

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
ООП/ОПОП Химическая технология переработки нефти и газа
Отделение химической инженерии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Моделирование работы реакторно-регенераторного блока установки каталитического крекинга вакуумного дистиллята

УДК: 665.642.5-404

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Нестеров Алексей Максимович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОХИ ИШПР	Ивашкина Е.Н.	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев М.В.	к.т.н., ст. преподаватель		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес О.Е.	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ
по образовательной программе
«Химическая технология переработки нефти и газа»
(направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»)

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности
УК(У)-9	способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	готовностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий

Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	способность и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	способностью анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
Дополнительные профессиональные компетенции (профессиональные компетенции, установленные университетом)	
ДПК(У)-1	способность планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов
ДПК(У)-2	готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования
ДПК(У)-3	готовность использовать знания фундаментальных физико-химических закономерностей для решения возникающих научно-исследовательских задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе, химических реакторов
ДПК(У)-4	готовность использовать информационные технологии при разработке проектов
ДПК(У)-5	готовность изучать научно-техническую информацию отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования на английском языке

ПРИКАЗ

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»
Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

ВКР бакалавра
(ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)

Студенту:

Группа	ФИО
2Д8Б	Нестерову Алексею Максимовичу

Тема работы:

Моделирование работы реакторно-регенераторного блока установки каталитического крекинга вакуумного дистиллята	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28-92/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Экспериментальные данные с промышленной установки крекинга по материальному балансу, конструкции лифт-реактора и регенератора, режимам работы аппаратов
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Современное состояние технологии каталитического крекинга История развития и современные технологии процесса каталитического крекинга Конструкции реакторно-регенераторного блока процесса каталитического крекинга Технология каталитического крекинга Мониторинг секции С-200 установки КТ-1/1 Физико-химические основы процесса каталитического крекинга Химизм процесса каталитического крекинга

	Механизм реакций каталитического крекинга Термодинамический анализ реакций процесса окислительной регенерации цеолитсодержащих катализаторов Проверка гидродинамического режима работы регенератора Составление кинетической модели процесса окислительной регенерации цеолитсодержащих катализаторов крекинга
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор	Ивашкина Елена Николаевна
Объекты и методы исследования	Ивашкина Елена Николаевна
Теоретическая часть	Ивашкина Елена Николаевна
Практическая часть	Ивашкина Елена Николаевна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность,	Гуляев Милий Всеволодович
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ивашкина Е.Н.	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Нестеров Алексей Максимович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д8Б	Нестерову Алексею Максимовичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения</i>

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	03.02.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		03.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Нестеров Алексей Максимович		03.02.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2Д8Б		Нестерову Алексею Максимовичу	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Моделирование работы реакторно-регенераторного блока установки каталитического крекинга вакуумного дистиллята	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: процесс каталитического крекинга</p> <p>Область применения: нефтеперерабатывающая промышленность для создания новых и интенсификации действующих нефтехимических процессов получения высокооктановых компонентов</p> <p>Размеры помещения: 6 x 5 м</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: аудитория 133 оборудована 12 ЭВМ, 1 Интерактивная доска</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: исследование процессов сероочистки с использованием персонального компьютера</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>«Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022);</p> <p>N 123-ФЗ от 22.07.2008 (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;</p> <p>СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.</p> <p>СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ потенциальных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Анализ вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; – Статические физические перегрузки; – Нервно-психические перегрузки; – Перегрузка зрительного аппарата; – Повышенный уровень шума;

– Обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	– Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; – Наличие электростатического поля и электромагнитных полей радиочастотного диапазона; Анализ опасных факторов: – Производственные факторы, связанные с электрическим током; – Пожарная опасность;
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации	Анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу; Решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения/при эксплуатации	Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; Выбор наиболее типичной ЧС; Разработка превентивных норм по предупреждению ЧС; Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий. Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
20.02.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Нестеров Алексей Максимович		

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

Инженерная Школа Природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»
Уровень образования Бакалавриат
Отделение химической инженерии
Период выполнения весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

ВКР бакалавра

(ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающегося:

Группа	ФИО
2Д8Б	Нестерова Алексея Максимовича

Тема работы:

Повышение эффективности использования водородсодержащего газа в производстве поверхностно-активных веществ
--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.2022	Литературный обзор	20
20.03.2022	Объекты и методы исследования	10
07.04.2022	Теоретическая часть	15
01.05.2022	Практическая часть	15
30.05.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
07.06.2022	Социальная ответственность,	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ивашкина Е.Н.	д.т.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес О.Е.	к.т.н., доцент		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Нестеров Алексей Максимович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 102 с., 26 рис., 36 табл., 67 источников и 3 приложения

Ключевые слова: каталитический крекинг, реакторно-регенераторный блок, вакуумный дистиллят, математическое моделирование, кокс.

Объектом исследования является промышленный процесс каталитического крекинга вакуумного дистиллята.

Цель работы – построение кинетической модели процесса окислительной регенерации цеолитсодержащего катализатора крекинга на основе анализа термодинамических параметров реакций выжигания кокса и расчета гидродинамического режима работы аппарата.

В ходе работы проводился мониторинг работы промышленной установки каталитического крекинга, выполнен анализ влияния различных технологических параметров на показатели процесса каталитического крекинга, выполнены расчеты термодинамических параметров процесса окислительной регенерации цеолитсодержащего катализатора, а также выполнена оценка гидродинамического режима работы аппарата.

