24-10/2000.

Объектом исследования является процесс гидроочистки дизельного топлива на промышленной установке гидродепарафинизации ООО «КИНЕФ». Состав сырья и продуктов, технологические режимы установки.

Цель работы – исследование кинетических закономерностей процесса гидроочистки дизельного топлива.

В процессе исследования был проведен анализ экспериментальных данных с промышленной установки дегидропарафинизации ЛР-24/10-1000 ООО «КИНЕФ», изучение механизма реакций, протекающих в ходе процесса гидроочистки, составление списка возможных реакций, которые могут быть использованы в дальнейшем для разработки модели, составление системы дифференциальных уравнений кинетической модели, оценка кинетических параметров модели с использованием экспериментальных данных и проверка модели на адекватность.

Научно-исследовательская работа направлена на изучение кинетических закономерностей процесса гидроочистки, осуществляемого на установке дегидропарафинизации.

Область применения: моделирование процесса гидроочистки дизельного топлива, исследование и прогнозирование оптимального технологического режима работы промышленных установок.

В будущем планируется написание более развернутой математической модели гидроочистки и внедрение полученной программы в сфере улучшения технологии гидроочистки дизельного топлива

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	14
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	16
1.1. Характеристика сырья и продуктов гидроочистки	16
1.2. Химизм и механизм процесса	22
1.3. Катализаторы гидроочистки	25
1.4. Подходы к моделированию процесса гидроочистки	35
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	38
2.1. Характеристика объекта исследования	38
2.2. Описание технологической схемы установки дегидропарафинизации атмосферного газойля с бензиом висбрекинга	40
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	43
3.1. Построение кинетической модели процесса гидроочистки	43
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	54
Введение	54
4.1. Предпроектный анализ	54
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	54
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	55
4.1.2.1 Анализ компаний, производителей реагентов	55
4.1.2.2 Сравнение конкурентных технических решений	58
4.1.3. SWOT-анализ	59
4.2 Структура работ в рамках научного исследования	64
4.2.1. Оценка готовности проекта к коммерциализации	65
4.2.2. Методы коммерциализации результатов научно технического исследования	66
4.3. Инициация проекта	67
4.3.1. Организационная структура проекта	68
4.4. Планирование НИР	68
4.4.1. Структура работ в рамках научного исследования	68
4.4.2. План проекта	71
4.3 Расчет материальных затрат НТИ	73
4.3.1. Бюджет научного исследования	73
4.5. Формирование бюджета затрат научно исследовательского проекта	77
4.8. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	78
4.8.1. Оценка сравнительной эффективности исследования	78
5. Социальная ответственность	82
5.1. Введение	82
5.2. Анализ вредных факторов, которые могут возникнуть при	83

эксплуатации объекта исследования	
5.2.1 Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны	83
5.2.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны	85
5.2.3 Повышенный уровень шума	86
5.2.4 Повышенный уровень вибрации	87
5.3. Анализ опасных факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования	88
5.3.1 Пожаровзрывобезопасность	88
5.3.2 Давление	89
5.3.3 Движущиеся машины и механизмы	90
5.3.4 Электрический ток	90
5.4 Экологическая безопасность	92
5.4.1. Анализ воздействия выбросов на атмосферу	92
5.4.2. Анализ воздействия сбросов лаборатории на атмосферу	93
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	94
5.6 Специальные правовые нормы трудового законодательства	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	101

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Прямогонные фракции, которые получают при первичной переработке сернистых нефтей, не используются в качестве готовых нефтепродуктов по той причине, что в них повышенное присутствие гетеросоединений как сернистых, так и азотистых, а также кислородсодержащих, которые в свою очередь значительно снижают мощности двигателей, к тому же наносят огромный вред окружающей воздушной среде выделениями диоксидов серы, азота и других веществ. На данный момент процесс гидроочистки под давлением в присутствии катализаторов и водорода является наилучшим способом очистки топлива от вышеперечисленных соединений.

Учитывая сложившуюся ситуацию с ростом доли месторождений высокосернистых нефтей, а также увеличение интенсивности внедрения дизельного транспорта, на данный момент взят курс на увеличение ресурсов дизельных топлив за счет расширения фракционного состава. Это приводит к ужесточению экологических требований к топливам, а, следовательно, к актуализации развития и улучшения процесса гидроочистки дизельных топлив.

Целью дипломной работы являлось исследование кинетических закономерностей протекания процесса гидроочистки дизельного топлива для серосодержащих, моно- и полиароматических соединений, опираясь на данные предоставленные с установки дегидропарафинизации смеси атмосферного газойля с бензином висбрекинга Л – 24 – 10/2000 цеха № 8, на которой производились эксплуатационные испытания катализаторной системы катализатора основного слоя HR-538 (2.5) фирмы «Axens». Для достижения этой цели изучен отчет о проведении вышеуказанных испытаний, закономерности процесса гидроочистки, а также механизм протекания реакций.

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

Задачи исследования

1. Анализ экспериментальных данных с промышленной установки ЛР-24/10-1000 ООО «КИНЕФ»;
2. Составление списка возможных реакций, которые могут быть использованы в дальнейшем для разработки модели;
3. Составление системы дифференциальных уравнений кинетической модели;
4. Оценка кинетических параметров модели с использованием экспериментальных данных;
5. Проверка модели на адекватность

Методы исследования

Для выполнения данной работы были использованы общие методы исследования и расчетов технологических процессов, методы математической статистики и теория управления.

Практическая ценность работы

Рассчитанные кинетические параметры и полученные закономерности для исследуемого процесса позволят:

1. Проводить приблизительные расчеты основных кинетических параметров для данной установки;
2. Написать компьютерную моделирующую систему, с целью упрощения расчета необходимых параметров.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Характеристика продуктов и сырья гидроочистки

На данный момент состояние процессы гидроочистки нефтяных фракций являются достаточно востребованными в нефтеперерабатывающей промышленности, что обусловлено высоким спросом на дизельные топлива,

а также требованиями, предъявленными к качеству продукции. Именно поэтому уделяется особое внимание к снижению содержания таких веществ, как сера и ароматические углеводороды.

Гидроочистка как раз является процессом, цель которого уменьшить содержание гетеро соединений в сырье, как правило: сернистых, азотистых и металлоорганических. На данный момент основные требования к дизельному топливу представлены в документе ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия (с Изменением N 1) , в котором говорится о том, что содержание серы не должно превышать 0,005% масс., а полициклических ароматических углеводородов не более 8% масс [1].

Глубина переработки нефти в России в среднем составляет 79%. Для сравнения, глубина переработки, например, в США составляет 97% [2]. Двадцать пять российских заводов располагают 74 установками гидроочистки общей мощностью 102,7 млн т/год. К 2030 г. мощности установок гидроочистки в России увеличатся на 54% (по сравнению с 2015 г.) и составят 153 050 тыс. т/год [3]. Прогноз изменения мощности установок гидроочистки ОАО «НИИТЭХИМ» представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Мощность установок, млн т/год

Процесс	2014 г.	2015 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.
	(факт)	(факт)	(прогноз)	(прогноз)	(прогноз)
Гидроочистка	87510	102659	151028	153199	153050

В табл. 1.2 обобщены данные по планам, как нефтяных компаний, так и некоторых отдельных НПЗ по строительству новых установок ГО. Так же в этой таблице приводятся сведения о удалении с производств установок, действующих на данный момент.

Таблица 1.2 - Количество установок

Процесс	Действующие	Планируемые	Выбытие	Всего
Гидроочистка	78	30	7	101

Сырье для процесса гидроочистки дизельных топлив представлено прямогонными дизельными фракциями, которые выкипают в пределах 180-330, 180-36 и 240-360 °С из малосернистых, сернистых и высокосернистых нефтей [3]. Так как на данный момент необходимо увеличение выпуска дизельного топлива, такое развитие событий возможно за счёт, например, увеличения сырьевой базы для процесса гидроочистки или вовлечения вторичных дистиллятов, что является одним из лучших вариантов решения. Установки каталитического крекинга являются основным источником выработки вторичных дистиллятов [4]. В прямогонное сырье чаще всего добавляется около 30% дизельных фракций, полученных в процессах вторичной переработкой нефти [3]. Дело в том, что газойль каталитического крекинга содержит намного меньше соединений серы, а также азота. Если установка КК оснащена блоком гидроочистки сырья, то наш процесс будет протекать значительно легче с использованием продуктов крекинга в качестве сырья. Таким образом, основным ограничением при использовании вторичных дистиллятов в качестве сырья будет являться высокое содержание в них углеводородов, как непредельных, так и ароматических. К тому же, часто в составе вторичной фракции намного больше полициклических ароматических углеводородов, чем в прямогонной дистиллятной фракции. Важную роль так же будет играть наличие в сырье непредельных углеводородов и высококипящих фракций с повышенным содержанием сернистых соединений, потому как их наличие в сырье может привести к достаточно большому увеличению расхода водорода, а так же будет способствовать быстрому закоксовыванию катализатора гидроочистки и снижению его активности. При наличии в сырье избытка легких фракций будет наблюдаться к загрузке установки, которую считают непроизводительной.

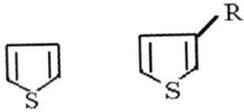
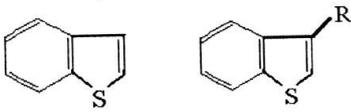
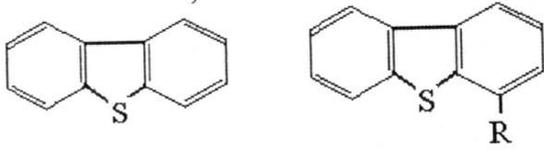
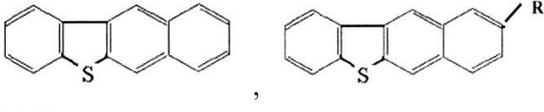
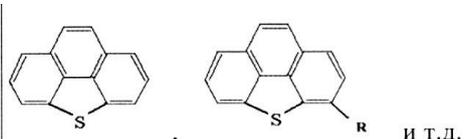
Говоря о технических параметрах, следует упомянуть, что гидроочистка является одноступенчатым процессом, протекающим в условиях более мягких, чем другие гидропроцессы, такие как гидрокрекинг или деструктивной гидрогенизацией. Процесс гидроочистки протекает при температуре, находящейся в диапазоне 350—430 °С, давлении 3,0—6,0 МПа, циркуляция водородсодержащего газа 100—600 м³/м³ сырья и объемная скорость 3—10 ч⁻¹ с применением катализатора.

Ухудшение качества товарных топлив, посредством наличия в них гетеросоединений, может стать причиной повышенного коксо- и нагарообразования в двигателях, так же, они увеличивают выброс в атмосферу оксидов серы, которые становятся причинами кислотных дождей в последствии.

Нефть, добываемая в России, чаще всего относится к классу либо сернистых, либо высокосернистых. Примеси серы присутствуют в любом сорте нефти и во всех нефтепродуктах, составляя от 0,05 до 6% от общей массы [6]. Соединения серы в основном неравномерно распределяются по всем фракциям, присутствуют даже в глубоко очищенных дистиллятах. Но, совсем исключить серу из топлива пока невозможно, например, если содержание серы в дизельном топливе ниже 0,035%, то значительно ухудшаются его смазывающие способности, а это в свою очередь приведет к ускорению износа элементов топливной системы. Для предотвращения этого, в солянку могут добавляться присадки, которые улучшают смазывающие свойства. Правда они еще пока малодоступны, по причине того, что их серийное производство еще не налажено. Таким образом, единственный выход – это снижение количества серы в нефтепродукте и установка строгих норм для последних.

В процессе гидроочистки сернистые соединения обычно подвергаются разрушению, так как их выделение, а также использование сернистых соединений до конца пока еще невозможно. Состав сернистых соединений нефти представлен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Сернистые соединения нефти

Группа соединений	Строение
Тиолы (меркаптаны)	RSH
Дисульфиды	$RSSR^*$
Сульфиды	RSR^*
Тиофены	
Бензотиофены	
Дибензотиофены	
Бензофтиофены	 <p>и т.д.</p>
Бензо дибензотиофены	 <p>и т.д.</p>

Наиболее распространенным классом сераорганических соединений в составе дизельной фракции как правило являются тиофены, бензотиофены и их алкилзамещенные гомологи, доля которых обычно возрастает с ростом температуры кипения. Разумеется, что количество тиофенов в сырье дизельного топлива очень сильно различаются в зависимости от состава нефти, фракционного состава самого сырья и обработки, которой оно было подвержено до процесса.

Целевым продуктом процесса соответственно является гидроочищенное сырьё, которое в случае нашего процесса представлено стабильным дизельным топливом. Наиболее важными характеристиками для

дизельных топлив являются: воспламеняемость, фракционный состав, нагарообразование, вязкость, температура помутнения и др.

Такое свойство, как воспламеняемость обуславливается, как правило, склонностью дизельного топлива к самовоспламенению, то есть, она определяется периодом запаздывания его воспламенения. Период запаздывания в свою очередь напрямую будет зависеть от цетанового числа, которое именно поэтому и является показателем самовоспламеняемости топлив.

Фракционный состав топлива влияет в основном на степень распыления, нагароотложение, дымность выхлопа, полноту сгорания, а также разжижение картерного масла. Чем выше содержание в сырье легких фракция, тем больше будет давление сгорания, а, например, тяжелое топливо намного хуже распыляется, так как возрастает поверхностное натяжение топлива.

