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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
Кафедра ХТТ и ХК

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование и моделирование превращений углеводородов на цеолитном катализаторе

УДК 665.7.097:549.67

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д3Б	Меховникова Анастасия Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. ХТТ и ХК	Самборская Марина Анатольевна	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.эк.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры ЭБЖ	Раденков Тимофей Александрович	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения

по направлению подготовки бакалавров

18.03.01 «Химическая технология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
Р1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1), **CDIO (пп.1.1, 4.1, 4.3, 4.8)**
Р2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), **CDIO (пп.1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)**
Р3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1,5,8,9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (п.1.2), **CDIO (пп.1.2, 2.1, 4.5)**
Р4	Разрабатывать ***новые*** технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, ***проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды***	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3), **CDIO (пп.1.3, 4.4, 4.7)**
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4,21,22,23,24,25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), **CDIO (п.2.2)**
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, ***выводить на рынок новые материалы***, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,10,12,13,14,15, ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5), **CDIO (пп.4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)**
Общекультурные компетенции		
Р7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5,9,10,11), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), **CDIO (п.2.5)**
Р8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,7,8,12), Критерий 5 АИОР (п.2.6), **CDIO (п.2.4)**

Р9	***Активно*** владеть ***иностранным языком*** на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п.2.2), **CDIO (пп.3.2, 3.3)**
Р10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, ***демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве,*** ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3), **CDIO (пп.4.7, 4.8, 3.1)**

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

Институт электронного обучения
Направление подготовки (специальность) Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов
Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ _____ _Юрьев Е. М._
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	**ФИО**
2Д3Б	**Меховникова Анастасия Сергеевна**

Тема работы:

Исследование и моделирование превращений углеводородов на цеолитном катализаторе	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	**31.01.2017 г., № 418\С**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	**25 мая 2017 г.**

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*	**Процесс превращения углеводородов на катализаторе КН-30**

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(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).*	**1) Введение: актуальность использования математического моделирования для разработки и оптимизации химико-технологических процессов.** **2) Аналитический обзор: механизм и кинетика превращений углеводородов на цеолитных катализаторах, технологические схемы процессов.** **3) Экспериментальная часть: выполнение эксперимента на лабораторной установке, анализ результатов, моделирование процессов выделения целевых продуктов, проектирование ректификационной колонны разделения продуктов превращения.** **4) Результаты и их обсуждение.** **5) Заключение.** **6) Список используемой литературы.**
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	**Результаты исследований (таблицы, графики).**

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	**Рыжакина Т.Г., к.э.н., доцент кафедры менеджмента**
Социальная ответственность	**Раденков Т.А., ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности**

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

_____

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	**15 сентября 2016 г.**

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник кафедры ХТТ и ХК	**М.А. Самборская**			**15.09.2016 г.**

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДЗБ	**Меховникова Анастасия Сергеевна**		**15.09.2016 г.**

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д3Б	Меховникова Анастасия Сергеевна

Институт	ИПР	**Кафедра**	ХТТ и ХК
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/специальность**	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих* 2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов* 3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*	*Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	*Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.*
2. Определение возможных альтернатив проведения научного исследования	*Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожидания.*
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, формирование бюджета научных исследований	*Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ.*
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, экономической эффективности исследования	*Проведение оценки экономической эффективности исследования превращений углеводородов на цеолитном катализаторе*
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)***:**	
1. *Оценка конкурентоспособности технических решений* 2. *Матрица SWOT* 3. *Альтернативы проведения НИ* 4. *График проведения и бюджет НИ* 5. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.эк.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д3Б	Меховникова Анастасия Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д3Б	Меховникова Анастасия Сергеевна

Институт	*ИПР*	**Кафедра**	**ХТТ и ХК**
Уровень образования	*Бакалавриат*	**Направление/специальность**	*18.03.01 Химическая технология*

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. *Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:* – *вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)* – *опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)* – *негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)* – *чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)*	*Работа проводилась в лаборатории кафедры химической технологии топлива и химической кибернетики, включающей каталитическую установку «Катакон», хроматографический комплекс и персональный компьютер.* *На производительность труда работника могут влиять следующие вредные производственные факторы: неблагоприятные микроклиматические условия, недостаточная освещенность, высокое шумовое воздействие. Кроме того, может возникать ряд опасных факторов: поражение эклектическим током, термический ожог, пожар. Негативное воздействие на окружающую среду в процессе работы практически отсутствует. Вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного характера в результате производственных аварий и пожаров.*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. *Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:* – *физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;* – *действие фактора на организм человека;* – *приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);* – *предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)*	*Выявленные вредные факторы в рабочей зоне лабораторной каталитической установки: химические вещества - сероводород, кобальт, никель, молибден, толуол, бензол. Средства защиты: спецодежда, средства защиты органов дыхания.* *Отклонение температуры от нормы могут возникнуть при неблагоприятных метеоусловиях, поэтому для поддержания микроклимата рабочей зоны применяют кондиционирование воздуха, устройство систем вентиляции и отопление, при необходимости снижение продолжительности рабочего времени.* *Недостаточная освещенность: в лабораториях следует предусматривать комбинированное освещение, чтобы снизить нагрузку на органы зрения.* *Длительное воздействие шума и вибрации негативно сказывается на нервной системе, происходят спазмы сосудов, происходит утомление организма, что снижает производительность труда. В качестве защиты используют различные защитные костюмы, наушники, а также звуко- и виброизоляция. В случае необходимости снижается продолжительность рабочего времени.*

2. *Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:* – *механические опасности (источники, средства защиты;* – *термические опасности (источники, средства защиты);* – *электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);* – *пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)*	*Выявленные опасные факторы в рабочей зоне при проведении научного исследования: термические ожоги, оголенные части проводов, замыкание электрооборудования, неисправность нагревательных приборов, неосторожное обращение с легкогорючими веществами.* *Средства защиты: спецодежда, безопасное расположение токоведущих частей, соблюдать технику безопасности.*
3. *Охрана окружающей среды:* – *анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);* – *анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);* – *анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);* – *разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.*	*Вредное воздействие распространяется преимущественно на атмосферу. Для борьбы с загрязнением воздуха следует применять поглотители углеводородсодержащих газов, отработанные газы подвергать сжиганию.* *Воздействие на гидросферу и литосферу отсутствует, так как: нет слива вредных веществ; нет выброса твердых остатков.*
4. *Защита в чрезвычайных ситуациях:* – *перечень возможных ЧС на объекте;* – *выбор наиболее типичной ЧС;* – *разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;* – *разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;* – *разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий*	*Возможные ЧС на установке: химический или физический взрыв, отравление, пожар.* *Мероприятия для обеспечения безопасной работы: проверка герметичности аппаратуры, трубопроводов. Оснащение лаборатории, где находится установка, вытяжкой. Соблюдение правил техники безопасности. Наличие средств пожаротушения и подъездов для пожарной техники.*
5. *Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:* – *специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;* – *организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны*	*Рабочая зона должна регламентироваться следующими документами: Приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации N302н от 12 апреля 2011 г.; Техническим регламентом от 24 декабря 2009 г. О безопасности средств индивидуальной защиты; ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда.* *При компоновке рабочей зоны следует создать наиболее благоприятные условия труда: наличие хорошего освещения, вентиляции воздуха, систем отопления, водоснабжения, которые будут соответствовать требованиям. Рабочая зона также должна соответствовать требованиям пожарной безопасности, и должна быть оборудована различными средствами пожаротушения.*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры ЭБЖ	Раденков Тимофей Александрович	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДЗБ	Меховникова Анастасия Сергеевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 105 с., 22 рис., 30 табл., 36 источников литературы, 5 прил.

Ключевые слова: процессы превращения углеводородов, каталитические реакции, цеолитный катализатор, высокооктановый бензин.

Объектом данного исследования является процесс превращения углеводородов на цеолитном катализаторе.

Целью работы было экспериментальное изучение продуктов превращений углеводородов, определение характеристик смеси углеводородов, влияющих на ОЧ, проверка, модификация и разработка расчетных формул, разработка модели узла выделения товарных продуктов.

Для достижения цели необходимо:

- проведение эксперимента;
- разработка расчетных формул для экспресс-анализа продуктов;
- хроматографический анализ продуктов;
- построение модели узла фракционирования продуктовых смесей в HYSYS;
- проектирование ректификационной колонны узла фракционирорвания.

Оглавление

Введение 12
1 Литературный обзор 13
1.1 Характеристика цеолитных катализаторов 13
1.1.1 Структура цеолитов 13
1.1.2 Активные центры 17
1.1.3 Каталитические свойства 20
1.2 Процессы превращения на цеолитных катализаторах 22
1.2.1 Каталитический крекинг 22
1.2.2 Гидрокрекинг 24
1.2.3 Конверсия спиртов в углеводороды 25
1.2.4 Каталитический риформинг 26
1.3 Механизм превращений на цеолитных катализаторах 27
1.3.1 Дегидрирование 27
1.3.2 Изомеризация 28
1.3.3 Ароматизация 29
1.3.4 Крекинг 30
1.3.5 Алкилирование 31
1.4 Технологические схемы превращений на цеолитных катализаторах 33
1.4.1 Технологическая схема каталитического крекинга на цеолитсодержащем катализаторе на примере установки Г-43-107 33
1.4.2 Технологическая схема изомеризации на цеолитном катализаторе 35
1.4.3 Технологическая схема процесса цеоформинга 36
2 Экспериментальная часть 42
2.1 Объект и методы исследования 42
2.2 Экспериментальные исследования 43
2.3 Расчет показателя преломления 43
2.4 Моделирование установки выделения целевых продуктов 48
2.5 Проектирование ректификационной колонны разделения продуктов превращения 50
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 56
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 56
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования 56

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений 57
3.1.3 SWOT-анализ 58
3.2 Планирование научно-исследовательских работ 65
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования 65
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ 66
3.2.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) 70
3.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 74
4 Социальная ответственность 78
4.1 Производственная безопасность 78
4.1.2 Характеристика факторов рабочего места 78
4.1.2.1 Производственные метеоусловия 78
4.1.2.3 Производственное освещение 79
4.1.2.4 Шум 80
4.1.2.5 Вибрации 81
4.1.2 Характеристика получаемых веществ 82
4.1.3 Мероприятия по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов 85
4.2 Экологическая безопасность 89
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях 90
4.3.1 Анализ возможных чрезвычайных ситуаций при работе в лаборатории 90
4.3.2 Мероприятия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций 92
4.4 Правовое обеспечение 94
Заключение 95
Список публикаций 96
Список литературы 97
Приложения 101

Введение

В России, несмотря на большие запасы и интенсивную добычу углеводородного сырья, вопрос надежного снабжения моторными топливами различных регионов страны затруднен, так как потребителя моторных топлив от их производителя отделяют тысячи километров.

Установки работающие с использованием цеолитных катализаторов имеют относительно низкие эксплуатационные затраты и капитальные вложения. Существуют еще несколько достоинств этих установок, такие как простота технологии процесса, меньшая взрывоопасность и пожароопасность (отсутствие водорода), низкая чувствительность катализатора к составу и качеству сырья делают процесс рентабельным и более предпочтительным для реализации на малотоннажных установках мощностью 5-100 тыс. т/год, расположенных вдали от крупных нефтеперерабатывающих заводов, вблизи удаленных газоконденсатных или нефтяных месторождений, для обеспечения данных регионов моторным топливом (автобензинами и дизтопливом). В составе НПЗ возможна эксплуатация установок и большей мощности – до 500 тыс. т/год по сырью.

1 Литературный обзор

1.1 Характеристика цеолитных катализаторов

1.1.1 Структура цеолитов

Химический состав цеолитов определяется его модулем, т.е. соотношением оксидов SiO_2 : Al_2O_3. Текстура связана с модулем цеолита, а также его типом – NaA, NaX, CaX, CaY, морденит, сверхвысококремнеземные цеолиты.

По [1], цеолиты представляют собой кристаллические алюмосиликатные композиции, которые являются микропористыми, и которые образуются из тетраэдров AlO_2 и SiO_2 с общими вершинами. Синтетические цеолиты получают гидротермальным синтезом с использованием подходящих источников Si, Al и структурообразователей, таких как щелочные металлы, щелочноземельные металлы, амины или аммоний органические катионы. Структурообразователи располагаются в порах цеолита и в большой мере ответственные за определенную структуру, которая в конечном итоге образуется.

Указанные частицы уравновешивают заряд каркаса, связанный с алюминием, и также могут служить в качестве заполнителей пустот. Цеолиты характеризуются наличием пор, однородных по размеру, значительной ионообменной емкостью, и способны обратимо десорбировать адсорбированную фазу, которая диспергирована во внутренних пустотах кристалла, без существенной замены каких–либо атомов, которые составляют постоянную кристаллическую структуру цеолита. Размер пор цеолитов - молекулярный, исходя из этого их называют молекулярными ситами. Их отличительной особенностью является очень узкое распределение пор по размерам.

Химический состав цеолитов можно представить с помощью формулы, которая отражает состав элементарной ячейки, в следующем виде:

$$M_{x/y}\,[(AlO_2)_x \cdot (SiO_2)_y] \cdot mH_2O, \qquad (1)$$

где Me – катионы металла с валентностью x;

m – число молекул воды;

y/x – мольное отношение оксида кремния к оксиду алюминия.

Содалитовая ячейка-это состав ячейки, который заключен в квадратные скобки. Структура содалитовой ячейки и ее элементы можно увидеть на рисунке 1, *а* и *б.*

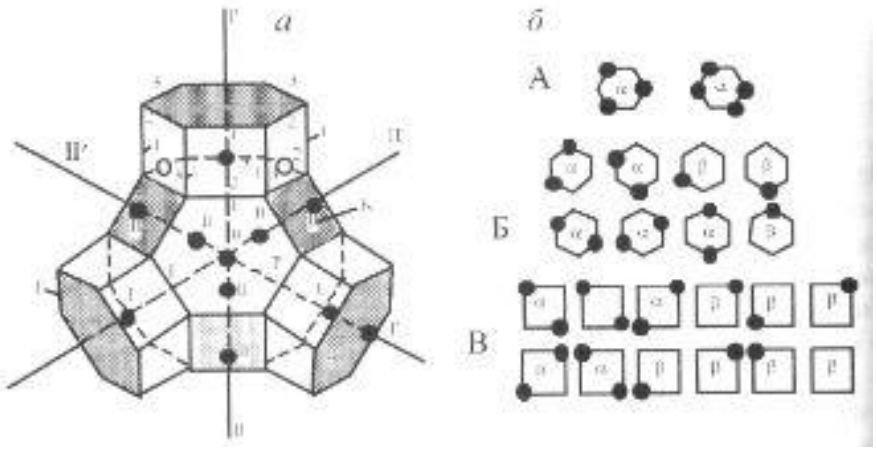


Рисунок 1 – Идеализированная проекция элемента содалитовой ячейки, в которой на пересечении линий в узлах располагаются $[AlO_4]^{5-}$ и $[SiO_4]^{4-}$стетраэдры, середина линий определяет общий кислород у тетраэдров, римские цифры указывают местоположение ионов Me^{+2}:

А – гексагональные сечения типа α и β, обозначены цифрами 1,3,3 (на схеме а); Б – гексагональные сечения для повышенных отношений SiO_2:Al_2O_3;

В – квадратные сечения 11, 22 типа α и β [2]

На рисунке 1 а точки это расположение ионов Me^{+2}. На схемах А, Б и В – показаны сечения элемента содалитовой ячейки. Черные точки обозначают положение $[AlO_4]$ – тетраэдров, а узлы – $[SiO_4]$ –тетраэдров в

элементах сечения. Фигуры с двумя и более черными точками обозначают буквой α, а с одной или без точек – β. Полная структура содалитовой ячейки приведена на рисунке 2.