В результате исследования была составлена кинетическая модель и определены термодинамические и гидродинамические параметры процесса каталитического крекинга

Степень внедрения: разработана кинетическая модель процесса окислительной регенерации цеолитсодержащего катализатора, которая в дальнейшем будет внедрена в качестве модуля компьютерной моделирующей системы реакторно-регенераторного блока установки каталитического крекинга вакуумного дистиллята.

Область применения: технология каталитического крекинга на нефтеперерабатывающих заводах мира.

Экономическая эффективность/значимость работы: своевременное регулирование технологических параметров процесса, поддержание оптимальных параметров процесса с целью получения качественного продукта и увеличения производительности установки при экономии ресурса цеолитсодержащего катализатора на стадии окислительной регенерации.

Оглавление

Введение.....	12
1 Современное состояние технологии каталитического крекинга	13
1.1 История развития и современные технологии процесса каталитического крекинга.....	14
1.2 Конструкции реакторно-регенераторного блока процесса каталитического крекинга.....	16
2 Объект и методы исследования	26
2.1 Технология каталитического крекинга	26
2.2 Мониторинг секции С-200 установки КТ-1/1	29
2.3 Физико-химические основы процесса каталитического крекинга	37
2.3.1 Химизм процесса каталитического крекинга.....	37
3 Определение термодинамических и кинетических закономерностей процесса регенерации катализаторов крекинга	41
3.1 Исходные данные для исследования.....	41
3.2 Термодинамический анализ реакций процесса окислительной регенерации цеолитсодержащих катализаторов	42
3.3 Проверка гидродинамического режима работы регенератора.....	44
3.4 Составление кинетической модели процесса окислительной регенерации цеолитсодержащих катализаторов крекинга.....	49
3.5 Составление математической модели процесса окислительной регенерации цеолитсодержащих катализаторов крекинга.....	51
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	53
5 Социальная ответственность	73
Список использованных источников	92
Приложение А	99
Приложение Б.....	100
Приложение В.....	102

Введение

Самый распространенный процесс нефтеперерабатывающей промышленности, основанный на деструкции длинных цепей углеводородов – каталитический крекинг. Это связано с тем, что в настоящее время развивается тенденция, в которой нефтеперерабатывающая промышленность вовлекается в больших масштабах на увеличение мощностей деструктивных и облагораживающих процессов с целью получения светлых нефтяных продуктов и снижением роста производства топочных мазутов, а также с ростом добычи и переработки тяжелой нефти, увеличением потребления ДТ и различных марок бензинов.

Усовершенствование установок вторичной переработки нефти – одна из фундаментальных задач нефтеперерабатывающих заводов РФ. Это вызвано требованиями к более качественным видам нефтепродуктов. Достигают данную задачу с помощью увеличения глубины переработки УВ сырья.

Метод математического моделирования применяется на современных установках процесса КК для оптимизации процесса работы. Модель учитывает состав сырья, технологические режимы установок и тд.

Цель данной работы – построение кинетической модели процесса окислительной регенерации цеолитсодержащего катализатора крекинга на основе анализа термодинамических параметров реакций выжига кокса и расчета гидродинамического режима работы аппарата.

Актуальность данного исследования заключается в решении проблемы эффективности процесса, которая определяется, в первую очередь, активностью, селективностью и стабильностью используемых микросферических цеолитсодержащих катализаторов, однако, решение данной задачи усложняется из-за изменения состава исходного сырья, изменением активности катализатора процесса каталитического крекинга при отравлении коксом и тяжелыми металлами, а также значительным перепадом температур по высоте аппарата, который оказывает влияние на направление реакции.

1 Современное состояние технологии каталитического крекинга

Каталитический крекинг представляет собой процесс вторичной переработки, используемый в основном для преобразования высококипящих высокомолекулярных фракций нефти в более ценные виды топлива, такие как бензин, дизельное топливо, сжиженный нефтяной газ (СНГ), олефиновые газы и некоторые другие продукты. В 2014 году мировая доля процесса каталитического крекинга на рынке составила около 681 килограмма тонн, и ожидается, что он будет расти на 3,3 % ежегодно до 2020 года [1]. Глобальный опрос показал существование около 400÷450 единиц КК по состоянию на 2000 год [2], и по состоянию на начало 2014 года более 300 из этих единиц все еще находились в активной эксплуатации [3].

Производство топлива в процессе КК составляет около 35÷50 % от общего объема бензина, производимого во всем мире в нефтяной промышленности. [4-8] Однако этот процесс используется неравномерно в разных странах. В Китае, например, КК используется примерно в 27 % нефтепереработки и отвечает за около 80 % производства бензина, в то время как на его долю приходится около трети общего объема производства бензина в США (рисунок 1). В Великобритании, Германии, Франции и Италии на долю нефти КК и бензина риформинга приходится 25÷30 % и 45÷50 % бензинового пула соответственно [5,9].



Рисунок 1.1 – Актуальность КК на современных нефтеперерабатывающих заводах и его использование в разных странах [9]

Помимо производства бензина, технология КК может быть использована в производстве некоторых продуктов нефтехимии, таких как пропилен [10] и другие олефины [11]. На самом деле, блоки КК стали важным источником легких олефинов [12-15]. В 2000 году около 34 % пропилена во всем мире производилось на установках КК [16,17]. Однако самые последние данные показывают снижение до 25÷30 % из-за увеличения использования других процессов, например, по целевому способу получения пропилена для его производства [18]. Технология КК, которая была внедрена более семи десятилетий назад, играет ключевую роль в модернизации и оптимизации тяжелой нефти. Причина его долговечности заключается в том, что он является одним из наиболее важных конверсионных процессов на нефтеперерабатывающем заводе для преобразования тяжелых фракций сырой нефти в более ценные сорта [17,19–25]. Высокая гибкость эксплуатации, способность перерабатывать различные типы сырья, такие как полученное из биомассы сырья, а также способность адаптироваться к меняющемуся спросу на продукцию обеспечивают повышенную рентабельность по сравнению с другими процессами переработки нефти [26].

