

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (Процессы и аппараты химической технологии)

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Самборская М.А
 (Подпись) _____ (Дата) (Ф.И.О.)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Гидроочистка легкого атмосферного газойля в смеси с бензином

УДК:665.752:665.73:665.658.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ81	Чиблис Наталья Владиславовна		

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	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Атепаева Наталья Александровна	Старший преподаватель		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Самборская Марина Анатольевна	к.т.н.		

Томск – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП (18.04.02)

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
P1	Осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 ОК-1, ОК-2, ОК-3), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.033 - «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»
P2	Осуществлять управление проектом на всех этапах его жизненного цикла	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2 ОПК-4, ОПК-5), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.011 - «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.033 - «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»
P3	Организовывать и руководить работой команды, вырабатывать командную стратегию для достижения цели	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3 ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-14), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.011 - «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.033 - «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»
P4	Применять современные коммуникативные технологии в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах) для академического и профессионального взаимодействия	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4 ОПК-1, ОПК-3, ПК-5), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.011 - «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P5	Проводить анализ и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-5, ОК-2, ОПК-2, ОПК-3, ПК-5), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»
P6	Определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности, разрабатывать способы ее совершенствования на основе самооценки	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6, ОК-1, ОК-3), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Профиль «Инжиниринг нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств»		
Р7	Формулировать, разрабатывать и реализовывать методы решения научно-исследовательских задач, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств представлять и защищать результаты	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, ОПК -3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.011- «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами» 26.014 – «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области биотехнических систем и технологий»
Р8	Проводить все стадии проектирования с использованием методов математического моделирования, коммерческих симуляторов и пакетов прикладных программ, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ПК-18, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22, ПК-23), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.011- «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами» 26.014 – «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области биотехнических систем и технологий», 19.002 - «Специалист по химической переработке нефти и газа», 19.008 - «Специалист по диспетчерско-технологическому управлению нефтегазовой отрасли», 19.012 - «Специалист по оперативно-диспетчерскому управлению нефтегазовой отрасли»
Р9	Разрабатывать учебно-методическую документацию, ставить новые лабораторные работы, проводить практические занятия по теме, ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, УК-5, ПК-25, ПК-26), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 01.004 - «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (Процессы и аппараты химической технологии)
 Уровень образования Магистр
 Отделение школы НОЦ) Отделение химической инженерии

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	27 мая 2020г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.03.2020	<i>Анализ актуальности темы исследования. Подготовка раздела «Введение».</i>	10
16.03.2020	<i>Анализ современного состояния исследования процесса гидроочистки и его роль в нефтепереработке. Анализ химизма и механизма процесса гидроочистки. Анализ влияния технологических параметров на процесс гидроочистки.</i>	20
06.04.2020	<i>Выбор объектов и методов исследования. Постановка цели и определения задач исследования. Выполнение раздела «Экспериментальная часть»</i>	30
30.04.2020	<i>Анализ полученных результатов. Выводы и рекомендации</i>	20
17.05.2020	<i>Подготовка разделов «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Выполнение расчетов. Подготовка раздела «Социальная ответственность»</i>	20

Составил руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кривцова Надежда Игоровна	К.Т.Н.		

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ81	Чиблис Наталья Владиславовна		

СОГЛАСОВАНО:**Руководитель ООП**

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

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (Процессы и аппараты химической технологии)

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Самборская М.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ81	Чиблис Наталье Владиславовне

Тема работы:

Гидроочистка легкого атмосферного газойля в смеси с бензином	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 03.03.2020 г. № 63-53/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	27.05.2020 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является процесс гидроочистки.</p> <p>Исследование влияния состава сырья и условий проведения процесса на химический состав и показатели качества получаемых продуктов.</p> <p>Сырье – легкий атмосферный газойль в смеси с бензином.</p> <p>Для анализа используются данные, полученные с лабораторной каталитической установки гидроочистки легкого атмосферного газойля в смеси с бензином</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор: назначение процесса гидроочистки, сырье и продукты процесса, катализатор, схема установки, проведение процесса гидроочистки, анализ сырья и продуктов после процесса гидроочистки 2. Объект и методы исследования процесса 3. Экспериментальная часть. Описание лабораторной установки, проведение

	<p>процесса гидроочистки, анализ сырья и продуктов после процесса гидроочистки, результаты исследований и их обсуждение</p> <p>4. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение</p> <p>5. Социальная ответственность</p> <p>6. Заключение</p>
--	--

Перечень графического материала
(с точным указанием обязательных чертежей)

Презентация

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина Вероника Анатольевна
Социальная ответственность	Атепаева Наталья Александровна
Литературный обзор на иностранном языке	Болсуновская Людмила Михайловна

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

1.2 Назначение процесса гидроочистки

1.4 Катализаторы в гидроочистке

1.5 Принципиальная технологическая схема установки гидроочистки

1.6 Характеристика сырья и продуктов гидроочистки

2.1 Анализ сырья и продуктов после процесса гидроочистки

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

20.01.2020 г.

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Кривцова Надежда Игоревна	к.т.н., доцент		20.01.2020 г.

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ81	Чиблис Наталья Владиславовна		20.01.2020 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ81	Чиблис Наталье Владиславовне

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Магистр	Направление / специальность	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в Российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; Размер оклада руководителя проекта: 33 664 руб.; Размер оклада дипломника: 13 560 руб.;</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Число календарных дней в году: 365 дней; Продолжительность выполнения ВКР: 2 года; Дополнительная заработная плата: 15 % от основной;</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления на социальные нужды во внебюджетные фонды: 30,2%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности проведения поисковых ГРП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа Инициализация проекта Планирование управления проектом</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета поисковых ГРП</i>	<i>Расчет материальных затрат на разработку проекта, заработной платы, дополнительных расходов</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности поисковых ГРП</i>	<i>Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM81	Чиблис Наталья Владиславовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ81	Чиблис Наталье Владиславовне

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

Тема ВКР:

Гидроочистка легкого атмосферного газойля в смеси с бензином	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<ul style="list-style-type: none"> - объект исследования: процесс гидроочистки легкого атмосферного газойля в смеси с бензином; - рабочая зона: научно-исследовательская лаборатория; - область применения: нефтехимия;
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; - СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003; - СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*; - СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> - вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм; - электрический ток, вызываемый разницей электрических потенциалов, под воздействие которого попадает работающий; - высокая температура материальных объектов производственной среды; - акустические колебания в производственной среде (повышенный уровень шума); - световая среда (отсутствие или недостаток необходимого естественного/искусственного освещения);

	- микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего.
3. Экологическая безопасность:	- к отходам производства на установке относится отработанный катализатор. - химическое загрязнение водостоков, - разработаны решения по обеспечению экологической безопасности: захоронение и переработка отходов, нейтрализация и очистка стоков.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения: взрыв, пожар, нарушение герметичности установки.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Атепаева Наталья Александровна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ81	Чиблис Наталья Владиславовна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА ВКР,
ВЫПОЛНЕННОГО НА ИНОСТРАННОМ ЯЗЫКЕ**

Литературный обзор

Hydrotreating of light atmospheric gas oil and its mixture with gasoline

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM81	Чиблис Наталья Владиславовна		

Руководитель ВКР _____

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

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Болсуновская Людмила Михайловна	к.ф.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 103 страниц., 6 рисунков., 34 таблицы, 67 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: гидроочистка, легкий атмосферный газойль, бензин, каталитическая установка, серосодержащие соединения, катализатор, водород.

Объектом исследования является процесс гидроочистки легкого атмосферного газойля в смеси с бензином.

Цель работы – исследование качества гидрогенизата при гидроочистке легкого атмосферного газойля в смеси с бензином.

В процессе исследования для достижения данной цели проводился процесс гидроочистки легкого атмосферного газойля в смеси с бензином на лабораторной каталитической установке и анализ полученных данных.

Область применения: нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность.

В будущем планируется написание математической модели гидроочистки (ГО) и компьютерной моделирующей системы (КМС), а также внедрение программного обеспечения на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ).

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Гидроочистка: процесс химического превращения веществ под действием водорода при высоком давлении и умеренной температуре.

Математическое моделирование: метод, позволяющий изучать свойства объектов на математической модели, осуществлять компьютерное прогнозирование оптимальных схем и режимов эксплуатации промышленных установок для сокращения количества стадий масштабного перехода.

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ГО – гидроочистка;

АГ – атмосферный газойль;

БФ – бензиновая фракция;

ДФ – дизельная фракция;

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;

НПП – нефтеперерабатывающая промышленность;

ТЭК – топливно-энергетический комплекс;

ЦДУ – Центральное диспетчерское управление;

ЦВСГ – циркулирующий водородсодержащий газ;

АНМ – алюмоникельмолибденовый;

СС – серосодержащие соединения;

ДМДС – диметилдисульфид;

МЭА – моноэтаноламин;

АУ – ароматические углеводороды;

ЖАХ – жидкостно-адсорбционная хроматография;

ПЭ – петролейный эфир;

ОСПС – объемная скорость подачи сырья;

ИСР – иерархическая структура работ;

ССБТ - система стандартов безопасности труда;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ППР – планово-предупредительный ремонт;

ВКР – выпускная квалификационная работа;

КМС – компьютерной моделирующей системы.

Оглавление

Введение	19
1. Современное состояние исследования процесса гидроочистки и его роль в нефтепереработке	22
1.1 Процесс гидроочистки в составе нефтеперерабатывающих заводов	23
1.2 Назначение процесса гидроочистки	25
1.3 Химизм и механизм процесса гидроочистки	27
1.3.1 Гидрогенолиз гетероорганических соединений	28
1.3.2 Гидрогенолиз сероорганических соединений	28
1.3.3 Гидрогенолиз азотоорганических соединений	29
1.3.4 Гидрогенолиз кислородосодержащих соединений	30
1.4 Катализаторы процесса гидроочистки	30
1.5 Принципиальная технологическая схема установки гидроочистки	33
1.6 Характеристика сырья и продуктов гидроочистки	36
1.7 Влияние технологических параметров на процесс гидроочистки	39
1.7.1 Влияние температуры	40
1.7.2 Влияние давления	41
1.7.3 Влияние объемной скорости подачи сырья	41
1.7.4 Влияние отношения водорода к сырью	42
2. Экспериментальная часть	43
2.1 Объект и методы исследования	43
2.1.1 Лабораторная каталитическая установка	43
2.1.2 Проведение процесса гидроочистки	46
2.1.3 Анализ сырья и продуктов после процесса гидроочистки	49
2.1.4 Результаты исследований	50
2.1.4.1 Влияние технологических условий на процесс гидроочистки легкого атмосферного газойля	50

2.1.4.2 Гидроочистка легкого атмосферного газойля с бензиновой фракцией	52
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	55
3.1 Предпроектный анализ	55
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	56
3.1.2 Диаграмма Исикавы	57
3.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации	59
3.1.4 Методы коммерциализации результатов научно - технического исследования	61
3.2 Инициация проекта	62
3.2.1 Цели и результаты проекта	63
3.2.2 Организационная структура проекта	64
3.2.3 Ограничения и допущения проекта	65
3.3 Планирование управления научно-техническим проектом	65
3.3.1 Иерархическая структура работ проекта	65
3.3.2 Контрольные события проекта	66
3.3.3 План проекта	67
3.4 Бюджет научного исследования	70
3.5 Организационная структура проекта	75
3.6 Матрица ответственности	76
3.7 Оценка сравнительной эффективности исследования	77
4. Социальная ответственность	79
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	80
4.2 Производственная безопасность	81
4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования	82

4.2.1.1 Вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	83
4.2.1.2 Электрический ток, вызываемый разницей электрических потенциалов, под действием которого попадает работающий	85
4.2.1.3 Высокая температура материальных объектов производственной среды	86
4.2.1.4 Акустические колебания в производственной среде (повышенный уровень шума)	86
4.2.1.5 Световая среда (отсутствие или недостаток необходимого естественного/искусственного освещения)	87
4.2.1.6 Микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего	87
4.3 Экологическая безопасность	89
4.3.1 Отходы производства	89
4.3.2. Химическое загрязнение водостоков	89
4.3.3 Разработка решений по обеспечению экологической безопасности	90
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	90
Заключение	93
Список публикаций студента	95
Список литературы	96
Приложение 1	103

Введение

В настоящее время нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность является одной из самых стремительно развивающихся и довольно прибыльных мире. Общемировая тенденция нефтепереработки – рост потребления транспортных топлив при одновременном снижении потребления нефтепродуктов в энергетическом и промышленных секторах [1-3]. В настоящий момент нефти, поступающие на НПЗ сернистые высокозернистые. Поэтому перед исследователями остро стоит глобальная задача усовершенствования вторичных процессов нефтепереработки, одним из которых является процесс гидроочистки ГО [4-7].

Цель ГО (основного каталитического процесса) – удаление из нефтяных фракций серы, азота и кислорода, металлсодержащих соединения, насыщение непредельных и диеновых углеводородов и в отдельных случаях частичное гидрирование ароматических структур. Так для производства дизельного топлива с содержанием серы менее 10 ppm, удовлетворяющим нормам европейского экологического стандарта Евро-5, необходимо применение процесса ГО.

В процессе ГО наиболее важным представляется увеличение степени обессеривания сырья. Это возможно, с одной стороны, при улучшении свойств используемого катализатора, с другой стороны - при соответствующей подготовке сырья, дисперсность которого была бы максимально высока для контакта с активными центрами катализатора.

В последнее время все больше исследователей стали уделять внимание процессам гидроочистки целевого сырья с различными углеводородными добавками. В качестве добавок могут быть использованы растительные масла, нефтяные фракции, продукты термических и термокаталитических процессов [8-13].

Так в работе [14] исследовали качество гидрогенизаторов при совместной ГО дизельной фракции (ДФ) в смеси с бензином коксования (до 40 %) и легким

газойлем коксования (до 40 %). Представлено влияние состава сырья и условий проведения процессов на химический состав и показатели качества получаемых продуктов. Доказано, что остаточное содержание серы в гидроочищенной ДФ во всех случаях превышает содержание серы в стабильных гидроочищенных ДФ, полученных из смешанного сырья. Аналогичные результаты получены при ГО смесей прямогонных фракций и газойлем термоконтактного крекинга [15].

Одним из вариантов переработки низкокачественных вторичных бензинов также является их ГО в смеси с прямогонными ДФ. По данным промышленного пробега [16], добавление до 7 % мас. бензина повышает степень обессеривания ДФ, большее же количество (до 10 % мас.) снижает ее.

Следовательно, различные углеводородные добавки к сырью способствуют увеличению степени его обессеривания.

Актуальность исследований в данной работе определяется склонностью нефтяных компаний производить высокоэффективное и экологичное топливо.

Цель работы – исследование качества гидрогенизата при ГО легкого атмосферного газойля (АГ) и совместной ГО легкого АГ в смеси с бензином.

В процессе исследования для достижения данной цели поставлены следующие **задачи**:

1. Провести процесс гидроочистки легкого АГ на лабораторной каталитической установке
2. Провести процесс ГО легкого АГ в смеси с бензином на лабораторной каталитической установке.
3. Исследовать качество полученного гидрогенизата.
4. Сделать вывод о эффективности разбавления АГ бензином при гидроочистке

Объектами исследования в данной магистерской диссертации являются процесс гидроочистки дистиллятного сырья.

Методы исследования.

Анализ исходного сырья и полученного гидрогенизата выполняли после выхода на стационарный режим.

Анализ на определение содержания общей серы осуществлен при помощи рентгено-флуоресцентного энергодисперсионного анализатора согласно ASTM D4294 – 160 «Стандартный метод определения содержания серы в нефти и нефтепродуктах с помощью энергодисперсионной рентгеновской люминесцентной спектрометрии».

Определение насыщенных и ароматических углеводородов (АУ) осуществлялись методом жидкостно-адсорбционной хроматографии (ЖАХ) на силикагеле.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГИДРООЧИСТКИ И ЕГО РОЛЬ В НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ

Нефтеперерабатывающая промышленность (НПП) – замыкающее звено нефтяной отрасли и от ее состояния зависят показатели всей отрасли, экономика и стратегия безопасности страны [17].

Современная НПП России в настоящее время характеризуется высокой степенью износа основных фондов большинства технологических установок, являющейся самой высокой в топливно – энергетическом комплексе (ТЭК) России, недостаточной глубиной переработки, отставанием эксплуатационных и экологических требований к моторным топливам, недостаточной выработкой нефтехимического сырья и как следствие высокое энергопотребление [17].

Нефтяные компании планируют строительство новых установок ГО, улучшающих качество и повышающие глубину переработки нефти.

На данный момент большинство НПЗ обладают технологиями углубленной переработки сырья, включающими в себя вторичные процессы каталитической переработки. Эти процессы характеризуются сложным и переменным составом сырья, комплексностью технологических схем, предполагающих тесную взаимосвязь различных стадий процесса. Такие процессы предполагают наличие реакторов, в которых протекает целый комплекс химических реакций на поверхности катализатора, со временем теряющего свою активность.

В нефтепереработке одно из ведущих мест занимают процессы ГО нефтяных фракций.

На развитие нефтепереработки и нефтехимии как в России большое влияние оказывают многие факторы, такие как утяжеление сырья, ухудшение его качества. Все это влечет за собой необходимость разработки новых инновационных технологий [18].