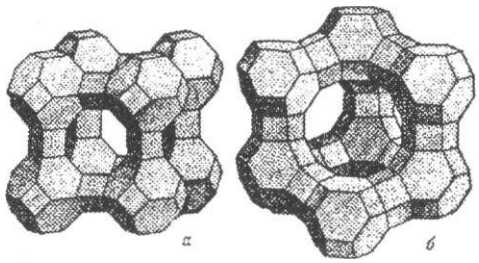


Рисунок 2 – Открытая структура из кубоктаэдров в цеолитах типа А (а) и фожазита (б); атомы Si и AI располагаются в вершинах четырех– и шестиугольников; атомы О не показаны[2]

Цеолиты могут классифицируются в зависимости от:

– размера пор в содалитовой ячейке;

–модуля М – соотношения оксидов SiO_2:Al_2O_3;

– типа катионов, которые входят в каналы содалитовой ячейки.

Цеолиты делят на типы А, Х, Y, Z и т. д в зависимости от размера пор. Буквой А обозначают цеолиты с преобладающим размером пор 0,5 мм и модулем М = 2, Х – с размером пор 1,0 нм и М = 2–3, Y – с г = 1,0–1,3 нм и М = 4–5,5 и т. д.

Цеолиты с модулем до 5 называют низкокремнеземными, с М = 5,6 – 10 – высококремнеземными, с модулем М больше 10 – ультравысококремнеземными. Цеолиты с модулем М = 4 называют «шабазитами», с модулем М = 6 – фионитом, с модулем М= 10 – морденитом.

К самым известным относятся цеолиты А с диаметром пор 3-4 А0 , пентасилы с диаметром пор 5-6 А0 , фожазиты и морденит с диаметром пор 7-8 А0 . Для фожазитов типа Х и Y, относящихся к классу широкопористых

цеолитов, основными структурными фрагментами являются усеченные кубом октаэдры и шестигранные призмы (рис.2 б)[3].

Перед индексами структуры цеолита ставится индекс иона металла, который входит в содалитовую ячейку. Тогда полное обозначение цеолита представляется в таком виде: NaA, NaX, NaY, CaA, CaX, CaY и т. д.

1.1.2 Активные центры

Понятно, что на поверхности какого-либо оксида в присутствии паров воды концевые атомы замыкаются гидроксильными (ОН) группами. При этом свойства ОН-групп определяются природой атомов, с которыми они соединены.

Из неорганической химии известно, что ОН-группы в серной кислоте являются донорами протонов (кислота по Бренстеду), а в основаниях они взаимодействуют как ионы гидроксила [4]. Поэтому, ОН-группы на поверхности силикагеля не проявляют свойства ни основания, ни кислоты. На оксиде алюминия ОН-группы иногда являются центрами слабой кислотности, то есть они иногда могут отдать протон только очень сильным основаниям, а на поверхности алюмосиликата ОН-группы могут проявлять протонодонорные свойства.

Многие исследователи говорили о том, что превращения углеводородов на алюмосиликатах связаны с тем, что ОН-группы их поверхности несут в себе свойства кислоты Бренстеда, т.е. способны полностью или частично отдавать протон молекуле углеводорода. Кислотные свойства характеризуются числом кислотных центров на единицу поверхности и их силой – имеющими возможность взаимодействовать с органическими основаниями разной и известной силы или аммиаком.

Подвижные протоны, которые являются противоионами тетраэдров $[AlO4]^-$, в кислотных цеолитах называют мостиковыми бренстедовскими кислотными центрами (рис.3) [5,6]. Именно от них зависят кислотные свойства цеолита. Слабые бренстедовские кислотные центры находятся в цеолитах как силанольные ОН- группы, образующиеся на дефектах структуры цеолитов (рис.3) [6]. Следует отметить, что силанольные группы могут присутствовать на цеолитах любой кислотности.

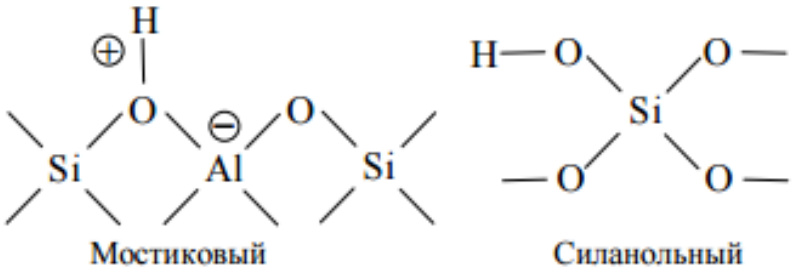


Рисунок 3- Строение бренстедовских кислотных центров на цеолитных катализаторах[3]

Сила активных центров цеолитов и их концентрация определяет кислотные свойства цеолитов. Информацию о кислотных свойствах получается различными методами. ИК-спектроскопия ОН групп является стандартным методом характеристики кислотных центров в настоящее время, она позволяет различить мостиковые протоны и силанольные группы, а также может различить мостиковые кислотные центры, расположенные в больших и малых полостях цеолита [7].

Льюисовские основные центры образуются на цеолитах при смещении отрицательного заряда первичных тетраэдров $[AlO4]^-$ на атом кислорода, сопряжённый с мостиковым катионом [8]. Основность мостиковых льюисовских центров зависит от электроотрицательности противоиона: чем она ниже, тем больше основность сопряжённого кислорода. Следовательно, наибольшей основностью среди катион-замещённых цеолитов обладают те, в которых в качестве противоиона введены катионы цезия или рубидия [9].

Увеличить основность катион-замещённых цеолитов можно путём добавления модификатора, например, гидроксида цезия или рубидия. Строение соединений включения, которые образуются в порах цеолитов после пропитки и прокаливания еще не установлено, однако существует достаточно сведений, чтобы утверждать, что активные центры таких систем неоднородны, и что присутствие соединений включения не портит структуру цеолита.

Многие исследователи склонны к мнению, что соединения включения после прокаливания пропитанных цеолитов выглядят как высокодисперсные кластеры оксидов цезия или рубидия, которые распределены в полостях и каналах цеолитов. С помощью ЯМР-спектроскопических исследований на разных ядрах удалось подтвердить высокую дисперсность соединений включения. Кроме того, было показано, что соединения включения не только образуют дополнительные активные центры в полостях и каналах цеолитов, но и способны взаимодействовать со структурными центрами цеолита.

1.1.3 Каталитические свойства

В зависимости от положения катионов в структуре цеолитов, их свойства меняются. Для определенного катиона существует определенная локация. Для фожазитов (рис.4) основными (в порядке убывания энергетической выгодности за счет координации по атомам кислорода) в дегидратированном состоянии являются места: I-центр гексагональной призмы с максимальным (6) числом атомов кислорода около катиона, II-центр свободного шестичленного кольца, соединяющего малую полость с большой, и III, вероятное расположение которого отвечает центру прямоугольника, построенного на мостике из трех четырех-членных колец.

В гидратированном состоянии катионы, окруженные сольватной оболочкой, размеры которой больше свободного диаметра шестичленного кольца, будут находиться в основном в центрах большой полости или двенадцатичленного кольца, соединяющего большие полости. Если дегидратацию проводить нагреванием, то сольватная оболочка исчезает и ионы с маленьким диаметром начинают перемещаться через шестичленные окна, попадают в места I с максимальной координацией атомов кислорода, а также и в II. Электростатическое поле катионов может поляризовать адсорбированные молекулы это оценивает характер взаимодействия. Из геометрии очевидно, что такое действие будут оказывать катионы только в местах II или III [10].

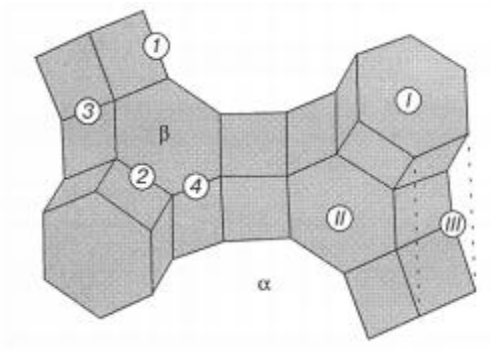


Рисунок 4-Фрагмент структуры цеолита типа фажозита: I-III-места локализации катионов, 1-4- кристаллографические позиции атомов кислорода, α-большая полость, β - малая полость.

В кислых и щелочных средах цеолиты неустойчивы, так как их структура разрушается при высоких температурах, а в присутствии воды еще при меньшей температуре. Все это объясняется тем, что цеолиты, получаемые в лаборатории, не имеют аналогов в природе, точнее в геологическом масштабе времени они разрушаются после своего образования. Но если есть необходимость повлиять на термическую стабильность цеолита, то следует уделить внимание природе катионов.

Известно, что аморфизация фожазита начинается с разрушения шестичленной призмы. Отсюда понятно, что наличие катиона в центре I стабилизирует структуру. Полизарядные катионы более эффективно компенсируют общий отрицательный заряд гексагональной призмы, и цеолит, содержащий такие ионы, будет способен выдерживать более высокие температуры. Причем, чем выше заряд катиона, тем стабильнее цеолит: ионы лантана более эффективны, чем кальция. Термическая стабильность увеличивается и с ростом отношения Si / Al.

1.2 Процессы превращения на цеолитных катализаторах

1.2.1 Каталитический крекинг

Из всех вторичных процессов переработки нефти самым многотоннажным является каталитический крекинг. Главным аппаратом является реатор, в котором проводят процесс. Как правило высота его составляет 30-35 м или же если это несколько реакторов сразу, то они будут по меньше размером примерно 10 м. Условия для процесса включают в себя температуры 450–520°C, давление атмосферное или повышенное (до 0,4 МПа). В этом процессе сырьем являются фракции кипящие при >360°C, такие как парафины, нафтены, при этом образуются олефины, парафины. В ходе крекинга протекает множество процессов, например, изомеризация, деалкилирование, перераспределение алкильной группы ароматических соединений, конденсация, полимеризация, коксообразование [11].

В зависимости от того какой будет использоваться катализатор или какое сырье поступит, в продуктах образуется газ и бензин в примерном процентном соотношении 20% и 50-60%, также образуются легкие и тяжелые газойли. Это все с учетом того что сдепень превращения примерно составляет 70%.

С развитием промышленных процессов развиваются и составы катализаторов. Исходя из того, что цеолиты позволяют более полно и селективно перерабатывать нефтяное сырье, их стали внедрять как компонент в состав катализаторов, содержание его в составе изменялось от 8–12% до 20–30%. Для приготовления цеолита как компонента катализатора проводят замещение ионов Na+ в цеолите Y на ионы NH4 + (с целью создания кислотных центров при последующем прокаливании) и/или обмен на ионы редкоземельных элементов.

Каталитический крекинг идет в лифт-реакторе, такое устройство аппарата позволяет одновременно проводить реакцию и регенерировать сам

катализатор. Сырье и катализатор поступает снизу, а сверху выходит уже продукт вместе с катализатором, если катализатор оказывается слишком активным, может образоваться много кокса и газа, следовательно когда будет происходить регенерация катализатора, выделится много тепла, что может разрушить кристаллическую структуру цеолита, поэтому в структуру цеолита добавляют аморфную алюмосиликат-матрицу. Она помогает равномерно распределять кокс и транспортировать сырье к цеолиту, также для повышения коэффициента скольжения частиц (предотвращение истирания) в целитный катализатор добавляют модификаторы (соли бария). Также для защиты от примесей металлов добавляют пассиваторы – соединения Sb, P, Sn, B, реагирующих с этими примесями[11].

1.2.2 Гидрокрекинг

С развитием нефтяной промышленности все больше и больше процессов внедряют в производство цеолитные катализаторы. Гидрокрекинг является вторым по использованию цеолитных катализаторов. Сырьем для этого процесса является вакуумный газойль, так как в этой фракции много примесей, имеет место стадия гидроочистки. Продуктами этого процесса являются легкие углеводороды, дизельное и реактивное топливо[11].

Условиями этого процесса являются неподвижный слой катализатора, давление H2 5–30 МПа, температура 350–450°C. В процессе гидрокрекинга протекают реакции гидрирования непредельных продуктов, также образуются карбкатионы, они подвергаются превращениям, таким как изомеризация и крекинг. Реакции в гидрокрекинге близки к реакциям крекинга, так как механизм заключается в том, что стадии процесса ускоряются кислотными центрами. Для осуществления этих реакций требуется кислотная основа, для нее в катализатор добавляют аморфные алюмоселикаты, или же в цеолите Y осуществляют замещение ионами Na или редкоземельными металлами. Для гидрирования вводят дополнительно металлы, например Pt[12].

Алюмосиликаты и аморфные оксиды способствуют равномерному введению сырья в цеолитный катализатор, равномерному распределению тепла, препятствию коксообразования. Обрабатывая катализатор H2S или тиофеном можно повысить крекинговую способность катализатора.

1.2.3 Конверсия спиртов в углеводороды

Конверсия спиртов в углеводороды заключается в переработке спиртов в углеводороды с большим числом атомов углерода, чем в исходном спирте. В период когда наступил нефтяной кризис, этот процесс оказался очень полезен. Но так как фожазиты имеют большие полости из за геометрии в строении, катализатор терял свою активность. Поэтому был синтезирован новый катализатор пентасил, имеющий другую геометрическую структуру.

На фожазитах продукты дегидратации легко полимеризовались, а на кислотных центрах пентасила, сначала образуется эфир (до 300 °C), после этого получаются алкены дегидратацией (при 350–400°C), которые в дальнейшем изомеризуются и полимеризуются образую различные олефины, парафины и ароматику. Соотношение в содержании их относительно друг друга зависит от условий проведения процесса[13].

Так, например, при увеличении температуры содержание ароматики и легких олефинов увеличивается. Также увеличивает выход ароматики увеличение давления. Если добавить в цеолитный катализатор Mg, Zn может поменяться селективность, это связано с изменением диаметра каналов в катализаторе. Не мало важным является устройство самого реактора в котором проходит процесс, так, например, в реакторе с неподвижным слоем выход бензина выше, а в реакторе с кипящем слоем выше выход олефинов. На данный момент процесс не является экономически выгодным, несмотря на то что изменяя параметры, можно влиять на состав продуктов.

1.2.4 Каталитический риформинг

Каталитический риформинг перерабатывающий на цеолитсодержащих катализаторах низкооктановые бензины в высокооктановые это цеоформинг. Сырьем как правило являются прямогонные бензиновые фракции, газовые конденсаты и все остальные фракции выкипающие в интервале 35-200°С. Продукты этого процесса это стандартизированные бензины марок от АИ-80 до АИ-95. Выход приблизительно 70-85%.

Более перспективны использования этого процесса на малотоннажных установках. Существует множество преимуществ. Сам катализатор является экологически чистой системой, так как он не содержит тяжелые металлы. Не маловажным является, то что не требуется гидроочистка сырья, катализатор не чувствителен к содержанию серы. Процесс не взрывоопасен, так как не требуется использование водорода. Так же цеоформинг идет при низких температурах(340-450°С) и давлениях(0.5-1.5 МПа), что экономит энергию.

В современных стандартах имеются требования к экологическому влиянию, а так как в продуктах уменьшается содержание ароматики и бензола, вредное влияние снижается. Процесс является рентабельным при малых мощностях установок. Исходя из всех преимуществ процесс является экономически выгодным.

1.3 Механизм превращений на цеолитных катализаторах

1.3.1 Дегидрирование

Превращение углеводородов включает в себя формирование карбкатионов как промежуточных соединений реакции. Согласно классической схеме реакций на бифункциональном катализаторе (рисунок 5) дегидрирование молекулы алкана приводит к образованию алкена. Алкены протонируются в алкилкарбениевый ион. Эти катионы подвергаются изомеризации и реакции разделения, затем десорбируются от кислотных участков в форме алкенов. Наконец, насыщенный продукт выделяют после гидрирования на металлической фазе. Во время реакции гидрокрекинга, карбениевый ион может подвергаться разрыву, чтобы получить алкен и меньший карбениевый ион или изомеризации в более стабильный ион. Карбениевый ион после изомеризации может снова подвергнуться разрыву или десорбции как разветвленный алкен при восстановлении протоном на катализаторе[15].