1.1 История развития и современные технологии процесса каталитического крекинга

В начале 20 века ученые обнаружили, что мелкодисперсные частицы могут существовать в пространстве подобно жидкостям, но для этого нужны определенные условия. Это послужило началом развития технологии КК. Эти свойства позволяют частицам иметь преимущество в теплообмене и массообмене по сравнению с другими технологиями, где гранулы катализаторов более крупные. Жидкая фаза – лучший вариант для процесса КК. Это объясняется сильным эндотермическим эффектом в реакциях крекинга и экзотермическим эффектом в фазе регенерации. В 1940-х годах в эксплуатацию была введена первая установка каталитического крекинга. С каждым десятилетием конструкция установки претерпевала значительные изменения.

Таблица 1.1 – Главные события в истории развития процесса КК [27]

Год	Событие
1942	Компания Standard Oil Development Co. разработала первую установку КК, которая была введена в эксплуатацию
1947	Компания UOP разработала каскадную модель процесса КК. Первая установка, использовавшая очищенный отработанный катализатор
1952	Компания SOD предложила вариант установки с новым способом подачи катализатора (за счет изменения давления)
1957	М.В. Келлог ввел модель, в которой реактор и регенератор с псевдоожиженным слоем были объединены в одном блоке
1957-1960	Компания Shell разработала первую установку каткрекинга с лифт-реактором
1973	Появление блока Келлога (двухступенчатая регенерация). Количество кокса на восстановленном катализаторе снизилось до отметки <0,1 % по весу
1978	Компания UOP предложила конструкцию установки с более эффективным регенератором. Установка занимала меньше места за счет конструктивных особенностей.
1979	Компания Exxon разработала установку КК на флюидизированном катализаторе
1981	Компания Total Petroleum USA ввела установку КК с двухэтапной системой регенерации, которая протекает в двух отдельных аппаратах и лифт-реакторе с системой впрыска исходной нефти и внутренней выходной системой разделения

В недалеком прошлом резко появился спрос на установки, способные перерабатывать остатки атмосферной перегонки. 2 компании стали лидерами данного сегмента: UOP (США) и Petrobas (Бразилия) [28-30]. Большинство игроков на рынке отдавали предпочтение технологии бразильской компании. Особенностью данной технологии является разработка Ultramist. Данная технология производит оптимизированную систему впрыска сырой нефти, в тандеме с модернизированным лифт-реактором. Данные элементы дополняются механической конструкцией и системой циклонов PASS с замкнутым контуром [31-33].

1.2 Конструкции реакторно-регенераторного блока процесса каталитического крекинга

Особенностью катализатора процесса крекинга в псевдооживленном слое является тот факт, что при насыщении паром катализатор ведет себя подобно жидкости. Это объясняется мелкодисперсным состоянием молекул катализатора. Катализатор такого типа рециркулирует между реактором и регенератором, при этом являясь теплоносителем регенератора, сырью и реактору. Ниже представлены схемы установок FCC, являющихся основными за последнее время [34]:



Конструкции установок прошлых лет сейчас активно модернизируют с целью повышения максимальной глубины крекинга в лифт-реакторе, а также иметь возможность управлять реакцией [35]. Это возможно достичь при изменении подачи регенерированного катализатора в лифт-реактор.

В патенте [36] метод относится к деструктивной переработке тяжелых нефтяных остатков.

Рассмотрим конструкционные строения некоторых реакторов и регенераторов, необходимых для более детального погружения в тему исследования

Реактор тангенциально входит в первичный циклон, внутри которого размещен батарейный циклон, который включает в себя секцию отпарки закоксованного адсорбента путем подачи водяного пара. Этот циклон состоит из патрубков для ввода и вывода адсорбента, вывода продуктов реакции и подачи водяного пара. При $T=700-800$ °С ведется обжиг закоксованного адсорбента в кипящем слое регенератора.

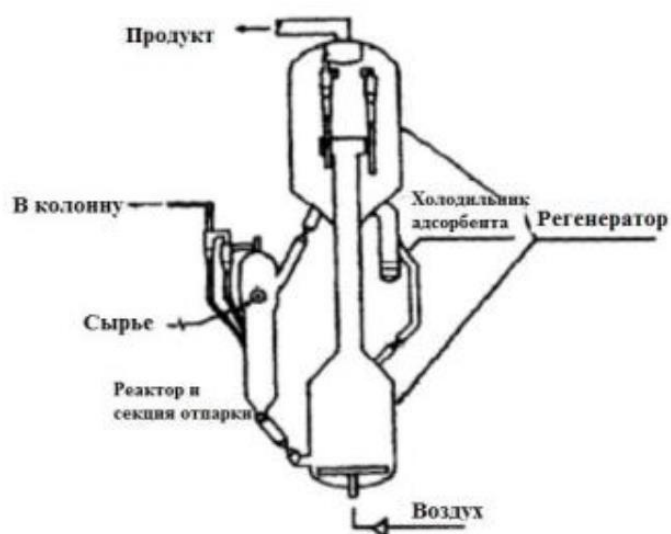


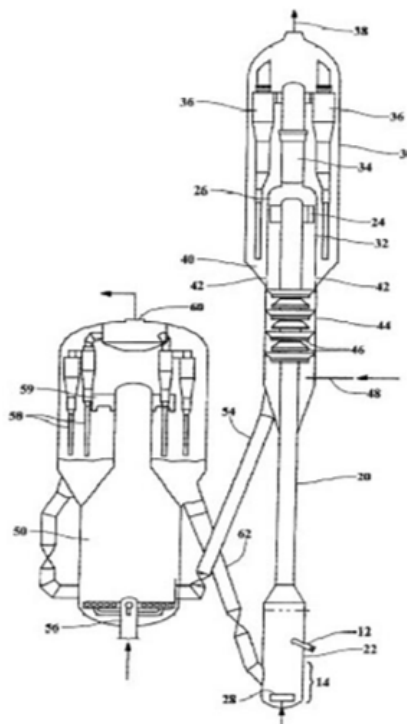
Рисунок 1.2 – Конструкция реакторно-регенераторного блока