Склонность к нагароотложению характеризуется высокотемпературными свойствами дизельных топлив. Низкотемпературные свойства дизельных топлив характеризуются следующими показателями: вязкостью, температурой застывания, температурой помутнения. Вязкость дизельного топлива влияет на степень распыления топлива в камере сгорания и однородность рабочей смеси [7].

Таблица 1.4 – Показатели качества продукта

Показатели качества продукта: Фракция дизельного топлива гидроочищенная	
Содержание воды и механических примесей	Отсутствие
Фракционный состав	
50% отгоняется при температуре не выше	280°C
90% отгоняется при температуре не выше	340°C
96% отгоняется при температуре не выше	360°C

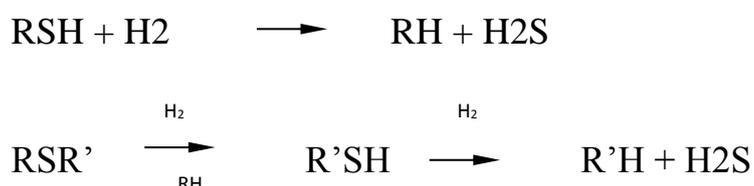
Сероводородная коррозия	Отсутствие
Испытание на медной пластинке	Выдерживает
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, С Не ниже	62
Массовая доля общей серы, ррт масс. Не более	10
Азот, ррт массс. Не более	20
Йодное число, гр/100гр.	0,5
Плотность, кг/м ³ Не более	834
Применяется как компонент дизельного топлива.	
Показатели качества продукта: сероводород	
Содержание сероводорода, % объемных, не менее	98,0
Применяется в качестве сырья для производства кислоты	
Показатели качества продукта: бензин-отгон	
Температура начала кипения, □С	Не 40
Температура конца кипения, □С	ниже 180
	Не выше
Содержание воды и механических примесей	Отсутствие
Испытание на медную пластинку	Выдерживает
Применяется как компонент автомобильных бензинов.	

1.2 Химизм и механизм процесса

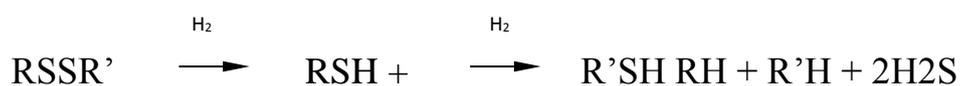
Особенности превращения гетероатомных соединений в условиях гидроочистки обуславливаются тем, что ее катализаторы обладают значительно более слабыми кислотными свойствами, чем катализаторы, например, гидрокрекинга. Селективность процессов гидроочистки

объясняется следующим образом: в углеводородных соединениях связи элементов с серой менее прочны, чем углеродные и углеводородные, так как процесс гидроочистки каталитический, то имеет смысл оценивать прочность связи, учитывая энергию образования промежуточных комплексов катализатора с осколками, образовавшимися после разрыва связей. Эта энергия значительно компенсирует затрату энергии разрыва связи. То есть в итоге мы имеем почти количественную деструкцию связей C–S без существенного затрагивания связей C–C, т.е. без заметной деструкции сырья.

При этом меркаптаны и сульфиды превращаются в углеводороды и сероводород:



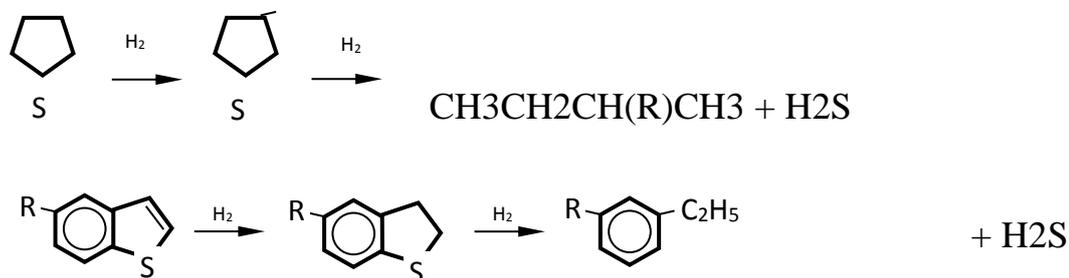
Дисульфиды так же гидрируются до сероводорода и соответствующих углеводородов также через стадию образования меркаптанов:



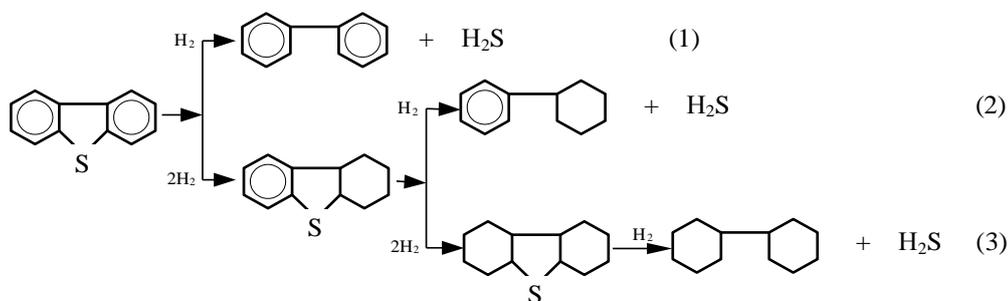
Связь серы с ароматическим углеводородом прочнее, чем связь серы и алифатическим, поэтому, тиофенолы и ароматические сульфиды подвергаются гидрогенолизу намного труднее.

Соединения тиофенового ряда, обычно малоактивны и представлены бензтиофеном, дибензтиофеном, алкилбизбензтиофенами и диалкилдибензтиофенами. В дизельной фракции их доля от всех серосодержащих соединений может достигать 50 – 60 %. Подвергаются гидрогенолизу они с такой же скоростью, что и алифатические сульфиды.

Сначала происходит гидрирование тиофена и бензтиофена до производных тетрагидротиофена, а они затем уже перетерпевают превращение в алканы и алкилпроизводные ароматических углеводородов:



Гидрогенолиз дибензтиофена происходит по схеме:



По реакции (1) преимущественно на алюмокобальтмолибденовом катализаторе происходит гидрогенолиз дибензтиофена, а по реакции (2) и (3) – на алюмоникельмолибденовом катализаторе.

Гидроочистку газойлей проводят для получения дизельных топлив. Возможны два варианта сырья для процесса, соответственно, два варианта проведения самого процесса. При использовании в качестве сырья прямогонной дизельной фракции, условия и химизм процесса выглядят следующим образом: процесс проводится на алюмо-кобальт-молибденовом катализаторе, при температуре 300 – 400 С и давлении 5 – 6 Мпа[8]. При этом происходит гидрогенолиз сернистых, азотистых, кислородных соединений и смолистых веществ, а также повышается термокислительная стабильность топлив. Если нужно понизить содержание алкилнафталинов, то

применяют более сульфидные катализаторы, на которых ароматические кольца нафталинов гидрируются [8].

Во втором случае, если в качестве сырья используют газойли каталитического крекинга или коксования, то необходимы более жесткие условия ведения процесса и более активные катализаторы, потому что для получения стабильных дизельных топлив необходимо гидрирование олефинов и основной части ароматики при температуре 400 С и давлении порядка 10 Мпа [8].

1.3 Катализаторы гидроочистки

На данный момент рынок катализаторов гидроочистки представлен вариациями сочетаний окислов активных компонентов, таких как никель, кобальт, молибден с носителем, который обычно является активной окисью

алюминия. Для катализатора гидроочистки носитель является не только инертным разбавителем, но и структурным промотором, который обеспечивает пористую структуру, необходимую для переработки.

Основу катализаторов как правило составляют оксиды металлов VII и VIII групп, такие как: никель, кобальт, молибден, вольфрам. В промышленности используют алюмокобальтмолибденовый (АКМ), он имеет высокую активность и селективность по целевой реакции обессеривания, достаточно активен в гидрировании непредельных соединений, аалюмоникельмолибденовый (АНМ) проявляет большую активность при гидрировании ароматических и азотистых соединений. [10].

Сегодня наиболее распространены катализаторы на цеолитной основе. В таблице 1.5 приведены некоторые из них [8].

Таблица 1.5 – Катализаторы гидроочистки нефтяных фракций

Марка катализатора	Характеристика	Сырьё	Форма	Тип носителя	Активные компоненты
AKZO Nobel					
KF-845	Высокая обессеривающая и деазотирующая активность	От бензина до вакуумного газойля	Четырёх-листник	Al ₂ O ₃	NiMo
KF-752	Высокая обессеривающая активность	От дизельного топлива до ваку-умного газойля	Четырёх-листник	Al ₂ O ₃	CoMo
KF-747	Глубокое гидрообессеривание	От дизельного топлива до ваку-умного газойля	Четырёх-листник	Al ₂ O ₃	CoMo

KF-645	Глубокое гидрообессеривание, деметализация, лёгкий гидрокрекинг	От бензина до вакуумного газойля	Цилиндр	Al ₂ O ₃	NiCoMo
«Элетрогорский институт нефтепереработки»					
ГО-70	Высокая обессеривающая и деазотирующая активность	От бензина до вакуумного газойля	Цилиндр, трилистник	Al ₂ O ₃	CoMo
ГО-86	Высокая обессеривающая активность	Среднедистил-лятные фракции	Цилиндр	Al ₂ O ₃	CoMo
ГО-30-7	Высокая обессеривающая и деазотирующая активность	Бензины	Цилиндр	Al ₂ O ₃	NiMo
ГО-38а	Обессеривание и насы-щение ароматических углеводородов	Масляные дистилляты	Цилиндр	Al ₂ O ₃	NiMo
КПС-16Н	Высокая обессеривающая активность	Дизельные фракции	Цилиндр	Al ₂ O ₃	NiMo
ДТ-005К, ДТ-005Н	Глубокое гидрообессеривание	Дизельные фракции	Цилиндр	Al ₂ O ₃	CoMo, NiMo
Criterion Catalyst					
С-448	Для получения	Средние	Сформо-	Al ₂ O ₃	CoMo

	низкосернистого дизельного топлива	дистил-ляты, вакуумный газойль	ванные экструдат ы	3	
C-447	Глубокое гидрообессеривание	Лёгкий и тяжё-лый вакуумный газойль, остатки	Сформо- ванные экструдат ы	Al ₂ O 3	CoMo
HDS-3	Насыщение ароматических углеводородов	От бензина до вакуумного газойля	Сформо- ванные экструдат ы	Al ₂ O 3	NiMo
HDS-22	Насыщение ароматических углеводородов	Бензин, сырьё каталитическо го крекинга	Сформо- ванные экструдат ы	Al ₂ O 3	CoMo
C-424	Высокая гидрообессеривающ ая и гидродеазотирующа я активность, насыщение ароматических углеводородов	Предваритель- ная гидроочистка сырья каталитическо го крекинга	Сформо- ванные экструдат ы	Al ₂ O 3	NiMo
«Всероссийский институт по переработке нефти»					
GS-168	Обессеривающая активность	Бензин, дизельная фракция	Цилиндр	Al ₂ O 3+ SiO ₂	NiMo

ГДК–202	Высокая обессеривающая активность	Среднедистил -лятные фракции	Цилиндр	Al ₂ O ₃ 3+ цеол ит	NiMo
ГДК–205	Высокая обессеривающая активность	Среднедистил -лятные фракции	Цилиндр	Al ₂ O ₃ 3+ цеол ит	NiMo
ГДК– 202П	Высокая обессеривающая активность	Среднедистил -лятные фракции	Цилиндр	Al ₂ O ₃ 3+ цеол ит	CoMo
ГП–534	Высокая обессеривающая активность	От бензина до вакуумного газойля	Цилиндр	Al ₂ O ₃ 3	NiMo
Procatalyse					
НРС–60	Высокая обессеривающая активность	От бензина до вакуумного газойля	Лист клевера	Al ₂ O ₃ 3	-
НР–306С	Гидрообессери- вание, гидро- деазотирование	От бензина до вакуумного газойля	Экструдат ы	Al ₂ O ₃ 3	-
Haldor Topsoe					
ТК– 524	Глубокое гидрообессеривание	Лёгкий и тяжелый вакуумные газойли	Трёхлист- ник	Al ₂ O ₃ 3	CoMo
ТК–907, ТК– 908	Снижение ароматических	Лёгкий и тяжелый	Трёхлист- ник	Пате нт	Патент

	углеводородов, низкая сероустойчивость	вакуумные газойли			
Orient catalysts Co. Ltd					
НОР-412	Высокое гидродеазотировани е и гидрообессеривание	От бензина до вакуумного газойля	Сформова н-ные экструдат ы	Al2O 3	NiMo
НОР-463	Высокое гидродеазотировани е и гидрообессеривание	От бензина до котельного топлива	Сформова н-ные экструдат ы	Al2O 3	CoMo

В 2015ом году общая единовременная загрузка катализаторов всех установок гидроочистки, а это более 130 установок составила около 12–16 тыс. т (3,5–4,0 тыс. т/год). В соответствии с перспективами строительства новых и модернизации уже существующих установок гидроочистки — данное значение возрастет до 20–21 тыс. т – к 2020 г. (5,1 тыс. т/год). В дальнейшем, до 2030 г., единовременная загрузка катализаторов гидроочистки достигнет величин 22–23 тыс. т, таким образом рост составит приблизительно 5,2 тыс. т/год [3].

Сводная таблица, отражающая потребность в катализаторах гидроочистки для некоторых российских компаний, представлена ниже.