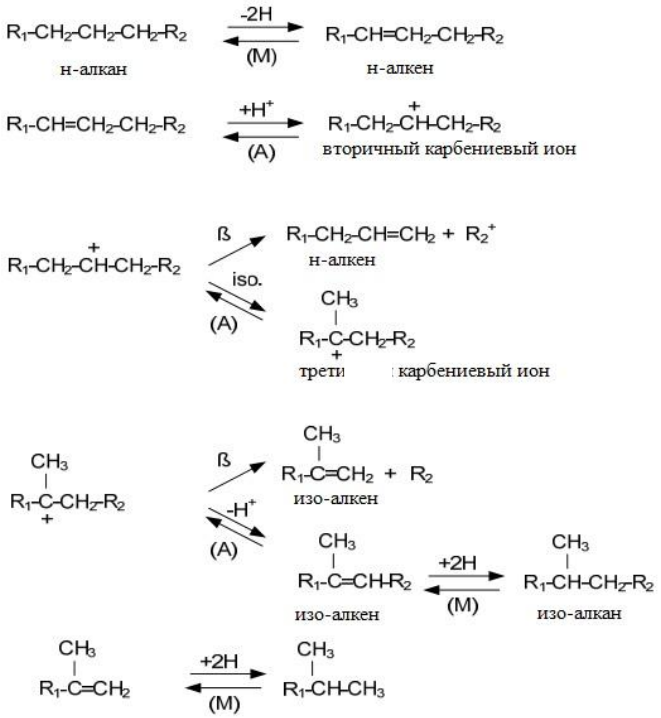


Рисунок 5 – Типичные реакции гидрокрекинга н-алканов на цеолитных катализаторах. А – кислотные участки, М – металлические участки[15]

1.3.2 Изомеризация

В области низких температур на цеолитах идут реакции перемещения двойной связи и скелетной изомеризации олефинов. При более высоких температурах протекают также реакции олигомеризации и полимеризации.

Изомеры легких парафинов С5 – С8 являются высокооктановыми компонентами жидких топлив. На цеолитах типа Y и мордените в кислой форме без переходных металлов и гетерогенных катализаторах изомеризация парафинов осуществляется по схеме: отщепление от молекулы парафина гидрид-иона, изомеризация образовавшегося гидрид-иона с выделением изо-парафина (рис. 6) [15].

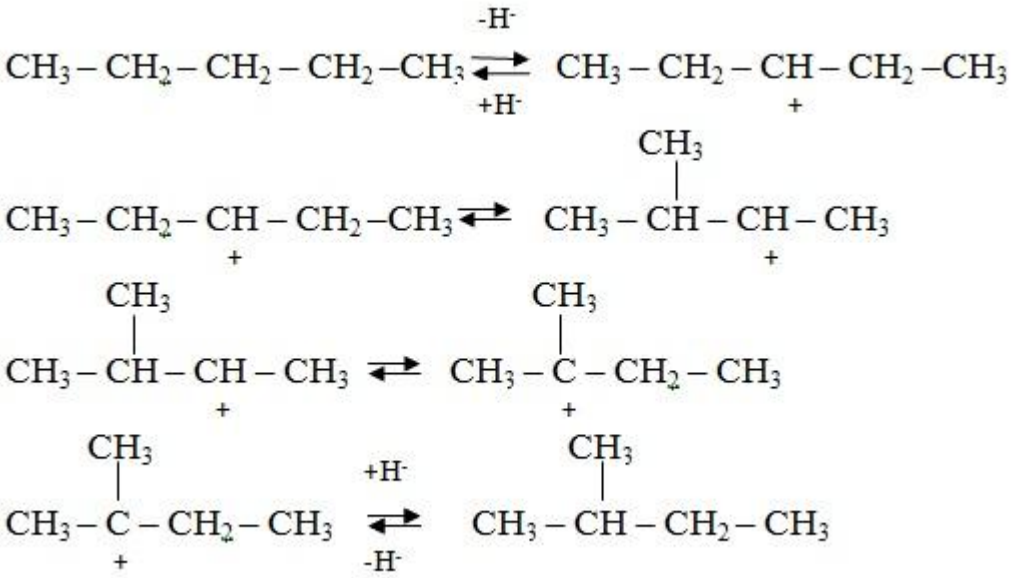
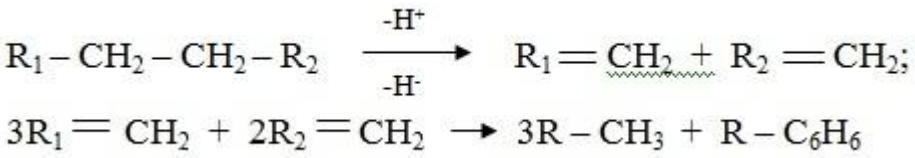


Рисунок 6– Изомеризация парафиновых углеводородов[15]

1.3.3 Ароматизация

Реакции ароматизации углеводородов протекают следующим образом. На цеолитах вероятным первым этапом превращения являются реакции расщепления парафина на ненасыщенные фрагменты и последующие реакции перераспределения водорода по схеме (рис.7)[16].



$$R_1 - CH_2 - CH_2 - R_2 \xrightarrow[-H^-]{-H^+} R_1 = CH_2 + R_2 = CH_2;$$

$$3R_1 = CH_2 + 2R_2 = CH_2 \rightarrow 3R - CH_3 + R - C_6H_6$$

Рисунок 7– Схема ароматизации углеводородов[16].

В результате реакций переноса водорода 60% продуктов первичной реакции крекинга должно перейти в насыщенные парафины и только около 40вес.% - в ароматические соединения.

1.3.4 Крекинг

В развитии реакций крекинга парафинов на кислых формах цеолитов можно выделить по крайней мере 3 этапа (рис. 8):

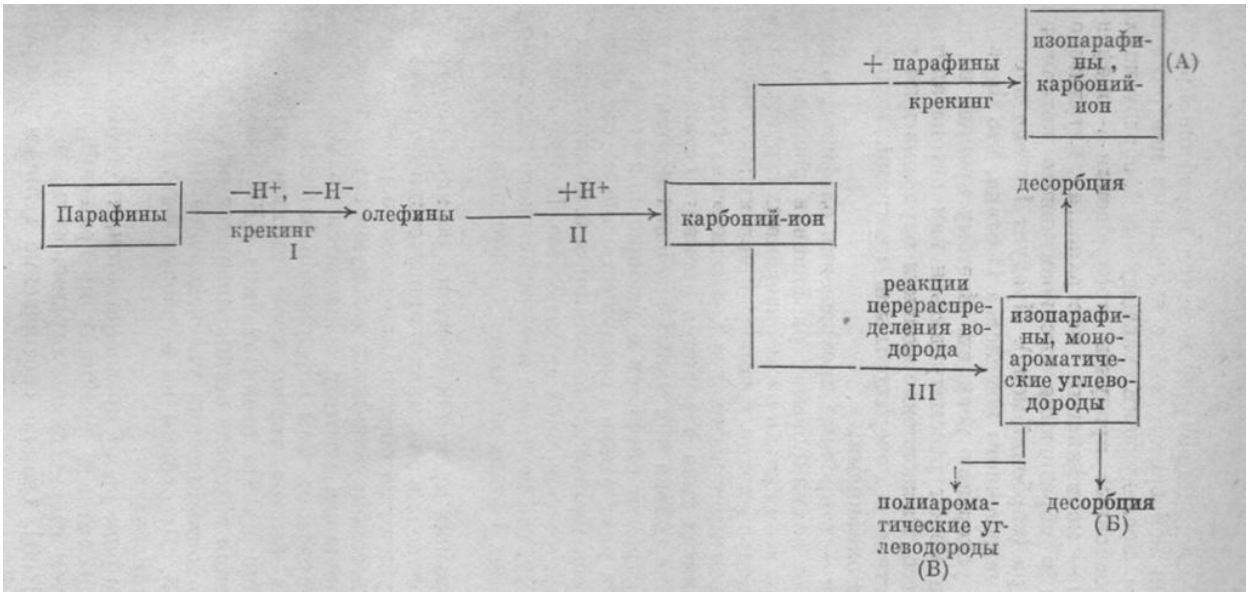


Рисунок 8– Крекинг парафинов на цеолитах[15]

I этап – дегидрирование молекул парафина при взаимодействии непосредственно с активными центрами; основные продукты превращения – олефины;

II этап – модификация поверхности катализатора олефинами и образование высокоактивного каталитического центра (карбоний – иона). Продукт I этапа входит в состав промежуточного комплекса II этапа, что приводит к резкому ускорению реакции. Расщепление молекул парафина идет через взаимодействие с поверхностными центрами, модифицированными олефинами;

III этап – вторичные превращения олефинов, а именно: реакция алкилирования олефинов и распад образующихся при этом сильно изомеризованных структур; реакции перераспределения водорода в молекулах олефинов с образованием изопарафинов и ароматических соединений.

1.3.5 Алкилирование

На цеолитных катализаторах протекают реакции алкилирования**.** Цеолиты в кислой форме ускоряют реакции алкилирования ароматических соединений олефинами.

Цеолиты, модифицированные катионами переходных металлов, например кобальта или никеля, проявляют бифункциональный эффект: наряду с реакциями алкилирования идут реакции димеризации олефинов с последующим алкилированием ароматических углеводородов образующимися димерами.

Первым этапом является реакция между бензолом и этиленом, с образованием этилбензола (рис. 9 а) далее этилбензол может дополнительно вступать в реакцию с этиленом, образуя диэтилбензол (рис. 9 б) и триэтилбензол (рис. 9 в). Впоследствии, трансалкилирование полиэтилбензолов может иметь место до тех пор, пока термодинамическое равновесие не будет достигнуто (рис. 9 г, д).

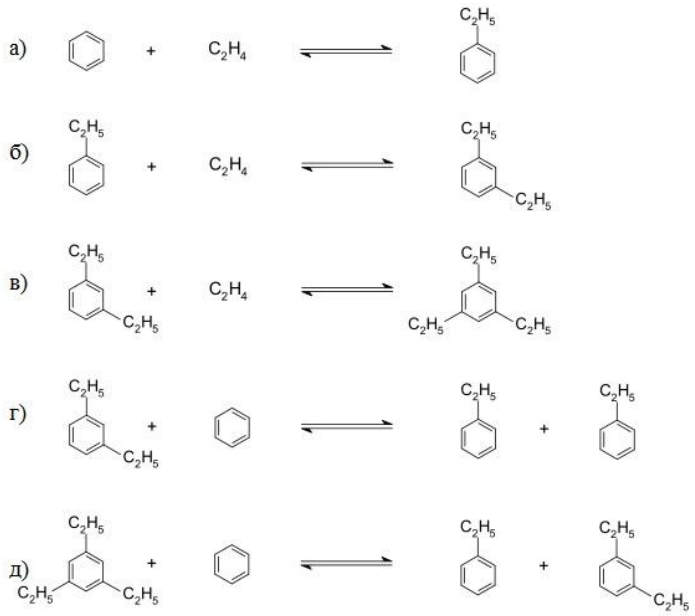


Рисунок 9 – Алкилирование бензола этиленом на цеолитных катализаторах[16].

В целом превращение олефинов на цеолитах можно представить следующим образом (рис. 10):

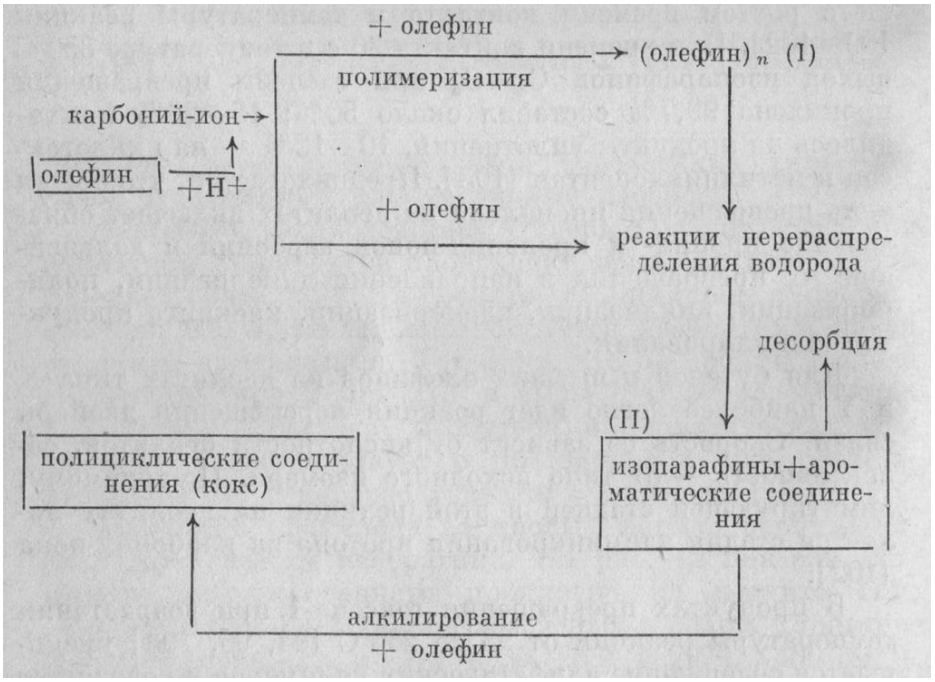


Рисунок 10– Превращение олефинов на цеолитных катализаторах[16]

1.4 Технологические схемы превращений на цеолитных катализаторах

1.4.1 Технологическая схема каталитического крекинга на цеолитсодержащем катализаторе на примере установки Г-43-107

В состав установки входят, кроме собственно установки каталитического крекинга, блок гидроочистки сырья крекинга и блок газофракционирования и стабилизации бензина.

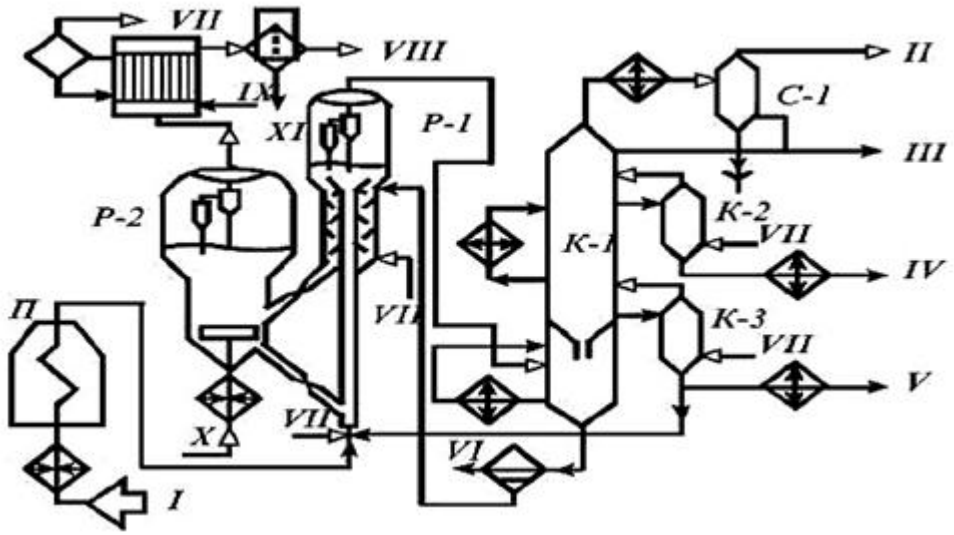


Рисунок 11-Принципиальная технологическая схема каталитического крекинга на цеолитсодержащем катализаторе на примере установки Г-43-107[11]:

I-гидроочищенное сырье, II-газы на АГФУ, III-нестабильный бензин на стабилизацию, IV -легкий газойль, V-тяжелый газойль, VI-декантат, VII-водяной пар, VIII-дымовые газы, IX-вода, X-воздух, XI-катализаторная пыль

Гидроочищенное сырье после предварительного подогрева в теплообменниках и печи П смешивается с рециркулятом и водяным паром и вводится в узел смешения прямоточного лифт-реактора Р-1 (рис. 11). Контактируя с регенерированным горячим цеолитсодержащим катализатором, сырье испаряется, подвергается катализу в лифт-реакторе и далее поступает в зону форсированного кипящего слоя Р-1. Продукты реакции отделяются от катализаторной пыли в двухступенчатых циклонах и поступают в нижнюю часть ректификационной колонны К-1 на разделение.