Для проведения процесса необходимо соблюдение технологического режима: $T=500-710$ °С и время контакта 0,01–0,10 с. В качестве адсорбента выступают природные железорудные материалы. Аппарат для регенерации адсорбента представляет из себя корпус, выполненный в виде взаимно перпендикулярных цилиндров. Внутренне строение горизонтального цилиндра представляет собой реакционную зону, в которой находятся перфорированные перегородки, расположенные секционировано и вертикально. Необходимо отметить, что обжиг материала осуществляется непосредственно в кипящем слое. Между вертикальными перфорированными перегородками конструктивно расположены холодильники, имеющие проточную перегородку, которая размещена на выходе восстановленного

адсорбента. В данном аппарате присутствует отстойная зона с циклонами, находящаяся в вертикальном цилиндре. Данная конструкция позволяет увеличить выход продуктов (дистиллята) с достаточно малым содержанием металлов. Показатель коксуемости также низкий.

На рисунке 1.3 показана установка, разработанная компанией UOP LLC [37].

Устройство данной разработки состоит из распределителя в наклонном положении и участка подъемной трубы. При этом улучшается перемешивание, что при проведении процесса КК, приводит к улучшению контакта катализатора с углеводородами и за счет этого уменьшает коксообразование в подъемной трубе.



12 – распределители; 14 – нижняя зона; 20 – подъемная труба; 22 – низ подъемной трубы; 24 – выходное отверстие; 26 – баллистический сепаратор; 28 – распределитель пара; 30 – реактор; 32 – разделительная камера; 34 – газовая труба; 36 – циклоны; 38 – патрубок для продуктов; 40 – плотный слой; 42 – отверстия; 44 – зона очистки; 46 – каскадные тарелки; 48 – трубопровод; 50 – регенератор; 54 – трубопровод закоксованного катализатора; 56 – распределитель; 58 – циклоны регенератора; 59 – первичный сепаратор; 60 – выходной патрубок; 62 – нагнетательная труба.

Рисунок 1.3 – Конструкция реакторно-регенераторного блока, разработанная компанией UOP

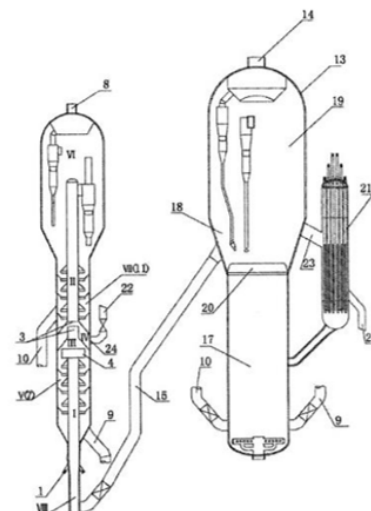
Таблица 1.2 – Технологический режим для установки реакторно-регенераторного блока, разработанной компанией UOP

Параметр	Значение
Кратность сырья	8÷12
Давление, МПа	0,103÷0,241
Температура, °С	427÷690
Количество водяного пара, % масс.	5

Таблица 1.3 – Выход продуктов

Продукт	Выход, % масс.
Бензин	38,3
Легкий газойль	19,7
Кокс	16,7
Осветленное масло	13,7

На рисунке 1.4 представлена конструкция КК, разработанная авторами [38].



1 – сырьевая форсунка; 3 – проход в перегородке; 4 – сепаратор катализатора; 7 – отпарная секция; 8 – выводной патрубок для нефтяного сырья; 9, 10 – стояк для отходящего потока; 11 – вторая отпарная секция; 13 – регенератор; 14 – выводной патрубок; 15 – стояк для регенерированного катализатора; 17 – первая зона регенерации; 18 – зона кипящего слоя плотной фазы; 19 – зона отстоя для осаждения катализатора; 20 – перегородка; 21 – регулятор температуры катализатора; 22 – трубопровод для низкотемпературного регенерированного катализатора; 23 – трубопровод регенерированного катализатора; 24 – коммуникационный порт; I – зона реакции нефтяного сырья; II – зона повторной реакции нефтяного сырья; III – зона отделения катализатора; IV – зона дополнительного распределения катализатора; V, VII – зона отпаривания катализатора, подлежащего регенерации; VI – отстойник; VIII – секция предварительного подъема.

Рисунок 1.4 – Устройство реакторно-регенераторного блока

Установка, представленная на рисунке 1.4 содержит 2 блока:

- Реакторная часть (лифт-реактор, отстойный аппарат, отпарная зона);
- Регенераторная часть (регенератор, охладитель).

При $T=690$ °С регенерированный катализатор поступает в секцию предварительного подъема. Оттуда он направляется в зону реакции нефтяного сырья лифт-реактора. Происходит смешение восходящего потока катализатора с тяжелым сырьем. Как правило, время контакта потока катализатора с сырьем составляет 0,8 с при $T=520$ °С. Полученная смесь поступает в сепарационную секцию для последующего разделения, а катализатор отправляют на регенерацию.