Постоянное ужесточение норм и требований к качеству продуктов переработки нефти приводит к необходимости опережающего развития технологий для их производства.

Однако систематические исследования по данной тематике отсутствуют и представляют собой научный интерес.

1.1 Процесс гидроочистки в составе нефтеперерабатывающих заводов

Предварительная оценка добычи нефти в России в мае 2020 г. позволяет говорить о том, что Россия придерживается исполнения обязательств в рамках соглашения ОПЕК+ [19].

По оперативным данным ЦДУ ТЭК добыча нефти и газового конденсата в России в мае 2020 г. составила 39,704 млн тонн. В переводе на среднесуточную добычу в баррелях с использованием коэффициента 7,33 это эквивалентно 9,388 млн баррелей в сутки. Ранее ОПЕК со ссылкой на данные Минэнерго РФ указывала, что добыча газового конденсата в России в январе-апреле 2020 г. составляла порядка 900 тыс. баррелей в сутки. То есть оценочно добыча нефти в России в мае 2020 г. составляла 8,488 млн баррелей в сутки, что соответствует установленной для России квоте в 8,5 млн баррелей в сутки в рамках соглашения ОПЕК+ [19].

В январе-мае 2020 г. добыча нефти в России составила 226,479 млн тонн, что на 2,6% ниже по сравнению с показателем за аналогичный период 2019 г. Снижение объемов добычи за 5 месяцев 2020 г. фиксируется у всех крупнейших российских нефтяных компаний, за исключением Газпром нефти [19].

Первичная переработка нефтяного сырья на НПЗ в январе-мае 2020 г. выросла на 1,6%, до 118,112 млн тонн. В мае 2020 г. первичная переработка составила 21,772 млн тонн [19].

Гидроочистка – один из наиболее важных процессов в нефтепереработке. Его осуществляют на гидрирующих катализаторах с использованием алюминиевых, кобальтовых и молибденовых соединений. Задача процесса

состоит в очистке бензиновых, керосиновых и дизельных фракций, а также вакуумного газойля от сернистых, азотсодержащих, смолистых соединений и кислорода. На установки гидроочистки могут подаваться дистилляты вторичного происхождения с установок крекинга или коксования, в таком случае идет также процесс гидрирования олефинов. Мощность существующих в РФ установок составляет от 600 до 3000 тыс. т в год. Водород, необходимый для реакций гидроочистки, поступает с установок каталитического риформинга, либо производится на специальных установках [19].

Сырьё смешивается с водородсодержащим газом концентрацией 85-95 % об., поступающим с циркуляционных компрессоров, поддерживающих давление в системе. Полученная смесь нагревается в печи до 280-340 °С, в зависимости от сырья, затем поступает в реактор. Реакция идет на катализаторах, содержащих никель, кобальт или молибден под давлением до 50 атм. В таких условиях происходит разрушение сернистых и азотсодержащих соединений с образованием сероводорода и аммиака, а также насыщение олефинов. В процессе за счет термического разложения образуется незначительное (1,5-2 %) количество низкооктанового бензина, а при гидроочистке вакуумного газойля также образуется 6-8 % дизельной фракции. В очищенной дизельной фракции содержание серы может снизиться с 1,0 % до 0,005 % и ниже. Газы процесса подвергаются очистке с целью извлечения сероводорода, который поступает на производство элементарной серы или серной кислоты [19].

Крупнейшие нефтеперерабатывающие заводы России:

1. Газпромнефть-ОНПЗ (20,89 млн тонн)
2. Киришинефтеоргсинтез (20,1 млн тонн)
3. Рязанская нефтеперерабатывающая компания (18,8 млн тонн)
4. Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез (17 млн тонн)
5. Лукойл-Волгограднефтепереработка (15,7 млн тонн)
6. Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез (15 млн тонн)

7. ТАНЕКО (14 млн тонн)
8. Лукойл-Пермнефтеоргсинтез (13,1 млн тонн)
9. Газпромнефть - Московский НПЗ (12,15 млн тонн)
10. РН-Туапсинский НПЗ (12 млн тонн)

Крупные независимые НПЗ России

1. Антипинский НПЗ (9,04 млн тонн)
2. Афипский НПЗ (6 млн тонн)
3. Яйский НПЗ (3 млн тонн)
4. Марийский НПЗ (1,4 млн тонн)
5. Коченевский НПЗ (1 млн тонн)

Страны ОПЕК⁺ на министерской встрече 6 июня 2020 г. договорились о продлении действия текущих условий соглашения о сокращении добычи нефти на 1 месяц. В результате объем сокращения объема нефтедобычи для стран ОПЕК⁺ в июле 2020 года останется на уровне 9,7 млн барр./сутки. По словам главы Минэнерго РФ А. Новака, остальные условия соглашения остаются прежними [19].

Таким образом, интерес к процессу ГО с каждым годом все только увеличивается. И связано это с тем, что добываемая нефть является более высокосернистой, переработка нефти имеет тенденцию углубления, а требования ГОСТ к качеству нефтяного сырья все более ужесточаются.

1.2 Назначение процесса гидроочистки

Качество сырой нефти постоянно ухудшается, т.е. нефть является высокосернистой и имеет увеличенную плотность. Поэтому существует глобальная задача усовершенствования вторичных процессов нефтепереработки, одним из которых является процесс гидроочистки [1].

ГО – процесс удаления серо-, азот-, кислородсодержащих соединений, а также гидрирования олефинов в присутствии водорода при повышенном давлении и умеренной температуре. Процесс позволяет получать высококачественное топливо, удовлетворяющее требованиям стандарта и экологии. Процесс гидрокаталитический, требует тщательного выбора катализатора, обладающего высокой селективностью и активностью в реакциях гидрообессеривания, а также стабильностью на протяжении всего рабочего цикла.

ГО ДФ производится для снижения в их составе общей и меркаптановой серы и повышения стабильности при хранении и транспортировке.

Изменения показателей качества дизельных фракций в результате процесса гидроочистки:

- Снижается содержание серы, азота, олефинов;
- Может снижаться содержание полиароматических углеводородов (ПАУ);
- Уменьшается кислотное число;
- Уменьшается йодное число;
- Снижается содержание фактических смол ($c \approx 40$ до 10);
- Уменьшаются плотность и коэффициент рефракции;
- Понижается t_3 ;
- Несколько повышается цетановое число;
- Улучшается цвет. [20].

Процесс ГО выполняет очень важную функцию, удаляя многие примеси из нефтяных дистиллятов, тем самым помогая на ранних стадиях переработки облагородить топливо и улучшить его эксплуатационные свойства. В частности, данный процесс позволяет снизить коррозионную агрессивность топлив и их склонность к образованию осадков, а также уменьшить количество токсичных газовых выбросов в окружающую среду. Происходит защита катализаторов, которые в дальнейшем используются в различных процессах, от отравления

неуглеводородными соединениями. В результате повышается качество сырья и загрязнение атмосферы оксидами серы значительно уменьшается [21].

Процесс облагораживания сырья в среде водородсодержащего газа (ВСГ) на активной поверхности катализатора. В отличие от гидрокрекинга, процесс проходит в более мягких условиях [22].

На кинетику процесса оказывает значительное влияние ряд факторов: температура, давление, парциальное давление водорода, время контакта сырья с катализатором в реакционной зоне, активность катализатора. Некоторые эти параметры невозможно контролировать оператору технологической установки. Управление процессом, в первую очередь, осуществляется за счет изменения температуры в реакционной зоне.

При гидрообессеривании происходит разделение сераорганических и частично кислород- и азотсодержащих соединений. Далее продукты разложения насыщаются водородом с образованием простых соединений, таких как сероводород, вода, аммиак, а также предельные и ароматические углеводороды [23].

Содержание загрязняющих веществ (различных гетероатомов: серы, кислорода, азота и др.) оказывает влияние на качество, получаемого дизельного топлива. В связи с этим, количество этих загрязняющих веществ должно соответствовать экологическим нормам ЕВРО-5, 6.

1.3 Химизм и механизм процесса гидроочистки

Цель процесса ГО – удаление серо-, азот-, и кислородсодержащих соединений, а также металлсодержащих соединений, насыщение непредельных и диеновых углеводородов и в отдельных случаях частичное гидрирование ароматических структур [24]. Процесс ГО протекает при достаточно высоких значениях температуры и давления в присутствии катализатора.

Данному процессу свойственна совокупность ряда параллельных и последовательных реакций, где участвуют все компоненты, содержащиеся в

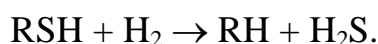
исходной сложной смеси.

1.3.1 Гидрогенолиз гетероорганических соединений

Гидрогенолиз происходит в результате разрыва связей С - S, С - N, С - О и насыщения водородом образующихся гетероатомов и двойной связи у углеводородной части молекул нефтяного сырья. Сера, азот и кислород выделяются в виде H_2S , NH_3 , H_2O . Содержащиеся в сырье непредельные парафиновые углеводороды гидрируются до предельных парафиновых углеводородов. Меркаптаны, сульфиды и дисульфиды легко гидрируются в сравнительно мягких условиях. В циклических сераорганических соединениях под воздействием водорода происходит насыщение с последующим разрывом кольца и образованием соответствующего парафинового или алкилароматического углеводорода [25].

1.3.2 Гидрогенолиз сероорганических соединений

Меркаптаны гидрируются до сероводорода и соответствующего углеводорода [26]:



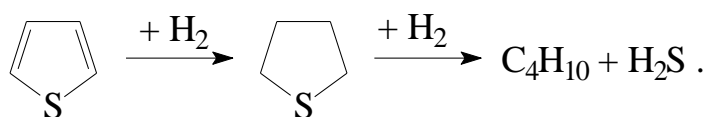
Сульфиды гидрируются через образование меркаптанов: [26].



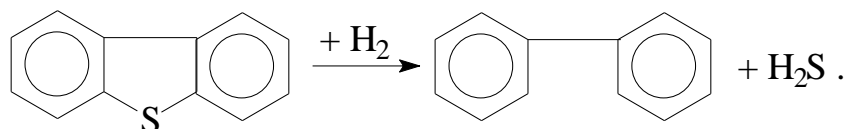
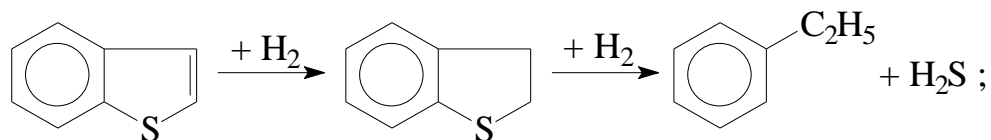
Дисульфиды гидрируются аналогично:



Циклические сульфиды, например тиофан и теофен, гидрируются с образованием соответствующих алифатических углеводородов [26]:

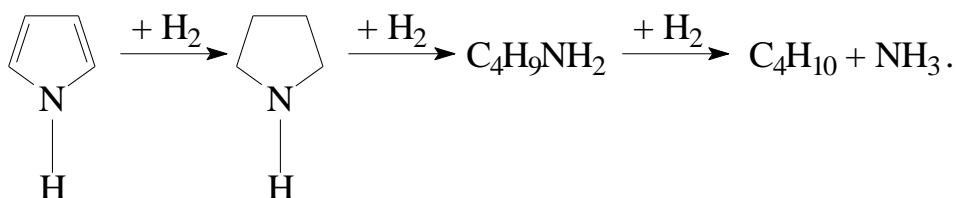


Бенз- и дибензтиофены гидрируются по схеме [26]:



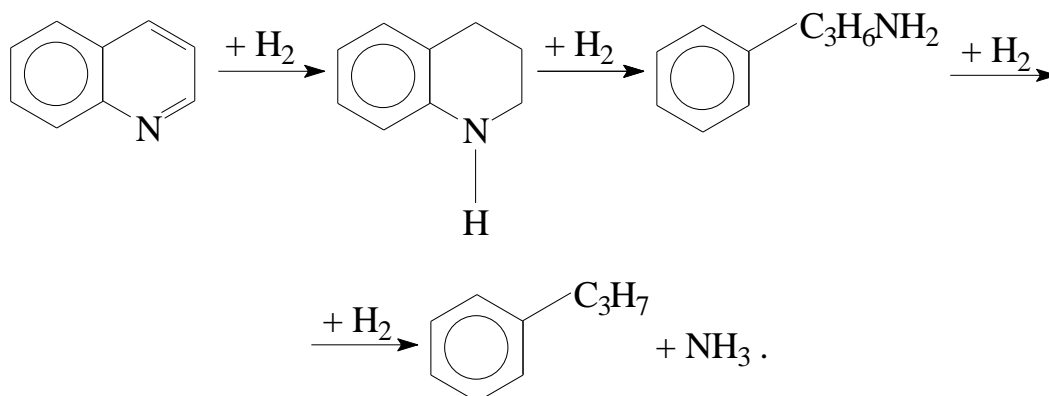
1.3.3 Гидрогенолиз азотоорганических соединений

Азот в нефтяном сырье находится преимущественно в гетероциклах в виде производных пиррола и пиридина. Гидрирование их протекает в общем аналогично гидрированию сульфидов [26]:



пиррол

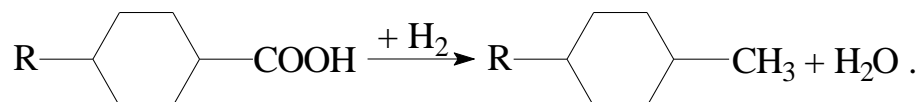
Хинолин:



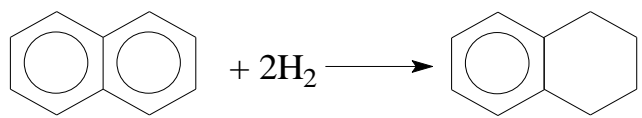
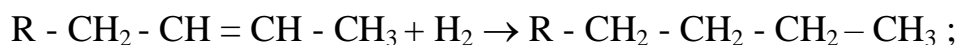
1.3.4 Гидрогенолиз кислородосодержащих соединений

Кислород в топливных фракциях может быть представлен соединениями типа спиртов, эфиров, фенолов и нафтеновых кислот. В газойлевых фракциях и нефтяных остатках кислород находится в основном в мостиковых связях и в циклах полициклических ароматических и смолисто-асфальтеновых соединений нефти.

При гидрировании кислородных соединений образуются соответствующие углеводороды и вода [26]:



Непредельные углеводороды гидрируются, превращаясь в соответствующие парафиновые углеводороды, например [26]:



нафталин

тетралин

В процессе ГО одновременно с реакциями сернистых, кислородных и азотистых соединений протекают также многочисленные реакции углеводородов:

- изомеризация парафиновых и нафтеновых углеводородов;
- насыщение непредельных углеводородов;
- гидрокрекинг;
- гидрирование ароматических углеводородов.

1.4 Катализаторы процесса гидроочистки

ГО – это каталитический процесс, химические превращения в процессе происходят в присутствии катализатора. Требования, предъявляемые к качеству ДТ постоянно ужесточаются, поэтому большое внимание уделяется тщательному подбору и поиску наиболее эффективных катализаторов [27].

На избирательность реакций большое влияние оказывает состав катализаторов, следовательно, подобрав соответствующий вид катализатора можно довольно в широких пределах управлять процессом гидроочистки нефтяных дистиллятов [28].

Катализаторы, широко применяющиеся в промышленных гидрогенизационных процессах, довольно сложны, включают нижеперечисленные компоненты:

- 1) металлы VIII группы: никель, кобальт, платина, палладий, иногда железо;
- 2) оксиды или сульфиды VI группы: молибден, вольфрам, иногда - хром;
- 3) носители, которые обладают высокой термостойкостью и развитой структурой, а также высокой механической прочностью, относящиеся к классу инертных и обладающих кислотными свойствами;
- 4) модификаторы [29].

Такие металлы как никель, платина, палладий и кобальт обладают способностью придавать катализатору дегидрирующие свойства, но при этом использование их по отдельности в гидрогенизационных процессах весьма затруднительно, так как данные металлы по отдельности проявляют высокую химическую активность в отношении контактных ядов.

Тем не менее, вольфрам и молибден могут значительно уступать другим металлам в отношении дегидро-гидрирующей активности.

Гетеролитические (ионные) реакции, включающие такие, как разрыв связей C-S, C-N и C-O в гетероорганических соединениях, обеспечиваются наличием свойств дырочной проводимости сульфидов вольфрама и молибдена, которые в равной степени, как и чистые молибден и вольфрам, обладают р-проводимостью.

Так как в большинстве случаев в катализаторах гидроочистки используются сравнительно дорогостоящие и редкие металлы, возникает вопрос о наиболее их эффективном использовании. Для этого применяются носители,

на которые тонким слоем напыляется металл, обладающий каталитическими свойствами. Форма зёрен катализатора может быть весьма разнообразной в зависимости от конструкции и типа применяемого в гидроочистке реактора. Катализатор может быть изготовлен в форме шариков, цилиндров, таблеток или микросфер [30].