Закоксованный катализатор из отпарной зоны Р-1 по наклонному катализаторопроводу поступает в зону кипящего слоя регенератора Р-2, где осуществляется выжиг кокса в режиме полного окисления оксида углерода в диоксид. Регенерированный катализатор по нижнему наклонному катализаторопроводу далее поступает **в** узел смешения лифт-реактора. Воздух на регенерацию нагнетается воздуходувкой. При необходимости он может нагреваться в топке под давлением. Дымовые газы через внутренние двухступенчатые циклоны направляются на утилизацию теплоты (на электрофильтры и котел-утилизатор)[11].

В К-1 для регулирования температурного режима предусмотрены верхнее острое и промежуточные циркуляционные (в средней и нижней частях) орошения. Отбор легкого и тяжелого газойля осуществляется через отпарные колонны К-2 и К-3. Часть тяжелого газойля подается в узел смешения лифт-реактора как рециркулят. С верха колонны выводится смесь паров бензина, воды и газов крекинга, которая после охлаждения и конденсации разделяется в газосепараторе С-1 на газ, нестабильный бензин, направляемые в блок газофракционирования и стабилизации бензина, здесь он разделяется на продукты: газы, направляемые на АГФУ, нестабильный бензин идет на стабилизацию, легкий и тяжелый газойль.

1.4.2 Технологическая схема изомеризации на цеолитном катализаторе

Цеолитные катализаторы проявляют активность при более высоких температурах по сравнению с катализаторами других типов, и как следствие – низкие октановые числа изомеризата (76-78 по исследовательскому методу). Однако они обладают высокой устойчивостью к отравляющим примесям в сырье и способностью к полной регенерации в реакторе установки. В технологической схеме данного процесса предусматриваются огневые подогреватели для нагрева газо-сырьевой смеси до температуры реакции. Требуется достаточно высокое отношение водорода к углеводородному сырью (наряду с изомеризацией водород тратиться на дearоматизацию сырья), поэтому необходим компрессор для подачи циркулирующего ВСГ и сепаратор для отделения ВСГ **(**рис.12**).**

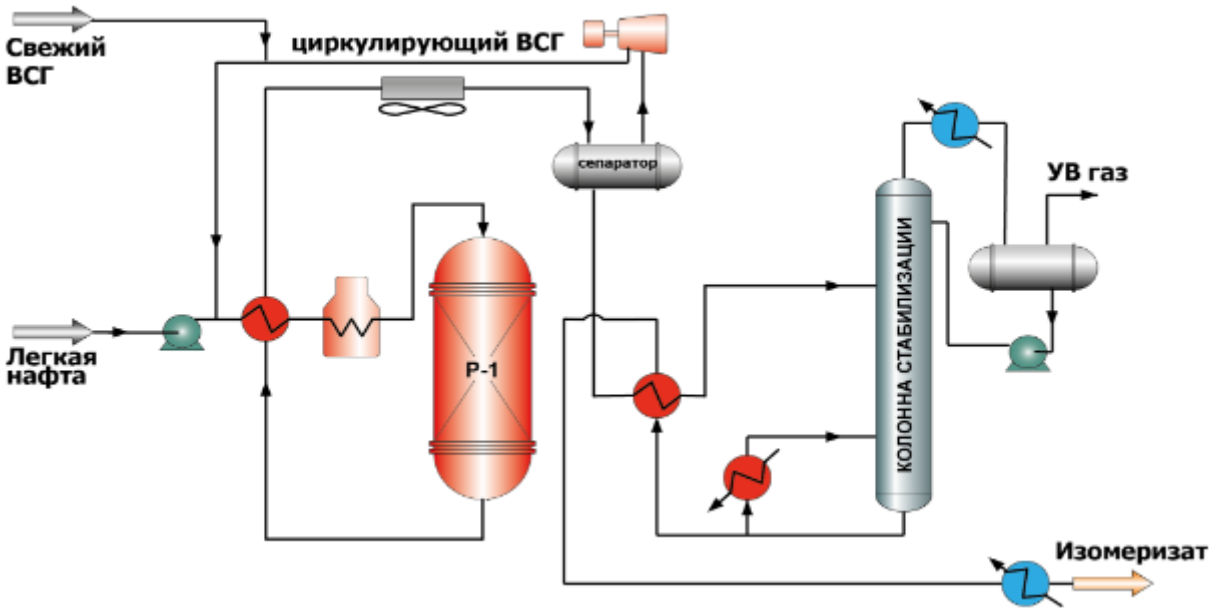


Рисунок 12- Технологическая схема изомеризации на цеолитном катализаторе[16].

1.4.3 Технологическая схема процесса цеоформинга

При превращении УВ фракций с ужесточением режима переработки, например при повышении температуры реакции, вследствие повышения газообразования, выход бензиновых фракций снижается. Однако при этом состав получаемых бензинов кардинально меняется: снижается содержание н – парафинов и нафтенов и возрастает доля высокооктановых компонентов – изопарафинов и ароматических УВ, в результате чего происходит повышение ОЧ УВ фракций от 40 – 60 ММ до 85 – 88.

Технологическая схема установки цеоформинга. представлена на рисунке 13. На установке сырье 1 отбирают насосом из сырьевой емкости и под давлением 1,0 – 1,2 МПа подают через теплообменник в реакторный блок (РБ) РБ – 2 первоначально в трубное пространство испарителя – перегревателя 2/1, где испаряют и перегревают до температуры реакции (360 – 460°С), а затем в трубное пространство реактора 1/1, загруженное катализатором цеоформинга. В трубном пространстве реактора 1/1 на ЦСК ИК – 30 – 1 при температуре реакции 360 – 460°С, давлении 1,0 МПа и весовой скорости подачи сырья 2 $ч^{-1}$ происходит превращение низкооктановых компонентов сырья в высокооктановые и в газообразные УВ.

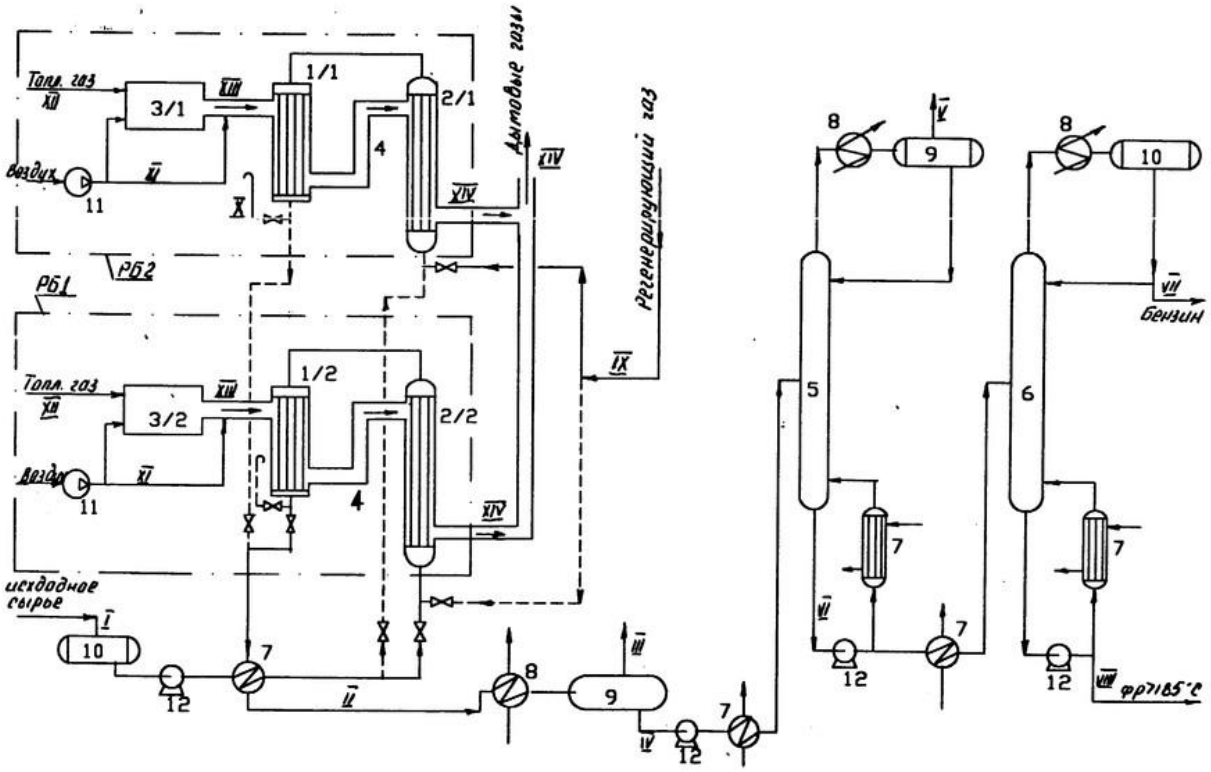


Рисунок 13 – Схема установки цеоформинга:

1 – кожухотрубчатый реактор; 2 – кожухотрубчатый теплообменный аппарат испаритель – перегреватель; 3 – теплогенератор; 4 – газоход; 5,6 – ректификационные колонны; 7 – теплообменники и подогреватели; 8 – холодильники и конденсаторы; 9 – сепараторы; 10 – емкости; 11 – воздуходувки; 12 – насосы; РБ – 1, РБ – 2 – реакторные блоки; I – исходное сырье прямогонная бензиновая фракция;II – продукты реакции;III,V – УВ газы; IV – нестабильный катализат;VI – стабильный катализат; VII – высокооктановый бензин; VIII – остаточная фракция катализата; IX – регенерирующий газ; X – газы регенерации;XI – воздух;XII – топливный газ; XIII – газовый теплоноситель; XIV – отработанный теплоноситель

Для компенсации потери активности катализатора, вызванной его закоксовыванием, и поддержания состава и качества продуктов на одном постоянном уровне процесс цеоформинга осуществляют с постепенным, в течение 150 ч, подъемом температуры реакции: начальная температура реакции 360°С, конечная 460°С.

После потери каталитической активности катализатора в реакторе 1/1 вследствие его закоксовывания (после 150 ч работы) и достижения конечной

температуры реакции, производят переключение подачи сырья с РБ – 2 на РБ – 1, в котором осуществляют цеоформинг сырья, а в РБ – 2 осуществляют стадию регенерации катализатора. После закоксовывания катализатора в реакторе 1/2 производят переключение подачи сырья (с РБ – 1 на РБ – 2 и т. д.).

После реактора продукты реакции II охлаждают и конденсируют в соответствующей теплообменной аппаратуре и направляют в емкость – сепаратор для отделения УВ газов III от жидкого нестабильного катализата IV. Нестабильный катализат IV из емкости – сепаратора отбирают насосом и направляют через теплообменник, где нагревают до температуры 100°С, в ректификационную колонну – стабилизатор 5, где под давлением 0,8 МПа происходит выделение растворенных газов из бензиновой фракции.

Верхом стабилизационной колонны при температуре 70°С отбирают легкую фракцию, которую охлаждают и частично конденсируют в конденсаторе и подают в емкость – сепаратор для выделения УВ газов V; жидкий дистиллят из емкости – сепаратора возвращают в колонну 5 в виде холодного орошения. Низом стабилизационной колонны 5 при температуре 120°С отбирают стабильный катализат VI, часть которого подогревают в теплообменнике до температуры 150°С и возвращают в колонну 5 в качестве “горячей струи”; а балансовую часть подают через теплообменник, где догревают до 200°С, и в ректификационную колонну 6, где под давлением 0,2 МПа происходит разделение стабильного катализата с выделением бензиновой фракции (фракция 35 – 195°С) и остаточной фракции (фракция > 185°С).

С верха ректификационной колонны 6 при температуре 140°С отбирают пары бензина, которые охлаждают и конденсируют в конденсаторе и направляют в рефлюксную емкость, откуда часть бензина подают в колонну 6 в качестве холодного орошения, а балансовую часть отводят с установки в качестве целевого продукта неэтилированного высокооктанового бензина VII. Низом колонны 6 при температуре 220°С отбирают остаточную

фракцию катализата, которую частично направляют через подогреватель, где догревают до температуры 240°С и направляют в колонну в качестве “горячей струи”, а балансовую часть подают в теплообменник для охлаждения, а затем отводят с установки в качестве побочного продукта VIII.

Выделяемые в сепараторах углеводородные газы III и V или отводят с установки в качестве продуктов, или используют на ней полностью или частично в качестве топливного газа для энергообеспечения установки.

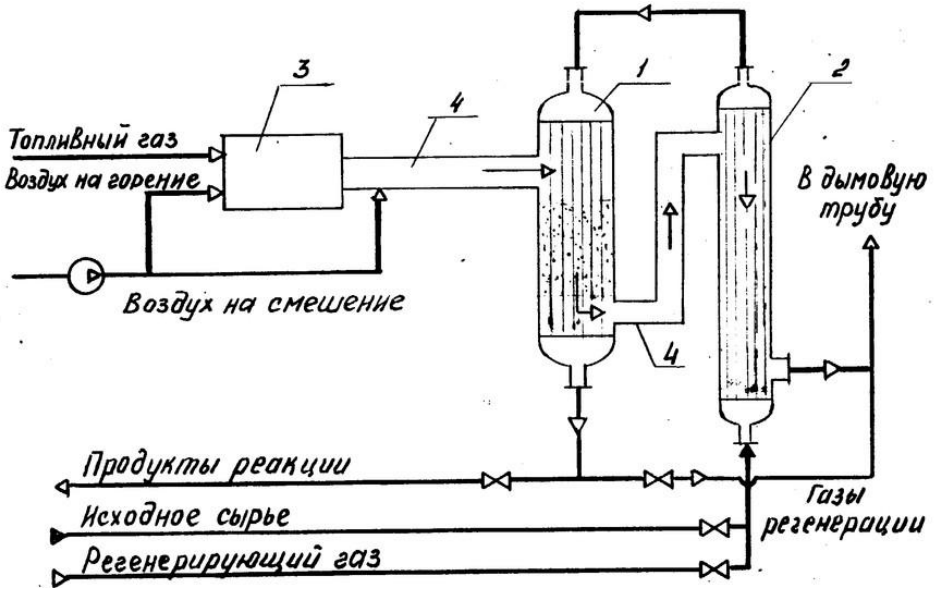


Рисунок 14 – Схема реакторного блока :

1 – кожухотрубчатый реактор; 2 – кожухотрубчатый теплообменный аппарат испаритель–перегреватель; 3 – теплогенератор; 4 – газоход

Реакторный блок изображен на рисунке 14, представляет собой совокупность технологических аппаратов 1 – 3, объединенных для подачи в них газового теплоносителя газоходом 4 и которые последовательно расположены по ходу движения газового теплоносителя в следующем порядке: теплогенератор 3, реактор кожухотрубчатого типа 1 и кожухотрубчатый теплообменный аппарат 2.