Катализатор и нефтяной газ после реакции поступают в отпарную секцию, после чего проходят через перегородку и поступают в зону повторной реакции. Затем, по завершении реакции, нефтяной газ поступает в отстойник.

Пройдя десорбционную обработку, по пути в регенератор, катализатор захватывает нефтяной газ. Выводной патрубком служит для удаления с установки регенерированного топочного газа в качестве.

Таблица 1.4 – Технологический режим установки

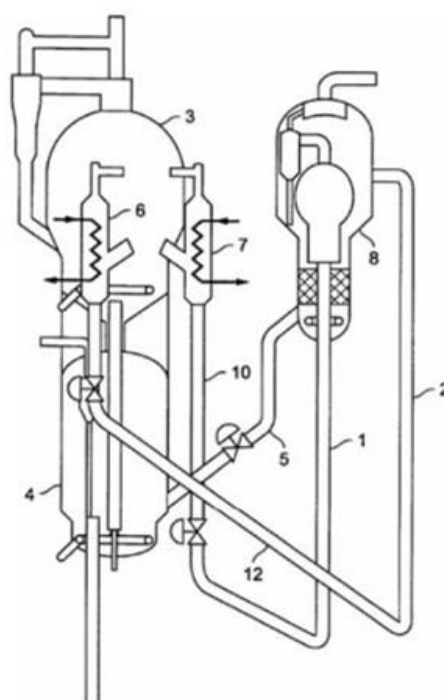
Параметр	Значение
Температура в зоне реакции, °С	510÷550
Температура в зоне подъема, °С	620÷700
Расход нефтяного газа, м/с	5÷20
Время контакта, с	0,4÷0,8

Французскими учеными [39] была разработана установка КК, показанная на рисунке 1.5. Особенностью этой установки является возможность получения бензина и пропилена. Основными составляющими данной установки были одно- или двухступенчатая секция регенерации и зона реакции с двумя ступенями подъема.

Процесс работы: I ступень функционирующая параллельно со II ступенью в условиях разной жесткости, называется главной.

Таблица 1.5 – Соотношение С/О для функционирующих ступеней

Ступень	Отношение С/О
I (главная)	6÷14
II (вторичная)	10÷35



1 – главная система подъема; 2 – вторичная система подъема; 3 – регенератор второй ступени; 4 – регенератор первой ступени; 5 – стояк конденсатоприемника; 6 – вторичный охладитель катализатора; 7 – первичный охладитель катализатора; 8 – отгонка легких фракций; 10 – главный охладитель катализатора; 12 – вторичный охладитель катализатора.

Рисунок 1.5 – Устройство реакторно-регенераторного блока

Таблица 1.6 – Технологический режим установки

Параметр	Значение
Температура на выходе из I, °С	510÷580
Температура на выходе из II, °С	550÷650
Скорость подачи сырья, м/с	20÷50

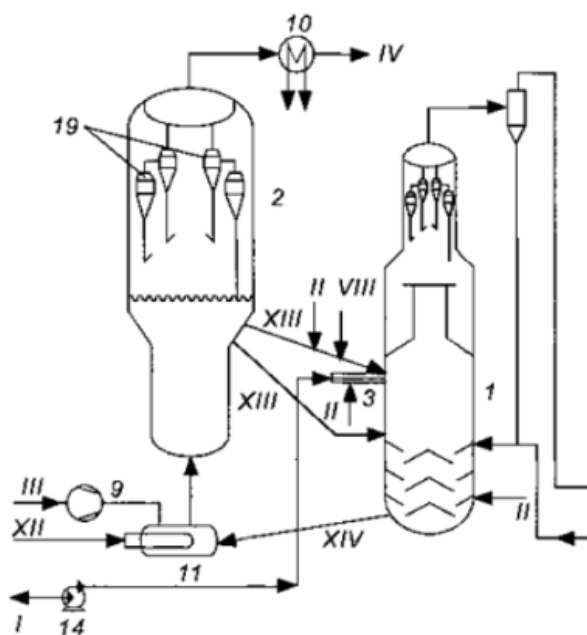
При работе установки катализатор постоянно циркулирует по двум контурам, которые находятся между областью регенерации и реакции. Первый

(I) контур – главный. В его составе: главная система подъема (ГСП) и первая внешняя система охлаждения. Второстепенный (II) контур состоит из вторичного охладителя катализатора и вторичной системы подъема. В первичную систему охлаждения поступает катализатор, отобранный в зоне регенерации. После охлаждения катализатор поступает в ГСП. Аналогичные действия происходят со вторым катализатором.

Легкая фракция, которая подводится ко второй ступени подъема имеет небольшое содержание бензина, получаемого на установке КК.

Технология Millisecond Catalytic Cracking (MSCC) совершила прорыв в мире КК. Данная технология позволяет минимизировать закоксовывание катализатора при ультракоротком времени контакта.

На рисунке 1.6 изображена принципиальная схема конструкции КК с ультракоротким временем контакта MSCC.



1 – реактор; 2 – регенератор; 3 – распределитель сырья; 9 – воздушный компрессор; 10 – котел-утилизатор; 11 – подогреватель воздуха; 14 – насос; 19 – циклоны; I – сырье; II – пар; III – воздух; IV – дымовые газы; VIII – кислая вода; XII – топливо в подогреватель; XIII – регенерированный катализатор; XIV – закоксованный катализатор.