Таблица 1.6 – Потребность в катализаторах гидроочистки

Наименование	2015 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.
Роснефть	891	1591	1601	1601

Газпром	1864	1556	1585	1585
Башнефть	220	220	220	220
Татнефть	89	195	195	195
ЛУКОЙЛ	779	787	787	787
Прочие	460	725	751	751
Итого	4303	5074	5139	5139

Прогнозы для всех компаний, как мы видим, обещают увеличение спроса на катализаторы гидроочистки, что, как уже ранее говорилось, обуславливается возросшим спросом на дизельное топливо и предъявленными к нему высокими требованиями, так же не следует забывать о актуализации экологических проблем.

Рассмотрим более подробно уже известные составы катализаторов гидрообессеривания и их недостатки. Для первого катализатора в качестве носителя используется оксид алюминия, в качестве модификаторов - лимонная кислота и/или соединения бора, в составе данного катализатора активные компоненты представлены оксидами кобальта и молибдена. Чтобы создать данную систему, катализатор готовят методом однократной пропитки носителя. Как правило, его пропитывают раствором, который получают путем растворения в воде или водном растворе аммиака следующих соединений: парамолибдата аммония $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$, лимонной кислоты, соединения бора, соединения кобальта. Важно соблюдение порядка и условий растворений компонентов, главной задачей которых является обеспечение в растворе образования комплексных соединений. По итогу, в качестве продукта получаем дизельное топливо с содержанием серы около 35 ppm (десульфуризация 99,7%). В качестве недостатков данного катализатора, а также способа его получения можно выделить следующие моменты: во-первых, это повышенное газообразование во время прокаливания катализатора при температуре 400°C в результате разложения лимонной кислоты, это несомненно может привести к

деструктуризации или растрескиванию гранул катализатора, во-вторых, невысокая активность катализатора так же является существенным недостатком (остаточное содержание серы в дизельном топливе 35-50 ppm).

Далее рассмотрим подробнее алюмокобальтмолибденовый катализатор для гидроочистки нефтяного сырья. У него роль модификатора выполняет оксид фосфора. Приготовление катализатора производят следующим способом: гидроксид алюминия, который является носителем, на начальной стадии, ею является стадия замешивания, смешивают с активными компонентами из раствора, который содержит соединения молибдена, фосфора и кобальта или никеля. Он приготовлен из парамолибдата аммония, фосфорной кислоты и пероксида водорода при соотношении Mo:P не более 2,5 г-экв./г-экв и H₂O₂:Mo не более 0,4 моль/г-экв с последующим введением в полученный раствор пероксомолибдофосфата аммония состава [P₂Mo₅O_{23-x}(O₂)_x] (NH₄)₆, где x=1 или 2, нитрата кобальта или никеля при поддержании pH раствора 1,0-2,6 при общем соотношении в растворе в пересчете на г-экв. Ni(Co):Mo:P=(0,8-1,8):(1,1:2,5):1 [10]. Используя метод экструзии, из получившейся пасты формируют катализатор, а экструдаты после всех вышеописанных действий как правило сушат и прокаливают. Одним из главных недостатков этого катализатора является низкая обессеривающая способность.

Так же известен катализатор для гидрообессеривания дизельных фракций, который включает в себя неорганический оксид (чаще всего им является оксид алюминия), триоксид молибдена, фосфор и оксид кобальта или никеля. Приготовление этого катализатора происходит в несколько стадий: первым шагом является приготовление катализатора состава Co/Mo/P/Ni, далее катализатор мелко дробят, после чего мелкораздробленный свежеприготовленный катализатор смешивается с триоксидом молибдена, водным раствором кобальта, порошком оксида алюминия. амешивают, формируют и получают гранулированный катализатор, после чего подвергают его прокаливанию.

К недостаткам данного катализатора следует отнести сложную последовательность процедур его приготовления, в частности многостадийность прокаливания и размалывания свежеприготовленного катализатора на основе оксида алюминия, содержащего оксиды кобальта, молибдена и никеля, а также фосфор.

Так же рассмотрим алюмокобальтмолибденовый катализатор гидроочистки, тут уже в роли носителя выступает смесь оксида алюминия и борофосфата переменного состава. Обычно он образуется во время прокаливания носителя из H_3BO_3 и H_3PO_4 . Если говорить о стадиях приготовления носителя, то можно выделить три момента. Первый – замешивание гидроксида алюминия с борной и фосфорной кислотой с далее полученную массу формуют, сушат и прокаливают. Второй – однократная пропитка носителя раствором, приготовленным из соединений металлов VIII и VI групп, содержащим гетерополисоединение молибдена, нитрат кобальта и органическую двухосновную кислоту, полученную из лимонной, винной или аскорбиновой кислот, при pH среды 1,5-5,0 с последующим просушиванием при 110-200°C [10]. Среди недостатков этого катализатора можно выделить низкую активность (остаточное содержание серы в дизельной фракции 39-50 ppm), так же пагубное влияние на структуру катализатора, как правило разрушение гранул системы в процессе термообработки, органических кислот, использующихся для приготовления катализатора и низкую температуру термообработки на последней стадии приготовления катализатора, что может привести к разрушению полученного комплекса в процессе эксплуатации (температура 360°C) и дальнейшей регенерации катализатора (температура более 450°C).

На данный момент тенденция в развитии рынка катализаторов направлена на создание катализатора с повышенной активностью в целевых реакциях, присутствующих в процессе гидрообессеривания дизельных фракций, а также, обеспечивающего снижение остаточного количества серы и высокий выход стабильного гидрогенизата. То есть, повышение

каталитической активности катализатора, обеспечит высокий выход стабильного гидрогенизата, помимо этого так же приведет к получению дизельных топлив с ультранизким содержанием серы (не более 7 ppm) [10].

Катализатор гидроочистки дизельных фракций, содержащий модифицированный алюмомолибденовый носитель, оксид кобальта или никеля, вольфрам, дополнительно содержит фосфор в виде фосфорновольфрамовой и фосфорномолибденовой кислот, вольфрам содержит в виде оксида вольфрама, а оксид молибдена - в виде триоксида молибдена и в виде фосфорномолибденовой кислоты в пересчете на триоксид молибдена, при следующем соотношении компонентов, масс %:

Таблица 1.7 – Соотношение компонентов катализатора

Оксид кобальта или никеля	3,0-7,0
Оксид молибдена	16-22
в том числе:	
в виде триоксида молибдена	8-11
в виде фосфорномолибденовой кислоты	
в пересчете на триоксид молибдена	8-11
Оксид вольфрама	6-12
Фосфор	0,23-0,37
Оксид алюминия	остальное

Получение данного катализатора происходит следующим образом: сначала производится модификация носителя путем последовательного внесения в массу гидроксида алюминия раствора фосфорновольфрамовой кислоты и водного раствора парамолибдата аммония, после чего проводится формование экструзией, затем катализатор просушивают и прокаливают, в

последствии модифицированный носитель пропитывают раствором фосфорномолибденовой кислоты и солей кобальта или никеля в течение 1,5-2 ч при перемешивании и нагревании до температуры 55-60°C, после чего полученный катализатор снова просушивают и прокаливают [10].

1.4 Подходы к моделированию процесса гидроочистки

На данный момент существует достаточно большое количество современных средств, позволяющих моделировать различные химические процессы, в частности и гидроочистку дизельных топлив. Благодаря им появляется возможность модернизировать стадии инженерного труда, а также уменьшить соответственно затраты рабочего времени, следовательно, и денежных средств, и трудовых ресурсов.

Данная задача может решаться благодаря учету данных, полученных с установок, а также опыту, который учитывает те или иные закономерности процессов. Часто для моделирования химического процесса используются программные пакеты, которые позволяют смоделировать процесс и его технологическое оснащение. Как правило наиболее распространены зарубежные программы среды HYSYS, Aspen Plus, CHEMCAD, можно так же отметить российскую программу GIBBS [11].

От состава средств моделирования для каждого отдельного процесса зависят функциональные возможности всей моделирующей системы. Обычно большинство моделирующих систем включают средства для моделирования следующих процессов: сепарация газа и жидкости (2-х несмешивающихся жидкостей), однократное испарение и конденсация, дросселирование, теплообмен двух потоков, нагрев или охлаждение потока, а так же процессы в дистилляционных колоннах с возможностью подачи и отбора боковых материальных и тепловых потоков: абсорберы, конденсационные (укрепляющие) колонны, отпарные (исчерпывающие) колонны, дистилляционные колонны [11].

Все вышеперечисленные программы позволяют моделировать сложные дистилляционные системы со стриппингами, боковыми орошениями, подогревателями и т.д., т.е. решать наиболее сложные задачи первичной переработки нефти. Большинство задач дистилляции применительно к процессам переработки природного газа и конденсата, имеющимся на действующих производствах, с помощью рассматриваемых пакетов решаются успешно и с высокой скоростью.

Так же системы моделирования содержат и некоторые средства для моделирования процессов, которые расширяют сферу использования на химическую и нефтехимическую промышленность: теплообмен в многопоточных теплообменниках, химические процессы в реакторах процессы в экстракторах жидкость-жидкость, процессы с твердой фазой.

Достаточно часто в моделирующих системах можно встретить средства, предназначенные для самостоятельного написания несложных программ для моделей пользователями. Как правило, они используют достаточно простой макроязык. Но с использованием этих программ мы не можем учесть полностью всю реакционную способность поступающего в процесс сырья и это является одним из самых ярких недостатков такого подхода к моделированию. При использовании компьютерных моделирующих систем, которые строятся в основном на физико-химической основе, этого момента можно избежать и полностью учитывать изменение состава сырья, на сколько это возможно. Как правило, за основу такой системы используется предварительно составленная кинетическая модель.

Существует несколько методов для описания процессов глубокой переработки нефти при помощи математического моделирования. Основные две стратегии упрощения математического описания включают: а) метод дискретной группировки; б) метод кинетики единичного события.

Процессы гидроочистки в основном осуществляются в стационарном слое катализатора под давлением водорода. Катализатор, находящийся в реакторе, активирует реакцию гидрогенолиза C – S связей и способствует удалению серы из жидких углеводородов в виде сероводорода, который в последствии абсорбируется соединениями основного характера.

Необходимость глубокой очистки от серы вынуждает проводить процесс гидроочистки в жестких условиях, так что он обычно затрагивает также гидрогенолиз C – C связей. Таким образом, следует учитывать и реакции гидрокрекинга при моделировании процессов

гидроочистки. Процессы гидроочистки описываются аналогично процессам гидрокрекинга, дополненными реакциями сероорганических соединений.

Характеристика нефтяной фракции на основе закона распределения ее компонентов по температуре кипения, числу атомов углерода или молекулярной массе является удобной при моделировании процессов нефтепереработки. В таком случае, параметры закона распределения характеризуют сырье, а не фракционный состав.

При обработке результатов этого процесса, осуществленного в различных условиях, найдено, что закон нормального распределения позволяет охарактеризовать распределение продуктов по числу атомов углерода. При этом соотношение продуктов определялось с ошибкой, не превышающей 4%, что меньше ошибки эксперимента.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика объекта исследования

Объектом исследования в рамках данной научной работы является установка дегидропарафинизации смеси атмосферного газойля с бензином висбрекинга Л-24-10/2000 цеха № 8, на которой производились эксплуатационные испытания катализаторной системы катализатора основного слоя HR-538 (2.5) фирмы «Axens».

Таблица 2.1 – Рабочие условия процесса гидроочистки

№	Наименования показателя	Расчет	Фактически 22.12.2016	Фактически 23.12.2016
1	Расход сырья, т/ч	251	252,81	253
2	Максимальная температура на выходе реактора, С (P-1/P-2)	405	348,5/362	349,2/363,7
3	Общий объем активного катализатора, м3	270	279,6	279,6
4	Основной катализатор	HR-538 (2.5)	HR-538 (2.5)	HR-538 (2.5)
5	Технология загрузки основного катализатора	плотная	плотная	плотная
6	Объемная скорость LHSV на активном катализаторе, ч-1	1,1	1,07	1,07
7	Максимальное давление на входе рекатора, МПа	8,5	8,5	8,5
8	Минимальное парциальное давление водорода на выходе рекатора, МПа	6,35	7,09	6,94
9	Содержание водорода в газе, поступающем в реактор/углеводороды, нм3/м3	320	262	281
10	Соотношение водорода в газе, поступающем в реактор, % об	86,2	86,4	84,5
11	Амановая отмывка (максимальное содержание H ₂ S,%об)	да	0,003	0,006
12	Расход газа, поступающего в	110000	90700*	99100*

	реактор, нм ³ /ч			
13	Использование квенча	да	да	да

На данной установке производились эксплуатационные испытания катализаторной системы на соответствие гарантийных показателей катализатора.

В качестве катализатора процесса гидроочистки использовался катализатор основного слоя HR – 538 (2.5) фирмы «Axens».

Таблица 2.2 – Расчетные технологические показатели катализатора

№, п/п	Параметр	Расчет	Фактически 22.12.2016	Фактически 23.12.2016
1	Средневзвешанная температура WABT, С	350	355,8**	357**
2	Общий адиабатический подъем температуры, С	44	нд	нд
3	Общее химическое потребление водорода	68,5	нд	нд
4	Перепад давления по реактору Р-1, Мпа	0,24	0,18	0,18
5	Перепад давления по реактору Р-2, Мпа	0,24	0,16	0,16

2.2 Описание технологической схемы установки гидродепарафинизации смеси атмосферного газойля с бензином висбрекинга

Изначально смесь газойля с бензином висбрекинга поступает в смеситель, там смесь поступает в реакторы гидроочистки P-1 и P-2, а затем, после реактора второго реактора снова в печь и далее поступает уже в реактор депарафинизации P-3. Все три реактора (P-1, P-2, P-3) работают последовательно.