В промышленности для процесса гидроочистки ДТ обширно применяются алюмокобальтмолибденовые (АКМ) или алюмоникельмолибденовые (АНМ) катализаторы. Они обладают достаточно высокой механической прочностью, довольно устойчивы к ядам и сохраняют активность в течение длительного периода времени [31].

Алюмокобальтмолибденовые катализаторы характеризуются достаточно высокой селективностью по отношению к реакциям разрыва связей C-S, поэтому в его присутствии реакции разрыва связей C-C или насыщения ароматических колец практически не протекают. В реакциях разрыва связей C-S данный вид катализатора обладает высокую активность, а также достаточно хорошую термическую стойкостью, что в результате увеличивает его срок эксплуатации. Главное превосходство АКМ катализатора характеризуется стойкостью непосредственно к потенциальным каталитическим ядам. Также катализатор имеет высокую активностью в реакциях насыщения непредельных соединений, разрыва связей C-N, C-O и применяется для гидроочистки всех нефтяных фракций [32].

Характеристики катализатора приведены ниже [32].

Активность – характеристика катализатора, выражающая его способность ускорять химическую реакцию. Количественно активность определяют как разницу между скоростью реакции в данных условиях и скоростью той же реакции без катализатора. Чем выше активность катализатора, тем с большей ОСПС можно проводить процесс ГО и достигать большей глубины очистки. В зависимости от вида катализа активность обычно выражают через скорость реакции, отнесенную к единице концентрации, объема или массы катализатора. Активность можно выражать так же снижением энергии

активации при участии катализатора или отношением константы скорости данной реакции в присутствии катализатора к константе скорости этой же реакции без него.

Селективность или избирательность – это свойство катализатора, выражающее способность катализатора избирательно ускорять целевую реакцию при наличии нескольких побочных.

Механическая прочность определяет его устойчивость к истиранию в течение всего рабочего цикла.

Период регенерации и срок службы образом зависит от способа загрузки катализатора, его типа, условий проведения процесса, чистоты исходного сырья. Значимым показателем является регенерируемость катализатора, т.е. его способность восстанавливать первоначальные свойства.

Катализатор ГО должен иметь высокую активность к реакциям разрыва связи C – S, связи C – N, C – O и к реакциям насыщения непредельных углеводородов [32].

В литературных источниках рассмотрены результаты изучения влияния стадий изготовления катализаторов на активность химических и физических свойств. Основные характеристики, влияющие на активность катализатора: свойства транспортера, размер пористости, эффективное соответствие удельной поверхности и диаметра пористости, количество активных компонентов и промоторов, количество молибдена (MoO) [33].

1.5 Принципиальная технологическая схема установки гидроочистки

Сырьем процесса ГО дизельного топлива является прямогонная дизельная фракция, выкипающая в пределах 180-330 °С, 180-360 °С и 240-360 °С из малосернистых, сернистых и высокосернистых нефтей .

Целевым продуктом процесса гидроочистки является стабильный гидрогенизат, выход которого составляет 97% (мас.), бензин – до 1,5 % (мас.),

углеводородный газ – до 0,7% (мас.), сероводород – до 2,5% (мас.) и отдуваемый водородсодержащий газ [34].

Установка гидроочистки дизельного топлива состоит из ряда блоков, каждый из которых имеет свое назначение [35]:

- реакторный блок;
- блок стабилизации;
- блок очистки циркулирующего ВСГ и углеводородный газов от сероводорода раствором моноэтаноламина (МЭА);
- Блок регенерации раствора МЭА

Реакторный блок включает в себя теплообменник, применяющийся для нагрева газосырьевой смеси, нагревательная печь, один или два реактора, сепараторы и контур циркуляционного газа с компрессорами. Это основной блок, где непосредственно происходит гидрообессеривание ДТ реакционных аппаратах и разделение газопродуктовой смеси в сепараторах на жидкие продукты реакции, углеводородный газ и циркулирующий водородсодержащий газ [35].

Блок стабилизации состоит из ряда теплообменников и колонны стабилизации, которая служит для отделения от нестабильного гидрогенизата бензина-отгона с получением стабильного дизельного топлива.

Блок очистки циркулирующего водородсодержащего газа и углеводородный газов от сероводорода раствором моноэтаноламина (МЭА)

Очистка производится в отдельных абсорберах колонного типа, имеющих в качестве контактных устройств тарелки S-образного типа. Наверх абсорберов подается 10-15%-ный раствор МЭА, который контактирует на тарелках с поднимающимися в верхнюю часть абсорберов водородсодержащим или углеводородным газами и поглощает из них сероводород.

Блок регенерации раствора МЭА

Состоит из регенератор-десорбер, паровой подогреватель-ребойлер и теплообменную аппаратуру. Регенерацию осуществляют в колонном аппарате,

оборудованном контактными устройствами тарельчатого типа. Температурный режим регенератора поддерживается за счет циркуляции регенерированного раствора МЭА через ребойлер. Сероводород сверху регенератора направляют в процесс Клауса, а с низа его регенерированный МЭА возвращается в блок очистки газов [36].

Принципиальная технологическая схема процесса приведена на рисунке 1.

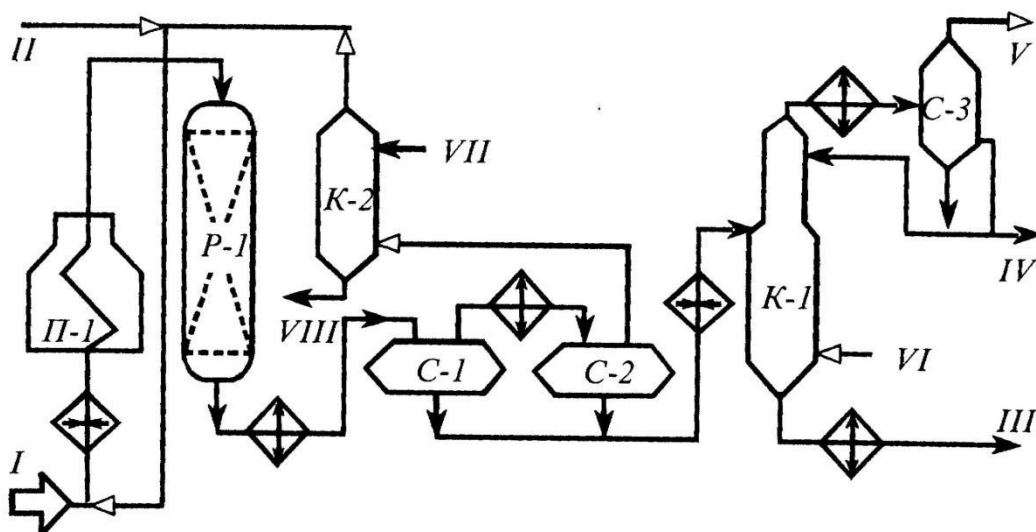


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема установки гидроочистки дизельной фракции [36]:

I-сырье; II — свежий водородсодержащий газ; III — гидрогенизат;
 IV— бензиновая фракция; V — углеводородный газ на очистку;
 VI — отдувочный водородсодержащий газ; VII — регенерированный моноэтаноламин; VIII— отработанный моноэтаноламин на регенерацию

После атмосферной перегонки нестабильное ДТ смешивается с ВСГ, нагнетаемым центробежным компрессором. Полученная газосырьевая смесь проходит предварительный нагрев в сырьевом теплообменнике, затем поступает в трубчатую печь II – 1, где происходит нагрев до температуры реакции (340 – 420 °С) и далее смесь направляется в реактор P – 1. В реакторе P – 1 непосредственно протекает процесс гидроочистки. После реактора

газопродуктовая смесь частично охлаждается в сырьевом теплообменнике (до температуры 210 – 230 °С) и подается в горячий сепаратор С – 1, где происходит отделение водородсодержащего газа от нестабильного гидрогенизата.

Отделившийся ВСГ направляется в холодильник, а затем в холодный сепаратор С – 2, где полностью отделяется от нестабильного гидрогенизата и направляется в абсорбер К – 2 на моноэтаноламиновую очистку от сероводорода. Далее очищенный ВСГ направляется обратно в систему циркуляции, а отработанный моноэтаноламин на регенерацию.

Нестабильный гидрогенизат после сепараторов С – 1 и С – 2 предварительно нагревается в теплообменнике и подается в стабилизационную колонну К – 1. В низ колонны К – 1 подается нагретый в печи П – 1 отдувочный водородсодержащий газ для удаления легкокипящих углеводородов и бензиновой фракции. В результате с верха колонны легкокипящие углеводороды отгоняются и попадают в конденсатор, где охлаждаются и поступают в сепаратор С – 3, для дальнейшего разделения на углеводородные газы и бензиновую фракцию. С низа колонны К – 1 выходит стабилизированное дизельное топливо [36].

1.6 Характеристика сырья и продуктов

Сырьем процесса гидроочистки дизельного топлива является прямогонная дизельная фракция, выкипающая в пределах 180-330 °С, 180-360 °С и 240-360 °С из малосернистых, сернистых и высокосернистых нефтей .

Целевым продуктом процесса гидроочистки является стабильный гидрогенизат, выход которого составляет 97% (мас.), бензин – до 1,5 % (мас.), углеводородный газ – до 0,7% (мас.), сероводород – до 2,5% (мас.) и отдуваемый водородсодержащий газ.

Степень очистки сырья зависит от типа, температуры, парциального давления водорода и его кратности циркуляции, объемной скорости подачи сырья и других факторов.

Гидроочистке подвергают как прямогонные фракции, так и дистилляты вторичного происхождения (лёгкая фракция пиролизной смолы, бензины, лёгкие газойли коксования и каталитического крекинга).

С утяжелением сырья степень его очистки в заданных условиях процесса снижается. С повышением средней молярной массы доля серы, содержащейся в устойчивых относительно гидрирования структурах, увеличивается.

Качество получаемых продуктов должно соответствовать показателям, приведенным таблицам 1 – 4

Таблица 1 – Показатели качества сероводорода

Показатели качества продукта	
Содержание сероводорода, % объемных	не менее 98,0
Применяется в качестве сырья для производства серной кислоты.	

Таблица 2 – Показатели качества отгоняемого бензина

Содержание воды и механических примесей	отсутствует
Испытание на медную пластинку	выдерживает
Температура начала кипения, °С	не ниже 40
Температура конца кипения, °С	не выше 180
Применяется как компонент автомобильных бензинов	

Таблица 3 – Очищенный углеводородный газ

Показатели качества продукта	
Содержание сероводорода, % объемных	не более 0,20
Применяется в качестве печного топлива на установке.	

По отношению к действующему европейскому стандарту EN 590, на

территории СНГ был разработан и введен в действие с 1.02.2007 стандарт СТБ 1658- 2006, который устанавливает технические требования и методы испытания дизельного топлива, используемого для транспортных средств (таблица 4) [36].

Таблица 4 – Общие требования и методы испытаний

Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя	
		Min	Max
Цетановое число	-	51,0	-
Цетановый индекс	-	46,0	-
Плотность при 15 °С	кг/м ³	820	845
Массовая доля ПАВ	%		11
Углеводороды	мг/кг		350*
Содержание серы			50*
Температура вспышки	°С	выше 55	-
Коксуемость 10 %-ного остатка	%	-	0,30
Содержание воды	мг/кг	-	200
Содержание механических примесей	мг/кг	-	24
Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 °С)	единицы по шкале	класс 1	
Стойкость к окислению	г/м ³	-	25
Вязкость при 40 °С	мм ² /с	2,00	4,50
Объемная доля метиловых эфиров жирных кислот	% (V/V)	-	5

Глубина очистки дистиллятов от серы и других соединений зависит от типа углеводородного сырья, температуры процесса, парциального давления

водорода, кратности циркуляции ВСГ, объемной скорости подачи сырья в реакционную зону.

Процессу подвергают прямогонные фракции: дизельное топливо, реактивное топливо, бензин, вакуумные газойли, а также продукты вторичной переработки: пиролизная смолгора, легкие газойли коксования и бензины каталитического крекинга.

Степень очистки от серы уменьшается с утяжелением сырья, так как большая его часть находится в жидкой фазе, а соответственно увеличивается вязкость и снижается растворимость водорода. Тем самым скорость диффузии водорода через тонкую пленку жидкости на активную поверхность катализатора снижается. Катализаторы имеют термостойкие носители с высокой механической прочностью, так как плотно адсорбирующиеся на поверхности катализатора ароматические углеводороды, смолы, нафтены, снижают активность катализатора и, следовательно, степень очистки от сернистых соединений [37].

1.7 Влияние технологических параметров на процесс гидроочистки

Основным оборудованием процесса является реактор, который представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд с шаровыми днищами. Он отличается меньшим отношением высоты аппарата к диаметру, заполнение катализатора в два слоя. Между двумя слоями подается холодный ВСГ (квенч) для поддержания равномерной температуры в реакторе [38].

В соответствии с механизмом протекания реакций ГО скорость реакции зависит от химической природы сырья, физических свойств сырья, типа катализатора и его состояния, парциального давления водорода, объемной скорости подачи сырья, температуры и конструкции реактора. В связи с тем, что скорость реакции является сложной функцией каждого из этих параметров и большинство из них взаимосвязаны, то оценить влияние каждого параметра отдельно практически невозможно. Поэтому можно выявить, какие факторы

наиболее важны и как следует изменять эти параметры для достижения оптимальных результатов [39].

1.7.1 Влияние температуры

При повышении температуры повышается скорость реакции гидрирования.

Кроме того, они действительно становятся доступны и повышаются термодинамические возможные потери ненасыщенных углеводородов и продуктов дегидрирования полициклических циклоалканов. В зависимости от качества исходного сырья и требований к очищенной продукции применяется температура 250 – 420 °С. При невозможности проведения реакции гидрокрекинга и дегидрирования применяют минимальную температуру. Для обеспечения максимальной скорости очистки используется максимальная температура 400 – 420 °С. Фракции можно очистить при температуре до 400 – 420 °С, при дальнейшем повышении температуры снижается количество цетанов в результате дегидрирования би- и полициклических циклоалканов, повысится расход газа и бензина, и в результате реакции гидрокрекинга быстро увеличивается расход водорода. Нижний предел температуры очистки в этом случае определяется возможностью конденсации тяжелых фракций сырья; появление жидкой фазы тормозит гидрирование в результате ограничения скорости переноса водорода на поверхность катализатора, т. е. скорости диффузии, протекающей через жидкую оболочку [40].

1.7.2 Влияние давления

На эффективность процесса гидроочистки в большей мере влияет не общее давление в системе, а парциальное давление водорода.

Повышение давления при неизменных прочих параметрах процесса вызывает изменение степени превращения в результате увеличения

парциального давления водорода и содержания жидкого компонента в системах. Первый фактор способствует увеличению степени превращения, второй замедляет протекание реакции. При возрастании общего давления в системе растет парциальное давление водорода, способствующее увеличению глубины гидроочистки [41].

Общее давление в системе находится от 2,5 до 6 МПа, при этом парциальное давление водорода составляет 1,5 – 3,7 МПа. Чем тяжелее исходное дизельное топливо и чем больше в нем непредельных углеводородов, тем выше должно быть парциальное давление водорода в водородсодержащем газе на входе в реактор. С повышением парциального давления водорода улучшается степень очистки, уменьшается коксообразование и увеличивается срок службы катализатора [42].

1.7.3 Влияние объемной скорости подачи сырья

Объемной скоростью подачи сырья (ОСПС) называется отношение объема жидкого сырья, подаваемого в единицу времени, приходящийся на весь объем катализатора в реакторе. Степень обессеривания напрямую зависит от объемной скорости подачи сырья, так с понижением объемной скорости подачи сырья будет увеличиваться степень обессеривания, поскольку время контакта сырья и поверхности катализатора будет больше, но в связи с этим снижается и количество сырья, проходящего через реактор. Тем самым снижается производительность установки.

Увеличение объемной скорости сырья приводит к уменьшению продолжительности времени контакта при парофазном процессе и ведет к снижению интенсивности каталитических и термических реакций. Однако при этом уменьшается расход водорода и образование кокса на поверхности катализатора [43].

Для каждого вида сырья можно экспериментальным путем определить оптимальную объемную скорость подачи сырья. Необходимо учитывать

влияющие на процесс ГО температуру проведения процесса, парциальное давление водорода, состояние катализатора и его тип.

Так оптимальными для процесса гидроочистки считаются 4 – 6 ч⁻¹ при которых получается топливо с необходимым содержанием серы.

1.7.4 Влияние отношения водорода к сырью

Процесс ГО происходит в присутствии ВСГ. Кратность циркуляции выражается соотношением количества подаваемого циркулирующего ВСГ в нм³ к количеству сырья в м³.

Относительное количество подаваемого водорода выражается молярным соотношением водорода и сырья на входе в реактор. При молярном соотношении выше 5:1 глубина ГО возрастает незначительно, что объясняется уменьшением времени контакта паров сырья и катализатора за счет больших объемов сырья, проходящих через реактор [44].

К ухудшению степени гидрообессеривания приводит уменьшение молярного соотношения ниже 5:1 (водород : сырье). Подачей свежего ВСГ можно осуществлять подпитку системы водородом.

Требуемая же глубина гидрообессеривания при гидроочистке дистиллятного сырья достигается при концентрации водорода более 75 % объема и кратности циркуляции 500 – 800 нм³/ м³.