При работе РБ – 1 в режиме цеоформинга получения бензина, РБ – 2 работает в режиме регенерации ранее закоксованного катализатора, заключающегося в регулируемом выжиге коксовых отложений регенерирующим газом с определенным содержанием кислорода.

Регенерирующий газ IX подают в РБ – 2, первоначально в трубное пространство испарителя – перегревателя 2/2, где нагревают до температуры 380°С, а затем в трубное пространство реактора 1/2, где при температуре 500 – 540°С происходит процесс регенерации катализатора. После реактора отработанные газы регенерации X сбрасывают на “свечу” или в дымовую трубу.

Поддержание температурных режимов работы катализатора в реакторах 1/1, 1/2 и нагрев подаваемых в трубные пространства испарителей – перегревателей 2/1, 2/2 материальных потоков (сырье, регенерирующий газ) в каждом реакторном блоке обеспечивают за счет подачи в них по газоходам 4 газового теплоносителя XIII, который получают путем смешения в определенном соотношении в смесительных камерах теплогенераторов 3/1, 3/2 высокотемпературных дымовых газов, образующихся в теплогенераторах при сжигании топливного углеводородного газа XII и воздуха XI, подаваемого воздуходувками 11.

Рабочий газовый теплоноситель XIII из теплогенераторов 3/1, 3/2 по газоходам 4 поступает первоначально в межтрубные пространства реакторов 1/1, 1/2, а затем по газоходам 4 в межтрубные пространства испарителей – перегревателей 2/1, 2/2, после которых отработанный теплоноситель XIV сбрасывают на дымовую трубу.

На стадии цеоформинга, стадии получения бензина, поддержание температурного режима катализатора в реакторе путем подвода дополнительного количества тепла к катализатору (для компенсации падения температуры процесса вследствие протекания химических реакций с эндотермическим тепловым эффектом) обеспечивают подачей в межтрубное пространство реактора газового теплоносителя с температурой 500 – 600°С.

На стадии регенерации катализатора поддержание температурного режима катализатора путем отвода избыточного количества тепла (для предотвращения роста температуры реакции вследствие химического выделения тепла, вызванного экзотермическим тепловым эффектом реакции)

обеспечивают подачей в межтрубное пространство реактора газового теплоносителя с температурой 400 – 500°С.

2 Экспериментальная часть

2.1 Объект и методы исследования

Объектом данного исследования процесс превращений углеводородов на цеолитном катализаторе при различных температурах на лабораторной каталитической установке.

Целью работы было экспериментальное изучение продуктов превращений углеводородов, определение характеристик смеси углеводородов, влияющих на ОЧ, проверка, модификация и разработка расчетных формул, разработка модели узла выделения товарных продуктов.

Для достижения цели необходимо:

- проведение эксперимента;
- разработка расчетных формул для экспресс-анализа продуктов;
- хроматографический анализ продуктов;
- построение модели узла фракционирования продуктовых смесей в HYSYS;
- проектирование ректификационной колонны узла фракционирорвания.

2.2 Экспериментальные исследования

Эксперимент проводился на проточной лабораторной установке. В процессе использовался цеолитный катализатор КН 30, который загружали в реактор объемом 10 мл. Процесс начинали вести при температуре 375 ˚С и после 1 часа работы катализатора отбирали пробу бензина на анализ – качество контролировали по показателю преломления (экспресс- метод), измеряя на рефрактометре, который должен был быть приблизительно 1, 436, в случае снижения показателя преломления, поднимали температуру в реакторе на 10 градусов.

2.3 Расчет показателя преломления

Показатель преломления является очень важной и наиболее доступной характеристикой органических соединений, углеводородов, их смесей и нефтяных дистиллятов. Взаимосвязь показателя преломления можно проследить практически с любой характеристикой углеводородных соединений, в нашем случае связь плотности смеси и показателя преломления использовалась для вычисления расчетного значения показателя преломления.

Между коэффициентом преломления и плотностью для различных гомологов одного и того же ряда существует линейная зависимость. Показатель преломления (так же, как и плотность) углеводородных молекул тем меньше, чем больше в них относительное содержание водорода. При одинаковом содержании углеродных и водородных атомов в молекуле показатель преломления и плотность циклических углеводородов будут выше, чем алифатических. Например, n_D^{20} бензола больше, чем n_D^{20} гексена, а n_D^{20} последнего больше, чем n_D^{20} гексана (гексан 1,3749, циклогексан 1,4262, бензол 1,5011).

Показатель преломления в значительной степени зависит от температуры, увеличивается при ее понижении и уменьшается при повышении.

Октановые числа получаемых катализаторов определяли расчетным способом на основе хроматографических данных, а также оценивали по показателю преломления, который является одной из важнейших и наиболее доступных характеристик органических соединений, в частности углеводородов, их смесей и нефтяных дистиллятов. Установлено, что бензин марки А-80 имеет показатель в области 1,4300-1,4400, а бензин марки АИ-93 в области 1,4600-1,4650. В общем случае наибольшими плотностью и коэффициентом преломления обладают ароматические углеводороды, а наименьшим — метановые. Нафтены занимают промежуточное положение.

алканы < циклоалканы < ароматические углеводороды.

Для того чтобы контролировать качество получаемой пробы во время эксперимента, нам требовался расчетный показатель преломления (1,436), с которым мы сравнивали бы экспериментальное значение, полученное измерением на рефрактометре, и принимали решение о дальнейшем ходе эксперимента

Для этого был проведен литературный обзор наличия формул для вычисления показателя преломления. Вследствие чего были найдены различные формулы для расчетов.

Так, например, существует формула, основанная на связи между показателем преломления и удельной и молекулярной рефракцией.

$$R_1 = (n_D - 1)/ r = \text{const}$$ (формула Гладстона - Даля)

Произведение удельной рефракции на молекулярную массу называется молекулярной рефракцией

$$R_{1M} = (n_D - 1) \times M/ r = (n_D - 1) \times V;$$

где M - молекулярная масса;

V - молекулярный объем исследуемого вещества.

Такой вариант расчета показателя не является подходящим, так как не достаточно данных для расчета.

Также была рассмотрена отдельно зависимость между молекулярной массой вещества и показателем преломления.

Молекулярная масса связана с температурой кипения и показателем преломления следующим выражением:

$$\lg M = 1{,}939436 + 0{,}0019764 \cdot t_{кип} + \lg(2{,}1500 - n_D^{20})$$

где $\boldsymbol{t_{кип}}$ – средняя температура кипения фракции.

Связь между молекулярной массой и относительной плотностью установлена по формуле Крэга:

$$M = \frac{44{,}29\rho_{15}^{15}}{1{,}03 - \rho_{15}^{15}}$$

Так как при получении жидкого продукта, мы его анализировали газохроматографическим методом, в итоге после анализа у нас имелись значения плотности продукта. Исходя из этого, формула связывающая показатель преломления и плотность оказалось самой актуальной.

Так, для алканов от С6 до С18 установлено следующее соотношение:

$$n_D^{20} = 0{,}52167 * p_D^{20} + 1{,}03104$$

Так как эксперимент проводился для н-гексана, было решено остановиться на этой формуле, и сделать проверку на основании готовых прошлогодних данных, прежде чем использовать для расчета показателя для данного эксперимента. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

По исходным экспериментальным данным для температур 345 и 375 °С рассчитывался показатель преломления, затем делается поправка к нему исходя из погрешности вычисленной на основании уже известных данных, для того чтобы определить экспериментальное значение. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица-1 Расчет показателя преломления

Коэффициенты	0,52167	1,031	Отн. плотн.	n_D^{20} расч	n_D^{20} эксп	погр., абс.	nD20 расч1
Катализат КН-30_365_2_15_конец			0,724	1,409	1,438	0,029	1,435
Катализат КН-30_375_2_15_конец			0,726	1,410	1,436	0,027	1,436
Катализат КН-30_455_2_15_конец			0,736	1,415	1,439	0,024	1,441
Среднее значение						0,026	
Расчет для температур	345		0,684	1,388	**1,414**		
	375		0,725	1,409	**1,436**		

В итоге был предварительно вычислен показатель преломления 1, 436, с которым мы и сравнивали результат, полученный в ходе проведения эксперимента. Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Далее жидкий продукт, отобранный после каждого этапа, анализировался на хроматографе, результаты представлены в Приложениях 1-5. Используя полученные данные, рассчитывали показатель преломления по формуле, которую предварительно нашли и проверили, затем сравнивали с экспериментальным значением, измеренным во время эксперимента на рефрактометре, и рассчитали абсолютную и относительную погрешность. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица-2 Параметры эксперимента (N^{20}D=1,436 расчет с эксперимента №1)

№ этапа	цель	T, °C	Время, час	Расход н – гексана/азота, мл/ч	Давление, атм	$N^{20}D$ эксп	M, мг	V ,мл
1	Подготовка катализатора	375	0,5	0/?	15			
2	эксперимент	375	1	20 ($5{,}5*10^{-3}$мл/с)	15	1,465;	0,511	2,5
3	эксперимент	375	1	20 ($5{,}5*10^{-3}$мл/с)	15	1,411;	1,013	2,4
4	эксперимент	400	1	20 ($5{,}5*10^{-3}$мл/с)	15	1,426;	2,636	2,6
5	эксперимент	400	1	20 ($5{,}5*10^{-3}$мл/с)	15	1,421;	1,797	2,8
5	эксперимент	400	1	20 ($5{,}5*10^{-3}$мл/с)	15	1,431;	0,798	1,6

Таблица-3 Расчет показателя преломления

коэффициенты	0,52167	1,031	Отн. плотн.	n_D^{20} расч	n_D^{20} эксп	погр., абс.		погр., отн., %
	T, °C					**0,0341**		
проба 1	375		0,694	1,393	1,465	0,072	1,427	5,163
2	375		0,691	1,392	1,411	0,019	1,426	1,400
3	400		0,69	1,391	1,426	0,035	1,425	2,517
4	400		0,715	1,404	1,421	0,017	1,438	1,208
5	400		0,715	1,404	1,431	0,027	1,438	1,921

Анализ результатов показал, что формула для расчета показателя преломления является вполне адекватной. Окончательная формула расчета показателя преломления:

$$n_D^{20} = 0{,}52167 * p_D^{20} + 1{,}03104$$

2.4 Моделирование установки выделения целевых продуктов

Для выделения продуктов превращения углеводородов на цеолитных катализаторах, как правило, используют схему, состоящую из сепаратора и двух ректификационных колонн [14]. Сократить капитальные вложения и эксплуатационные затраты можно используя одноколонную схему , при этом, сохранив качество получаемых товарных продуктов. На рисунке 17 представлена предполагаемая схема узла фракционирования и ее описание.

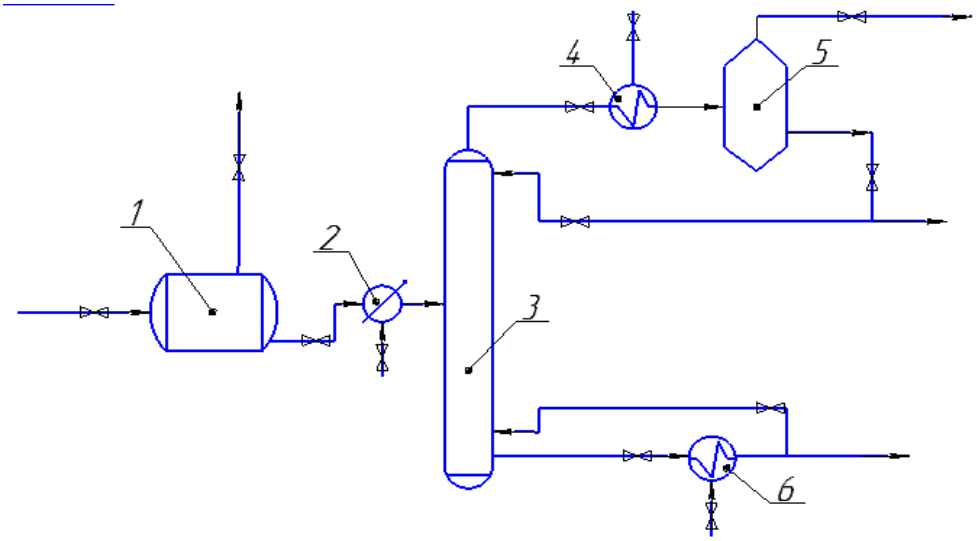


Рисунок 17– Схема узла фракционирования:

1 – сепаратор, предназначенный для отделения легких газов; 2,4,6– теплообменники;

3– ректификационная колонна; 5 – конденсатор;

Продукты реакции (катализат в смеси с газовой фазой) из реакторов поступает в сепаратор 1, где происходит отделение углеводородного газа от нестабильного катализата.

Из сепаратора 1 отбирают углеводородный газ (C_1–C_4, H_2), он может быть использован на установке в качестве технологического топлива. Нестабильный катализат из сепаратора 1 подают через трубное пространство теплообменника 2 в питательную секцию стабилизационной колонны 3.

Верхом колонны 3 отбирают легкую фракцию, которую охлаждают и конденсируют в конденсаторе 5.

Углеводородные газы (пропан – бутановая фракция) отбирают от конденсатора 5. Жидкий дистиллят из конденсатора 5 отбирают и подают частично на орошение колонны 3, а балансовую часть – сжиженный газ, направляют в парк готовой продукции.

Кубовый продукт колонны 3 – стабильный катализат отбирают и подают в колонну 3 в качестве "горячей струи", а балансовую часть отбирают, и подают в парк готовой продукции

2.5 Проектирование ректификационной колонны разделения продуктов превращения

В ходе эксперимента мы получили из реактора смесь определенного фракционного состава (табл. 6) , которая в дальнейшем поступает на установку выделения целевых продуктов.

Таблица 6 – Характеристика исходного образца сырой нефти

Отгон,%	Т, °С
0,00	-252,60
1,00	24,63
2,00	35,30
3,50	51,20
5,00	58,21
7,50	59,31
10,00	60,68
12,50	62,03
15,00	62,55
17,50	63,10
20,00	63,28
25,00	63,41
30,00	68,76
35,00	75,19
40,00	79,68
45,00	80,26
50,00	80,54
55,00	81,39
60,00	110,43
65,00	110,78
70,00	120,72
75,00	138,45
80,00	139,12
85,00	144,39
90,00	152,71
92,50	173,27
95,00	196,04
96,50	214,63
98,00	254,48
99,00	270,22
100,00	275,27
0,00	-252,60
1,00	24,63

Расход сырья 18,5 т/час. Также для лучшего выделения целевых продуктов существует требование к содержанию компонентов с Ткип>215 в дистилляте не выше 5%масс. Следует предусмотреть сепаратор для отделения газов с Ткип<30.

С помощью программы HYSYS был произведен расчет начальных приближений, который также был принят в качестве исходных данных при проектировании ректификационной колонны. В данном случае это набор конструктивнх и технологических параметров - в них входят оптимальное флегмовое число, число тарелок, место ввода питания.

В Hysys расчёт начальных приближений для ректификационной колонны выполняется с помощью инструмента «Shortcut column» [17].

Исходными данными для расчета ректификационной колонны, помимо состава потока питания. служат состав и параметры потока питания, ключевые компоненты и их содержание в дистилляте и кубовом продукте, давления в конденсаторе и ребойлере, пользовательское флегмовое число.