Гидрирование соединений, которые содержат серу, азот и кислород происходит при общем адиабатическом подъеме температуры, который при гидрообессеривании может составлять более 25 °С. Для регулирования температуры на входе в реактор P-3 предусмотрено два варианта: охлаждение газопродуктовой смеси подачей квенча между реакторами P-2 и P-3, если температура входа в P-3 выше необходимой, и нагрев в печи, если температура на входе в P-3 ниже необходимой для процесса гидродепарафинизации. Получившаяся смесь из реактора P-3 далее отправляется в сепаратор C-1, где происходит ее разделение на парогазовую смесь и нестабильный гидрогенизат, далее из сепаратора C-1 смесь поступает на охлаждение в теплообменник, где отдает тепло на нагрев нестабильного гидрогенизата из C-2, затем происходит ее охлаждение в АВО, после чего, смесь поступает в сепаратор C-2, где разделяется на циркуляционный газ и нестабильный гидрогенизат. Так же на выходе из сепаратора C-2 к этому потоку нестабильного гидрогенизата подается бензин-отгон с установки гидроочистки.

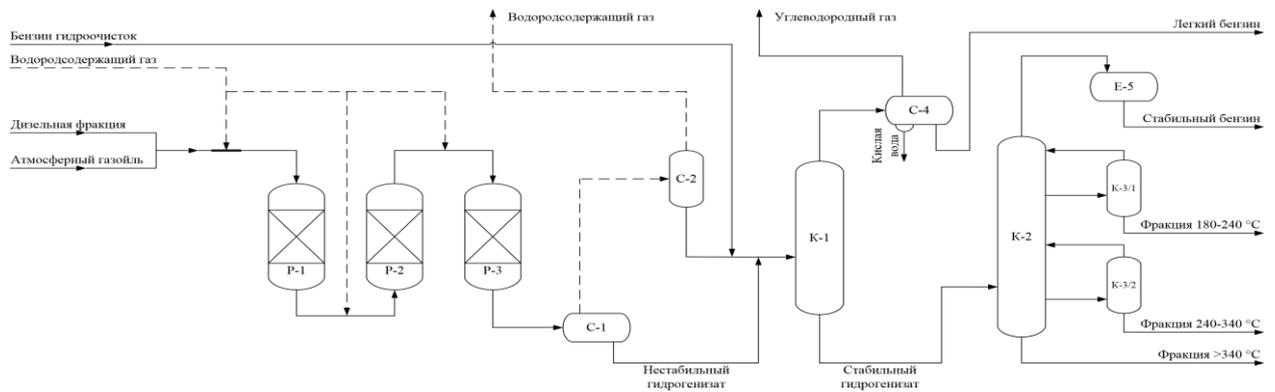


Рисунок 2.1 – Схема установки ЛР-24-10/2000

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

Нестабильный гидрогенизат поступающий из сепаратора C-2 нагревается в межтрубном пространстве теплообменника и смешивается с нестабильным гидрогенизатом сепаратора C-1. Затем данная смесь направляется в колонну стабилизации K-1. Чтобы поддерживать необходимую концентрацию водорода в газе, его часть отдувается с установки, и на поток происходит подача свежего водородсодержащего газа.

Затем следует блок стабилизации, где смесь нестабильного гидрогенизата из сепараторов C-1 и C-2 с отгоном с установок гидроочистки поступает на нагрев в теплообменник, а далее в колонну стабилизации K-1, там из нее выделяют растворенные легкие углеводороды, сероводород и воду. Конденсация и охлаждение легких продуктов, поступающих из верхней части колонны K-1, происходит конденсаторах-холодильниках, после чего они поступают в сепаратор C-4, там разделяются на углеводородный газ и легкий бензин, а также происходит отстаивание легкого бензина от воды. Легкий бензин из сепаратора C-4 подается на 20 тарелку колонны K-1 в качестве орошения, а балансовое количество выводится на установки первичной переработки нефти.

Далее стабильный гидрогенизат из нижней части колонны К-1 поступает в блок ректификации через печь в колонну К-2. Разделение происходит в колонне ректификации К-2 на такие фракции как: стабильный бензин (верх К-2), 180-240 °С, 240-340 °С и остаток – фракцию > 340 °С [15].

3 РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Построение кинетической модели процесса гидроочистки

Для построения кинетической модели в общем случае были использованы следующие этапы:

1. Анализ экспериментальных данных процесса гидроочистки с промышленной установки дегидропарафинизации ЛР-24/10-1000 ООО «КИНЕФ»;
2. Изучение механизма реакций, протекающих в ходе процесса гидроочистки;
3. Составление списка возможных реакций, которые могут быть использованы в дальнейшем для разработки модели;
4. Составление системы дифференциальных уравнений кинетической модели;
5. Оценка кинетических параметров модели с использованием экспериментальных данных;
6. Проверка модели на адекватность

Первоначальным этапом создания математической модели является анализ данных, представленных в таблице 1, предоставленных с установки дегидропарафинизации смеси атмосферного газойля с бензином висбрекинга Л – 24 – 10/200 цеха № 8, на которой производились эксплуатационные испытания катализаторной системы катализатора основного слоя HR-538 (2.5) фирмы «Axens».

Таблица 3.1 – Результаты анализа сырьевого потока

	Сырье смесевое		Бензин - отгон		Бензин висбрекинга	
	22.12.2016	23.12.2016	22.12.2016	23.12.2016	22.12.2016	23.12.2016
Плотность при 15 °С, кг/м ³	848,3	848	754,4	754,3	736,7	731,9
Плотность при 20 °С, кг/м ³	845	844,7	750,5	750,3	732,6	727,8
Содержание общей серы, % масс	0,874	0,875	-	-	-	-
Содержание	-	-	-	-	-	-

сероводорода, % масс						
Содержание меркаптанов, % масс	-	-	-	-	-	-
Содержание азота, мг/кг	182	165	-	-	-	-
Бромное число, г Br/100 г	5,7	5,8	-	-	62,8	66,1
Ароматические угв, % масс	28,6	28,2	-	-	-	-
Полиароматические угв, % масс	9,8	9,7	-	-	-	-

В качестве сырья использовалась смесь трех потоков, таких как смесевое сырье, бензин отгон и бензин с установки висбрекинга. Для смесевого сырья можно оценить такие параметры, как содержание общей серы, содержание азота, содержание ароматических и полиароматических углеводородов. При этом точность расчетов, а также адекватность получившейся математической модели будут напрямую зависеть от степени формализации химических превращений. Но следует так же учитывать, что, степень детализации схемы химических превращений будет определять сложность математического описания, количество параметров модели, которые необходимо определить экспериментальным путем, и возможность решения системы дифференциальных уравнений модели. Таким образом, получившаяся схема должна отражать, как и физико-химическую сущность процесса, так и не быть перегруженной набором реакции для ее более реальной реализации.

Для того, чтобы составить модель данного процесса, рассматривается так же и анализ продуктов на выходе из установки, он представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты анализа жидких продуктов

	фр. 180-260°C		фр. 240-340°C		фр. >340°C	
	22.12.2016	23.12.2016	22.12.2016	23.12.2016	22.12.2016	23.12.2016
Плотность при 15 °С, кг/м ³	800,6	803,1	833,8	832,8	850,1	851,3
Плотность при 20 °С, кг/м ³	797,1	799	830,4	829,4	846,8	848
Содержание общей серы, % масс	0,0003	0,0003	0,0002	0,0001	0,0005	0,0003
Содержание сероводорода, % масс	отс	отс	отс	отс	отс	отс
Содержание меркаптанов, % масс	-	-	-	-	-	-
Содержание азота, мг/кг	-	-	-	-	-	-
Бромное число, г Вг/100 г	-	-	-	-	-	-
Ароматические угв, % масс	15,9	15,6	17,6	16,7	18,3	17,6
Полиароматические угв, % масс	0,1	0,1	0,8	0,7	1,8	1,8

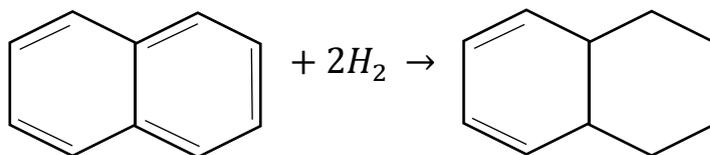
Исходя из полученных с промышленной установки данных, можно составить математическую модель процесса с использованием формализованных реакций превращений серосодержащих соединений, ароматических углеводородов, а также полиароматики. Таким образом, нам необходимо рассмотреть механизм именно этих реакций.

Рассмотрим реакции насыщения ароматических колец, как для бензола:

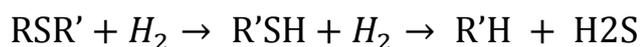


Так и для полиароматических углеводородов. На основе полученных данных нельзя составить более подробные схемы превращений полиароматических углеводородов, поэтому придется прибегнуть к формализации и представить все превращения полиароматики, как

превращения нафталина, потому как можно утверждать о его преобладающей доле в сырье.



Так же рассмотрим реакции гидрогенолиза сернистых соединений. Все серосодержащие соединения в ходе процесса гидроочистки подвергаются гидрогенолизу до сероводорода и соответствующих углеводородов. Так как покомпонентный состав сырья не проводился, а доля меркаптанов не измерялась в ходе испытаний установки, то рассмотрим так же формализовано уравнение реакции для сернистых соединений. Опираясь на то, что в дизельной фракции сернистые соединения в основном представлены сульфидами, запишем реакцию.



Таким образом, для дальнейшей разработки модели, мы можем оперировать тремя реакциями, протекающими в течение процесса гидроочистки, которые в формализованном виде представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Формализованные реакции

Название реакции	Формализованная реакция
Реакция гидрогенолиза сернистых соединений	$CC + H_2 \rightarrow UB + H_2S$
Реакция насыщения ароматических колец бензола	$Ap + 3H_2 \rightarrow UB + H_2S$
Реакция насыщения ароматических колец полиароматических соединений	$PAp + 2H_2 \rightarrow UB + 2H_2S$

Где C_C – суммарное содержание сернистых соединений

A_p – суммарное содержание ароматических соединений

PA_p – суммарное содержание полиароматических соединений

$УВ$ – углеводородные соединения

На основании упрощенных реакций разработана кинетическая модель процесса гидродепарафинизации, которая представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений изменения концентраций групп компонентов по времени с начальными условиями.

Гидрогенолиз сернистых соединений:

$$W_1 = k_1 C_C C_{H_2}$$

Гидрирование моноароматических углеводородов:

$$W_2 = k_2 C_{A_p} C_{H_2}^3$$

Гидрирование полиароматических углеводородов:

$$W_3 = k_3 C_{PA_p} C_{H_2}^2$$

Где W_i – скорость соответствующей химической реакции, моль/л·с; k_i – константа скорости соответствующей химической реакции, с⁻¹; C_C – концентрация серосодержащих соединений, моль/л; C_{A_p} – концентрация серосодержащих соединений, моль/л; C_{PA_p} – концентрация серосодержащих соединений, моль/л.

Далее оценим изменение концентрации веществ, участвующих в реакциях процесса гидроочистки:

$$\frac{dC_C}{d\tau} = -k_1 C_C C_{H_2}$$

$$\frac{dC_{A_p}}{d\tau} = -k_2 C_{A_p} C_{H_2}^3$$

$$\frac{dC_{PA_p}}{d\tau} = -k_3 C_{PA_p} C_{H_2}^2$$

$$\frac{dC_{H_2}}{d\tau} = -k_1 C_C C_{H_2} - k_2 C_{A_p} C_{H_2}^3 - k_3 C_{PA_p} C_{H_2}^2$$

$$\frac{dC_{H_2S}}{d\tau} = +k_1 C_C C_{H_2} + k_2 C_{A_p} C_{H_2}^3 + k_3 C_{PA_p} C_{H_2}^2$$

$$\frac{dC_{УВ}}{d\tau} = +k_1 C_C C_{H_2} + k_2 C_{A_p} C_{H_2}^3 + k_3 C_{PA_p} C_{H_2}^2$$

Необходимо задать начальные условия:

$$t=0, C_i=C_{i0}$$

и граничные условия: $t = \tau$.

t – время, с;

где dC_i – изменение концентрации i -й группы углеводородов; C_{i0} – концентрация i -й группы углеводородов, моль/л; τ – время контакта, с.

Так же для корректного математического описания процесса необходимо оперировать временем контакта, оно будет определяться в зависимости от объема катализатора ($V_{\text{катализатора}}$) и расхода газа ($G_{\text{газа}}$):

$$\tau = \frac{V_{\text{катализатора}}}{G_{\text{газа}}};$$

Оперируя данными значениями, определим кинетические параметры модели путем решения обратной кинетической задачи, которая будет заключаться в подборе таких значений, которые обеспечат минимум отклонения расчетных и экспериментальных показателей.

В табл. 3.4 – 3.6 приведены кинетические параметры для реакций процесса гидроочистки на установке дегидропарафинизации с использованием катализатора HR-538 (2.5) фирмы «Axens», с использованием которого проводились эксплуатационные испытания катализаторной системы нового катализатора.