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Объект и методы исследования

Объект данного исследования – процесс гидроочистки легкого атмосферного газойля в смеси с бензином.

Основная цель этого процесса – исследование качества гидрогенизата при гидроочистки легкого атмосферного газойля в смеси с бензином.

Сульфидирующая смесь подавалась в реактор с объемной скоростью 2 ч^{-1} , при давлении 3,5 Мпа и соотношении $\text{H}_2/\text{сырье} = 300/1$.

Процесс гидроочистки проводили на лабораторной каталитической установке при температурах 340 °С, 360 °С, 380 °С, давлении водорода 3,5 Мпа, ОСПС 2 ч^{-1} , 3 ч^{-1} , 5 ч^{-1} , отношении водорода к сырью 350/1.

2.1.1 Лабораторная каталитическая установка

Лабораторная каталитическая установка предназначена для исследования процессов ГО, протекающих в условиях повышенного давления в проточном режиме, при максимальной давлении 90 бар и максимальной температуре 700 °С.

На рисунке 2 представлена технологическая схема лабораторной каталитической установки, которая включает в себя 3 блока [45]:

- блок распределения исходного сырья и водорода;
- реакционный блок;
- блок разделения продукта.

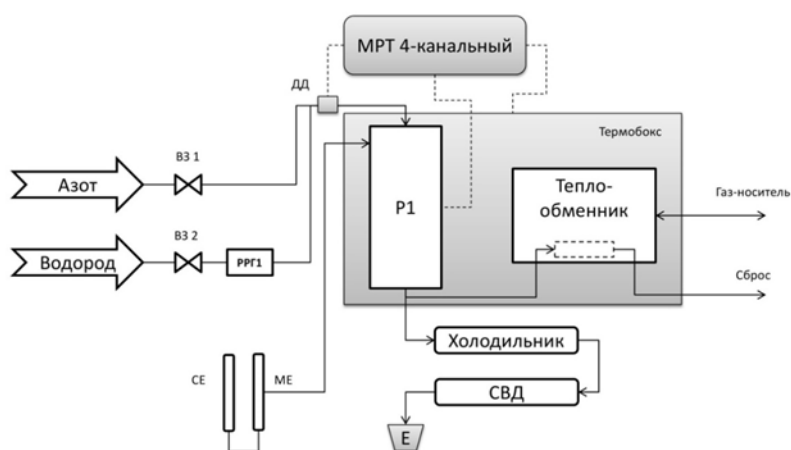


Рисунок 2 – Технологическая схема лабораторной каталитической установки:

ВЗ – вентиль запорный; РРГ – регулятор расхода газа; P1 – реактор высокого давления; СВД – сепаратор высокого давления; ДД – датчик давления; Е – емкость приемная; МРТ – микропроцессорный регулятор температуры; МЕ – мерная емкость; СЕ – сырьевая емкость [45].

Блок распределения водорода и исходного сырья: водород подается из баллона через вентиль запорный ВЗ.2 на регулятор расхода газа РРГ.1. После водород подается в каталитический реактор. Жидкий исходный реагент из сырьевой емкости СЕ и мерной емкости МЕ подается в реактор.

Реакторный блок включает в себя реактор, электрическую печь и систему обратных клапанов. Обогрев реактора осуществляет однозонная электрическая печь. Также реакторный блок оснащен контролирующей термопарой, находящейся в слое катализатора.

Блок разделения продуктов включает прямоточный холодильник и сепаратор высокого давления СВД. Разделив продукты, в сепараторе высокого давления, конденсат сливается через клапан в приемник конденсата Е.

Для проведения процесса использовался реактор проточного типа из нержавеющей стали, позволяющий проводить процесс в условиях повышенных давлений. Конструкция реактора представлена на рисунке 3. Внутренний диаметр реактора равен 12 мм. Максимальный объем загружаемого катализатора 10 см^3 .

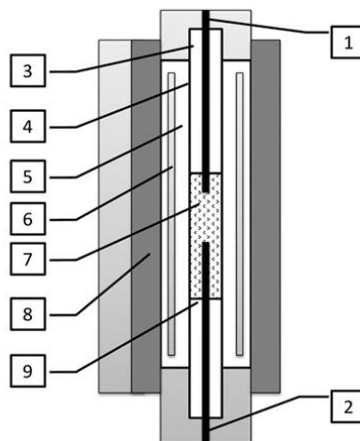


Рисунок 3 – Трубчатый реактор: 1, 2 – термопары, 3 – испаритель, 4 – корпус, 5 – медный бандаж, 6 – печь, 7 – слой катализатора, 8 – теплоизоляция, 9 – решётка [45]

Азот в реакторной системе необходим для продувки системы и проведения теста на герметичность. Подается азот из баллона и при помощи ручки регулятора давления РПС.1 выставляется необходимое давление, которое контролируется по манометрам, установленным в корпусе регулятора и, далее, через вентиль ВЗ. 1 подается в реакторную систему.

Аналогично азоту, через вентиль запорный ВЗ. 2 и регулятор расхода газа РРГ1 из баллона, подается водород, который необходим в качестве газового реагента. Диапазон регулирования расходов по водороду: 10 – 500 н.мл/мин.

Далее, азот и водород смешиваются, а после установлен цифровой датчик давления ДД, с погрешностью +10% от рабочего давления по верхнему пределу и - 10% по нижнему.

На лабораторной каталитической установке имеются две дозировочные емкости: одна, сырьевая СЕ, из которой подается жидкий исходный реагент и используется она для дозирования сырья при долговременных испытаниях, а вторая, мерная МЕ, которая используется при недолгих испытаниях, для проверки работы жидкостного насоса или для калибровки системы.

Герметизация реактора осуществляется с помощью верхнего и нижнего фланцев. В верхнем фланце реактора находятся два штуцера для подвода исходных реагентов.

Верхний 90-мм участок корпуса реактора применяется для предварительного нагрева, испарения и подготовки исходной реакционной смеси. Для лучшей теплопередачи от стенки реактора к сырью в испарителе предусмотрена специальные каналы, увеличивающие поверхность теплообмена для испарения, подогрева и смешения исходных реагентов. Загрузка катализатора осуществляется через верхний фланец реактора, выгрузка - через нижний фланец.

Однозонная электрическая печь обогревает реактор с погрешностью ± 5 °С по слою катализатора, в котором расположена контролирующая термопара. Напряжение питания – 220 В.

В блоке разделения продуктов находится сепаратор высокого давления СВД и прямоточный холодильник. В приемнике конденсата Е скапливается конденсат после разделения продуктов в СВД.

2.1.2 Проведение процесса гидроочистки

В качестве сырья для лабораторных исследований выбрана фракция легкого атмосферного газойля с общим содержанием серы 0.699 %мас. и смесь атмосферного газойля (95, 85 и 75 %об.) с легкой бензиновой фракцией (5, 15 и 25 %об.) соответственно. Физико-химические характеристики легкого атмосферного газойля и бензиновой фракции представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Физико-химические характеристика легкого атмосферного газойля и бензиновой фракции

Наименование показателей	Лёгкий атмосферный газойль	Бензиновая фракция
Плотность, г/см ³	0.875	0.730
Фракционный состав		
н.к.	230	40
50%	350	115
к.к	380	146
Вязкость, мм ² /с	20.08	0.63
Содержание серы, %мас.	0.699	0.003
Содержание олефиновых углеводородов, %мас.	5.5	0.27
Содержание насыщенных углеводородов, %мас.	58.4	73.4
Содержание аромат. углеводородов, %мас.	31.5	26.59

В процессе гидроочистки был использован катализатор KF-905-1.3Q, предназначенный для глубокой гидроочистки сырья. Характеристика катализатора представлена в таблице 6. Размер гранул загружаемого в реактор катализатора 1 - 2 мм, объем загрузки катализатора 10 см³.

Таблица 6 – Характеристика катализатора гидроочистки

Характеристика	Параметр
Насыпная плотность, г/см ³	0.55 – 0.75
Содержание, %мас.:	
CoO	12.0
NiO	2.2
MoO ₃	> 13.0
Na ₂ O	> 0.4
Носитель	Активный оксид алюминия
Прочность, кг/мм	> 2.0

Перед использованием катализатор проходил стадию сульфидирования сырьём, содержащим диметилдисульфид (ДМДС), в присутствии водорода под высоким давлением.

Сульфидирующая смесь подавалась в реактор с объёмной скоростью 2 ч⁻¹, при давлении 3.5 МПа и соотношении H₂/сырьё = 300/1.

Гидроочистку проводили на лабораторной проточной установке при температурах 340°C, 360°C и 380°C, давлении водорода 3.5 МПа, объёмной скорости подачи сырья 2 ч⁻¹, 3 ч⁻¹ и 5 ч⁻¹, отношении водорода к сырью 350/1.

Температура в реакторе поддерживалась с точностью ±0.5°C; давление ±0.1 МПа; расход сырья ±0.2 мл/ч; расход водорода ±0.2 л/ч.

Сырьё и водород поступали в реактор сверху вниз: дизельную фракцию подавали дозировочным насосом высокого давления; подачу водорода регулировали автоматически дозатором. Температура в реакторе, находящегося в воздушном термостате, задавалась и поддерживалась терморегулятором. Для измерения температуры в слое катализатора использовалась термопара. Давление в системе устанавливалось с помощью реактора высокого давления и контролировалось по показаниям образцового манометра [45].

Продукты реакции поступали в водяной холодильник-конденсатор.

Жидкие продукты реакции собирались на анализ путем слива в приемник. Газообразные продукты через вентиль-дроссель поступали в шестиходовой кран, с помощью которого осуществляется сброс газа в атмосферу.

2.1.3 Анализ сырья и продуктов после процесса гидроочистки

Анализ исходного сырья и полученного гидрогенизата выполняли после выхода установки на стационарный режим.

Анализ на определение содержания общей серы проводили с помощью рентгено-флуоресцентного энергодисперсионного анализатора согласно ASTM D4294 – 160 «Стандартный метод определения содержания серы в нефти и нефтепродуктах с помощью энергодисперсионной рентгеновской люминесцентной спектрометрии».

Определение насыщенных и ароматических углеводородов осуществляли методом жидкостно-адсорбционной хроматографии на силикагеле, предварительно прокаленном при 180 °С в течении 4х часов. Хроматографическая колонка, заполнялась сорбентом в соотношении образец:сорбент 1:40 по массе. Силикагель смачивали петролейным эфиром (ПЭ). Навеску образца смешивали с ПЭ и равномерно распределяли по всей поверхности сорбента. Далее проводилось выделение парафино-нафтеновых углеводородов петролейным, ароматические углеводороды элюировали смесью ПЭ : толуол в соотношении 6:1. После завершения процесса разделения дизельного топлива на фракции проводится отгонка растворителя (до 3-5 мл) на роторном испарителе при температуре бани 40-45°С. Образцы помещались в вытяжной сушильный шкаф пока весь растворитель не испарится. После этого они доводились до постоянной массы и взвешивались [45].

2.1.4 Результаты исследований

2.1.4.1 Влияние технических условий на процесс гидроочистки лёгкого атмосферного газойля

Результаты гидроочистки легкого атмосферного газойля при варьировании температуры процесса и ОСПС приведены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 – Результаты гидроочистки легкого атмосферного газойля при различной температуре процесса (ОСПС=3 ч⁻¹, Н₂/сырьё=500/1, P=3.5МПа)

	Исходное содержание	Температура, °С			
		340	360	380	400
Содержание серы,% мас.	0.6990	0.0608	0.0590	0.0587	0.0476
Степень удаления серы, %	–	91.3	91.5	91.6	93.2
Содержание ароматических углеводородов, %мас.	31.53	28.37	26.86	25.43	33.27
Содержание насыщенных углеводородов, %мас.	58.38	63.25	63.68	64.99	58.14

Таблица 8 – Результаты гидроочистки легкого атмосферного газойля при различной объемной скорости подачи сырья ($T=340^{\circ}\text{C}$, $\text{H}_2/\text{сырьё}=350/1$, $P=3.5\text{МПа}$)

Показатель	Исходный атмосферный газойль	ОСПС, ч ⁻¹		
		2	3	5
Содержание серы, мас. %	0.699	0.0543	0.0547	0.0578
Степень удаления серы, %	-	92.2	92.2	91.7
Содержание ароматических углеводородов, %мас.	31.53	26,39	29.01	30.29
Содержание насыщенных углеводородов, %мас.	58.38	61.51	58.99	58.40

Анализ полученных результатов (Табл.7) показал, что при повышении температуры процесса гидроочистки степень удаления серы из исходного сырья – легкого атмосферного газойля, изменяется незначительно от 91,3 до 93,2 % и достигает своего максимального значения 93,2 % при 400 °С.

В интервале температур от 340 до 360 °С наблюдается снижение доли ароматических углеводородов и повышение доли насыщенных углеводородов. При дальнейшем повышении температуры до 400 °С равновесие реакций гидрирования ароматических соединений смещается в сторону исходных компонентов, что приводит к снижению количества насыщенных углеводородов. Оптимальной в данном случае является температура $T=340^{\circ}\text{C}$,

т.к. дальнейшее ее увеличение не оказывает значительного влияния на состав гидрогенизата и степень удаления серы [45].

Анализ результатов процесса гидроочистки (Табл.8) показал, что при высокой скорости подачи сырья в пределах 5 ч^{-1} степень гидроочистки легкого атмосферного газойля составила 91.7 %. При снижении ОСПС до 3 ч^{-1} степень гидроочистки увеличивается до 92.2 % и остаётся постоянной при ОСПС 2 ч^{-1} . Увеличение степени гидроочистки атмосферного газойля увеличивается при снижении ОСПС в следствии повышения времени контакта сырья с катализатором и более полным протеканием реакций гидрирования. Содержание ароматических углеводородов уменьшается на 5.14 %, содержание насыщенных углеводородов увеличивается на 3,13 % при ОСПС 2 ч^{-1} .

В результате за оптимальные параметры проведения процесса были выбраны: $T = 340 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\text{ОСПС} = 2 \text{ ч}^{-1}$. [45].

2.1.4.2 Гидроочистка лёгкого атмосферного газойля с бензиновой фракцией

Результаты гидроочистки смеси легкого атмосферного газойля с бензиновой фракцией приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты гидроочистки смеси легкого атмосферного газойля (АГ) и бензиновой фракции (БФ) ($T=340^{\circ}\text{C}$, $N_2/\text{сырьё}=350/1$, $P=3.5\text{МПа}$, $\text{ОСПС}=2\text{ ч}^{-1}$)

Смесь фракций	Содержание в смеси фракций, %мас.			Содержание в гидроочищенном атмосферном газойле, %мас.			Степень гидроочистки %
	серы	насыщ. УВ	аром. УВ	серы	насыщ. УВ	аром. УВ	
100% АГ	0.699	63.88	36.11	0.0608	64.81	35.19	91.3
95% АГ + 5% БФ	0.674	65.67	34.33	0.0499	67.26	32.73	92.5
85% АГ + 15% БФ	0.668	68.13	31.87	0.0451	70.94	29.06	93.3
75% АГ + 25% БФ	0.621	70.67	29.33	0.0416	71.54	28.46	93.3

В смеси легкого атмосферного газойля с бензиновой фракцией общее содержание серы в сырье снижается за счёт разбавления. Разбавление также положительно сказывается на протекании реакций гидрообессеривания. В случае добавления бензиновой фракции (5%) содержание серы в гидрогенизате заметно снижается с 0.0608 до 0.0499 % мас. Степень удаления серы из исходной смеси изменяется от 91.3, при гидроочистке чистого атмосферного газойля, до 93,3% в смеси с 15% бензиновой фракцией. При этом повышение содержания бензиновой фракции до 25% не увеличивает степень гидроочистки.

В случае добавления бензиновой фракции в состав атмосферного газойля происходит снижение вязкости сырья, что может способствовать улучшает

диффузию водорода к поверхности катализатора через пленку жидкой фазы и приводит к увеличению степени гидрообессеривания [45].

При гидроочистке атмосферного газойля в смеси с бензиновой фракцией, по сравнению с гидроочисткой атмосферного газойля, степень удаления серы увеличивается на 2 %. Степень гидрирования ароматических углеводородов возрастает на 15,6 % мас.

Следовательно, добавки к сырью могут выполнять роль регулятора толщины пленки жидкой фазы на поверхности катализатора, способствуя увеличению доступа углеводородов к активным центрам. Таким образом, вовлечение бензиновой фракции в гидроочистку легкого атмосферного газойля приводит к снижению содержания серы и непредельных углеводородов.

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

3.1 Предпроектный анализ

Основным промышленным процессом, направленным на облагораживание дизельного топлива, на нефтеперерабатывающем заводе является процесс гидроочистки (ГО). Он применяется практически на любом нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ).

Главной целью современной нефтепереработки является получение высококачественного топлива, которые полностью отвечают конструктивным особенностям двигателей и природоохранным требованиям. Разработка программ ресурсосбережения и ресурсопотребления на сегодняшний день является актуальной проблемой. Рыночная ценность разработки определяет перспективность и востребованность данного научного исследования качества гидрогенизата при ГО легкого атмосферного газойля и совместной ГО легкого атмосферного газойля в смеси с бензином. Что является неотъемлемым условием при поиске источников финансирования при реализации научного исследования и коммерциализации его результатов.