Рисунок 1.6 – Установка «Millisecond»

Реактор с нисходящим потоком катализатора – главная деталь данной установки. Ввод сырья производят перпендикулярно движущемуся вниз

потоку катализатора. После контакта с сырьем, катализатор и продукты реакции отправляются в сепарационную секцию. Благодаря конструкционным особенностям увеличивается выход жидких продуктов при меньших капитальных затратах в сравнении с FCC.

Время контакта катализатора и сырья в данном процессе сокращено до 0,1 с. Сравнение выходов продуктов установок FCC и MSCC представлено в таблице 1.7.

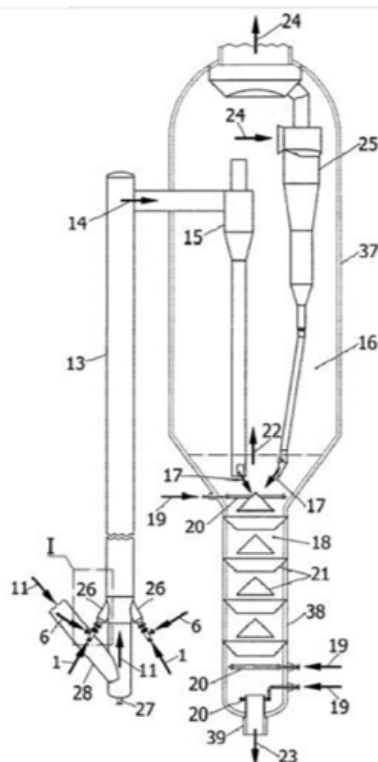
Таблица 1.7 – Сравнение показателей выхода продукта FCC и MSCC

Показатель	MSCC	FCC
Свойства сырья		
Плотность ρ^{15} , кг/м ³	920	915
Коксуемость, %(масс.)	1,2	1,2
Выход продуктов, %		
C ₁ – C ₂	6,9	3,1
C ₃ – C ₄	20,2	17,6
Бензин (C ₅ – 220 °C)	47,2	49,1
Легкий газойль (220 – 360 °C)	20,2	17,7
Тяжелый газойль (> 360 °C)	8,5	7,7
Кокс, %(масс.)	5,4	4,8
Итого:	100	100

Технологические особенности модернизированной установки КК являются:

- уникальная система контакта катализатора с сырьем;
- ультракороткое время реакции.

На рисунке 1.7 изображен новый способ увеличения выработки моторного топлива, разработанный российскими учеными [41].



1 – углеводородное сырье; 6 – водяной пар; 11 – поток регенированного катализатора; 13 – прямоточный катализатор; 14 – парообразные продукты; 15 – циклонный сепаратор первой ступени; 16 – сепарационная зона; 17 – задвижка; 18 – отпарная зона; 19 – подача водяного пара; 20 – парораспределительное устройство; 21 – конические перегородки; 22 – газы; 23 – отработанный катализатор; 24 – продукты; 25 – циклонный сепаратор второй ступени; 26 – радиальные форсунки; 27 – ввод водяного пара; 28 – регенированный катализатор; 37 – сепарационная камера; 38 – отпарная камера; 39 – вывод отработанного катализатора.

Рисунок 1.7 – Устройство реакторно-регенераторного блока

Диспергирование флюидного сырья парами воды – основной принцип процесса КК. Получение целевых продуктов ведут на мелкодисперсном катализаторе. Диспергированное сырье распыляется в восходящий поток катализатора, с помощью щелевых отверстий. Взаимодействие катализатора с распыленным веществом происходит в прямоточном реакторе. В сепарационной секции, а именно, циклонными сепараторами, закоксованный катализатор отделяют от целевых продуктов процесса КК. Углеводороды, увлеченные закоксованным катализатором отделяют в отпарной зоне с помощью водяного пара. Диспергирование сырья при этом проводят в области смешения потока сырья. Данное устройство позволило увеличить выход бензиновой фракции, а также, улучшить селективность по образованию коксовых отложений и сухого газа.

Исходя из рассмотренных выше типовых конструкций реакторно-регенераторного блока нетрудно сделать вывод, что конструкция установки каталитического крекинга зависит от того, какое сырье будет перерабатываться, объемов и качества получаемых продуктах, катализатора процесса и т.д. Если показатели коксуемости достаточно высоки, регенерацию катализатора должна проводиться в две ступени. При этом для регулирования температур в регенераторе и реакторе и снятия избыточного тепла, регенераторы необходимо снабжать холодильными аппаратами.

2 Объект и методы исследования

2.1 Технология каталитического крекинга

Объект исследования: установка каталитического крекинга вакуумного дистиллята секции С-200 в составе установки глубокой переработки мазута комплекса КТ-1/1, представленная на рисунке 2.1.