Таблица 3.4 – Значение константы скорости (Для фракции 180 – 260 °С)

	Для фракции 180 - 260	
	22.12.2016	23.12.2016
Гидрогенолиз сернистых соединений	0,85	0,85
Гидрирование моноароматических углеводородов	0,07	0,07
Гидрирование полиароматических углеводородов	0,51	0,5

Таблица 3.5 – Значение константы скорости (Для фракции 260 – 340 °С)

	Для фракции 260 - 340	
	22.12.2016	23.12.2016

Гидрогенолиз сернистых соединений	0,89	0,95
Гидрирование моноароматических углеводородов	0,06	0,06
Гидрирование полиароматических углеводородов	0,28	0,3

Таблица 3.6 – Значение константы скорости (Для фракции > 340 °С)

	Для фракции >340	
	22.12.2016	23.12.2016
Гидрогенолиз сернистых соединений	0,8	0,85
Гидрирование моноароматических углеводородов	0,05	0,06
Гидрирование полиароматических углеводородов	0,19	0,19

Так же, для оценки подобранных констант реакции произведем расчёт константы скорости реакции, используя кинетическое уравнение для реакций первого порядка в логарифмическом виде.

$$\ln \frac{C}{C_0} = -k \cdot \tau ;$$

где С – содержание серы в гидрогенизате, % мас.; С₀ – содержание серы в дизельной фракции, % мас.; k – константа скорости реакции, с⁻¹; τ – время контакта, с. Результаты расчетов констант реакции, произведенных на основании кинетического уравнения для реакций первого порядка в логарифмическом виде, приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Расчетные и фактические константы скоростей реакции

Фракция	Константа	Дата	k _i (расч), с ⁻¹	k _i (фактическая), с ⁻¹
Для фракции 180 - 260	Гидрогенолиз сернистых соединений	22.12.2016	0,9	0,85
		23.12.2016	0,9	0,85
		22.12.2016	0,95	0,89
		23.12.2016	1,03	0,95
		22.12.2016	0,84	0,8

		23.12.2016	0,9	0,85
Для фракции 260 - 340	Гидрирование моноароматических углеводородов	22.12.2016	0,06	0,07
		23.12.2016	0,06	0,07
		22.12.2016	0,05	0,06
		23.12.2016	0,05	0,06
		22.12.2016	0,05	0,05
		23.12.2016	0,05	0,06
Для фракции >340	Гидрирование полиароматических углеводородов	22.12.2016	0,52	0,51
		23.12.2016	0,51	0,5
		22.12.2016	0,28	0,28
		23.12.2016	0,29	0,3
		22.12.2016	0,19	0,19
		23.12.2016	0,19	0,19

Из получившейся таблицы видно, что расчетная и подобранная в ходе решения обратной кинетической задачи константы скорости для одних и тех же реакций отличаются незначительно, либо не отличаются вовсе. Это дает нам основание судить об адекватности получившейся математической модели.

Для количественной оценки адекватности модели применяются суммарные критерии и методы нелинейного программирования I и II рода. Для моделей с распределенными параметрами используются интегральные критерии и метод динамического программирования и принцип максимума Портнягина [1]. Необходимые данные для проведения оценки адекватности модели таким образом у нас отсутствуют, а значит и расчет этих критериев не представляется возможным. Адекватность полученной кинетической модели оценивается путем сравнения концентраций компонентов, рассчитанных на модели, и концентраций компонентов, определенных экспериментально для процесса гидроочистки на установке каталитической гидродепарафинизации Л-24-10/2000 ООО «Киришинефтеоргсинтез».

Таблица 3.8 – Экспериментальные и расчетные параметры
(Для фракции 180-260°С)

	Для фракции 180 - 260 °С					
	22.12.2016			23.12.2016		
	Эксп., % масс	Расчет, % масс	Погрешност ь, %	Эксп., % масс	Расчет, % масс	Погрешност ь, %
Гидрогенолиз сернистых соединений	0,0003	0,0003	3,45	0,0003	0,0003	3,34
Гидрирование моноароматических углеводородов	15,9	15,6	1,9	15,6	15,38	1,41
Гидрирование полиароматических углеводородов	0,1	0,1	4,04	0,1	0,09	4,52

Таблица 3.9 – Экспериментальные и расчетные параметры
(Для фракции 260-340°С)

	Для фракции 260 – 340 °С					
	22.12.2016			23.12.2016		
	Эксп., % масс	Расчет, % масс	Погрешност ь, %	Эксп., % масс	Расчет, % масс	Погрешност ь, %
Гидрогенолиз сернистых соединений	0,0002	0,0002	4,51	0,0001	0,0001	1,59
Гидрирование моноароматических углеводородов	17,6	17,02	3,31	16,7	16,78	0,48
Гидрирование полиароматических углеводородов	0,8	0,82	2,79	0,7	0,68	3,13

Таблица 3.10 – Экспериментальные и расчетные параметры
(Для фракции >340°С)

	Для фракции 340 °С					
	22.12.2016			23.12.2016		
	Эксп., % масс	Расчет, % масс	Погрешност ь, %	Эксп., % масс	Расчет, % масс	Погрешност ь, %
Гидрогенолиз сернистых соединений	0,0005	0,0005	3,03	0,0001	0,0003	3,34
Гидрирование моноароматических углеводов	18,3	18,56	1,44	16,7	16,78	4,66
Гидрирование полиароматических углеводов	1,8	1,85	2,92	0,7	1,83	1,87

Согласно табл. 8 – 10, экспериментальные и расчетные значения компонентов обладают достаточной сходимостью, так как абсолютная погрешность расчета не превышает 5%. Сравнивая получившиеся при расчете константы с подобранными нами, можно наблюдать, что они совпадают и погрешность между ними не превышает 1,5%, это дает нам возможность утверждать о адекватности получившейся модели.

По данным изменения содержания общей серы так же была рассчитана степень гидроочистки

$$\alpha_{\text{гидроочистки}} = \frac{\text{Собщ, нач.} - \text{Собщ, кон.}}{\text{Собщ, нач.}} * 100\% ;$$

Данные расчетов представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Степень гидроочистки

Фракция	Дата	a,%
Для фракции 180 - 260	22.12.2016	99,96568
	23.12.2016	99,96571
Для фракции 260-340	22.12.2016	99,97712
	23.12.2016	99,98857
Для фракции >340	22.12.2016	99,99279
	23.12.2016	99,98857

На основании этих данных можно утверждать, что при данном катализаторе гидроочистка лучше всего протекает для более тяжелых фракций, хотя в целом различия между получившейся степенью обессеривания невысокие. Необходимо учесть, что высококипящие фракции нефти содержат больше серы, чем низкокипящие. Дизельные фракции содержат преимущественно тиофены и бензо- и дибензотиофены, причем, чем тяжелее дизельная фракция, тем выше в ней содержание тиофенов и меньше содержание меркаптанов. Но снижение эффективности гидроочистки для легких фракций может быть вызвано влиянием сернистых соединений, в результате которого малолетучие и плохоразлагаемые сернистые соединения – алкилзамещенные фенантро- и нафтобензотиофены – блокируют гидрирование легкокипящих соединений. Помимо, такое влияние вполне может быть вызвано так же наличием аммиака и азотистых оснований в сырье гидроочистки.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработанная кинетическая модель адекватно описывает реальный процесс. То есть, можно утверждать, что данная кинетическая модель гидродепарафинизации может применяться для выявления кинетических закономерностей процесса и прогнозных расчетов.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Предпроектный анализ

В следствие того, что процесс гидроочистки с каждым годом становится все более востребованным, потому как возрастает спрос на дизельное топливо. В следствие этого данную работу можно охарактеризовать как высокоресурсоэффективную. Спонсирование ее будет выгодным финансовым вложением. Для работы данной установки разрабатывается алгоритм расчета выхода продуктов и содержания в них серы, так же устанавливается зависимость от температуры и содержание в сырье соединений серы, что позволяет оценить глубину переработки сырья в процессе гидроочистки, а также подобрать для проведения процесса оптимальные условия.

В связи с возросшим спросом на дизельное топливо, а так же с тенденцией по увеличению глубины переработки, данный проект является выгодным для финансовых вложений.

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование, то есть разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар.

Производство топлив с ультранизким содержанием серы в нашей стране обеспечивается преимущественно за счёт использования импортных катализаторов. Отсутствие технологий получения конкурентоспособных отечественных катализаторов для данных процессов создает в перспективе угрозу зависимости российской нефтеперерабатывающей отрасли от зарубежного рынка катализаторов. В связи с этим актуальной проблемой

является разработка новых конкурентоспособных отечественных катализаторов гидроочистки.

Продукт: катализатор, использующийся в процессе гидроочистки дизельного топлива.

Целевой рынок: промышленные предприятия нефтеперерабатывающей отрасли

	АГКД-400	HR-538	HR-945	НК-233
«АНХК»				
«КИНЕФ»				
«Новокуйбышевский НПЗ»				

Рисунок 4.1 – Сегментирование рынка по потреблению катализаторов гидроочистки дизельного топлива

На рисунке 4.1 показаны основные марки используемых катализаторов гидроочистки дизельного топлива. Можно подчеркнуть, что «АНХК» и «Новокуйбышевский НПЗ» используют в основном катализаторы отечественного производства АО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза» и Новокуйбышевского завода катализаторов соответственно, а «КИНЕФ» пользуется зарубежными катализаторами фирмы AXENS. Анализ рынка показал, что в результате исследования и разработки будут актуальны и интересны для компании «КИНЕФ».

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

4.1.2.1 Анализ компаний, производителей реагентов

Для анализа конкурентных технических решений в экономическом исследовании, были заявлены катализаторы трех фирм производителей:

Номер один: катализаторы HR-945 и HR-538 фирмы AXENS.

К преимуществам компании производителя можно условно отнести то, что компания Axens является лидирующим предприятием в области технологий для нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. **Катализаторы Axens** – это катализаторы для гидрирования и гидропроцессов, катализаторы риформинга и изомеризации,

крекинга, специальные катализаторы. Разработки этой компании используются в достаточно больших количествах на многих зарубежных и отечественных заводах.

К недостаткам катализаторов HR-945 и HR-538 фирмы AXENS отнесем:

- Требуются посавки катализатора из-за границы, что несет транспортные расходы.
- Заявленная цена одной тонны катализатора выше сравниваемых аналогов (125000 рублей).

Номер два: катализатор АГКД-400 производства АО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза».

К преимуществам компании производителя можно условно отнести то, что катализаторная фабрика введена в эксплуатацию в 1952 г. в составе Ангарского нефтехимического комбината. С 1992 г. преобразована в Завод катализаторов и оргсинтеза, с 1997 г. – ОАО «Ангарский ЗК и ОС». Завод является специализированным предприятием по производству широкого спектра катализаторов, адсорбентов, носителей для катализаторов, осушителей и цеолитов, а также продукции органического синтеза:

- катализаторы для процессов: риформинга, изомеризации, гидрокрекинга, гидрирования, гидродеалкилирования, окисления, гидроочистки, конверсии углеводородных газов и бензинов с целью получения технических газов;
- цеолитсодержащие катализаторы, экологического назначения;
- адсорбенты, осушители, цеолиты, носители для катализаторов;

Завод производит катализаторы на порошкообразном сырье высокой чистоты, выработка катализаторов осуществляется на импортной смесительно-формовочной линии компаний APV VeackerLtd (Великобритания) и Anhydro A/S (Дания). Основными потребителями катализаторов являются нефтеперерабатывающие предприятия НК

«Роснефть», а также предприятия Сибири и Дальнего Востока. В перспективе до 2030 г. завод останется одним из основных производителей относительно небольших партий известных и хорошо зарекомендовавших себя катализаторов для нужд предприятий Роснефти.

Номер три: катализатор НК-233 Новокуйбышевского завода катализаторов.

Предприятие основано в 1951 г. на площадке Новокуйбышевского НПЗ. С 1998 г. осуществляет самостоятельную производственно-финансовую деятельность в соответствии со статусом общества с ограниченной ответственностью. В ассортименте завода следующие продукты:

- адсорбенты и осушители на основе оксида алюминия;
- алюмоплатиновые катализаторы риформинга;
- катализаторы гидроочистки бензиновых фракций;
- катализаторы гидроочистки вакуумного газойля;
- катализаторы гидроочистки дизельных фракций;
- катализаторы гидроочистки керосинов;
- катализаторы гидроочистки масел;
- катализаторы защитного слоя.

В настоящее время в основном предприятие производит небольшие партии катализаторов гидроочистки для нужд НПЗ Поволжского региона.

В ближайшей перспективе заводом планируется:

- строительство установки мощностью 3000 т/год по производству современных катализаторов гидрогенизационных процессов, обеспечивающих качество моторных топлив в соответствии с требованиями Евро-4 и Евро-5;
- строительство установки мощностью 4000 т/год по регенерации катализаторов вне реактора.

4.1.2.2 Сравнение конкурентных технических решений

Согласно некоторым показателям деятельности фирм производителей катализаторов, интересным с точки зрения менеджмента, а также основным техническим характеристикам катализаторов, был сделан балльный анализ зависимости технических и экономических критериев по их удельному весу значимости. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений по внедрению катализатора гидроочистки.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бр	Б _{к1}	Б _{к2}	Кк1	К _{к2}	К _{к3}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Повышение производительности труда пользователя	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,09	3	4	3	0,3	0,4	0,27
3. Надежность	0,05	3	5	4	0,3	0,5	0,2
4. Простота эксплуатации	0,08	5	4	3	0,5	0,4	0,24
5. Межрегенерационный пробег	0,1	2	4	4	0,4	0,4	0,4
6. Степень обессеривания	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	5	5	4	0,35	0,35	0,28
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	3	5	4	0,21	0,35	0,28
3. Цена	0,07	5	3	3	0,35	0,21	0,21
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	3	5	5	0,21	0,4	0,4

5. Послепродажное обслуживание	0,06	4	4	4	0,28	0,24	0,24
6. Финансирование научной разработки	0,05	3	5	5	0,21	0,15	0,15
8. Наличие сертификации разработки	0,06	3	5	4	0,21	0,3	0,18
Итого	1	52	61	61	4,3	4,66	3,71

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (3.1)$$

где K – конкурентоспособность инженерного решения или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя

Были выбраны такие технологические критерии, такие как: простота эксплуатации, она в основном обуславливается истиранием катализатора, сложностью его выгрузки и загрузки, термическим спеканием, так же межрегенерационный пробег – это период времени активности одной загрузки катализатора с учетом того, что продукт на выходе соответствует заявленным нормам, еще одним важным критерием является степень обессеривания - именно от нее зависит качество получаемого нами продукта.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT.