Данное научное исследование проводилось в научно-исследовательской лаборатории кафедры НИ ТПУ «Химической технологии топлива и химической кибернетики».

Данный проект позволяет внедрить конкурентноспособные инновационные технологии, способствует росту высочайшего статуса инженерных решений и является выгодной инвестицией в благополучное развитие России.

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо проанализировать целевой рынок и осуществить его сегментирование (разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Сегменты рынка (отведенная часть рынка или группа потребителей, обладающая характерными общими признаками), на котором в будущем будет реализовываться разработка называется целевым рынком.

Продукт: гидрогенизат.

Целевой рынок: НПЗ России, на которых есть установки ГО.

В России достаточно большое количество НПЗ. Поэтому необходимо провести сегментацию и проанализировать каким именно предприятиям данная разработка наиболее необходима.

В данном случае критериями сегментирования будут являться месторасположение НПЗ и его ассортимент выпускаемой продукции.

Таблица 10 – Карта сегментирования рынка

		Товарный продукт		
		Дизельное топливо	Бензин	Авиационное топливо
Компании	АО «Яйский НПЗ»	+	+	-
	«Ангарская НХК»	-	-	+
	«Томский НПЗ»	+	+	+

Из таблицы 10 видно, что результаты исследования и разработка интересны и актуальны для компаний: АО «Яйский НПЗ» и «Томский НПЗ». Вышеуказанные НПЗ занимаются производством дизельного топлива и , соответственно, нуждаются в разработке. В отличии от «Ангарская НХК», которой данная разработка не представляет никакого интереса.

3.1.2 Диаграмма Исикавы

Диаграмма Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) - графический метод анализа и создания причинно-следственных связей, необходимое для систематического определения причин проблемы и дальнейшего графического отображения (рисунок 4).

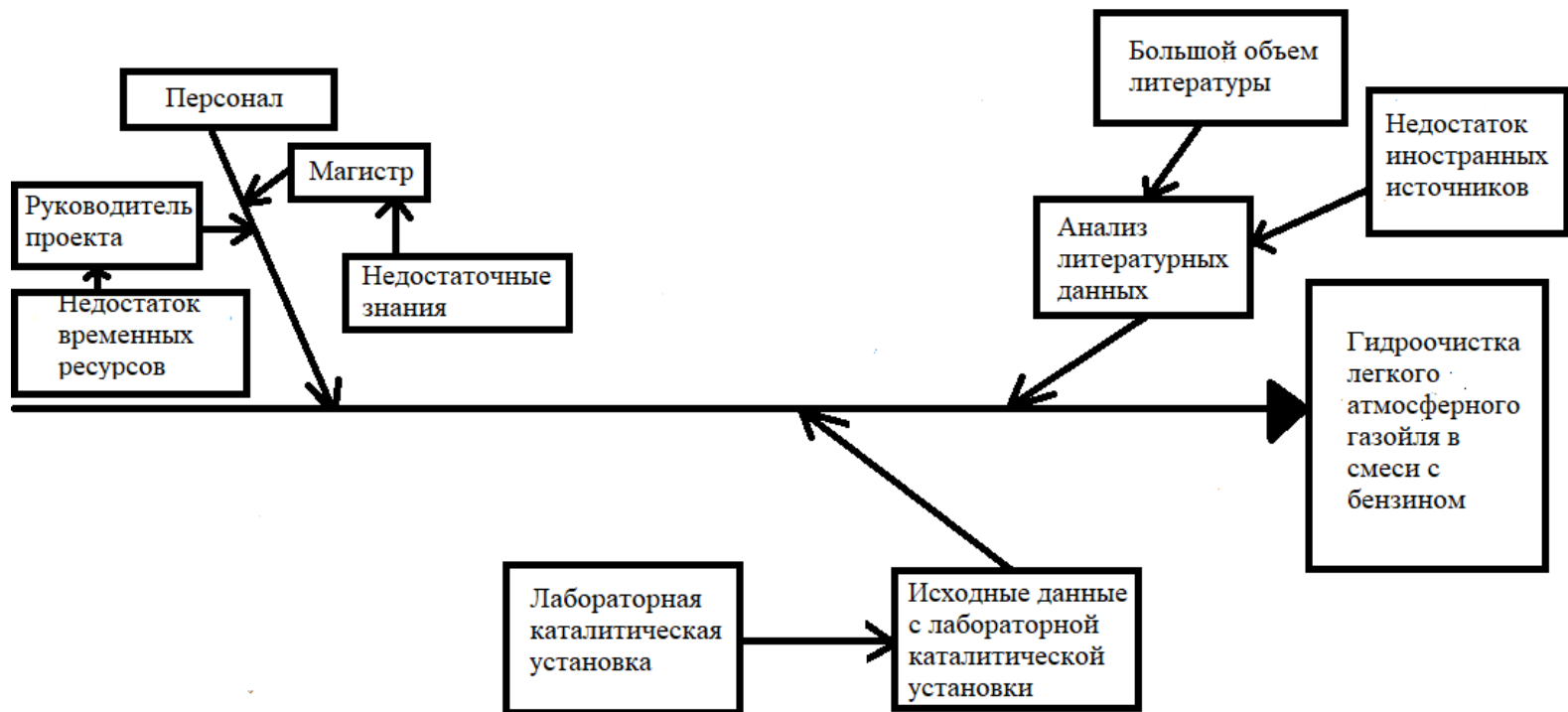


Рисунок 4 – Причинно-следственная диаграмма Исикавы

3.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения), данные представлены в таблице 11 [46].

Таблица 11 - Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

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

Продолжение таблицы 11

10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	4
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	3
15	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	46	51

При оценке степени проработанности научного проекта и уровня имеющихся знаний у разработчика используется следующая система баллов, которая представлена в таблице 12.

Таблица 12 - Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Балл	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	5	есть положительное заключение независимого эксперта	знаю теорию, самостоятельно выполняю и могу проводить консультации

Продолжение таблицы 12

2	4	качественное выполнение	знаю теорию и выполняю
3	3	некачественное выполнение	знаю теорию и примеры применения на практике,
4	2	слабо проработано	знаю теорию
5	1	не проработано	мало знаю теорию

Из таблицы 2 видно, что оценка готовности научного проекта к коммерциализации является выше среднего, так как суммарное количество баллов по каждому направлению находится в пределах от 59 до 45 [46]. Проект достаточно проработан и готов к коммерциализации при проработке его слабых сторон.

3.1.4 Методы коммерциализации результатов научно - технического исследования

Коммерциализация научного проекта – это сложный и энергоемкий процесс, связанный с применением на практике результатов научного исследования с целью добиться финансирования или другой поддержки в виде оборудования, уникальных материалов и т.д. В данном случае будет выбран такой метод коммерциализации научных разработок как инжиниринг.

Инжиниринг как самостоятельный вид коммерческих операций, реализуется путем заключения договора на оптимизацию и проектирование

процесса ГО легкого атмосферного газойля в смеси с бензином, который направлен на усовершенствование уже имеющихся производственных процессов. При этом ТПУ или кафедра НИ ТПУ «Химической технологии топлива и химической кибернетики» выступает в качестве стороны консультанта, а НПЗ –целевым потребителем (Заказчиком).

3.2. 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 [46].

Инициация нового проекта – это стадия проекта, на которой определяются изначальные цели и финансирование, а также результаты, на которые он будет направлен. Определяются заинтересованные стороны проекта, его участники, организационная структура, ограничения и допущения проекта, которые представлены в таблицах 13-15.

3.2.1 Цели и результаты проекта

Таблица 13 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Разработчики проекта (студенты, преподаватели НИ ТПУ)	1) Изучение влияния вовлечения бензиновой фракции в ГО легкого атмосферного газойля 2) Коммерческое продвижение проекта 3) Развитие и укрепление связей с нефтеперерабатывающей отраслью промышленности (производственные компании, НПЗ, фабрики) в области совместных научных разработок
Представители промышленности (производственные компании, НПЗ, фабрики)	Получение проекта, способствующего увеличению степени обессеривания сырья
Научно – исследовательские институты	Повышение статуса учебного заведения Повышение его научного престижа
Конкурирующие научные институты	Опасения в связи с появлением более конкурентоспособной технологии и проекта

Таблица 14 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Исследование качества гидрогенизата при ГО легкого атмосферного газойля и совместной ГО легкого атмосферного газойля в смеси с бензином, повышение эффективности процесса ГО для достижения требуемого уровня очистки от серосодержащих соединений
Ожидаемые результаты проекта:	Снижение содержания серы и непредельных углеводородов при ГО

Продолжение таблицы 14

Критерии приемки результата проекта:	Полученные адекватных параметров относительно действующего промышленного процесса
Требования к результату проекта:	Требования:
	Стандартизация готового проекта

3.2.2 Организационная структура проекта

В данном подразделе определяется состав рабочей группы научного проекта, роли каждого участника, а также функции, выполняемые каждым из участников и их вклад в проект.

Организационная структура научного проекта представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час. (за 2 года)
1	Кривцова Надежда Игоревна, НИ ТПУ, ИШПР, ОХИ, доцент	Руководитель проекта	Координация проекта, проведение консультаций, внесение поправок, совершенствование и утверждение проекта	304
2	Чиблис Наталья Владиславовна, НИ ТПУ, ИШПР, ОХИ, магистрант, студентка группы 2КМ81	Разработчик проекта	Сбор и анализ литературных данных, экспериментальные исследования, анализ результатов, оформление проекта	512

3.2.3. Ограничения и допущения проекта

Факторы, ограничивающие степень свободы участников команды, например, ограничения по бюджету, по срокам проекта или по человеческим ресурсам. Ограничения проекта – это так называемые «границы проекта» или совокупность правил управления проектом, которые не будут исполнены в данном проекте. В таблице 16 представлены ограничения и допущения проекта.

Таблица 16 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта. Источник финансирования	Материальная база научной группы (кафедры НИ ТПУ)
Сроки выполнения проекта:	09.2019 – 06.2020
• Дата утверждения плана управления проектом	10.02.2020
• Дата завершения проекта	01.06.2020

3.3 Планирование управления научно-техническим проектом

3.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИРС) – детализация укрупненной структуры работ [46] В результате создания ИСР структурируется и определяется содержание проекта. ИСР представлена в виде схемы на рисунке 2.

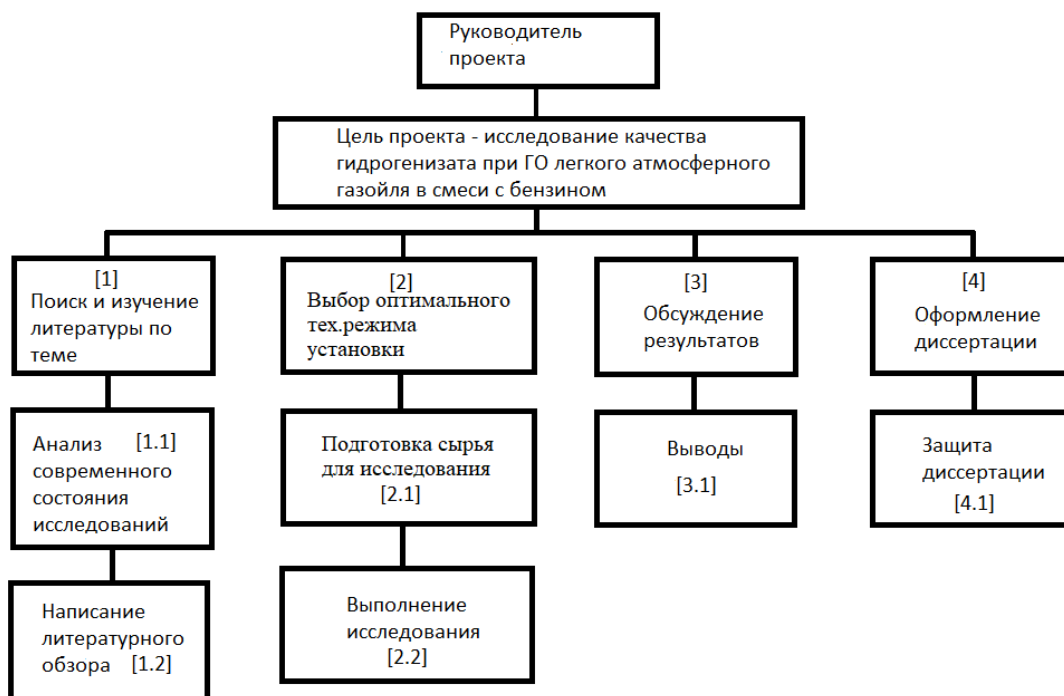


Рисунок 5 – ИСП по проекту

3.3.2 Контрольные события проекта

Далее определяются ключевые события разрабатываемого проекта (таблица 17), их даты и результаты, которых необходимо добиться к поставленной дате.

Таблица 17 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Выбор процесса и определение направление исследования	09.2019	Бланк задания
2	Анализ современного состояния исследований	02.2020 - 04.2020	Публикации, литература
3	Подготовка к исследованию	04.2020	Экспериментальная часть диссертации

Продолжение таблицы 17

4	Проведение исследования	04.2020	Экспериментальная часть диссертации
5	Обсуждение полученных результатов	05.2020	Экспериментальная часть диссертации
6	Оформление диссертации	05.2020 - 06.2020	Магистерская диссертация
7	Защита диссертации	16.06.2020	Диплом магистра

3.3.3 План проекта

При разработке проекта разработаем календарный план проекта (таблица 18). Код работы берется по ИСР, представленной на рисунке 2. Поскольку проект относится к простым и выполняется последовательно, то был выбран линейный график планирования. Тип столбчатых гистограмм, который используется для иллюстрации календарного плана проекта называется диаграммой Ганта. На основе календарного плана проекта, представленного в таблице 18, строится календарный план-график (таблица 19).

Таблица 18 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Поиск и изучение литературы по заданной теме	29	10.02.2020	10.03.2020	Чиблис Н.В.
1.1	Анализ современного состояния исследований	22	10.03.2020	01.04.2020	Чиблис Н.В.
1.2	Написание литературного обзора	9	01.04.2020	10.04.2020	Чиблис Н.В.
2	Выбор оптимального тех. режима установки	5	10.04.2020	15.04.2020	Чиблис Н.В.

Продолжение таблицы 18

2.1	Подготовка сырья к исследованию	3	15.04.2020	18.04.2020	Чиблис Н.В.
2.2	Выполнение исследования	12	18.04.2020	30.04.2020	Чиблис Н.В.
3	Обсуждение результатов	10	01.05.2020	10.05.2020	Кривцова Н.И. Чиблис Н.В.
3.1	Выводы	7	10.05.2020	17.05.2020	Кривцова Н.И. Чиблис Н.В.
4	Оформление диссертации	21	17.05.2020	07.06.2020	Чиблис Н.В.
4.1	Защита диссертации	1	16.06.2020	16.06.2020	Чиблис Н.В.
ИТОГО:		119			

Таблица 19 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работ	Вид работ	Исполнители	Длительность, дни	Продолжительность выполнения работ														
				февр.			март			апрель			май			июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Поиск и изучение литературы по теме	Чиблис Н.В.	29		■	■	■											
1.1	Анализ современного состояния исследований	Чиблис Н.В.	22					■	■									
1.2	Написание литературного обзора	Чиблис Н.В.	9								■							
2	Выбор оптимального тех. режима установки	Чиблис Н.В.	5									■						
2.1	Подготовка сырья к исследованию	Чиблис Н.В.	3									■						
2.2	Выполнение исследования	Чиблис Н.В.	12									■						
3	Обсуждение результатов	Кривцова Н.И. Чиблис Н.В.	10										■	■				
3.1	Выводы	Кривцова Н.И. Чиблис Н.В..	7											■	■	■		
4	Оформление диссертации	Чиблис Н.В.	21													■	■	
4.1	Защита диссертации	Чиблис Н.В.	1														■	

3.4 Бюджет научного исследования

При планировании проекта необходимо подробно отобразить все виды расходов, которые могут возникнуть при выполнении научного исследования, а именно затраты необходимые для эффективной работы. В таблице 20 представлены планируемые затраты, которые сгруппированы по статьям.