В результате расчёта получаем: минимальное и оптимальное число тарелок, минимальное флегмовое число, температуры и тепловые потоки в конденсаторе и кипятильнике, оптимальная тарелка питания, значения этих параметров отображены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты расчета начальных приближений

Минимальное число тарелок	27,051
Действительное число тарелок	27,5
Оптимальная ступень подачи сырья	8,782
Температура в конденсаторе, °С	127,3
Температура в ребойлере, °С	297,5

Далее выполнили полный расчет ректификационной колонны, используя данные, полученные с помощью приближенного расчета. Число тарелок ректификационной колонны округлим до большего целого значения: действительное число тарелок - 28 шт, тарелка питания – 9. Для расчета задавались спецификацией, использовали флегмовое число R=1,5. Результаты работы колонны отображены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты работы колонны фракционирования

Параметр	Сырье	Газ	Дистиллят	Куб
Температура, °С	300	-97	-97	314,7
Давление, кПа	100	150	150	165
Массовый расход, кг/ч	18470	10,72	17530	929,4

Далее с помощью утилиты «Tray Sizing» выбираем тип тарелки - и получаем результаты расчетов конструктивных размеров аппарата (таблица 9).

Таблица 9 – Конструктивные размеры колонны

Тип тарелок	Ситчатые
Диаметр колонны	2,4 м
Площадь горизонтального сечения	4,67 м^2
Расстояние между тарелками	0,6 м
Высота тарельчатой секции	17 м

В таблицах 10 и 11 можно увидеть содержание компонентов в дистилляте и в газе после сепаратора.

Таблица 10-Содержание компонентов в дистилляте

	Дистиллят, кгмоль/ч
NBP(O) -154	0,00416
NBP(O)-139	0,00469
NBP(O)-126	0,00490
NBP(O)-113	0,00492
NBP(O)-100	0,00484
NBP(O)-87	0,00543
NBP(O)-73	0,00521
NBP(O)-58	0,00509
NBP(O)-42	0,00521
NBP(O)-25	0,00592
NBP(O)-9	0,00510
NBP(O)-3	0,00214
NBP(O)15	0,01888
NBP(O)34	0,03913
NBP(O)44	0,22295
NBP(O)57	0,10505
NBP(O)75	0,15913
NBP(O)84	0,03862
NBP(O)100	0,03865
NBP(O)117	0,08391
NBP(O)126	0,07631
NBP(O)143	0,05830
NBP(O)155	0,05967
NBP(O)169	0,01253
NBP(O)185	0,01126
NBP(O)199	0,00885
NBP(O)211	0,00446
NBP(O)228	0,00448
NBP(O)245	0,00021
NBP(O)257	0,00000
NBP(O)269	0,00000
NBP(O)283	0,00000
NBP(O)298	0,00000
NBP(O)312	0,00000
NBP(O)326	0,00000
NBP(O)340	0,00000
NBP(O)354	0,00000

Таблица 11-Содержание компонентов в газе

NBP(O) -154	0,3940
NBP(O)-139	0,2260
NBP(O)-126	0,1303
NBP(O)-113	0,0764
NBP(O)-100	0,0478
NBP(O)-87	0,0319
NBP(O)-73	0,0186
NBP(O)-58	0,0114
NBP(O)-42	0,0073
NBP(O)-25	0,0052
NBP(O)-9	0,0028
NBP(O)-3	0,0010
NBP(O)15	0,0050
NBP(O)34	0,0055
NBP(O)44	0,0224
NBP(O)57	0,0067
NBP(O)75	0,0052
NBP(O)84	0,0009
NBP(O)100	0,0005
NBP(O)117	0,0006
NBP(O)126	0,0003
NBP(O)143	0,0001
NBP(O)155	0,0001
NBP(O)169	0,0000
NBP(O)185	0,0000
NBP(O)199	0,0000
NBP(O)211	0,0000
NBP(O)228	0,0000
NBP(O)245	0,0000
NBP(O)257	0,0000
NBP(O)269	0,0000
NBP(O)283	0,0000
NBP(O)298	0,0000
NBP(O)312	0,0000
NBP(O)326	0,0000
NBP(O)340	0,0000
NBP(O)354	0,0000

Анализируя полученные данные компонентного состава газа после сепаратора и содержание компонентов дистилляте, можно сделать вывод что была спроектирована ректификационная колонна с оптимальными параметрами. Также, исходя из этого можно предположить, что узел фракционирования может состоять из сепаратора (стандартного) и спроектированной ректификационной колонны.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование[18].

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

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

Поскольку исследование превращений углеводородов на цеолитном катализаторе в данном случае носит лишь научно- исследовательский характер, то соответственно был проведен сравнительный анализ разработок научно-исследовательских институтов. Предположим, что исследованием данного вопроса занимается еще два научно-исследовательских института-конкурента.

В таблице 12 приведена оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	**Вес критерия**	**Баллы**			**Конкурентоспособность**		
		$Б_ф$	$Б_{к1}$	$Б_{к2}$	$К_ф$	$К_{к1}$	$К_{к2}$
Технические критерии катализатора							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,20	3	4	4	0,6	0,8	0,8
2. Энергоэкономичность	0,15	5	5	6	0,75	0,75	0,90
3. Надежность	0,16	5	4	4	0,80	0,64	0,64
4. Безопасность	0,10	5	4	3	0,50	0,40	0,30
Экономические критерии оценки эффективности							
5. Цена	0,19	5	4	3	0,95	0,76	0,57
6. Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	4	4	0,5	0,4	0,4
7. Финансирование научной разработки	0,10	3	5	5	0,3	0,5	0,5

Итого:	**1**				**4,4**	**4,25**	**4,11**

3.1.3 SWOT-анализ

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

Анализ проводится в несколько этапов. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Матрица первого этапа SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Энергоэффективность и экономичность технологии С2. Возможность улучшения ресурсоэффективности процесса на производстве С3. Экологичность получаемой продукции С4.Улучшение качества получаемой продукции С5. Обучение персонала предприятия принципам процесса	**Слабые стороны научно-исследовательского проекта:** Сл1. Недостаточная точность эксперимента Сл2. Отсутствие достаточно мощного оборудования для проведения эксперимента Сл3. Существование множества моделей активной структуры катализатора Сл4.Неподтвержденность некоторых теоретических обоснований Сл5.Отсутствие достаточного количества образцов катализатора для проведения реального эксперимента
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Возможность привлечения инвестиций на проведение научно-исследовательских работ		

В3. Повышение стоимости конкурентных разработок В4.Ужесточение экологических требований В5.Снижение цены на сырье		
Угрозы: У1. Техническая и технологическая сложность реализации научно-исследовательского проекта У2. Высокий уровень конкуренции У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У4.Отсутствие спроса на технологию		

На втором этапе SWOT-анализа строятся интерактивные матрицы, которые представлены в таблицах 14, 15, 16, 17.

Таблица 14 – Интерактивная матрица «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	+	+	-
	В2	+	+	0	+	+
	В3	+	-	0	0	0
	В4	0	+	+	+	-
	В5	+	0	-	-	0

Таблица 15 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	+	+	-	0	**-**
	В2	-	+	-	0	**+**
	В3	0	0	0	-	**-**
	В4	0	0	0	0	**-**
	В5	0	0	0	0	**+**

Таблица 16– Интерактивная матрица «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	+	-	+	-
	У2	+	+	+	+	+
	У3	+	0	0	+	+
	У4	+	+	0	0	+

Таблица 17 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта						
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	+	+	+	+
	У2	+	+	+	0	+
	У3	0	+	-	0	+
	У4	0	0	+	+	+

В рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 18).

Таблица 18– Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Энергоэффективность и экономичность технологии С2. Возможность улучшения ведения процесса на производстве С3. Экологичность получаемой продукции С4.Улучшение качества получаемой продукции С5. Обучение персонала предприятия принципам процесса	**Слабые стороны научно-исследовательского проекта:** Сл1. Недостаточная точность экперимента Сл2. Отсутствие достаточно мощного оборудования для проведения эксперимента Сл3. Существование множества моделей активной структуры катализатора Сл4.Неподтвержденность некоторых теоретических обоснований Сл5.Отсутствие образцов катализатора для проведения реального эксперимента
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Возможность привлечения инвестиций на проведение научно-исследовательских работ В3. Повышение стоимости конкурентных разработок	1. Совершенствование энергоэффективности технологии 2. Соответствие современным экологическим требованиям 3. Разработка более дешевой технологии	1. Большее задействование ресурсов ТПУ 2. Модернизация оборудования

В4.Ужесточени экологических требований В5.Снижение цены на сырье		
Угрозы: У1. Техническая и технологическая сложность реализации научно-исследовательского проекта У2. Высокий уровень конкуренции У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У4.Отсутствие спроса на технологию	1. Увеличение финансирования с целью углубления исследований 2. Более полное взаимодействие со всеми участниками рынка 3. Продвижение программы с целью создания спроса	1. Использование отечественного сырья и комплектующих 2. Дальнейший поиск теоретических законов и зависимостей, позволяющих повысить обоснованность модели

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам.

Таблица 19 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	**№ раб**	**Содержание работ**	**Должность исполнителя**
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, бакалавр
	6	Проведение компьютерного моделирования	Руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	8	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	9	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант по СО
Оформление отчета по НИР	10	Оформление отчета	Бакалавр

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_{\text{р}}$, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{\text{р}_i} = \frac{t_{\text{ожі}}}{\text{Ч}_i},$$

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

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

$$T_{\text{к}i} = T_{\text{р}i} \cdot k_{\text{кал}}$$

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе $T_{\text{к}i}$ необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (табл. 20).

Таблица 20 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min}, чел-дни			t_{max}, чел-дни			$t_{ожi}$, чел-дни											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и верждение хничсекого дания	2	2	2	6	9	8	3,6	4,8	4,4	Р	Р	Р	3,6	4,8	4,4	5	7,1	6,5
Выбор правления следований	2	3	3	6	7	6	3,6	4,6	4,2	Р	Р	Р	1,8	4,6	4,2	3	6,8	6,2
Подбор и учение териалов по теме	15	15	15	20	19	20	17	16,6	17	Б	Б	Б	17	16,6	17	25	24,6	25
Календарное анирование	1	1	1	1	2	2	1	1,4	1,4	Р	Р	Р	1	1,4	1,4	1,5	2	2

бот по теме																		
Проведение оретических счетов и оснований	20 10	20 10	20 10	30 18	30 20	32 20	24 13,2	24 14	24,8 14	Б Р	Б Р	Б Р	12 6,6	12 7	12,4 7	18 9,7	18 10	18,4 10
Проведение мпьютерных оделир	5 3	5 3	5 2	6 4	7 5	7 5	5,4 3,4	5,8 3,8	5,8 3,2	Б Р	Б Р	Б Р	2,7 1,7	2,9 1,9	2,9 1,6	3,9 2,5	4 3	4 2
Оценка фективности лученных зультатов	1 1	1 1	1 1	3 4	3 5	3 5	1,8 2,2	1,8 2,6	1,8 2,6	Р Б	Р Б	Р Б	0,9 1,1	0,9 1,3	0,9 1,3	1 1,6	1 1,9	1 1,9
Оценка фективности оизводства и именения зработки	5 2	5 2	5 2	10 3	10 5	10 5	7 2,4	7 3,2	7 3,2	Б ЭЧ	Б ЭЧ	Б ЭЧ	3,5 1,2	3,5 1,6	3,5 1,6	5 2	5 2,4	5 2,4
Разработка циальной ветственности по ме	7 2	7 2	7 2	15 3	17 3	17 3	10,2 2,4	11 2,4	11 2,4	Б СО	Б СО	Б СО	5,1 1,2	5,5 1,2	5,5 1,2	7,5 2	8,1 2	8,1 2
. Оформление чета	3	3	3	7	7	7	4,6	4,6	4,6	Б	Б	Б	2,3	2,3	2,3	3	3	3

На основе табл. 20 строится календарный план-график.

Таблица 21 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	$T_{кi}$, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	5														
2	Выбор направления исследований	Руководитель	3														
3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр	25														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	2														
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, бакалавр	10 18														
6	Проведение компьютерных расчетов	Руководитель, бакалавр	2 4														
7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	1 2														
8	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ	5 2														
9	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант по СО	6 2														
10	Оформление отчета	Бакалавр	3														

3.2.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{м} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^{m} Ц_i \cdot N_{расхi} ,$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i-го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м^2 и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i-го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м^2 и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 22 - Материальные затраты

Наименование	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, ($З_м$), руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Баллон CO	1	1	1	27000	35000	27000	27000	35000	27000
Баллон H_2	1	1	1	1000	1000	1500	1000	1000	1500
Баллон N_2	1	1	1	2900	3200	3000	2900	3200	3000
Баллон He	1	1	1	4000	5000	4800	4000	5000	4800
Баллон Ar	1	1	1	2000	1300	1800	2000	1300	1800
Итого							**36900**	**45500**	**38100**

Таблица 23 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	**Наименование оборудования**	**Кол-во единиц оборудования**			**Мощность электроприбора, кВт**			**Общая стоимость оборудования, руб.**		
		Исп.1	**Исп.2**	**Исп.3**	**Исп.1**	**Исп.2**	**Исп.3**	**Исп.1**	**Исп.2**	**Исп.3**
1.	Каталитическая установка «КАТАКОН»	1	1	1	0,800	0,790	0,810	2880000	2860000	2900000
2.	Газовый хроматограф	1	1	1	0,130	0,125	0,131	1107500	1150000	1115000
3.	Компьютер	1	1	1	0,350	0,360	0,340	26500	25800	30000
Итого:		**3**	**3**	**3**	**1,28**	**1,275**	**1,281**	4014000	4035800	4045000

Расчет на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_э = \sum N_i \cdot T_э \cdot Ц_э ,$$

где N_i - мощность электроприборов по паспарту, кВт;

$T_э$ - время использования электрооборудования, час;

$Ц_э$ – цена одного кВт ·ч, руб.

$$E_э = 1{,}28 \cdot 250 \cdot 4{,}36 = 1395{,}2 \text{ руб.}$$

Таблица 24 - Расчет основной заработной платы

Исполнители по категориям	**Оклад, руб.**	**Районный коэффициент**	**Месячная зарплата, руб./мес.**	**Общие затраты по заработной плате, руб. в год**
Руководитель	19090	1,3	24817	290300
Лаборант	11090	1,3	14417	183700

Таблица 25 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	**Руководитель**	**Лаборант**
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	 104 14	 104 14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	 28 0	 28 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	219	219

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды .

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

Таблица 26 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	**Основная заработная плата, руб.**			**Дополнительная заработная плата, руб.**		
	Исп.1	**Исп.2**	**Исп.3**	**Исп.1**	**Исп.2**	**Исп.3**
Руководитель	24817	25130	22430	3260	3000	3300
Лаборант	14417	14667	13500	2546	2350	2475
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%					
Итого						
Исполнение 1	7608					
Исполнение 2	7623					
Исполнение 3	6972					

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

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 27.

Таблица 27 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	**36900**	**45500**	**38100**
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	4014000	4035800	4045000
3. Затраты по основной заработной плате	24817	25130	22430

исполнителей темы			
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3260	3000	3300
5. Отчисления во внебюджетные фонды	7608	7623	6972
6. Накладные расходы	657324	661929	662307
7. Бюджет затрат НТИ	4765599	4798988	4801729

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 27). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносится финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

$\Phi_{\text{p}i}$ – стоимость *i*-го варианта исполнения;

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

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

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

$$\mathrm{I}_{\mathrm{pi}} = \sum a_i \cdot b_i ,$$

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

a_i – весовой коэффициент *i*-го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 28).

Таблица 28 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,25	4	4	3
3. Энергосбережение	0,20	4	3	3

4. Надежность	0,30	4	4	4
5. Материалоемкость	0,15	5	4	4
ИТОГО	1	4,25	3,9	3,55

$I_{р-исп1}$=5*0,1+4*0,25+4*0,2+4*0,3+5*0,15=3,94;

$I_{р-исп2}$=5*0,1+4*0,25+3*0,2+4*0,3+4*0,15=3,15;

$I_{р-исп3}$=4*0,1+3*0,25+3*0,2+4*0,3+4*0,15=3,5.