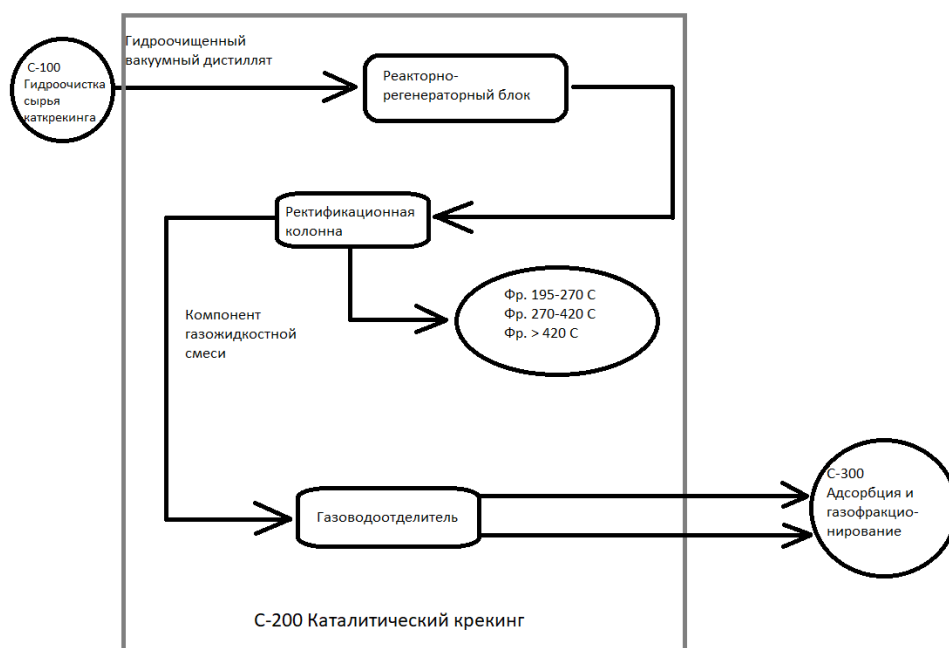


Рисунок 2.1 – Упрощенная схема комплекса КТ-1/1

Целевые продукты, получаемые на установке КТ-1/1 каталитического крекинга вакуумного газойля:

- нестабильный бензин и жирный газ;
- легкий газойль каталитического крекинга;
- фракция 270÷420 °С или тяжелый вакуумный газойль;
- фракция более 420 °С.

Нестабильный бензин отправляют на стабилизирующую установку с целью получения высокооктанового компонента автомобильных бензинов. Жирный газ направляют на газофракционирующую установку. На данной установке получают пропан-пропиленовую (ППФ) и бутан-бутиленовую фракцию (ББФ). ППФ является сырьем для различных нефтехимических реакций. Не является товарным продуктом, все сферы применения связаны с дальнейшим синтезом изопропилбензола, акриловой кислоты и изопропанола.

ББФ в основном используется в нефтяной промышленности как сырьё при производстве высокооктановых добавок к бензинам. Может применяться как сырьё для предприятий химической промышленности и для производства синтетического каучука [42,43].

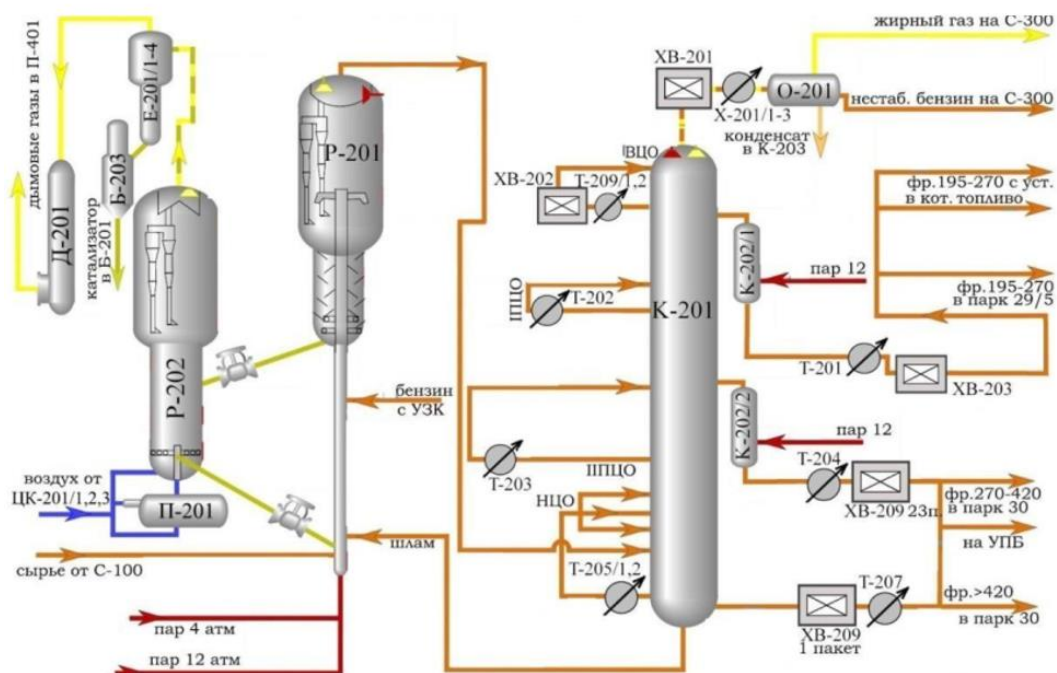
Легкий газойль. Данный продукт используют как основной компонент при производстве ДТ.

Тяжелый вакуумный газойль можно использовать как компонент котельного топлива или направить на переработку для дальнейшего производства кокса или получения технического углерода.

Фракция более 420 °С помимо сырья для получения кокса, в смеси с тяжелым газойлем является компонентом котельного топлива.

Сущность процесса каткрекинга заключается в разрушении высокомолекулярных структур на более мелкие и перераспределении водорода при разрыве связи С–С. В состав секции С-200 входят два блока (рисунок 2.2). Первая составляющая – реактор, где содержатся пары сырья и катализатор. Вторая составляющая – регенератор. В регенераторе происходит выжиг кокса с поверхности катализатора. Основная цель – регенерация и восстановление активных свойств катализатора процесса, который после блока регенерации следует в нижнюю часть прямоточного реактор, где происходит смешение с диспергированным сырьем. Реакция крекинга проходит при $T=500\div 540$ °С, в роли реагента выступает смесь паров нефтепродуктов и катализатора. Далее, после реакции, сырая нефть с катализатором следует в верхнюю часть реактора, где в баллистическом сепараторе разделяется. Небольшое количество продуктов каткрекинга осаждается на поверхности катализатора. Далее, в секции десорбции, под действием водяного пара, где происходит отпаривание смолистых соединений, покрывших поверхность катализатора. Следующий этап – выжиг кокса в регенераторном блоке, куда катализатор поступает по трубопроводу из отпарочной зоны. Температура в блоке регенерации достигает 640-690 °С.