Таблица 20 – Группировка затрат по статьям

Статьи	Сумма, руб.
1. Расчет затрат на сырье	360,55
2. Расчет затрат на специальное оборудование	150 240,0
3. Расчет затрат на электроэнергию	470,40
4. Основная заработная плата	151 373,4
5. Дополнительная заработная плата	22 706,01
6. Отчисления на социальные нужды	31 780,7
7. Научные и производственные командировки	17 407,9
8. Итого плановая себестоимость	374338,96

3.4.1 Расчет затрат на сырье

Данная статья включает в себя затраты, необходимые для реализации проекта. Причем количество требуемых затрат определяется по нормам расхода, а расчет стоимости проводится по действующим прейскурантам или договорным ценам. Транспортно-заготовительные расходы (3% от цены) также включают в стоимость материальных ценностей Данные затраты приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет затрат на сырье

№	Наименование затрат	Единица измерения	Расход	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
1	Легкий атмосферный газойль	л	3	40	120
2	Бензин	л	1	40,55	40,55
3	Алюмоникельмолибденовый катализатор	г	17	200	200
4	Итого				360,55

3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для проведения научных (экспериментальных) работ

Затраты на приобретение оборудования представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет затрат на специальное оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Потребляемая мощность, кВт	Общая стоимость, руб.
1	Лабораторная каталитическая установка	1	148 900	-	148 900
2	Колба круглодонная, 1 л	1	210		210

Продолжение таблицы 22

3	Колба со стеклянной пробкой, 500 мл	3	300	-	900
4	Тетрадь для записей	1	80	-	80
5	ка	1	50	-	50
6	Ветошь	1	100	-	100
7	Итого				1500

3.4.3 Расчет затрат на электроэнергию

Расчет затрат на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_3 = \sum N_i \cdot T_3 \cdot C_3 \quad (1)$$

где N_i – мощность электроприборов по паспорту, кВт;

T_3 – время использования электрооборудования;

C_3 – цена одного кВт*ч, руб

$C_3 = 2,45$ руб/кВт*ч

$E_3 = \sum N_i \cdot T_3 \cdot C_3 = 470,40$ руб

1. Основная заработная плата

Данная статья расходов включает в себя основную и дополнительную заработную плату работников (включая премии и доплаты), которые заняты реализацией проекта:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (2)$$

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

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

Основная заработная плата работника рассчитывается по формуле (3):

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (4)$$

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

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, раб. дни.

Среднедневная заработная плата ($Z_{\text{дн}}$) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб;

M – количество месяцев работы без отпуска в течении года: при отпуске в 48 раб. дней M равно 10,4 месяца, шестидневная рабочая неделя; при отпуске в 24 рабочих дней $M=11,2$ месяца, пятидневная рабочая неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дни (таблица 23).

Таблица 23 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель проекта	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	10	3
Действительный годовой фонд рабочего времени ($F_{\text{д}}$)	189	196

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (6)$$

где Z_6 – базовый оклад работника, руб;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент;

$k_д$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_р$ – районный коэффициент для Томска ($k_р$ равен 1,3).

По формулам (1) - (4) рассчитаем основную заработную плату ($Z_{осн}$) (таблица 24):

Таблица 24 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_6 , руб.	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$Z_м$, руб.	$Z_{дн}$, руб.	$T_р$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель проекта	33 664	-	-	1,3	43 763,2	2408,1	38	91 507,8
Магистрант	13 560	-	-	1,3	17 628	935,4	64	59 865,6
ИТОГО:								151373,4

3.4.4 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата работников рассчитывается как 10-15% от основной заработной платы:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп}, \quad (6)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

Расчет дополнительной и основной заработной платы представлен в таблице 25:

Таблица 25 – Заработная плата исполнителей проекта:

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная, руб	91 507,8	59 865,6
Дополнительная (15%), руб	13 726,17	8 979,84
ИТОГО:	105 233,97	68845,44

3.4.5 Отчисления на социальные нужды

В данном подразделе рассмотрим отчисления на социальные нужды, а именно отчисления во внебюджетные фонды ($C_{внеб}$).

$$C_{внеб} = (Z_{осн} + Z_{доп}) \cdot k_{внеб}, \quad (8)$$

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

$$C_{внеб} = 0,302 \cdot 105\,233,97 = 31\,780,7 \text{ руб.}$$

5.4.6 Научные и производственные командировки

В данной статье рассмотрим расходы по командировкам участников проекта, которые составляют 10% от суммы ($Z_{осн} + Z_{доп}$), таким образом получаем:

$$C_{внеб} = 0,1 \cdot 174\,079,41 = 17\,407,9 \text{ руб.}$$

3.5 Организационная структура проекта

Для данного проекта наиболее подходящей является проектная организационная структура, которая представлена на рисунке б.

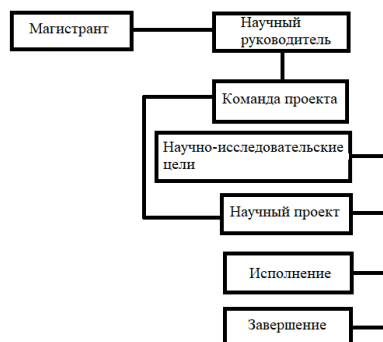


Рисунок 6 – Проектная организационная структура проекта

3.6 Матрица ответственности

Между участниками проекта формируется матрица ответственности для распределения ответственности между участниками проекта, которая представлена в таблице 26. Степень участия может характеризоваться как: ответственный (О), исполнитель (И), утверждающее лицо (У) и согласующее лицо (С).

Таблица 26 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель проекта	Магистрант
1. Формирование технического задания	И	О
2. Изучение литературы по теме	С	И
3. Проведение расчетов	С	И
4. Выполнение исследования	С	И
5. Обработка и обсуждение полученных результатов	С	И

Продолжение таблицы 26

6. Оформление диссертации	С	И
---------------------------	---	---

3.7 Оценка сравнительной эффективности исследования

Оценка эффективности заключается в расчете интегрального показателя эффективности научного исследования, который связан с определением финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (9)$$

где I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель;

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 как:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (10)$$

где I_m^a – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 27 – Сравнительная характеристика вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог текущего проекта
1. Адекватность получаемых результатов	0,3	5	4
2. Высокая распространенность к другим установкам	0,2	3	4
3. Надежность	0,1	4	3
4. Энергосбережение и ресурсосбережение	0,2	5	4
ИТОГО:	1	24	22

$$I_m^p = 5 * 0,3 + 3 * 0,2 + 4 * 0,1 + 5 * 0,2 = 3,5;$$

$$I_m^a = 4 * 0,3 + 4 * 0,2 + 3 * 0,1 + 4 * 0,2 = 3,1;$$

Сравнительная эффективность проекта рассчитывается как:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{фин}^p}{I_{фин}^a} = \frac{3,5}{3,1} = 1,13 \quad (11)$$

где \mathcal{E}_{cp} – сравнительная эффективность проекта.

Сравнение значений эффективности проектов позволяет сделать выводы, что текущий вариант решения поставленной задачи с точки зрения финансовой, ресурсоэффективности наиболее эффективен и целесообразен.

4 Социальная ответственность

Введение

В настоящее время процесс ГО является самым крупнотоннажным вторичным процессом почти на каждом НПЗ, относится к гидрогенизационным процессам в нефтехимической технологии и направлен на снижение содержания гетероорганических соединений, в состав которых входят атомы серы, кислорода и азота. С целью уменьшения выбросов сернистых соединений в атмосферу, с каждым годом вводятся все более жесткие требования по содержанию серы в моторных топливах (максимально допустимое содержанием серы составляет 10 ppm). Требования к качеству моторных топлив на территории РФ регулируются положениями технического регламента «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» [47]

В результате проведенного процесса гидроочистки легкого атмосферного газойля в смеси с бензиновой фракцией выяснено, что, по сравнению с процессом гидроочистки атмосферного газойля, степень удаления серы увеличивается на 2%, а степень гидрирования ароматических углеводородов возрастает на 15,6 % мас.

Данный научный проект проводился в научно-исследовательской лаборатории кафедры НИ ТПУ «Химической технологии топлива и химической кибернетики». Эксперимент проводился на лабораторной каталитической установке, которая расположена во 2-ом учебном корпусе НИ ТПУ.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Система управления охраной труда дает малому предприятию возможность разработать свою концепцию (политику) по охране труда, установить цели (целевые показатели) охраны труда, организовать трудовые процессы с принятием необходимых мер повышения результативности охраны труда, а также создать социально-ориентированное производство, исключить ущерб в результате аварий, инцидентов и несчастных случаев [48].

В 2018 году Правительством Российской Федерации подписано Генеральное соглашение между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей на 2018-2020 годы [49]. Согласно вышеуказанному соглашению стороны считают, что обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе их трудовой деятельности является одним из наиважнейших национальных приоритетов в целях сохранения человеческого капитала в неразрывной связи с решением задач по улучшению условий и охраны труда с помощью обеспечения повышения эффективности механизмов предупреждения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, улучшения здоровья работников, экономического стимулирования технического перевооружения и модернизации производства. В рамках данного соглашения оговорена необходимость принятия новых и пересмотр действующих норм и правил в сфере охраны труда, в разработке и внедрения новых механизмов предупреждения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, обеспечить формирование предложений по созданию и совершенствованию нормативно-правовой базы применения системы дистанционного контроля (надзора) за промышленной безопасностью опасных производственных объектов.

Правовые и организационные основы, а также порядок проведения специальной оценки условий труда устанавливает Федеральный закон Российской Федерации «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013

№ 426-ФЗ [50]. Он же определяет правовое положение, права, обязанности и ответственность участников специальной оценки условий труда.

Рабочая зона – научно-исследовательская лаборатория, которая полностью оборудована: системами отопления, водоснабжения, вентиляцией и кондиционированием воздуха. Используется комбинированное освещение, которое представляет собой сочетание искусственного освещения света ламп и естественного солнечного света.

4.2 Производственная безопасность

В таблице 28 представлены опасные и вредные производственные факторы, которые возможны при проведении процесса гидроочистки.

Таблица 28 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [8]	Этапы работы		Нормативные документы
	Разра- ботка	Исследо- вание	
1. Вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм		+	ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями № 1, 2) [51]
2. Электрический ток, вызываемый разницей электрических потенциалов, под действием которого попадает работающий			ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [52].

Продолжение таблицы 28

3. Высокая температура материальных объектов производственной среды			СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.[53]
4. Акустические колебания в производственной среде (повышенный уровень шума)	+		ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание) [54] СП 51.13330.2011. Защита от шума [55]. СН 2.2.4./2.1.8.562-0-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы [56].
5. Световая среда (отсутствие или недостаток необходимого естественного/искусственного освещения)		+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [57].
6. Микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего		+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [58].

4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования

Соблюдение гигиенических нормативов является обязательным для юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, граждан, деятельность которых связана с технологическими процессами и оборудованием, контролем качества производственной среды.

В течение рабочего времени при выполнении работ в производственной среде работник подвергается воздействию опасных и вредных производственных факторов.

4.2.1.1 Вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм

Для уменьшения вреда от веществ, обладающих острой токсичностью по воздействию на организм, которые проникают через органы дыхания, при контакте кожных покровов с агрессивными веществами, установлены нормы и условия бесплатной выдачи молока или других равноценных пищевых продуктов [59].

Перечень вредных веществ, выделяющихся в воздух рабочей зоны лаборатории, ПДК, класс опасности приведены в таблице 29 [60].

Таблица 29 – Характеристика вредных веществ, выделяемых в воздух рабочей зоны

Наименование сырья, материалов, реагентов изготавливаемого и продукции	Наименование вредных веществ	ПДК паров в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Класс опасности
Легкий атмосферный газойль	Углеводороды	300	4
Бензин	Углеводороды	300	4
Сероводород	Сероводород	10	2

Продолжение таблицы 2

Газ углеводородный	Углеводороды	300	4
--------------------	--------------	-----	---

Продолжение таблицы 2

Катализатор	Пыль катализатора	1	2
-------------	-------------------	---	---

Воздействие веществ, обладающих острой токсичностью по воздействию на организм работника представлено в таблице 30 [61].

Таблица 30 – Токсикологическое воздействие на работника веществ, обладающих острой токсичностью

Химическое вещество	Воздействие
Легкий атмосферный газойль	Токсичное влияние. Раздражение слизистых оболочек, кожи. Вызывает тяжелое отравление. При отравлении (вдыхание небольших концентраций паров) наблюдаются симптомы, похожие на алкогольную интоксикацию.
Бензин	Наиболее токсичное влияние. Раздражение слизистых оболочек и кожи. Вызывает тяжелое отравление. В случае отравления наблюдаются симптомы, похожие на алкогольную интоксикацию. В тяжелых случаях могут быть обморочные состояния, учащение пульса, повышение температуры, судороги.
Сероводород	Неприятный запах. Токсичное влияние. При вдыхании может стать причиной тошноты, головной боли, головокружения. Мгновенная смерть наступает при вдыхании высокой концентрации.

Продолжение таблицы 30

Газ углеводородный	Малотоксичен. Бутан в высоких концентрациях вызывает удушье, сердечную аритмию и галлюцинации
Катализаторная пыль	Вызывает поражение дыхательных путей и как следствие - отек легких, раздражение слизистых оболочек. Металлы в составе катализатора могут накапливаться в организме.

4.2.1.2 Электрический ток, вызываемый разницей электрических потенциалов, под действием которого попадает работающий

Образование зарядов статического электричества на установке гидроочистки может произойти в результате движения диэлектрических продуктов (газа, жидкости, нефтепродуктов) по стальным трубопроводам и аппаратам. На взрывоопасных производствах искровые разряды подобного статического электричества вызывают пожары и взрывы, влекут за собой аварии и несчастные случаи.

Способы предотвращения статического электричества: заземление аппарата, емкости, трубопровода, кожуха термоизоляции аппарата и трубопровода, вентиляционного короба [62]. Заземление производится подключением аппаратов, трубопроводов двумя или несколькими отводами к общему контуру заземления. Непрерывную металлическую связь должны иметь металлические кожухи термоизоляции трубопроводов и аппаратов, а также вентиляционные короба.

Для защиты оборудования от прямых и вторичных ударов молнии используются молниеприемники на высшей точке аппарата. Для защиты зданий от атмосферного электричества используют металлическую сетку, уложенную под укрывной материал и заземленной в нескольких точках [63].

4.2.1.3 Высокая температура материальных объектов производственной среды

Процесс гидроочистки происходит с веществами в газообразном состоянии при высоких температурах и давлениях. Опасность термических ожогов создается присутствием на установке аппаратов и трубопроводов с высокой температурой. Нагрев газосырьевой смеси в процессе гидроочистки производится до температуры 380 °С. Во избежание возникновения ожогов необходимо осуществлять контроль целостности состояния тепловой изоляции, обязательное использование специальной одежды и соблюдение правил техники безопасности.

Для предотвращения поражения электрическим током нельзя прикасаться к неисправным или поврежденным выключателям, вилкам и штепсельным розеткам.

5.2.1.4 Акустические колебания в производственной среде (повышенный уровень шума)

Основные источники шума – насосная внутренней перекачки (НВП) и насосная магистральной перекачки (НМП). Нормирующие характеристики постоянного шума на рабочих местах – уровни звуковых давлений в октановых полосах 78 дБА со среднегеометрическими частотами 500 Гц (нормирующий уровень 80 дБА. Уровень шума соответствует ГОСТ 12.1.003-83.

Основные мероприятия по борьбе с шумом следующие:

- размещение оборудования с повышенным источником шума в отдельных помещениях;
- применение индивидуальных средств защиты от шума и вибрации;
- проведение санитарно-профилактических мероприятий для рабочих, занятых на вибро-акустически активном оборудовании.

4.2.1.5 Световая среда (отсутствие или недостаток необходимого естественного/искусственного освещения)

Для благоприятных условий труда необходимо обеспечить рациональное освещение помещений и рабочих установок. Согласно требованиям, представленным [57,64], в помещениях должно быть организовано комбинированное освещение (сочетание естественного и искусственного освещения).

Нормы освещенности рабочих мест представлены в таблице 31 [64].

Таблица 31 – Нормы освещенности рабочих мест

Наименование помещений, зрительной работы и вида деятельности	$E_{экс}$, лк	U_0, не менее	R, не более	R_a, не менее	$K_{п}$, %, не более
Постоянная ручная работа на производственных установках	300	0,6	22	80	20
Лаборатории	500	0,6	19	80	10

Нормируемые показатели значений освещенности в вышеуказанных помещениях обеспечиваются своевременной чисткой стекол оконных рам и светильников не менее двух раз в год и заменой перегоревших ламп.

4.2.1.6 Микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего

В производственных нормах микроклиматических параметрах воздушной среды [58] отдельно нормируется каждый из компонентов

микроклимата рабочей зоны лаборатории: температура воздуха, относительная влажность, скорость движения воздуха в зависимости от способности организма работника к акклиматизации в различное время года и интенсивности проводимой им работы, интенсивность теплового излучения. Рабочая зона – 2,2 м над уровнем пола.

Для обеспечения нормальных условий для работы установлены нормы производственных микроклиматических параметров.

Создание совместимости характеристик работника и характеристик среды должна быть обеспечена в соответствии с [65].

Микроклиматические параметры оказывают влияние на общее состояние и процесс теплообмена работника. Высокая температура окружающего воздуха может привести к перегреву организма, тепловому удару и даже к профзаболеванию, низкая температура воздуха – к переохлаждению, простудным заболеваниям или обморожению.

В таблице 32 приведены оптимальные показатели микроклимата для работника.

Таблица 32 – Оптимальные микроклиматические показатели

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, °С (допустимое значение)	Относительная влажность воздуха, % (допустимое значение)	Скорость движения воздуха, м/с (допустимое значение)
Холодный	Iб	19-24	15-75	0,1-0,2
Теплый		20-28		0,1-0,3

4.3 Экологическая безопасность

4.3.1 Отходы производства

В процессе работы на установке накапливаются твердые отходы – отработанные катализаторы гидроочистки – алюмоникельмолибденовый (АНМ) и пирофорные отложения (продукты коррозии аппаратуры).