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

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

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($Э_{ср}$):

$$Э_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Таблица 29 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,99	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	3,9	3,55
3	Интегральный показатель эффективности	4,29	3,94	3,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	-	1,08	1,2

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Вывод: В ходе выполнения данного раздела был проведен анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ, также составлена структура работ в рамках научного исследования, проанализирована трудоемкость выполнения работ, рассчитан бюджет научно-технического исследования. В заключении были определены финансовый показатель разработки, показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности.

4 Социальная ответственность

Выполнение выпускной квалификационной работы осуществлялось на лабораторной каталитической установке «Катакон». На данной установке проводились исследования каталитической активности цеолит катализатора КН-30 в процессе цеоформинга.

На данной лабораторной установке могу проводить различные научно-практические исследования, как работники кафедры, так и студенты кафедры под контролем научного руководителя.

Лабораторная установка, хроматографический комплекс и персональный компьютер расположены в лабораторном помещении кафедры ХТТ и ХК ТПУ. Рабочая зона оборудована системами отопления, водоснабжения, вентиляции воздуха, комбинированным освещением; соответствует требованиям

4.1 Производственная безопасность

4.1.2 Характеристика факторов рабочего места

Проанализируем факторы рабочей зоны на предмет выявления их вредных проявлений. В данном исследовании к факторам рабочей зоны относятся производственные метеоусловия, электромагнитные поля, производственное освещение, шумы, вибрации.

4.1.2.1 Производственные метеоусловия

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

Метеорологические условия рабочей среды (микроклимат) оказывают влияние на процесс теплообмена и характер работы. Микроклимат характеризуется температурой воздуха, его влажностью и скоростью движения, а также интенсивностью теплового излучения. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий резко

ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям. Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организма, тепловому удару или профзаболеванию. Низкая температура воздуха может вызвать местное или общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания либо обморожения [19].

Влажность воздуха оказывает значительное влияние на терморегуляцию организма человека. Высокая влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре она усиливает теплоотдачу с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению организма. Низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных работающего.

В помещении, где находится компьютер средняя температура воздуха 22 ºС, относительная влажность воздуха 55%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с. Ориентируясь на оптимальные и допустимые показатели микроклимата на рабочих местах (СаНПиН 2.2.2.542-96), можно сделать вывод о том, что метеоусловия являются оптимальными, то есть обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакции терморегуляции и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности [20].

4.1.2.3 Производственное освещение

Наиболее важной областью оптического спектра электромагнитных излучений является видимый свет (излучение с длиной волны от 0,38–0,4 до 0,75–0,78 мкм), [21]. Он обеспечивает зрительное восприятие, дающее около 90 % информации об окружающей среде, влияет на тонус центральной и периферической нервной системы, на обмен веществ в организме, его иммунные и аллергические реакции, на работоспособность и самочувствие человека. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию и

сонливость, а в некоторых случаях способствуют развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождаются снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности. К таким же последствиям приводит длительное пребывание в световой среде с ограниченным спектральным составом света и монотонным режимом освещения.

Работа, связанная с документами требует хорошего освещения. Излишне яркий свет снижает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность, нарушает механизм сумеречного зрения. Воздействие чрезмерной яркости может вызывать фотоожоги глаз и кожи, кератиты, катаракты и другие нарушения.

Гигиеническое нормирование искусственного и естественного освещения. Нормируемыми параметрами для систем искусственного освещения являются: величина минимальной освещенности $L_{доп}$, допустимая яркость в поле зрения $L_{доп}$, а также показатель ослепленности P и коэффициент пульсации K_n.

Для лучшей эксплуатации оборудования, следует рассчитать общее равномерное освещение лаборатории, а также вычислить сколько и какие светильники должна быть в лаборатории.

4.1.2.4 Шум

Шум лабораторной установки – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности, возникающих при механических колебаниях в упругой среде (твердой, жидкой или газообразной). Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях рабочего, снижается производительность труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться причиной несчастного случая.

Органы слуха человека воспринимают звуковые колебания с частотой 16–20000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое воздействие на организм[22].

Для снижения шума в помещениях проводятся следующие основные мероприятия:

• уменьшение уровня шума в источнике его возникновения;

• звукопоглощение и звукоизоляция;

• установка глушителей шума;

• рациональное размещение оборудования.

4.1.2.5 Вибрации

Вибрация лабораторной установки – процесс распространения механических колебаний в твердом теле. Вибрация по способу передачи телу человека подразделяется на общую (воздействие на все тело человека) и локальную (воздействие на отдельные части тела – руки). При воздействии общей вибрации наблюдаются нарушения сердечной деятельности, расстройство нервной системы, спазмы сосудов, изменения в вестибулярном аппарате. Локальная вибрация, возникающая при работе с ручным механизированным инструментом (в данном случае это мышь), вызывает спазмы периферических сосудов, различные нервно – мышечные и кожно – суставные нарушения.

Частотный диапазон расстройств зрительных восприятий лежит между 60 и 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок[23].

Для снижения вибрации используют следующие методы:

- виброизоляция;
- вибродемпфирование, под которым понимают превращение энергии механических колебаний в тепловую.

Важным для снижения опасного воздействия вибрации н организм человека является правильная организация труда и отдыха, постоянное медицинское наблюдение, лечебно-профилактические мероприятия.

4.1.2 Характеристика получаемых веществ

Процесс на каталитической установке протекает при высоких температурах (до 410 ºС) и следствием этого является то, что получаемые продукты находятся в жидком и газообразном состоянии. Это делает их более активными. Большинство ядовитых веществ попадает в организм человека через органы дыхания. Это опасно из-за большой всасывающей способности слизистой оболочки носа и дыхательной поверхности легких. В процессе гидрогенизации сырьем является среднее масло, содержащее нафтеновые, парафиновые и ароматические углеводороды. Получаемые бензины содержат до 20% ароматических углеводородов (бензол, толуол и т.д.). Они относятся к ядовитым (токсичным) веществам. Помимо этого в состав выделяющихся газов входят такие газы как сероводород и аммиак.

- Бензол по своему биологическому действию относится по характеру действия к канцерогенам. При непродолжительном вдыхании паров бензола не возникает немедленного отравления, если организм человека подвергается длительному воздействию бензола в малых количествах, последствия также могут быть очень серьёзными. В этом случае хроническое отравление бензолом может стать причиной лейкемии (рака крови) и анемии (недостатка гемоглобина в крови)[24].
- Толуол вызывает аналогичные изменения со стороны крови, но несколько слабее, чем бензол[25].
- Сероводород – высокотоксичный нервный яд, вдыхание которого в концентрации 1000 мг/м³ и выше может привести к смерти. При хроническом отравлении сероводородом у человека наблюдается расстройство нервной, сердечно – сосудистой системы, органов пищеварения и дыхания, ПДК – 10 мг/м куб [26].

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

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

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

Таблица 30 – Предельно-допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе рабочей зоны (ГН 2.2.5.1313-03) [27]

Наименование	ПДК, мг/м³	Класс опасности	Примечание
Сероводород	10	2	Очень токсичен. При острых отравлениях возникает жжение и боль в горле при глотании, головокружение, слабость.
Сероводород в смеси с углеводородами	3	3	В смеси с углеводородами вредное воздействие сероводорода усиливается
Бензин	100	4	При вдыхании небольших концентраций паров

			бензина наблюдаются симптомы, похожие на алкогольную интоксикацию
Бензол	5	2	При острых отравлениях наблюдается головная боль, головокружение, тошнота, рвота.
Толуол	50	3	Является сильно токсичным ядом, влияющим на функцию кроветворения организма.

4.1.3 Мероприятия по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

К средствам защиты от попадания на кожу вредных химических веществ служат резиновые перчатки, лабораторные халаты, шапочки, обувь. Для защиты дыхательных путей от действия вредных химических веществ служат специальные ватно-марлевые повязки, респираторы, противогазы. Для защиты слизистой оболочки глаз можно использовать специальные очки. Средством защиты от поражения вредными химическими веществами служит также точное соблюдение техники безопасности и инструкций к используемым веществам[28].

Электробезопасность установки должна обеспечиваться в любых возможных нормальных и аварийных эксплуатационных ситуациях.

Электробезопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий:

1. Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия;
2. Ограждения токоведущих частей;
3. Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
4. Применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
5. Применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
6. Использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям электробезопасности при работе с электроустановками[29]:

1. Все электрооборудование с напряжением свыше 36 В, а также оборудование и механизмы, которые могут оказаться под напряжением, должны быть надежно заземлены.

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

В целях предотвращения электротравматизма запрещается:

1. Работать на неисправных электрических приборах и установках;

2. Перегружать электросеть;

3. Переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы;

4. Работать вблизи открытых частей электроустановок, прикасаться к ним;

5. Загромождать подходы к электрическим устройствам;

6. О всех обнаруженных дефектах в изоляции проводов, неисправности рубильников, штепсельных вилок, розеток, а также заземления и ограждений следует немедленно сообщить электрику;

7. В случае перерыва в подаче электроэнергии электроприборы должны быть немедленно выключены;

8. Запрещается использование в пределах одного рабочего места электроприборов класса «0» и заземленного электрооборудования;

9. Категорически запрещается прикасаться к корпусу поврежденного прибора или токоведущим частям с нарушенной изоляцией и одновременно к заземленному оборудованию (другой прибор с исправным заземлением, водопроводные трубы, отопительные батареи), либо прикасаться к поврежденному прибору, стоя на влажном полу;

10. При поражении электрическим током необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроприбор, которого касается пострадавший. Отключение производится с помощью отключателя или рубильника;

11. При невозможности быстрого отключения электроприбора необходимо освободить пострадавшего от токоведущих частей деревянным или другим не проводящим ток предметом источник поражения;

12. Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача.

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности [30].

1. Лаборатория должна быть оснащена пожарными кранами (не менее одного на этаж) с пожарными рукавами. В каждом рабочем помещении должны быть в наличии огнетушители и песок, а в помещениях с огнеопасными и легковоспламеняющимися веществами – дополнительные средства пожаротушения;

2. В помещении лаборатории на видном месте должен быть вывешен план эвакуации сотрудников в случае возникновения пожара;

3. Распоряжением по лаборатории из числа сотрудников назначается группа (3 – 5 человек), которая организует все противопожарные мероприятия, получив инструктаж местной пожарной команды;

4. Все сотрудники лаборатории должны быть обучены правилам обращения с огне- и взрывоопасными веществами, газовыми приборами, а также должны уметь обращаться с противогазом, огнетушителем и другими средствами пожаротушения, имеющимися в лаборатории;

5. В помещениях лаборатории и в непосредственной близости от них (в коридорах, под лестницами) запрещается хранить горючие материалы и устанавливать предметы, загромождающие проходы и доступ к средствам пожаротушения;

6. Курить разрешается только в отведенном и оборудованном для этой цели месте;

7. Без разрешения начальника лаборатории и лица, ответственного за противопожарные мероприятия, запрещается установка лабораторных и

нагревательных приборов, пуск их в эксплуатацию, переделка электропроводки;

8. Все нагревательные приборы должны быть установлены на термоизолирующих подставках;

9. Запрещается эксплуатация неисправных лабораторных и нагревательных приборов;

10. После окончания работы необходимо отключить электроэнергию, газ и воду во всех помещениях;

11. Каждый сотрудник лаборатории, заметивший пожар, задымление или другие признаки пожара обязан:

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону;
- принять меры по ограничению распространения огня и ликвидации пожара;
- поставить в известность начальника лаборатории, который в свою очередь должен известить сотрудников, принять меры к их эвакуации и ликвидации пожара.

Для ликвидации небольших очагов пожара на территории объекта имеются первичные средства тушения пожара – огнетушители, ящики с песком, асбестовые одеяла (кошмы), паротушение [31].

4.2 Экологическая безопасность

Вредное воздействие предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности распространяется, главным образом, на водные бассейны и атмосферу. Эта промышленность относится к наиболее водоемким отраслям народного хозяйства. По объектам водопотребления её опережает лишь энергетика, металлургическая, химическая промышленность и коммунальное хозяйство [32].

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

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

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

В лаборатории органические вещества сливают в подходящий растворитель,

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.3.1 Анализ возможных чрезвычайных ситуаций при работе в лаборатории

При проведении лабораторных работ возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций:

а) Химический взрыв

Химический взрыв – взрыв, возникающий за счет протекания химической реакции веществ или разложения вещества. Обычно характеризуется значительной разрушительной мощностью и поражающей способностью. Может приводить к пожару в лаборатории.

Ситуации, которые могут привести к химическому взрыву:

1. При хранении простых эфиров в них накапливаются перекисные соединения обладающие взрывчатыми свойствами (особенно опасны эфиры имеющие атом водорода в альфа-положении). Перегонка таких эфиров может привести к взрыву. Перед перегонкой обязательна проверка на перекиси и их разрушение.

2. Хранение кислот в металлических емкостях или пролив их на металлические поверхности приводит к выделению водорода. В замкнутом объеме может накопится взрывоопасная концентрация.

б) Физический взрыв

Физический взрыв – взрыв, возникающий за счет быстрого разрушения емкостей или из-за быстрого выделения тепла в какой-либо точке. Обычно (но не всегда) имеет меньшую мощность, чем химический и меньшие разрушительные последствия.

Ситуации, которые могут привести к физическому взрыву:

1. Кипячение реакционной смеси или реакции с выделением газа в герметичной системе. Эта ситуация возникает когда процесс проводится в намеренно замкнутой системе или когда происходит забивание/закоксовывание отводных трубок;

2. Приливание легкокипящей жидкости в систему с температурой выше ее точки кипения. При этом жидкость моментально превращается в пар и установку может разорвать давлением паров;

3. Работа со сжиженными газами в полностью герметичной системе не рассчитанной на высокое давление.

в) Пожар

Пожар – неконтролируемое возгорание в лаборатории. Может привести к полному уничтожению всей лаборатории.

Ситуации, которые могут привести к пожару:

1.Термическое лопание колбы с легковоспламеняющимися жидкостями. Для локализации очага пожара рекомендуется под установку с колбой заранее помещать металлический поддон с загнутыми краями;

2.Смешивание веществ дающих экзотермическую реакцию с воспламеняющимися материалами. Были случаи возгорания смесей сульфата меди с железом и опилками, негашеной извести с опилками или углем и т.д.;

3.Работа с очень легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами если в помещении находятся источники с открытым пламенем или сильно нагретые предметы. Есть также мнение, что работа с эфиром на открытом пламени более безопасна, вследствие того, что нет риска образования больших объемов паровоздушной смеси.

г) Термические ожоги.

Термический ожог – воздействие на кожу сильно нагретых материалов.

Ситуации, которые могут привести к термическому ожогу:

Работа с нагревательными приборами. Следует помнить старое правило: "горячая пробирка выглядит также как и холодная".

д) Отравление

Отравление – попадание в организм токсичного вещества.

Ситуации, которые могут привести к отравлению:

1. Потребление пищи в лаборатории;

2. Со всеми новыми веществами следует обращаться очень осторожно, так как они могут оказаться неожиданно сильнотоксичными;

3. Работа с высокотоксичными веществами требует внимательности и осторожности [26].

4.3.2 Мероприятия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций

Противопожарная защита**.** В целях обеспечения надежности и безопасности работы, предусматривается ряд мероприятий, обеспечивающих безопасное ведение технологического процесса[31]:

- герметичность арматуры оборудования и трубопроводов;
- автоматический контроль технологического процесса со щита в операторной;
- закрытая система сбросов на факел и дренирования воды, что позволяет предотвратить загазованность участка, тем самым уменьшить вероятность пожара и взрыва;
- система аварийного освобождения аппаратов и трубопроводов, а также освобождение их от продуктов перед ремонтом;
- оснащение процесса средствами противоаварийной защиты, предупреждающими об отклонениях от норм технологического режима, исключающими возможность выбросов продуктов через предохранительные клапаны;
- система продувки инертным газом и паром аппаратов и трубопроводов перед ремонтом и пуском в работу;
- к оборудованию, размещенному на открытой площадке, обеспечены подъезды пожарной техники, между парками выполнены противопожарные разрывы;
- наружное пожаротушение обеспечивается от системы пожарного водоснабжения;

- выполнена защита зданий, сооружений, аппаратов, оборудования и трубопроводов от вторичных проявлений молний и статического электричества;
- предотвращение взрывов в помещениях с нормальной средой, вследствие проникновения горючих газов и паров, обеспечивается приточными и вытяжными вентиляционными системами;
- резервуарные парки укомплектованы первичными средствами пожаротушения.