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1 Наличие собственной	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
--	---	--

	<p>лаборатории для проведения исследований</p> <p>С2. Наличие собственного производства</p> <p>С3. Неизношенные основные фонды</p> <p>С4. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии</p> <p>С5. Наличие оборудования для внедрения</p> <p>С6. Квалифицированный персонал</p>	<p>Сл1. Наличие элементов экологической опасности производства</p> <p>Сл2. Отсутствие инжиниринговой услуги, способной обучить работать в рамках проекта</p> <p>Сл3. Стандартные методы продвижения на рынке</p> <p>Сл4. Риски повышения износа оборудования</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>СиВ:</p> <p>1. Разработка математической модели, позволяющей наиболее быстро рассчитать технологические параметры процесса гидроочистки дизельного топлива и выхода продуктов</p> <p>2. Анализ производительности различных катализаторов, используемых в этом процессе.</p> <p>3. Ускорение в сфере научнотехнических инноваций, способствующих улучшению экологической ситуации и потребительских качеств продукта.</p>	<p>СЛ и В:</p> <p>1. Помощь специалистов и оборудования ТПУ в совершенствовании продукта</p> <p>2. Должно понадобиться спонсирование проекта</p> <p>3. Дешевизна проекта может оказаться сильной стороной</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление более эффективного реагента</p> <p>У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У3. Развитая конкуренция поставщиков реагентов</p> <p>У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>	<p>СВиУ:</p> <p>1. Продвижение программы с целью создания спроса</p> <p>2. Создание конкурентных преимуществ готового продукта</p> <p>3. Поиск запасных источников финансирования, спонсоров в лице нефтеперерабатывающих предприятий, для которых может оказаться полезной данная разработка</p>	<p>СЛиУ:</p> <p>1. Необходима дальнейшая разработка модели и её уточнение</p> <p>2. Дальнейший поиск теоретических законов и зависимостей, позволяющих повысить обоснованность модели</p> <p>3. Заключение договорённостей с предприятиями о поставке данных для проверки модели</p> <p>4. Заключение договорённостей о поставках катализатора для анализа</p> <p>5. Приобретение необходимого оборудования для проведения испытаний опытного образца</p>

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа, который состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	-	-	-	+
	B2	-	-	-	+
	B3	+	+	+	-
	B4	+	+	+	-
Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	0	+	0	-
	У2	+	+	+	+
	У3	-	-	-	0
	У4	-	-	-	-
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	-	+
	B2	-	-	0	+
	B3	+	+	+	0
	B4	+	+	-	-

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	0
	У2	0	+	0	-
	У3	-	0	-	-
	У4	-	+	-	+

В том случае, если две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, можно говорить об их единой природе.

Далее должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в табл. 4.4.

Таблица 4.4 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научноисследовательского проекта:</p> <p>С1. Простота применения</p> <p>С2. Адекватность разработки</p> <p>С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.</p> <p>С4. Относительно невысокая денежная и временная затратность проекта</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие сертификации</p> <p>Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл.4 Отсутствие бюджетного финансирования.</p>
--	--	--

<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Использование инфраструктуры ОЭЗ ТВТ Томск</p> <p>В3. Появление потенциального спроса на новые разработки</p> <p>В4. Уменьшение значимости или достоинства конкурентных разработок</p>	<p>Простота применения, адекватность разработки, использование более свежей информации в проекте увеличит спрос и конкурентоспособность НИР (В3В4С1С2С3). При подключении в работу инновационных структур уменьшается время разработки и появляются дополнительные денежные средства(В1В2С4).</p>	<p>Помощь в финансировании проекта и его сертификации могут оказать инновационные инфраструктуры(В1В2Сл2Сл4).</p> <p>Необходимо снизить конкурентоспособность подобных разработок и расширить использование данной НИР во многих компаниях (В3В4Сл1Сл3).</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии</p> <p>У2. Значимая конкуренция технологий производства</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации</p> <p>У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Использование более новой информации, простота и адекватность математической модели позволяют повысить спрос и конкуренцию разработки, что уменьшает влияние финансирования (С1С2С3У1У2У4).</p> <p>В силу малой затратности проекта представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в другие услуги, такие как сертификация (С4У3).</p>	<p>Отсутствие прототипа, сертификации научной разработки, приведет к отсутствию спроса и отсутствию конкуренции проекта (У1У2Сл1Сл2Сл3), а отсутствие финансирования приведет к невозможности получения сертификации (У3Сл4).</p>

4.2 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 4.6)

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Патентный обзор литературы	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов	Бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	7	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	8	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации	9	Разработка необходимых чертежей	Бакалавр

по ВКР		Составление пояснительной записки	Бакалавр
--------	--	-----------------------------------	----------

4.2.1 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица 4.7 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

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

	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	48	55

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;
 B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Значение степени проработанности научного проекта составило 48, что говорит о том, что перспективность выше среднего. Значение уровня имеющихся знаний у разработчика составило 55 баллов, т. е. это позволяет говорить о перспективности выше среднего готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации.

4.2.2 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Методом коммерциализации научной разработки был выбран инжиниринг. Данный метод как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой

заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

4.3. Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Таблица 4.9 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Изучение структурно группового состава исходной дизельной фракции до и после процесса гидроочистки с целью нахождения кинетических параметров протекающих химических реакций.
Ожидаемые результаты проекта:	Найти значения констант скоростей превращения серосодержащих соединений и энергию активации.
Критерии приемки результата проекта:	Расчет кинетических параметров и написание кинетической модели

4.3.1 Организационная структура проекта

Таблица 4.10 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Кривцова Надежда Игоревна, НИ ТПУ, кафедра ХТТ и ХК, к. т. н.	Руководитель проекта	Координация деятельности проектной группы	100
2	Кислинская Александра Александровна, НИ ТПУ, кафедра ХТТ и ХК, бакалавр	Исполнитель по проекту	Выполнение НИР	400
ИТОГО:				500

4.4. Планирование научно-исследовательских работ

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе составлен перечень этапов проведения работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждения технического задания	Руководитель

Выбор направления исследования	2	Выбор направления исследования	Руководитель
	3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Бакалавр
Теоретическое обоснование и проведение экспериментальных исследований	5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Руководитель, Бакалавр
	6	Построение моделей и проведение экспериментов	Бакалавр
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр
Обобщение полученных результатов, выводы по проделанной работе	8	Оценка эффективности проведенных исследований	Руководитель
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Бакалавр
Проведение ОКР			Бакалавр
Разработка технической	10	Разработка принципиальной	Бакалавр

документации и проектирование		схемы	
	11	Оценка эффективности производства	Бакалавр
	12	Сбор информации по охране труда	Бакалавр
	13	Оформление результатов по охране труда	Бакалавр
	14	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Бакалавр
	15	Оформление экономической части работы	Бакалавр
Оформление отчета по НИР	16	Составление пояснительной записки	Руководитель, Бакалавр
	17	Сдача работы на рецензию	Бакалавр
	18	Предзащита	Бакалавр, Руководитель,
	19	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр
	20	Защита дипломной работы	Бакалавр, Руководитель

4.4.2. План проекта

Таблица 4.12 – Календарный план проекта

Название	Время, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Изучение литературы, составление литературного обзора	45	15.01	12.03	Кислинская Александра Александровна, Кривцова Надежда Игоревна
Расчет на математической модели	10	13.03	23.03	Кислинская Александра Александровна, Кривцова Надежда Игоревна
Обсуждение полученных результатов	10	24.03	04.04	Кислинская Александра Александровна, Кривцова Надежда Игоревна
Оформление выводов	20	05.04	25.04	Кислинская Александра Александровна, Кривцова Надежда Игоревна
Оформление пояснительной записки	45	15.04	31.05	Кислинская Александра Александровна, Кривцова Надежда Игоревна
И т о г о:	130	15.01	31.05	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм(гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

На основе табл. 18 построен календарный план-график (табл.19) по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования.

Таблица 4.13 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполнители	Т _к , кал,дн.	Продолжительность выполнения работ														
			январь			февраль			март			апрель			май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление литературного обзора	Бакалавр, руководитель	12	■	■	■	■	■	■									
Составление математической модели	Бакалавр, руководитель	14							■	■							
Обсуждение полученных результатов	Бакалавр, руководитель	4									■						
Оформление выводов	Бакалавр, руководитель	4										■	■				
Оформление пояснительной записки	Бакалавр, руководитель	8										■	■	■	■	■	■

Руководитель



Бакалавр



4.3 Расчет материальных затрат НТИ

4.3.1 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Многие из материалов уже находились в лаборатории, поэтому в статьях отражены малые расходы. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты расчета приведены в таблице 4.14.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

Таблица 4.14 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед.,с НДС руб.			Затраты на материалы, (Z _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Дизельное топливо	л	1,5	1,7	1,8	32	34	36	48	57,8	64,8
Толуол	л	0,6	0,5	0,5	69	70	65	41,4	35	32,5
Гексан	л	1	1,2	1	480	475	480	480	570	480
Бензол	л	0,8	0,9	0,7	478	469	475	382	422,1	333
Итого								952	1085	910

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 4.15

Таблица 4.15 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, руб.		
		Ис п.1	Ис п.2	Ис п.3	Ис п.1	Ис п.2	Ис п.3	Ис п.1	Ис п.2	Ис п.3
1.	Аналитические весы	1	1	1	15000	14900	14500	15000	14900	14500
2.	Бюретка 50 мл	2	2	1	500	400	450	1000	800	450
3.	Сушильный шкаф	1	1	1	11000	12000	11500	11000	12000	11500
4.	Колба 250 мл	2	2	1	90	85	80	180	170	80
5.	Мерный цилиндр 100мл	1	1	1	80	70	85	80	70	85
6.	Капельная воронка	1	1	1	500	550	600	500	550	600
7.	Пипетка градуированная	11	10	11	160	150	165	1760	1500	1815
8.	Муфельная печь	1	1	1	40000	42000	43000	40000	42000	43000
9.	Мерный стакан	2	2	1	36	34	40	72	68	40
10.	Стеклянная пробка	4	5	4	36	37	35	144	185	140
11.	Компьютер	1	1	1	15332	16000	17000	15332	16000	17000
Итого:								85068	88243	89210

Расчет затрат на электроэнергию

Расчет затрат на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_3 = \sum N_i \cdot T_3 \cdot C_3$$

Где N_i - мощность электроприборов по паспорту, кВт; T_3 - время использования электрооборудования, час; C_3 - цена одного кВт*ч, руб.

$$C_3 - 2,1 \text{ руб/ кВт*ч}$$

$$E_9 = \sum N_i \cdot T_9 \cdot Ц_9 = 350,35 \text{руб.}$$

Расчет заработной платы исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 10 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p$$

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}$$

Где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,07%)

Расчет основной заработной платы сводится в табл. 4.16

Таблица 4.16 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Трудо-емкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	21	22	18	1500	1600	1500	3150	3520	2700	2205	2464	1890
Бакалавр	80	90	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Итого:	31500	35200	27000	2205	2464	1890
---------------	-------	-------	-------	------	------	------

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом 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%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 4.17).

Таблица 4.17 – Отчисление во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	31500	35200	27000	2205	2464	1890
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%					

Итого	
Исполнение 1	9134,055
Исполнение 2	10206,944
Исполнение 3	7829,19

Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

4.5 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.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 4.18.

Таблица 4.18 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	952	1085	910

2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	85068	88243	89210
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	31500	35200	27000
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	2205	2464	1890
5. Отчисления во внебюджетные фонды	9134,055	10206,9	7829,19
6. Накладные расходы	20617,4488	21951,8	20294,3
7. Бюджет затрат НИИ	149476,504	159151	147133

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 22). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи

принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

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).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 4.19).

Таблица 4.19 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	4	3

2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	4	3
3. Надежность	0,15	5	4	3
4. Простота эксплуатации	0,20	5	4	2
5. Межрегенерационный пробег	0,25	5	5	5
6. Степень обессеривания	0,15	1	2	3
ИТОГО	1	25	22	20

$$I_{p-исп1} = 4,25$$

$$I_{p-исп2} = 3,95$$

$$I_{p-исп3} = 3,3$$

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

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

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}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (18)$$

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}} = \frac{4,25}{0,78} = 5,45$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} = \frac{3,95}{0,75} = 5,26$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{p-\text{исп3}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп3}}} = \frac{3,3}{1} = 3,3$$

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}} = \frac{5,45}{5,26} = 1,04$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп3}}} = \frac{5,45}{3,3} = 1,65$$

Таблица 4.20 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп 2	Исп 1	Исп 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,75	0,78	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,95	4,25	3,3
3	Интегральный показатель эффективности	5,26	5,45	3,3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,04	1,8	1,65

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Введение

В нефтепереработке гидроочистка сырья является заключительной операцией очистки нефтепродуктов, которую проходят почти все нефтяные топлива прямой гонки, крекинга и риформинга, так и вторичного происхождения: бензин, керосин, дизельное топливо и вакуумный газойль. Процесс гидроочистки применяется для облагораживания компонентов смазочных масел и парафинов. Этот процесс представляет одну из разновидностей гидрогенизационного процесса и протекает в условиях близких к условиям гидрокрекинга и на тех же катализаторах.