В таблице 33 приведены данные по твёрдым и жидким отходам и способы их переработки.

Таблица 34 – Твердые и жидкие отходы

Наименование отходов	Место складирования, транспортирование	Периодичность образования отходов	Условие (метод) и место захоронения, обезвреживания, утилизации
Отработанный алюмоникельмолибденовый	в бочки	1 раз в 2 лет	на спец. предприятие
Шлам пирофосфорных отложений – продуктов коррозии и твердых отложений при чистке аппаратов	транспортируется автосамосвалами с герметичным кузовом	1 раз в 2 года	шламонакопители

4.3.2 Химическое загрязнение водостоков

Объем образующихся сточных вод и степень их загрязненности зависит от технологии переработки нефти. Категорически запрещается сброс в канализацию химических и нефтяных продуктов, не являющимися сточными

водами, при ремонтных работах (аппаратов, оборудования и трубопроводов), авариях. Запрещен сброс в канализацию шламов с установок.

На НПЗ существуют три отдельные системы канализации: для отведения и очистки промливневых вод, для отведения и очистки эмульсионных и химических загрязненных вод и для отведения хозяйственно-бытовых сточных вод от административно-хозяйственных и бытовых объектов.

4.3.3 Разработка решений по обеспечению экологической безопасности

С целью уменьшения выбросов вредных веществ, связанных с неплотностями фланцевых соединений, различных уплотнений, дренажей и т. п. на установке необходимо предусмотреть следующее:

- во фланцевых соединениях, работающих при высокой температуре и давлении, применять прокладки из меди, алюминия и других металлов;
- осуществлять автоматический контроль загазованности в местах максимально возможных выделений углеводородов;
- при перекачке сжиженных газов, ЛВЖ, ГЖ применять насосы с двойным торцевым уплотнением. Контроль утечки уплотнительной жидкости в двойных торцевых уплотнениях осуществлять по изменению показаний расходомера, изменению уровня в емкости уплотнительной жидкости;
- максимально использовать аппараты воздушного охлаждения;
- для защиты аппаратов и трубопроводов от разрыва устанавливать предохранительные клапаны, сбросы вредных веществ, от которых осуществляются в закрытую факельную систему.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Географическое месторасположение Томска таково, что возможны чрезвычайные ситуации природного характера (лесные и торфяные пожары, ураганные ветры, сильные морозы ниже -40°C), снежные заносы, сильные

метели) и техногенного (пожары, взрывы паровоздушных смесей и другие). Поэтому очень важна подготовленность работников к чрезвычайным ситуациям [66].

В лаборатории велика вероятность возникновения аварийной ситуации. Поэтому для ликвидации аварий заранее разрабатываются планы, предусматривающие мероприятия для спасения работников и ликвидации аварий.

План ликвидации аварий обязательно предусматривает способы оповещения об аварии (сигнализация), пути эвакуации работников и своевременное включение аварийной вытяжной сигнализации. Сигнализации безопасности -световые, звуковые и цветовые, знаковая и другие.

При возникновении аварии при работе на установке работникам необходимо:

- остановить производство (на щите нажать кнопку «Стоп»);
- незамедлительно оповестить диспетчера и в случае необходимости вызвать пожарный расчет по мобильной связи 101 или 112, газоспасательную службу и скорую помощь (по номеру 103).
- локализовать очаг возгорания, соблюдая все меры безопасности;
- тушение электрооборудования и электропроводки осуществлять только после их обесточивания, либо использовать углекислотный огнетушитель.

При заражении лаборатории ядовитыми парами или газами оставаться в помещении можно только в противогазе и при отключенных нагревательных приборах. После дезактивации помещение хорошо проветрить.

Все работники должны быть своевременно обеспечены средствами индивидуальной защиты (противогазами, респираторами, изолирующей защитной одеждой, перчатками), аптечкой в соответствии с Техническим регламентом.[66].

При необходимости производится эвакуация работников в безопасное место.

Пожаровзрывоопасность в лаборатории обусловлена наличием технологических блоков, где находятся взрывоопасные продукты, горючих легко воспламеняющихся жидкостей, возможной аварийной разгерметизации оборудования и трубопроводов, выбросе парогазовой среды.

На основании ст. 27 [67] лаборатория относится к повышенной взрывопожароопасности группы А.

Для предотвращения взрыва и пожара приняты нижеперечисленные меры:

- проводится периодический инструктаж по пожарной безопасности;
- назначен ответственный за пожарную безопасность лаборатории;
- производится эксплуатация только исправного оборудования;
- отключение электрооборудования, электропитания и освещения сразу после завершения работ;
- содержание проходов для эвакуации людей в свободном состоянии;
- курение в строго отведенном месте на открытом воздухе либо в изолированном помещении с системой вентиляции;
- наличие подъездов пожарной техники;
- освобождены проходы и доступы к средствам пожаротушения.

Для ликвидации возможных очагов возгораний предусмотрены первичные средства пожаротушения в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации [67].

Средства пожаротушения и инвентарь окрашены в красный цвет. Для размещения первичных средств пожаротушения установлен специальный пожарный щит.

Согласно статистике, пожары, взрывы в большинстве случаев возникают из-за несоблюдения графика планово-предупредительного ремонта (ППР), из-за нарушений технологического режима, из-за грубых нарушений техники безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последнее время все больше исследователей стали уделять внимание процессам гидроочистки. В процессе гидроочистки наиболее важным представляется увеличение степени обессеривания сырья. Различные углеводородные добавки к сырью способствуют увеличению его гидрообессеривания. Однако систематические исследования по данной тематике отсутствуют и представляют собой научный интерес.

Поэтому целью данной работы является исследование качества гидрогенизата при гидроочистке легкого атмосферного газойля и совместной гидроочистке легкого атмосферного газойля в смеси с бензином.

На основании проведенного исследования были получены следующие выводы:

- При повышении температуры процесса ГО степень удаления серы из исходного сырья – легкого атмосферного газойля, изменяется незначительно от 91,3 до 93,2 % и достигает своего максимального значения 93,2 5 при 400 °С.

- В интервале температур от 340 до 360 °С наблюдается снижение доли ароматических углеводородов и повышение доли насыщенных углеводородов. При дальнейшем повышении температуры до 400 °С равновесие реакций гидрирования ароматических соединений смещается в сторону исходных компонентов, что приводит к снижению количества насыщенных углеводородов. Оптимальной в данном случае является температура $T=340^{\circ}\text{C}$, т.к. дальнейшее ее увеличение не оказывает значительного влияния на состав гидрогенизата и степень удаления серы.

- Анализ результатов процесса ГО показал, что при высокой скорости подачи сырья в пределах 5 ч^{-1} степень гидроочистки легкого атмосферного газойля составила 91,7 %. При снижении ОСПС до 3 ч^{-1} степень гидроочистки увеличивается до 92,2 % и остаётся постоянной при ОСПС 2 ч^{-1} . Увеличение степени гидроочистки атмосферного газойля увеличивается при снижении ОСПС в следствии повышения времени контакта сырья с катализатором и более

полным протеканием реакций гидрирования. Содержание ароматических углеводородов уменьшается на 5,14 %, содержание насыщенных углеводородов увеличивается на 3,13 % при ОСПС 2 ч⁻¹.

В результате за оптимальные параметры проведения процесса были выбраны: $T = 340 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\text{ОСПС} = 2 \text{ ч}^{-1}$.

При гидроочистке АГ в смеси с бензиновой фракцией, по сравнению с гидроочисткой АГ, степень удаления серы увеличивается на 2%. Степень гидрирования АУ возрастает на 15,6 % мас.

Следовательно, добавки к сырью могут выполнять роль регулятора толщины пленки жидкой фазы на поверхности катализатора, способствуя увеличению доступа углеводородов к активным центрам. Таким образом, вовлечение бензиновой фракции в ГО легкого АГ приводит к снижению содержания серы и непредельных углеводородов.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был выполнен расчет человеческих и материальных резервов, необходимые для успешного проведения научного проекта, предложены способы оптимизации трудового процесса.

В разделе «Социальная ответственность» были проанализированы опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении гидроочистки на лабораторной каталитической установке и непосредственно могут повлиять на результат выполняемой работы и здоровье. Рассмотрены мероприятия по обеспечению производственной безопасности в случае чрезвычайной ситуации и влияние объекта исследования на окружающую среду.

Список публикаций студента

1. Krivtcova N. I., Frantsina E. V., Beshagina E. V., Puchkova A. A., Chiblis N. V., Kotkova E. P. Hydrotreating of light atmospheric gas oil and its mixture with gasoline // *Petroleum and Coal*. – 2019. – Vol. 61. – №6. – P. 1568-1574.

2. Чиблис Н. В. Гидроочистка легкого атмосферного газойля в смеси с бензином / Н. В. Чиблис; научный руководитель Н. И. Кривцова // *Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л. П. Кулева и Н. М. Кижнера, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А. Г. Стромберга, 21 – 24 сентября 2020 г., г. Томск. –Томск: Изд-во ТПУ, 2020.*

Список литературы

1. Tataurschikov A.A., Ivanchina E.D., Krivtcova N.I., Syskina A.A., 2016. Diesel fuel hydrotreating modelling and calculation of material and thermal balances using data of industrial unit LG-24/7. *Petroleum and Coal*, 58, Issue 7 “Modern technology and modeling of oil refining processes”, 700-704.
2. Rana M. S., Ancheyta J., Sahoo S.K., Rayo P., 2014. *Catal. Today*, 220-222, 97 – 105.
3. Vogelaar B. M., Eijsbouts S., Bergwerff J. A., Heiszwolf J.J., 2010. *Catal. Today*, 154, 256–263.
4. Marafi A., Albazzaz H., Rana M. S., 2019. Hydroprocessing of heavy residual oil: Opportunities and challenges. *Catal. Today*, 329, 125-134.
5. Rabarihoela-Rakotovao V., Brunet S., Berhault G., Perot G., Diehl F., 2004. Effect of acridine and of octahydroacridine on the HDS of 4,6-dimethyldibenzothiophene catalyzed by sulfide NiMoP/Al₂O₃. *Applied Catalysis A: General*, 267, 17-25.
6. Mguni L.L., Yao Y., Liu X., Yuan Z., Hildebrandt D., 2019. Ultra-deep desulphurization of both model and commercial diesel fuels by adsorption method. *J. of Environmental Chem. Eng.*, 7.
7. Krivtcova N.I., Tataurshikov A.A., Ivanchina I.D., Krivtsov E.B., Golovko A.K., 2015. Calculation of the Kinetic Parameters of the Hydrofining Process of Diesel Fraction Using Mathematical Modeling. *Procedia Engineering*, 113 : Oil and Gas Engineering (OGE-2015), Omsk, 25-30 April 2015, 73-78.
8. Carmona De Paz H., Horacek J., Brito A., Macias J., 2018. Suitability of used frying oil for co-processing with atmospheric gas oil. *Fuel*, 214, 165-173.
9. Vonortas A., Papayannakos N., 2014. Kinetic Study of the Hydrodesulfurization of a Heavy Gasoil in the Presence of Free Fatty Acids Using a CoMo/γ-Al₂O₃ Catalyst // *Ind. Eng. Chem. Res.*, 53, 9646-9652.

10. Tomina N.N., Pimerzin A.A., Zhilkina E.O., Eremina U.V., 2009. Comprehensive Analysis of Diesel Hydrotreating Feedstock. Petroleum chemistry, vol. 49, №2, 130–136.
11. Jose Miguel Hidalgo Herrador, Zuzana Vajglova, Ales Vrablik, Jaromir Lederer, 2017. Catalytic Hydrotreating of Light Cucle Oil and its Mixture with Atmospheric Gas Oil. Conference: 5th International Conference on Chemical Technology, April 2017.
12. Mohammed Yahaya Khan Z. A., Abdul Karim, Ftwi Yohanness Hagos, Rashid A. Aziz, 1 and Isa M. Tan2, 2014. Current Trends in Water-in-Diesel Emulsion as a Fuel. Hindawi Publishing Corporation. The Scientific World Journal, 17.
13. Nikul'shin P.A., Sal'nikov V.A., Pimerzin A.A., Eremina U.V., Koklyukhin A.S., Tsvetkov V.S., Pimerzin A.A., 2016. Co-Hydrotreting of Straight-Run Diesel Fraction and Vegetable Oil on Co(Ni)-PMo/Al₂O₃ Catalysts. Petroleum chemistry ,vol. 56, №1, 64-69.
14. Solmanov P.S., Maximov N.M., Eremina U.V., Zhilkina E.O., Dryaglin U.U., Tomina N.N., 2013. Hydrotreating of Mixtures of Diesel Fractions with Gasoline and Light Coker Gas Oil. Petroleum chemistry, vol. 53, №3, 199-202.
15. Процесс гидроочистки дизельного топлива.[Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vuzlit.ru/1134342/gidroochistka_dizelnyh_fraktsiy, свободный.
16. Солманов П.С. Совместная гидроочистка дистиллятов замедленного коксования с дизельной фракцией (вакуумным газойлем) на сульфидных Ni(Co)-Mo(W)Al₂O₃/Диссертация. к.х.н. Самара, СамГТУ, 2014.
17. Солодова Н.Л., Черкасова Е.И. Тенденции развития нефтепереработки в России. Вестник технологического университета, 2016, Т19, № 21
18. Капустин В.М. Инновационное развитие нефтепереработки и нефтехимии России //Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. - №6 от с. 3-7.

19. ИА Neftegaz.RU. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/pererabotka-nefti-i-gaza/142499-neftepererabatyvayushchiy-zavod-npz/>
20. Томина Н.Н., Агафонов И.А., Пимерзин А.А. Методы очистки топлив и масел. Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2004. – 178 с.
21. Баннов П. Г. Процессы переработки нефти. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2001. – 415 с.
22. Анализ нефтеперерабатывающей промышленности России. [Электронный курс]. Режим доступа: <http://www.bestrefarat.ru/referat-269762/html>, свободный.
23. Ахметов С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа. - Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.
24. Капустин В. М., Гуреев А. А. Технология переработки нефти. – Москва: Изд-во Колос, 2007. – ч. 2. – 334 с.
25. Кожемякин М. Ю., Черкасова Е. И. Гидроочистка дизельного топлива // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 23. – С. 28-30.
26. Солодова Н. Л., Терентьева Н. А. Гидроочистка топлив: учебно-методическое пособие Казанский государственный университет. – Казань: Изд-во КГТУ, 2008. – 63 с.
27. Нефедоров Б. К., Раченко Е. Д., Алиев Р. Р. Катализаторы процессов углубленной переработки нефти. – М.: Химия, 1992. – 277 с.
28. Попов С. Н. Химия нефти и газа. – Львов: Изд-во Львовского университета, 1960. – 376 с.
29. Отечественные технологии и катализаторы гидроочистки нефтяных фракций / Н.Р. Сайфуллин [и др.] // Химия и технология топлив и масел. - 2001. - №2. - С. 13-15. Ахметов С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа. - Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.
30. Дзисько В.А. Основы методов приготовления катализаторов. Новосибирск: Наука, 1983. - 264 с.

31. Анализ нефтеперерабатывающей промышленности России. [Электронный курс]. Режим доступа: <http://www.bestreferat.ru/referat-269762/html>, свободный.
32. Рудаков Е.В. и др. Система оценки качества топлива, масел и специальных жидкостей.-Иркутск: Изд-во Иркутского гос. техн. университете, 2013.-56 с.
33. Томина Н.Н., Пимерзин А.А., Моисеев И.К. Сульфидные катализаторы гидроочистки нефтяных фракций Рос. хим. ж (Ж.Рос.хим.об-ва им. Менделеева), 2008, т. LII, № 4.
34. Исследование российского рынка нефтепродуктов.[Электронный курс]. Режим доступа: [analyticgroup](http://analyticgroup.ru), свободный.
35. Каталитическая гидропереработка тяжелого нефтяного сырья / А. Г. Окунев [и др.] // Успехи химии. – 2015. – Т. 84. – № 9. – С. 981-999
36. Филимонова Е. И. Основы технологии переработки нефти. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2010. – 171 с
37. Справочник нефтепереработчика / под ред. Ластовкина Г. А., Радченко Е. Д., Рудина М. Г. – Ленинград: Химия, 1986. – 649 с
38. Физико-химические свойства нефтей, нефтяных фракций и товарных нефтепродуктов: Учеб. пособие / В.Г. Власов. – Изд. 4-е, исправл. и дополн. - Самара: СамГТУ, 2009. - 225 с.
39. Заботин Л. И. Химия и технология вторичных процессов переработки нефти: Учеб. пособие. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2014. – 332 с
40. Пимерзин А. А., Томина Н. Н., Максимов Н. М., Еремина Ю. В., Антонов С. А. Гидрогенизационные процессы нефтепереработки и физико-химические методы анализа получаемых продуктов: учебное пособие. – Самара: Изд-во СГТУ, 2012. –167 с.