Средства пожаротушения:

1. Вода – наиболее доступное средство для тушения пожаров в лаборатории. Вода применяется для тушения твердых горючих материалов – дерева, бумаги, резины, тканей, одежды, а также хорошо растворяющихся в воде горючих жидкостей – ацетона, низших спиртов, органических кислот. Эффективность тушения пожара водой повышается при подаче ее в зону горения в виде распыленных струй. Водой нельзя тушить электрооборудование и электропроводку, находящиеся под напряжением, вещества способные вступить с водой в химическую реакцию;

2. Асбестовое полотно – применяют для тушения веществ и материалов, горение которых не может происходить без доступа воздуха, но только в тех случаях, когда площадь горения не велика;

3. Сухой песок – рекомендуется применять при загорании небольших количеств ГЖ, ЛВЖ и твердых веществ, в том числе тех, которые нельзя тушить водой. В соответствии с нормами противопожарной безопасности, наличие песка обязательно в каждом лабораторном помещении. Песок хранят в ящиках, снабженных совком.

4. Для тушения твердых и жидких веществ, не вступающих во взаимодействие с водой, и в первую очередь – для тушения нефтепродуктов в лаборатории можно использовать воздушно-пенные огнетушители ОВП-10.

Порошковые огнетушители (ОП-5, ОП-10) являются одними из самых эффективных средств пожаротушения. Они не повреждают оборудование,

нетоксичны и неэлектропроводные и предназначены для тушения твердых веществ, жидких веществ (в том числе ГЖ и ЛВЖ), газообразных веществ, электропроводов и электрооборудования, находящихся под напряжением до 1000 вольт[33].

4.4 Правовое обеспечение

В целях сохранения и повышения работоспособности, ускорения адаптации к действию неблагоприятных условий труда, профилактики заболеваний персоналу, работающему в контакте с химическими веществами, следует 2 раза в год проводить витаминизацию.

В соответствии с [34] проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на работах с вредными веществами.

В соответствии с [35], каждый работник операторной на АССБ обеспечен средствами индивидуальной защиты и смывающими веществами (в соответствии с нормами выдачи на 1 работника в месяц). Для исключения возможности несчастных случаев проводится обучение и проверка знаний работников о требованиях безопасности труда в соответствии с [36].

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были проведены экспериментальные исследования, направленные на изучение превращений углеводородов на цеолитном катализаторе, также были исследованы связи показателя преломления с ОЧ смеси углеводородов прямогонных фракций и продуктов каталитических превращений.

Был смоделирован процесс выделения целевых продуктов и спроектирована ректификационная колонна разделения продуктов превращения.

На основании проведенного исследования были сформулированы следующие выводы:

1. Показана связь показателя преломления с ОЧМ смеси углеводородов.
2. Предложена адекватная формула расчета показателя преломления.
3. Была создана оптимальная модель узла фракционирования продуктов превращения.
4. Было выполнено проектирование ректификационной колонны выделения целевых продуктов.

Список публикаций

1. Базарова Ж.Б., Кислицкая Е.Р., Меховникова А.С., Курская Д.А., Анюшина К.А. Полимеризация дициклопентадиена под действием многокомпонентных комплексов на основе титаноцена // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно - практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулева: в 2 т., Томск, 25 – 29 Мая 2015. – Томск: ТПУ, 2015 – Т.2- С.246 – 248.

Список литературы

1) Алюмосиликатный цеолит, способ его получения: патент Рос. Федерации №2500619; заявл. 16.09.09; опубл. 10.12.13, Бюл № – с.
2) Колесников И.М. Катализ и производство катализаторов. – М.: Издательство “Техника”, ТУМА ГРУПП, 2004. – С. 245 – 248 с.
3) Р. М. Мустафаева Цеолитсодержащие катализаторы в процессах получения ароматических углеводородах. – Баку: 2012
4) Balsama S., Beltrame P., Beltrame P.L., Carniti P., Fomi L., Zuretti G. Alkylation of phenol with methanol over zeolites. // Appl. Catal., 1984, v. 13, p. 161-170.
5) Bautista P.M., Campelo J.M., Garcia A., Luna D., Marinas J.M. Alkylation’s of aniline with methanol over AlPO4-Al2O3 catalysts. // Appl. Catal. A: General, 1998, v. 166, p. 39-45.
6) Bautista P.M., Campelo J.M., Luna A.G.D., Marinas J.M., Romero A.A., Navio J.A., Macias M. Anion treatment catalysts. 4. Catalytic performance in the alkylation of phenol with methanol. // Appl. Catal. A: General, v. 1993, v. 99, p. 161-173.
7) Brunner E. Solid-state NMR - a powerful tool for the investigation of surface hydroxylgroups in zeolites and their interactions with adsorbed probe molecules. // Journal of Molecular Structure, 1995, v. 355, p. 61-85.
8) Haw J.F. zeolite acid strength and reaction mechanisms in catalysts //Phys. Chem.2002, v.4, p. 5431-5441
9) Bosacek V. Formation of surface-bonded methoxy groups in the soφtion of methanol and methyl-iodide on zeolites studied by C-13 MAS NMR-spectroscopy. // J. Phys. Chem., 1993,97, p. 10732- 10737.
10) Дж. Рабо, Химия цеолитов и катализ на цеолитах, М.: Мир, 1980. 560 с.
11) С.Н. Хаджиева. Крекинг нефтяных фракций на цеолитсодержащих катализаторах, М.: Химия, 1982. 277 с.

12) Гуревич И.Л. Технология переработки нефти и газа: часть 1. – М.: Химия, 1972. – 361 с.
13) Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов.– Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.
14) Степанов В.Г., Снытникова Г.П., Ионе К.Г. Риформинг бензиновых фракций нефтей и газовых конденсатов на цеолитах. – Нефтехимия, 1992. – №3. – С. 243 – 249.
15) Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти. М.: Химия, 1976. 311 с.
16) Суханов В.П. Каталитические процессы в нефтепереработке. М.: Химия, 1979. 343 с.
17) Самборская М.А. Технологическое проектирование тарельчатых колонн фракционирования нефти: методическиеуказания – Томск: Издательство ТПУ, 2008 – 47с.
18) И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова Финансовый менеджмент, ресурсоэфективность и ресурсосбережение: методические указания – Томск : Издательство ТПУ, 2014- 36с.
19) ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.:Стандартинформ, 2008. – 49 с.
20) ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. – М.: Стандартинформ, 2008. – 20 с.
21) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: http://www.complexdoc.ru/ntdtext/579059., свободный. – Дата обращения: 23.04.2014 г.
22) ГОСТ 12.1.003 - 83* Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2008. – 13 с

23) СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. - Режим доступа www.URL: http://www.complexdoc.ru/ntdtext/485621., свободный. – Дата обращения: 23.04.2014 г.

24) ГОСТ 9572-93 Бензол нефтяной. Технические условия.-Минск: Госстандарт России, 1995 г.

25) ГОСТ 5789-78 Толуол. Технические условия.-М: Госстандарт России, 1988 г.

26) ГОСТ 12.1.007-76 «Классификация вредных веществ и общие требования безопасности»- М: Межгосударственный стандарт, 1977 г.

27) ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» - М: Минздрав России, 2003 г.

28) ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: Стандартинформ, 2007. – 10 с.

29) ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» - М: Межгосударственный стандарт, 1979 г.

30) Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/., свободный. – Дата обращения: 23.04.2014 г.

31) ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. - М: ИПК Издательство Стандартов, 1996 г.

32) ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.

33) ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 11 с

34) Приказ Министерства здравоохраниения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: http://www.rg.ru/2011/10/28/medosmotr-dok.html., свободный. – Дата обращения: 23.04.2014 г.

35) Технический регламент от 24 декабря 2009 г. О безопасности средств индивидуальной защиты [Электронный ресурс]. – Электрон. дан.URL: http://www.rg.ru/2010/03/30/tehreg-site-dok.html., свободный. – Дата обращения: 23.04.2014 г.

36) ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.

Приложения

Средняя

Группа	Молекулярная масса, г/моль	Относительная плотность	Давление насыщенных паров, кПа
3	45,660	0,518	0,798
4	58,107	0,575	13,372
5	72,047	0,627	8,997
6	85,820	0,669	20,336
7	98,551	0,709	6,229
8	107,086	0,845	0,213
9	128,137	0,723	0,026
10	141,341	0,750	0,004
11	153,380	0,819	0,002
12	166,681	0,802	0,001
13	184,335	0,755	0,000
14	198,390	0,760	0,000
15	212,340	0,800	0,001
Итого	93,628	0,694	49,977

Фракционный состав

Отгон, %	Температура, °C
0,5	40,616
5,0	59,017
10,0	69,771
15,0	71,726
20,0	73,701
25,0	75,695
30,0	77,709
35,0	79,742
40,0	81,795
45,0	83,868
50,0	85,960
55,0	88,631
60,0	91,786
65,0	94,983
70,0	98,223
75,0	101,506
80,0	104,830
85,0	116,505
90,0	131,092
95,0	142,994
98,0	162,342
99,5	225,077

Октановое число

Группа	Исследовательский метод	Моторный метод
Парафины	6,677	10,971
Изопарафины	58,717	40,717
Ароматика	16,840	16,331
Нафтены	5,686	3,319
Олефины	0,603	0,479
Оксигенаты	0,015	0,009
Итого	88,538	71,826

Приложение1 - Хроматограмма пробы 1.

Средняя

Группа	Молекулярная масса, г/моль	Относительная плотность	Давление насыщенных паров, кПа
3	44,524	0,505	4,257
4	58,119	0,574	37,995
5	72,075	0,626	14,358
6	85,858	0,664	16,627
7	98,154	0,716	5,966
8	106,539	0,857	0,223
9	127,954	0,722	0,030
10	141,694	0,740	0,004
11	154,331	0,807	0,003
12	165,253	0,825	0,002
13	184,312	0,752	0,000
14	198,390	0,760	0,000
15	212,340	0,800	0,001
Итого	93,809	0,691	79,468

Фракционный состав

Отгон, %	Температура, °C
0,5	36,579
5,0	46,866
10,0	56,054
15,0	64,220
20,0	70,231
25,0	72,583
30,0	74,963
35,0	77,371
40,0	79,808
45,0	82,272
50,0	84,765
55,0	87,498
60,0	91,446
65,0	95,461
70,0	99,543
75,0	103,693
80,0	112,876
85,0	127,749
90,0	137,605
95,0	147,765
98,0	210,459
99,5	267,689

Октановое число

Группа	Исследовательский метод	Моторный метод
Парафины	10,153	13,476
Изопарафины	62,310	42,422
Ароматика	20,589	20,195
Нафтены	0,769	0,843
Олефины	0,595	0,463
Оксигенаты	0,023	0,015
Итого	94,438	77,414

Приложение 2 - Хроматограмма пробы 2.

Средняя

Группа	Молекулярная масса, г/моль	Относительная плотность	Давление насыщенных паров, кПа
2	30,700	0,340	0,016
3	44,257	0,502	11,664
4	58,088	0,573	46,996
5	72,046	0,626	12,574
6	85,746	0,666	16,036
7	97,815	0,723	5,446
8	106,423	0,859	0,220
9	127,948	0,721	0,027
10	141,582	0,742	0,004
11	153,955	0,804	0,002
12	163,821	0,826	0,003
13	184,304	0,751	0,000
14	198,390	0,760	0,000
15	212,340	0,800	0,001
Итого	92,601	0,690	92,989

Фракционный состав

Отгон, %	Температура, °C
0,5	29,230
5,0	43,657
10,0	51,621
15,0	60,519
20,0	69,470
25,0	71,824
30,0	74,208
35,0	76,619
40,0	79,059
45,0	81,528
50,0	84,025
55,0	86,550
60,0	90,578
65,0	94,912
70,0	99,324
75,0	103,815
80,0	113,418
85,0	127,536
90,0	137,221
95,0	147,201
98,0	207,802
99,5	266,949

Октановое число

Группа	Исследовательский метод	Моторный метод
Парафины	11,888	15,058
Изопарафины	58,018	39,289
Ароматика	22,478	21,915
Нафтены	0,639	0,684
Олефины	1,037	0,745
Оксигенаты	0,020	0,014
Итого	94,081	77,705

Приложение 3 - Хроматограмма пробы 3.

Средняя

Группа	Молекулярная масса, г/моль	Относительная плотность	Давление насыщенных паров, кПа
3	44,683	0,507	1,985
4	58,100	0,574	16,510
5	72,033	0,627	10,470
6	85,670	0,668	15,998
7	97,434	0,731	6,155
8	106,387	0,860	0,319
9	127,961	0,721	0,038
10	141,595	0,742	0,007
11	154,050	0,807	0,003
12	163,848	0,825	0,004
13	184,281	0,748	0,000
14	198,390	0,760	0,000
15	212,340	0,800	0,002
Итого	97,977	0,715	51,492

Фракционный состав

Отгон, %	Температура, °C
0,5	39,522
5,0	56,426
10,0	67,993
15,0	71,495
20,0	73,993
25,0	76,521
30,0	79,081
35,0	81,672
40,0	84,295
45,0	86,974
50,0	90,940
55,0	94,974
60,0	99,076
65,0	103,246
70,0	109,738
75,0	120,613
80,0	129,695
85,0	136,527
90,0	143,504
95,0	163,635
98,0	224,287
99,5	272,596

Октановое число

Группа	Исследовательский метод	Моторный метод
Парафины	7,504	12,190
Изопарафины	54,280	36,101
Ароматика	29,445	29,200
Нафтены	0,675	0,741
Олефины	0,788	0,611
Оксигенаты	0,013	0,008
Итого	92,705	78,852

Приложение 4 - Хроматограмма пробы 4.

Средняя

Группа	Молекулярная масса, г/моль	Относительная плотность	Давление насыщенных паров, кПа
1	16,043	0,260	0,016
2	30,700	0,340	0,072
3	44,292	0,502	6,239
4	58,075	0,575	23,961
5	72,023	0,628	10,024
6	85,442	0,680	18,415
7	96,445	0,756	3,485
8	106,375	0,861	0,297
9	127,978	0,721	0,036
10	141,588	0,742	0,007
11	154,107	0,806	0,003
12	163,868	0,826	0,004
13	184,278	0,748	0,000
14	198,390	0,760	0,001
15	212,340	0,800	0,003
Итого	96,204	0,715	62,561

Фракционный состав

Отгон, %	Температура, °C
0,5	32,586
5,0	50,910
10,0	62,934
15,0	70,397
20,0	72,777
25,0	75,187
30,0	77,625
35,0	80,092
40,0	82,588
45,0	85,113
50,0	88,239
55,0	92,763
60,0	97,374
65,0	102,071
70,0	108,043
75,0	119,587
80,0	129,437
85,0	136,523
90,0	143,767
95,0	166,444
98,0	252,575
99,5	273,627

Октановое число

Группа	Исследовательский метод	Моторный метод
Парафины	9,385	14,041
Изопарафины	44,247	31,442
Ароматика	27,913	27,874
Нафтены	9,501	4,856
Олефины	0,945	0,704
Оксигенаты	0,013	0,008
Итого	92,004	78,925

Приложение 5 - Хроматограмма пробы 5.