В процессе гидроочистки из нефтепродуктов удаляются соединения серы, азота, кислорода и некоторых металлов, гидрируются ненасыщенные углеводороды. Одновременно происходит также гидрирование нестабильных непредельных углеводородов до соответствующих предельных.

Образовавшиеся продукты гидрирования отделяются от нефтепродуктов путем поглощения их сорбентами (этаноламина, раствором гидроксида натрия) и после нуждаются в утилизации.

5.2 Анализ вредных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования.

5.2.1 Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны

В результате процесса гидроочистки топлива, под воздействием температур образуются газы, бензиновые фракции, все они являются токсичными легковоспламеняющимися жидкостями и образуют, в том числе и газы, взрывоопасные смеси с воздухом.

Пары углеводородов оказывают вредное воздействие на нервную систему человека, вызывают острые и хронические отравления. Основные симптомы отравления: головная боль, головокружение, сердцебиение, слабость, психическое возбуждение, беспричинная веселость, сухость во рту, тошнота и затем потеря сознания.

Процесс относится к вредным для здоровья обслуживающего персонала производствам, так как связан с переработкой и получением продуктов, являющихся токсичными веществами.

Наиболее опасные места на установке:

1. помещение открытых насосных;
2. колонны блока каталитического риформинга (колонны С-101,С-501);
3. колонны блока гидроочистки дизельной фракции (колонны С-301,С-401)
4. блок печей (F-101, F-201, F-202, F-203, F-301, F-102, F-501);
5. места отбора проб для лабораторных анализов;
6. все колодцы промышленной канализации и оборотного водоснабжения, приемки где возможны скопления сероводорода, углеводородных газов и паров, технологические лотки;
7. места в которых возможно выделение вредных и ядовитых паров, газов, способных создать опасную концентрацию или пожарную опасность. А также низкие места и приемки где могут скапливаться вредные и взрывоопасные газы приводящие к отравлению обслуживающего персонала.

Основными вредными химическими факторами являются:

- наличие сероводорода и его смеси с углеводородами;
- наличие большого количества водородсодержащего газа с сероводородом;
- наличие хлорорганических соединений, применяемых в качестве реагента.

Углеводородные газы, сероводород, являются вредными веществами и могут вызвать у работающих нарушение состояния здоровья, понизить работоспособность, привести к острым или хроническим отравлениям и даже к смерти (при вдыхании вредных газов с высокой концентрацией).

Характеристики вредных и опасных факторов применяемого сырья, реагентов и продуктов производства.

Бензин - бесцветная, легко воспламеняющаяся жидкость (ЛВЖ). Предельно-допустимая концентрация (ПДК)-100 мг/м³ [1]. Пределы взрывоопасной концентрации (ПВК) паров бензина с воздухом от 1 % до 6 % объемных. В данном пределе при наличии открытого окна происходит взрыв.

При содержании паров бензина в воздухе производственных помещений выше ПДК - возможны отравления. На организм человека бензин действует как наркотик. При легком отравлении вызывает головную боль, головокружение, сухость во рту, беспричинную веселость. При высоких концентрациях происходит острое отравление с потерей сознания со смертельным исходом. При попадании на тело может вызывать хроническую экзему.

Сероводород - бесцветный, ядовитый газ, тяжелее воздуха. При содержании в воздухе в малых концентрациях имеет запах тухлых яиц. В больших концентрациях парализует органы обоняния. При легком отравлении наблюдается резь в глазах, светобоязнь, ощущение инородного тела в глазах, кашель, тошнота. При тяжелом отравлении - посинение губ, тошнота, рвота, потеря сознания.

- ПДК – 10 мг/м³, ПВК- 4,3% - 45,5% [1]

- Технологическая гидроочистка дизельное топливо
- Вредное действие сероводорода с углеводородом усиливается
- ПДК смеси с углеводородами - 3 мг/м³[1].

Легкий газойль - вязкая жидкость, желтоватого цвета, имеет запах дизельного топлива. Раздражающе действует на кожу, вызывает заболевания кожи. ПДК – 300 мг/м³, ПВК - 1,4% - 7,5% [1].

Моноэтаноламин - щелочь, при попадании на кожу вызывает химический ожог, не взрывоопасен. ПДК - 0,5 мг/м³[1].

Дизельное топливо - относится к малотоксичным веществам, оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки и кожу. ПДК - 300 мг/м³

Углеводородные газы - оказывают сильное наркотическое воздействие, вызывают как острое, так и хроническое отравление. ПДК - 300 мг/м³

Водородсодержащий газ - бесцветный газ, без запаха. Смесь водорода с воздухом и кислородом взрывоопасна. ПДК - 300 мг/м³

5.2.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны

В помещении операторной необходима комбинированная система освещения с общим равномерным освещением всего производственного помещения, а также дополнительным освещением щитов, пультов операторной и рабочих мест в помещениях средств измерения. В соответствии СП 52.133.30.2011 «Искусственное и естественное освещение» предусмотреть комбинированное освещение: - естественное через оконные проемы; - искусственное при помощи светильников [2]. Аварийное освещение необходимо иметь у щитов и пультов в операторном помещении, за щитом у шкафов электропитания, на лестничных площадках, у дверных проемов.

Для химические цехов норматив по освещенности представлен в таблице 1, согласно ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.

Порядок рабочего освещения нормируется от разряда и подразряда зрительных работ. Разряд и подразряд зрительных работ насосной – VIII в.

1. Нормированная минимальная освещенность рабочего освещения $E_n = 300$ лк.

2. При аварийном освещении не менее 2 лк;

3. Освещенность на путях эвакуации людей из помещений при аварийном освещении не менее 0,5 лк.

4. Освещение безопасности должно создавать на рабочих поверхностях наименьшую освещенность в размере 5% от рабочего, но не менее 2 лк внутри помещения и 1 лк на территории установки.

Источником освещения для помещения операторной являются лампы накаливания, разрядные лампы, галогенные лампы и лампы дуговые, люминесцентные высокого давления.

Для освещения производственного помещения используется тип светильника ЛД [3]. Расчет искусственного освещения и подбор ламп, необходимых для обеспечения нормируемой освещенности в помещении операторной.

5.2.3 Повышенный уровень шума

Ведение технологического процесса гидроочистки сопровождается значительным шумом, источниками, которого служат компрессора, насосы, вентиляционные установки, электродвигатели и другое оборудование. Для борьбы с шумом должны проводиться следующие мероприятия: - размещение оборудования, являющегося источником шума в отдельных помещениях; - использование СИЗ от шума; - применение звукопоглощающих и звукоизолирующих материалов, конструкций; - использование специальных кожухов на приводах шумных машин и механизмов. Допустимые уровни шума на рабочих местах, общие требования к шумовым характеристикам машин, механизмов и другого оборудования установить в соответствии СН

2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территориях жилой застройки».

5.2.4 Повышенный уровень вибрации

Средние квадратические значения виброскоростей являются нормируемыми параметрами вибрации, а также нормируются их логарифмические уровни или виброускорения в октавных полосах частот.

Суммарное время работы в контакте с ручными машинами, вызывающими вибрации, не должно превышать 2/3 рабочей смены. При этом продолжительность одноразового непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, которые входят в данную операцию, не должна превышать 15-20 минут. Для установок гидроочистки с источниками вибраций как правило служат компрессора и насосы.

Средства индивидуальной защиты от вибрации для рук оператора – изолирующие рукавицы, перчатки, вкладыши, прокладки. Общие требования к средствам индивидуальной защиты рук от вибрации регламентируются ГОСТ 12.4.002-97 Система стандартов безопасности труда «Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний».

Предельно допустимый уровень вибрации на рабочем месте согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 не должен превышать 87 Гц [4].

5.3 Анализ опасных факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования.

5.3.1 Пожаровзрывобезопасность

По пожаровзрывоопасности установка гидроочистки дизельной фракции относится к категории А. В соответствии с нормами проектирования СНИП - 2 - 92 - установки гидроочистки относятся к группе производственного процесса ШБ.

Потенциальная опасность технологических блоков, где обращаются взрывопожароопасные продукты, заключается в возможности разгерметизации аппаратов и трубопроводов, проливе горючих жидких продуктов, выбросе парогазовой, взрывоопасной среды.

Для предупреждения аварийной разгерметизации систем установки следует обеспечить ведение технологического процесса в соответствии с нормами режима.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- эксплуатация только исправного оборудования;
- периодический инструктаж по пожарной безопасности;
- наличие ответственного за пожарную безопасность помещения;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для своевременной ликвидации очагов возможных загораний применяются первичные средства пожаротушения, в соответствии с [4].

Средства пожаротушения и противопожарный инвентарь в исправном состоянии и окрашен в красный цвет.

Установка оснащена первичными средствами пожаротушения:

- система паровых стояков, с возможностью подключения гибких паровых шлангов;
- система водяных стояков, с возможностью подключения гибких водяных шлангов;
- порошковые огнетушители типа ОП-8, углекислотные - ОУ-5, ОУ-10 ящики с песком, лопаты, носилки, войлок - в количестве, предусмотренном «Правилами пожарной безопасности в РФ» ППБ-01-93.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала предусмотрены индивидуальные средства защиты:

1) защита органов дыхания - применяют фильтрующие противогазы, шланговые противогазы ПШ - 1, ПШ - 2 и воздушные аппараты АСВ - 2, "Сеноба".

К фильтрующим промышленным противогазам подбирается коробка, которая может быть: белая - защищает от оксида углерода (СО), жёлтая (В) - от кислых газов, сероводорода, оксида азота, сернистого ангидрида, коричневая (А) - от паров бензина, керосина и других нефтепродуктов.

Шланговые противогазы изолируют органы дыхания только от воздуха находящегося в зоне рабочего места, автономные противогазы - полностью от окружающего воздуха.

2) защита органов зрения. Для защиты глаз от воздействия вредных и опасных производственных факторов применяют защитные очки.

3) Защита кожных покровов. Для защиты кожных покровов применяют спецодежду, спецобувь и предохранительные приспособления. Нахождение обслуживающего персонала на рабочем месте без спецодежды и спецобуви категорически запрещается.

5.3.2 Давление

В ходе процесса гидроочистки, осуществление реакции обессеривания, гидрирования проводится при высоком давлении до 4 МПа. Аппарат проходят

процессы с веществами в газообразном состоянии при высоких температурах и давлениях. Присутствие на установке аппаратов и трубопроводов под высоким давлением создает опасность разгеметизации оборудования, срыва механических частей установки, следовательно, провоцирование взрывов, термических ожогов смесью, а также просто физических травм. С целью предотвращения возникновения ожогов необходимо производить контроль безупречности состояния тепловой изоляции, использования предусмотренной спец. одежды, соблюдения правил техники безопасности. Необходимо так же предусматривать аварийный сброс давления из системы реакторного блока в экстремальных ситуациях. Режим аварийного сброса и действие обслуживающего персонала должны указываться в проекте и технологическом регламенте для каждой установки [5].

5.3.3 Движущиеся машины и механизмы

Множество элементов установки гидроочистки содержат механические движущиеся части. К ним можно отнести компрессоры, насосы подачи дизельной фракции, водородсодержащего газа, пневматические приводы задвижек, вспомогательная техника и пр.

С целью предотвращения травм, получаемых от движущихся механических частей, следует проводить постоянный контроль наличия и надежности крепления ограждений (кожухов) вращающихся частей оборудования, соблюдать правила техники безопасности.

5.3.4 Электрический ток

По опасности поражения людей электрическим током помещение операторной относится к помещениям без повышенной опасности, в виду того, что:

- отсутствует сырость, токопроводящая пыль
- полы деревянные

- температуры окружающей среды менее 30 градусов

Пульты управления, а также другая техника, контролирующая процесс производства закрыта защитными корпусами экранами, а также применено защитное заземление во избежание поражения людей электрическим током [6].

Кроме того, применена защитная изоляция токопроводящих частей электрооборудования.

Электробезопасность. Род тока – переменный; напряжение в сети 220-380В, частота 50Гц. Режим нейтрали питающей сети - трехфазная четырехпроводная сеть с заземлением нейтралью, электрооборудование занулено. По опасности поражения электрическим током помещения относятся ко II классу [7].

Защита от статического электричества

В качестве защиты от статического электричества применено защитное заземление технологического оборудования, а также защитная одежда и обувь. Не допускается нахождение людей на территории установки в легкой летней обуви, а также обуви подбитой металлическими гвоздями.

5.4 Экологическая безопасность

5.4.1. Анализ воздействия выбросов на атмосферу

Установка гидроочистки дизельных топлив имеет следующие выбросы вредных веществ в атмосферу:

- организованные
- неорганизованные

К организованным выбросам относятся дымовые газы из дымовой трубы печей и выбросы вытяжной системы вентиляции, газы продувки компрессоров на свечу, газы регенерации.

Источниками неорганизованных выбросов являются воздушники аппаратов, продувочная свеча, неплотности технологического оборудования аппаратного двора.

Основными вредными веществами, выбрасываемыми, в атмосферу из источников являются: углеводороды, окислы азота, сероводород, окись углерода, сернистый газ.

Согласно ГОСТу 17.2.302.-78 и «Временной инструкции по установлению допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу предприятиями Миннефтехимпрома РФ» установлены следующие величины ПДК в рабочей зоне:

- Сернистого газа (SO₂) - 10 мг/м³[8]
- Окиси углерода (CO) - 20 мг/м³[8]
- Сероводород (H₂S) - 10 мг/м³[8]
- Углеводород - 300 мг/м³[9]
- Окиси азота - 5 мг/м³[9]

Выбросы через неплотности оборудования определяются условно, процесс ведется в герметически закрытой системе.