41. Магеррамов А. М., Ахмедова Р. А., Ахмедова Н. Ф. Нефтехимия и нефтепереработка. – Баку: Изд-во Баку университеты, 2009. – 660 с.
42. Климов О. В., Пашигрева А. В., Бухтиярова Г. А., Кашкин В. Н., Носков А. С., Полункин Я. М. Используемые на российских нефтеперерабатывающих заводах современные катализаторы глубокой гидроочистки для получения малосернистого дизельного топлива по стандартам Евро-3 и Евро-4 // Катализ в промышленности. – 2008. – Спецвыпуск. – С. 6-13.
43. Мейер Р.А. (ред.). Основные процессы нефтепереработки. Справочник: пер. с англ. 3-го изд. / [Р.А.Мейерс и др.]; под ред. О.Ф. Глаголевой, О.П. Лыкова.-СПб: ЦОП «Профессия»,-2011.-944 с.
44. Власов В. Г. Гидроочистка, гидрообессеривание и гидрокрекинг нефтяного сырья: учеб. - метод. пособие. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2010. – 139 с.
45. Krivtsova N. I., Frantsina E. V., Beshagina E. V., Puchkova A. A., Chiblis N. V., Kotkova E. P. Hydrotreating of light atmospheric gas oil and its mixture with gasoline // Petroleum and Coal. – 2019. – Vol. 61. – №6. – P. 1568-1574.
46. Гаврикова Н. А., Тухватулина Л. Р., Видяев И. Г., Серикова Г. Н. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: Учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014 - 73 с.
47. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» (с изменениями на 19 декабря 2019 года).
48. ГОСТ Р 12.0.009-2009. ССБТ. Система управления охраной труда на малых предприятиях. Требования и рекомендации по применению [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.URL: http://docs.cntd.ru/document/1200073863](http://docs.cntd.ru/document/1200073863).

49. Генеральное соглашение между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и Правительством Российской Федерации на 2018 – 2020 годы.

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

51. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями № 1, 2)

52. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

53. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

54. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание).

55. СП 51.13330.2011. Защита от шума.

56. СН 2.2.4./2.1.8.562-0-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.

57. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.

58. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.URL: http://docs.cntd.ru/document/901704046](http://docs.cntd.ru/document/901704046).

59. Приказ Минздравсоцразвития России от 16.02.2009 года № 45н (ред. от 20.02.2014) «Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов, Порядка осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентной стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов, и Перечня вредных производственных факторов, при

воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или равноценных пищевых продуктов (Зарегистрировано в Минюсте России 20.04.2009 № 13795).

60. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: гигиенические нормативы ГН 2.2.5.3532-18 (утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 13.02.2018 года № 25).

61. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и доп. В трёх томах. Том III. Неорганические и элементарноорганические соединения / Под ред. Н. В. Лазарева и И. Д. Гадаскиной. Л.: Химия, 1977

62. РД 39-22-113-78 Временные правила защиты от проявлений статического электричества на производственных установках и сооружениях и сооружениях нефтяной и газовой промышленности.

63. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий: санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03: утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 6 апреля 2003 г. Москва [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.URL: http://docs.cntd.ru/document/901859404](http://docs.cntd.ru/document/901859404)

64. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.

65. ГОСТ Р 22.0.01–2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения [Текст]. – введ. 01.01.1995. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 11 с.

66. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 27 декабря 2018 года).

67. Федеральный закон N123–ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 27 декабря 2018 года).

1.2 The purpose of the hydrotreating process

The quality of crude oil is constantly deteriorating, i.e. the oil is sour and has an increased density. Thus, there is a global task to improve the secondary process of oil refining, one of which is the process of hydrotreating [1].

Hydrotreating is the process of removal of sulfur-, nitrogen-, oxygen-containing compounds, as well as the hydrogenation of olefins in the presence of hydrogen at elevated pressure and moderate temperature. The process allows producing high-quality fuel that meets the requirements of the standard and environmental standards. The process is hydrocatalytic and requires careful selection of a catalyst agent that has high activity and selectivity in hydrodesulfurization reactions, as well as stability throughout the entire operating cycle.

Hydrofining of diesel fractions is carried out in order to increase stability during storage and transportation. This can be achieved by reducing the total and mercaptan sulfur in their composition.

Changes in the quality of diesel fractions as a result of the hydrotreating process:

- Reduces the content of sulfur, nitrogen, olefins;
- PAU content can be reduced;
- The acid number decreases;
- Iodine number decreases;
- The content of actual resins is reduced (from ≈ 40 to 10);
- Density and refraction coefficient are decreased;
- Decrease t_3 ;
- The cetane number increases slightly;
- Color is improved.

The hydrotreatment process performs a very important function, removing many impurities from the oil distillates, thus helping to improve the fuel and improve

its performance in the early stages of processing. In particular, this process can reduce the corrosive aggressiveness of fuels and their tendency to form precipitation, as well as reduce the amount of toxic gas emissions into the environment. There is a protection of catalysts, which are further used in various processes, to protect from the poisoning of non-hydrocarbon compounds. As a result, the yield and quality of raw materials are increased, the pollution of the atmosphere with sulfur oxides is significantly reduced [2].

1.4 Catalysis in Hydrotreating

The selectivity of the reactions is greatly influenced by the composition of the catalysts, therefore, selecting the appropriate type of catalyst can be quite widely controlled by the process of hydrotreating oil distillates.

Catalysts, widely used in industrial hydrogenation processes, have a rather complex composition, which includes:

- 1) Ni, Co, Pt, Pd and sometimes iron;
- 2) Mo, W and sometimes - Cr;
- 3) carriers that have high temperature resistance, and developed structure, as well as high mechanical strength, belonging to the class of inert and acidic properties;
- 4) modifiers.

Such, metals as nickel, platinum, palladium and cobalt have the ability to impart dehydrating properties to the catalyst, but their use separately in hydrogenation processes is very difficult, since these metals individually exhibit high chemical activity against contact poisons.

But, W and Mo can be inferior to different metals with respect to dehydrogenase activity.

Heterolytic (ionic) reactions, including such bonds breaking as C-S, C-N, and C-O in heteroorganic compounds, are provided by the presence of hole conductivity

properties of tungsten and molybdenum sulfides, which are equally as pure molybdenum and tungsten, have p-conductivity.

Since in most cases, relatively expensive and rare metals are used in hydrotreatment catalysts. The question about their most effective use arises. For this purpose, carriers, on which a thin layer of metal is sprayed which have catalytic properties, are used. The form of catalyst grains can be very diverse depending on the design and the type of reactor used in hydrotreating. The catalyst can be made in the form of balls, cylinders, tablets, or microspheres.

In the industry alumocobaltmolybdenum (ACM) or alumonickelmolybdenum (ANM) catalysts are used for the process of diesel fuel hydrotreating. They have high mechanical strength. In addition, these catalysts are resistant to poisons and remain active for a long period of time.

Alumocobaltmolybdenum catalysts are characterized as catalysts of a high selectivity concerning the C – S bond breaking reactions. The C – C bond breaking or saturation of the aromatic rings hardly ever leak. In reactions of breaking C – S bonds, this type of catalyst has a high activity, as well as a fairly good thermal stability, which as a result increases its lifetime. The main superiority of the ACM catalyst is resistance directly to potential catalytic poisons. The catalyst has high activity in saturation reactions of unsaturated compounds, breaking of C – N, C – O bonds. This type of catalyst is used for hydrotreatment of all petroleum fractions [3].

1.5 Flow chart of diesel fuel hydrotreating

The raw material of the diesel fuel hydrotreating process is a straight-run diesel fraction boiling away from low sulphur, sulphur and high sulphur oil within 180-330 °C, 180-360 °C and 240-360 °C.

The main product of the hydrotreating process is stable hydrogenate, the yield of which is 97% (wt.), gasoline - up to 1.5% (wt.), hydrocarbon gas - up to 0.7% (wt.), hydrogen sulfide - up to 2.5%. (wt.).

The diesel hydrotreatment unit includes:

- reactor unit;
- stabilization unit;
- unit of purification of circulating make-up hydrogen gas from hydrogen sulfide with a solution of monoethanolamine (MEA);
- regeneration unit of the MEA solution.

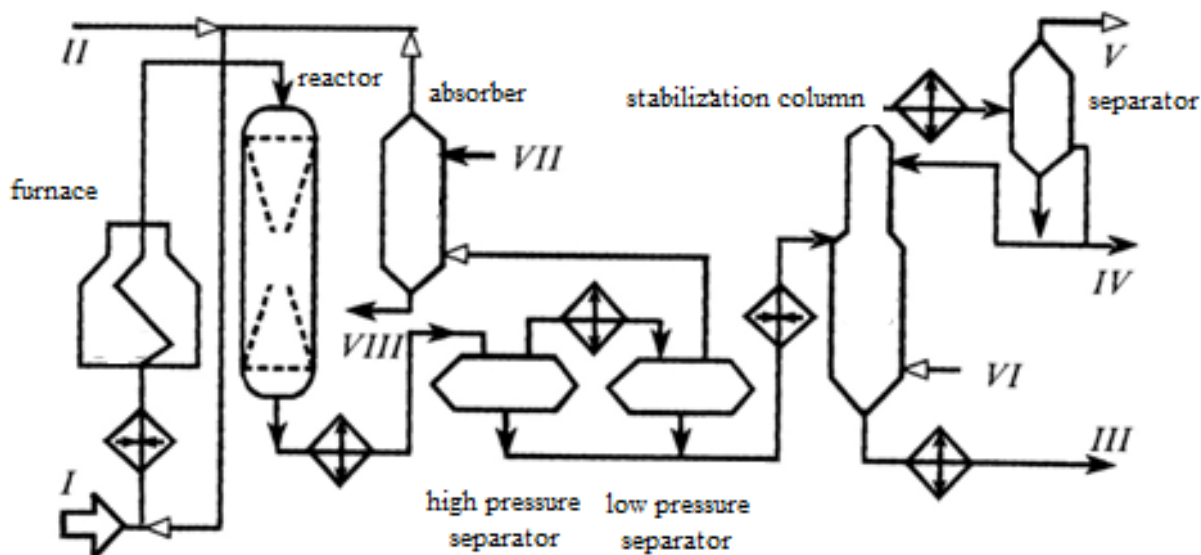


Figure 1 - Schematic diagram of the installation of hydrotreating diesel fraction:

I-feedstock; II — make-up hydrogen gas; III — hydrogenate; IV— gasoline;
V — hydrocarbon gas; VI — vent gas; VII — regenerated monoethanolamine;
VIII— monoethanolamine for regeneration.

The liquid feedstock is mixed with make-up hydrogen gas and fed into a heat exchanger, where the mixture is preheated and goes into furnace where it is brought to

the temperature of reaction and fed into a fixed bed catalytic reactor.

1.6 Characteristics of feedstock and products of hydrotreatment

The degree of cleaning of raw materials depends on the type, temperature, partial pressure of hydrogen and its circulation ratio, a volumetric feed rate of raw materials and other factors.

Both straight-run fractions and distillates of secondary origin (light fraction of pyrolysis resin, gasoline, light gas oils of coking and catalytic cracking) are subjected to hydrotreatment.

With the weighting of raw materials, the degree of its purification in the given process conditions decreases. With an increase in the average molar mass, the proportion of sulfur contained in hydrogenation-resistant structures increases.

The quality of the products must comply with the indicators given in Tables 1 - 4.

Table 1 - Indicators of quality of hydrogen sulfide

The quality of the product	
The hydrogen sulfide content, % by volume	not less 98,0
It is used as a raw material for the production of sulfuric acid.	

Table 2 - Indicators of quality warded off gasoline

Water content and mechanical impurities	-
Copper plate test	Hold
Boiling point, of start °C	not less than 40
The temperature of the end boiling point, °C	not more than 180

It is used as a component of motor gasoline

Table 3 - Refined hydrocarbon gas

The quality of the product:	
Hydrogen sulfide content, % volume	not more than 0,20
It is used as a furnace fuel at the plant	

Concerning the current European standard EN 590, the standard STB 1658-2006 was developed and put into operation in the CIS territory from 1.02.2007, which establishes the technical requirements and test methods for diesel fuel used for vehicles (table 4).

Table 4 - General requirements and test methods

Name of indicator	Unit measurement	Value of indicator	
		Min	Max
Cetane number	-	51,0	-
Cetane index	-	46,0	-
Density at 15 °C	kg/m ³	820	845
Mass fraction of polycyclic aromas.	%		11
Hydrocarbons	mg/kg		350*
Sulfur content			50*
Flash point	°C	above 55	-
Coking capacity of 10 % residue	%	-	0,30
Water content	mg/kg	-	200
Content of mechanical impurities	mg/kg	-	24

Corrosion of copper plate (3 h at 50 °C)	units on a scale	class 1	
Oxidation resistance	g/m ³	-	25
Viscosity at 40 °C	mm ² /s	2,00	4,50
Volume fraction of fatty acid methyl esters	% (V/V)	-	5

2.1.2 Conducting the hydrotreating process

The fraction of the light atmospheric gas oil with a total sulfur content of 0.699 wt. %. and a mixture of the atmospheric gas oil (95, 85 and 75 volume %) with the light gasoline fraction (5, 15 and 25 volume %) respectively were chosen as the feedstock for the laboratory studies. The physical and chemical characteristics of the light atmospheric gas oil and the gasoline fraction are presented in Table 5.

Table 5 – Physical and chemical characteristics of light atmospheric gas oil and gasoline fraction

Parameters	Light atmospheric gas oil	Gasoline fraction
Density, g/cm ³	0.875	0.730
Fractional composition		
start boiling	230	40
50%	350	115
boiling end	380	146
Viscosity, mm ² /s	20.08	0.63
Sulfur content, wt. %	0.699	0.003

Olefinic hydrocarbon content, wt. %	5.5	0.27
Saturated hydrocarbon content, wt. %	58.4	73.4
Aromatic hydrocarbon content, wt. %	31.5	26.59

In the hydrotreating process an aluminum-nickel-molybdenum catalyst intended for deep hydrotreating of petroleum fractions was used. The characteristics of the catalyst are presented in Table 6 The size of the catalyst pellets loaded into the reactor is 1 - 2 mm, the catalyst charge capacity - 7 cm³.

Table 6 – Characteristics of hydrotreating catalyst

Characteristic	Parameter
Bulk weight, g/cm ³	0.55 – 0.75
Content, wt. %:	
CoO	12.0
NiO	2.2
MoO ₃	> 13.0
Na ₂ O	> 0.4
Carrier	Active aluminum oxide
Durability, kg/mm	> 2.0

Before using, the catalyst was sulfided with the feedstock containing dimethyldisulfide (DMDS) in the presence of hydrogen under high pressure.

The sulfiding mixture was fed to the reactor at a space velocity of 2 h⁻¹, at a pressure of 3.5 MPa and a ratio of H₂/feedstock = 300/1.

Hydrotreating was carried out on a flow-through laboratory unit at the

temperatures of 340°C, 360°C and 380°C, a hydrogen pressure of 3.5 MPa, a feedstock space velocity of 2 h⁻¹, 3 h⁻¹ and 5 h⁻¹, the ratio of hydrogen to the feedstock 350/1.

The temperature in the reactor was maintained with an accuracy of ±0.5°C; pressure ±0.1 MPa; feedstock consumption ±0.2 ml/h; hydrogen consumption ±0.2 l/h.

Feedstock and hydrogen were fed into the reactor from top to bottom: the diesel fraction was pumped by a high-pressure dosing pump; the hydrogen supply was automatically regulated by a dispenser. The temperature in the reactor located in the air thermostat was set and maintained by a thermoregulator. A thermocouple was used to measure the temperature in the catalyst bed. The pressure in the system was set by means of a high-pressure reactor and was controlled by a standard pressure gauge.

The reaction products were fed into a water refrigerator-condenser. The liquid reaction products were collected for analysis by draining into the receiver. The gaseous products through the valve-throttle went to the six-pass valve, through which the gas was split into the atmosphere.

2.1.3 Analysis of feedstock and products after hydrotreating process.

The feedstock and the obtained hydrogenate were analyzed after the unit had been switched to stationary mode.

The total sulfur content was determined using an energy dispersive X-ray fluorescence analyzer according to ASTM D4294 “Standard Test Method for Sulfur in Petroleum and Petroleum Products by Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry”.

The saturated and aromatic hydrocarbons were determined by the liquid adsorption chromatography on the silica gel, pre-calcined at 180 °C for 4 hours. The

chromatographic column was filled with the sorbent in the ratio sample:sorbent equal to 1:40 by weight. The silica gel was moistened with petroleum ether (PE). The sample was mixed with PE and evenly distributed over the entire surface of the sorbent. Further, the paraffin-naphthenic hydrocarbons were separated by PE, aromatic hydrocarbons were eluted by a mixture of PE:toluene in the ratio of 6:1. After separating the diesel fuel into fractions, the solvent was distilled (up to 3-5 ml) on a rotary evaporator at a bath temperature of 40-45°C. The samples were placed in a suction drier and brought to a constant mass, weighed [5].

Conclusion

Recently, more and more investigators began to pay attention to the processes of hydrotreating. The most important part of the hydrotreating process is to increase the degree of desulfurization of the feedstock. Various hydrocarbon additives to the feedstock contribute to an increase in the degree of their hydrodesulfurization. However, there is no systematic research on this subject and it is of scientific interest.

Thus, the purpose of diploma is to study the quality of the hydrogenate while hydrotreating the light atmospheric gas oil and co-hydrotreating the light atmospheric gas oil mixed with the gasoline