Для снижения выделения выбросов в атмосферу предусмотрены следующие мероприятия:

1. Освобождение системы аппаратов и трубопроводов от газообразных продуктов и паров нефтепродуктов при сбросе давления осуществляется в закрытую факельную систему.

2. Сухой газ производства сбрасывается в линию топливного газа и используется как топливо.

5.4.2. Анализ воздействия сбросов лаборатории на гидросферу

Для исключения сбросов жидких нефтепродуктов со сточными водами на очистные сооружения предприятия предусматриваются мероприятия:

1. Дренаживание системы аппаратов, оборудования, трубопроводов от остатков жидких продуктов производства осуществляется в закрытую систему (дренажную емкость Е - 5), с последующей откачкой дренажа в резервуары сырьевого парка.
2. Вода в водяные холодильники поступает из системы оборотного водоснабжения. За состоянием оборотной воды на выходе с установки ведется систематический контроль, во избежание попадания в нее нефтепродукта.
3. Промывание воды от смыва полов в открытой насосной и газовой компрессорной сбрасываются в промышленную канализацию, оборудованную гидрозатворами, затем на очистные сооружения.
4. Ливневые стоки с территории установки направляются в промывную канализацию.

Для снижения норм расхода воды на установке необходимо производить контроль за температурой отходящей воды и чистить пучки холодильной аппаратуры в период ремонта.

Для контроля за процессом горения и полноты сжигания топлива установлен тягомер для измерения разрежения в камерах радиации и конвекции (разрежение должно быть до 30 мм вод. ст.)

Высота дымовой трубы 120 метров обеспечивает рассеивание вредных веществ.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Безопасность в чрезвычайных ситуациях - это состояние защищенности населения, объектов экономики и окружающей среды от опасностей в чрезвычайных ситуациях.

Безопасность в ЧС обеспечивается деятельностью органов государственной власти РФ и субъектов РФ, органов местного самоуправления, предприятий, учреждений и организаций, населения, а также специальных сил и средств РФ, созданных для обеспечения безопасности граждан, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах РФ или его части, объектов производственного и социального назначения, окружающей среды в условиях чрезвычайных ситуаций. Эта деятельность регулируется Федеральными законами «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (1994), «О чрезвычайном положении» (2001), «О безопасности» (1992), также положениями Конституции РФ. Для предотвращения взрывов, пожаров, выбросов на установке нужно предусмотреть противоаварийную автоматическую защиту.

Источниками аварий и аварийных ситуаций на установке могут быть:

- разгерметизация фланцевых соединений аппаратов и трубопроводов;
- пропуск сальниковых уплотнений насосов, компрессоров и арматуры работающих агрегатов;
- размораживание (в зимних условиях) трубопроводов и аппаратов;
- внезапная остановка отдельных систем и агрегатов;
- появление неисправностей на работающих системах;
- нарушение норм технологического режима;
- нарушение требований охраны труда работающими.

Безопасность производственного процесса обеспечивается выбором режима работы технологического процесса, оборудования, размещением производственного оборудования.

Для обеспечения безопасности производственного процесса, предусмотрено следующее:

- процесс осуществляется по непрерывной схеме в герметичных аппаратах, аппаратура располагается на открытой площадке;
- для безопасного ведения процесса, управление осуществляется дистанционно с помощью автоматических клапанов-регуляторов из помещения операторной;
- при отклонениях параметров технологического режима от заданных значений, предусмотрена сигнализация для быстрой ликвидации аварийной ситуации и перевода системы в безопасное состояние.

Для обеспечения нормального ведения технологического процесса необходимо соблюдать следующее:

- не допускать резких изменений давления и температуры в аппаратах. Строго соблюдать технологические параметры ведения процесса согласно норм технологического регламента;
- во время работы установки необходимо обеспечить контроль за давлением в аппаратах. Показания контрольно-измерительных приборов, выводящиеся на мониторы в операторной, должны подвергаться периодическим проверкам дублирующими приборами по месту, установленными непосредственно на аппаратах, а также проходить Госповерку;
- не допускается эксплуатировать технологическое оборудование с неисправными средствами защиты (система сигнализации и блокировок, СППК, система аварийного освобождения), приборами КИП и А;
- во избежание распространения взрывоопасных паров и газов в сети промышленной канализации, в колодцах установлены гидрозатворы.

- Такие затворы установлены на всех выпусках от помещений с технологическим оборудованием, площадок технологических установок (блоков, секций), узлов задвижек, групп аппаратов, насосных, котельных, компрессорных помещений, и т.п. В каждом гидравлическом затворе высота слоя жидкости, образующей затвор, должна быть не менее 0,25 м;
- оставлять открытыми задвижки на неработающих аппаратах, оборудовании и трубопроводах запрещается. Временно выключенные из схемы аппараты и трубопроводы должны быть отглушены стандартными заглушками;
 - резервное оборудование (насосы, компрессора) всегда должен находиться в постоянной готовности к пуску.

5.6 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Для обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе выполнения трудовой деятельности применяется комплекс мер, содержащий правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [68].

Обеспечение охраны здоровья и условий труда, соответствующих требованиям безопасности, изложены в Статье 37 [69] и являются неотъемлемыми правами граждан. На основании Конституции РФ базируется ряд законов и нормативных актов, уточняющих и расширяющих понятие охраны и защиты труда.

Значимым документом является Трудовой кодекс [68], охватывающий вопросы от правового возникновения трудовых отношений, до детального рассмотрения трудового договора, времени отдыха и профессиональной подготовки работника, охраны труда, разрешения трудовых споров и т.д.

Для сотрудников, работающих на установке гидроочистки, применимы следующие специальные нормы трудового законодательства:

1. Статья 92 ТК РФ. Сокращенная продолжительность рабочего времени;
2. Статья 94 ТК РФ. Продолжительность ежедневной работы (смены);
3. Статья 117 ТК РФ. Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работников, занятым на работах с вредными и (или опасными) условиями труда;
4. Статья 121 ТК РФ. Исчисление стажа работы, дающего право на ежегодные оплачиваемые отпуска;
5. Статья 126 ТК РФ. Замена ежегодно оплачиваемого отпуска денежной компенсацией;
6. Статья 146 ТК РФ. Оплата труда в особых условиях.
7. Статья 147 ТК РФ. Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

8. Постановлением Правительства РФ № 870;
9. Статья 212 ТК РФ. Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда;
- 10.Статья 212 ТК РФ. Право работника на труд в условиях, отвечающих требованиям охраны труда;
- 11.Статья 222 ТК РФ. Выдача молока и лечебно-профилактического питания.
- 12.Приказ Минздравсоцразвития РФ от 16.02.2009 № 45н. Здания, помещения, рабочие места должны удовлетворять требованиям [51, 52].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы было проведено исследование реакций, протекающих в процессе гидроочистки, в частности, реакций гидрогенолиза сернистых соединений и насыщения моно- и полиароматических углеводородов, при проведении и эксплуатационных испытаний на установке Л-24-10/2000 ООО «КИНЕФ» катализаторной системы на соответствие гарантийных показателей катализатора основного слоя HR – 538 (2.5) фирмы «Axens».

Анализ сырья и продуктов в ходе данного процесса показал, что используемый катализатор имеет высокую степень гидроочистки (до 99.9%). Его активность обуславливается наличием в нем таких компонентов как оксид кобальта и оксид натрия. Исследование степени гидроочистки для реакций серосодержащих соединений показали, что для более тяжелых фракций, таких как фракция от 260-340С и фракция >340С степень обессеривания лучше (от 99,98%), чем для более легкой фракции (99,96%), что может быть связано с наличием малолетучих и плохоразлагаемых сернистых соединений, таких как алкилзамещенные фенантро- и нафтобензотиофены, в результате влияния которых блокируется гидрирование легкокипящих соединений. Так как реакция гидрообессеривания протекает намного быстрее, чем реакции превращения ароматических и полиароматических соединений, то это влияние невелико, но имеет место быть. К тому же, подобные результаты вполне может быть вызваны наличием аммиака и азотистых оснований в сырье гидроочистки. Также проводилось исследование констант скоростей химических реакций, которые показали, что реакция обессеривания протекает намного быстрее, чем реакция насыщения моно- и полиароматики.

В работе описана кинетическая модель превращения сероорганических соединений, моно- и полиароматических углеводородов. Модель представляет собой систему дифференциальных уравнений скоростей расходования предыдущих компонентов.

С использованием составленной программы в среде ABC Pascal были подобраны константы скорости превращения серосодержащих, полиароматических и моноароматических соединений, а после так же рассчитаны. Сопоставление подобранных и рассчитанных значений позволило подтвердить, что реакции обессеривания протекают наиболее быстро, для них среднее значение константы скорости составляет $0,9 \text{ с}^{-1}$, нежели реакции насыщения ароматических соединений в пределах от $0,02$ до $0,05 \text{ с}^{-1}$.

Таким образом, полученные значения величин констант скоростей превращения серосодержащих, моно- и полиароматических соединений могут быть использованы для прогнозирования остаточного содержания серы, количества бензолов или полиароматических соединений в очищаемом сырье на данном типе катализатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009). Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия.
2. ИА «Девон» [Электронный ресурс]. – Режим доступа.
http://iadevon.ru/news/petroleum/v_rossii_sozdaetsya_rinok_tehnologiy_neftepererabotki_i_katalizatorov-7214/
3. Вестник ХимПром [Электронный ресурс]. - Режим доступа.
<http://vestkhimprom.ru/posts/rynok-katalizatorov-neftepererabotki-potreblenie>
4. Капустин В.М. Технология переработки нефти. Часть вторая. Деструктивные процессы/ Капустин В.М., Гуреев А.А. – М.: Колос, 2007. – 334 с.
5. Зуйков А.В. Особенности производства дизельного топлива с низким содержанием полициклических ароматических углеводородов / Зуйков А.В., Чернышова Е.А., Сидоров Ю.В., Хавкин В.А., Гуляева // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2013. - №1. – С.11-15.
6. Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти. Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.
7. В.Д. Рябов. Химия нефти и газа/ Рябов В.Д. Химия нефти и газа: учебное пособие. – М.: ИД «Форум», 2012. – 336 с.: ил – (Высшее образование).
8. Аспель Н. Б., Демкина Г.Г., Гидроочистка моторных топлив. Ленинград, «Химия» 1997.400 с.
9. Кондрашёва Н. К., Кондрашёв Д. О. Технологические расчёты и теории процесса гидроочистки: учеб. пособие. Уфа: ООО "Монография", 2008. 106 с.
10. Солодова Н. Л., Терентьева Н. А. Гидроочистка топлив: учебное пособие. «Казань»: КГТУ, 2008. 103 с.

11. ООО "Кинеф". Регламент установки гидроочистки дизельного топлива Л-24-7. Кириши. 2012. 50 pp.
12. Афанасьева Ю.И., Кривцова Н.И., Иванчина Э.Д., Занин И.К., Татауршиков А.А., "Разработка кинетической модели процесса гидроочистки дизельного топлива," Известия Томского политехнического университета (Известия ТПУ), Т. 321, № 3, 2012. С. 121 - 125.
13. Берг Г.А., Хабибулин С. Г. Каталитическое гидрооблагораживание нефтяных остатков. Ленинград: Химия, 1986. 192 с.
14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
15. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция), утверждено Министерством экономики РФ,
16. Министерство финансов РФ № ВК 477 от 21.06.1999 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа. - <http://www.cfin.ru/>.
17. Генеральное соглашение между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и Правительством Российской Федерации на 2014 – 2016 годы // Российская газета. – № 295, 2013.
18. ГОСТ 12.0.009-2009 «Система управления охраной труда на малых предприятиях. Требования и рекомендации по применению».
19. Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. №426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».
20. ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы
21. СП 52.133.30.2011 «Искусственное и естественное освещение»

22. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Издание седьмое.
Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204
- 23.. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений
24. Л.А. Моссоулина «Электробезопасность в трехфазных сетях переменного тока»: Учебное пособие Самара Самарский государственный технический университет 2015
25. ПБ 09-563-03. Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств.
Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 29.04.03 № 44. Зарегистрировано в Минюсте России 09.06.03, рег. № 4660
26. Правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты (утв. постановлением Минтруда РФ от 18 декабря 1998 г. N 51).
27. РД 34.21.122 "Инструкцией по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений"
28. ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями
29. Временная инструкция по установлению допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу предприятиями Миннефтехимпрома РФ
30. СНиП 23-05-2010 «Естественное и искусственное освещение».
Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
31. Шум. Общие требования безопасности. [Текст]. –введ. 01.07.1984. – М.: Стандартинформ, 2008. – 13 с.
32. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст]. –введ. 01.01.1989. – М.:Стандартинформ, 2008. – 49 с.

33. Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок" (Зарегистрировано в Минюсте России 12.12.2013 N 30593).
34. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N123–ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа.
35. ГОСТ Р 22.0.01–94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения [Текст]. – введ. 01.01.1995. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 11 с.
36. Технический регламент от 24 декабря 2009 г. О безопасности средств индивидуальной защиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.URL: http://www.rg.ru/2010/03/30/tehreg-site-dok.html](http://www.rg.ru/2010/03/30/tehreg-site-dok.html).
37. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.URL: http://www.consultant.ru/document/](http://www.consultant.ru/document/).
38. ГОСТ 12.0.004–90. Организация обучения безопасности труда [Текст]. – введ. 01.07.1991. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.