После всех этих циклов в лифт-реактор по катализаторопроводу поступает чистый регенерированный катализатор.



P-201 – реактор; P-202 – регенератор; K-201 – колонна ректификации продуктов; K-202/1, K-202/2 – отпарная колонна; O-201 – отстойник; П-201 – форсунка; ЦК-201/1, 2, 3 – компрессор; Е-201/1-4 – выносные циклоны; В-203 – уловленного катализатора; Д-201 – аппарат снижения давления газов регенерации; Т-201, 202, 203, 204, 205/1, 2, 207, 209/1, 2 – теплообменник; ХВ-201, 202, 203, 209 – воздушный холодильник; X-201/1-3 – доохладитель.

Рисунок 2.2 – Реакторно-регенераторный блок и ректификация продуктов крекинга.

Материальный баланс установки представлен в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Материальный баланс установки [44]

Сырье	т/сут	%
Вакуумный газойль	5474,05	100
Продукты		
Нестабильный бензин	2766,48	50,5
Легкий каталитический газойль (фр. 195-270 °С)	736,74	13,5
Тяжелый газойль (фр. 270-420 °С)	126,68	2,4
Фракция > 420 °С	61,76	1,1
Кокс	456,29	8,3
Жирный газ	1326,1	24,2

Процесс каталитического крекинга вакуумного дистиллята проводят на установке КТ-1/1. В роли катализатора выступают соединения биоцелитного состава. Состав катализатора представлен в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Состав катализатора установки КТ-1/1

Компонент	%, масс.
Y-тип цеолит	12,0÷60,0
ZSM-5 алюмосиликатный цеолит	10,0
Редкоземельные металлы	0,5÷6,0

Стоит отметить, что соотношение ZSM-5: Y-тип составляет от 0,25 до 3,0 по весу. Качественно-количественный состав выходящих продуктов зависит от:

- состава сырья;
- технологического режима работы
- состав катализатора

2.2 Мониторинг секции С-200 установки КТ-1/1

Материальный баланс процесса крекинга, реализованного на установке КТ-1/1 и диапазон изменения по отбору продуктов (%) за период 01.01.2021-09.06.2021 г представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Материальный баланс секции С-200, установки КТ-1/1

Сырье	%
Вакуумный газойль	100
Продукты	
Нестабильный бензин	40,70÷46,43
Жирный газ	28,49÷38,19
Фракция 1 (195-340 °С)	10,47÷14,50
Фракция 2 (> 340 °С)	2,81÷11,22
Кокс	3,02÷5,96

Таблица 2.4 – Технологический режим работы установки КТ-1/1 каталитического крекинга за период 01.01.2021-09.06.2021 г.

Основные рабочие параметры лифт-реактора	Значение
Расход сырья в реактор, м ³ /ч	149,98÷260,01
Температура процесса, °С	525,99÷531,18
Температура сырья на входе в реактор, °С	265,42÷ 306,12
Давление продукта в реакторе Р-1, МПа	0,71÷1,23
Расход пара на входе в захватное устройство, м ³ /ч	5,48÷5,53
Расход шлама в реактор Р-1, м ³ /ч	5,15÷21,03
Расход пара на распыл шлама на форсунках реактора Р-1, т/ч	0,23÷0,25
Кратность циркуляции	6,86÷13,1

Рассмотрим графики (2.3-2.12), которые наглядно отображают состояние установки КТ-1/1, ее технологические параметры и выход продуктов

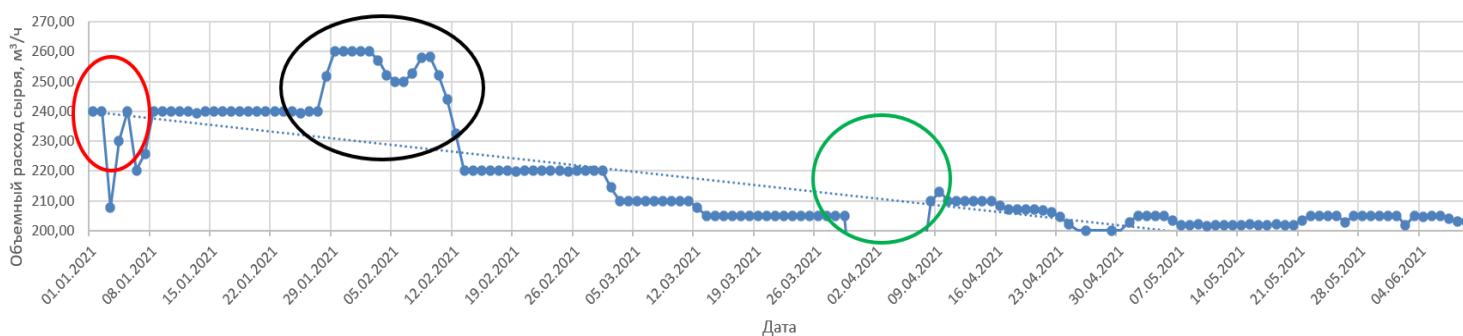


Рисунок 2.3 – Расход сырья на период с 01.01.2021 по 09.06.2021 г

На рисунке 2.3 видно, что показатель объемного расхода сырья в периоды 02.01-08.01, 28.01-13.02, 30.03-09.04 имел некоторые колебания.

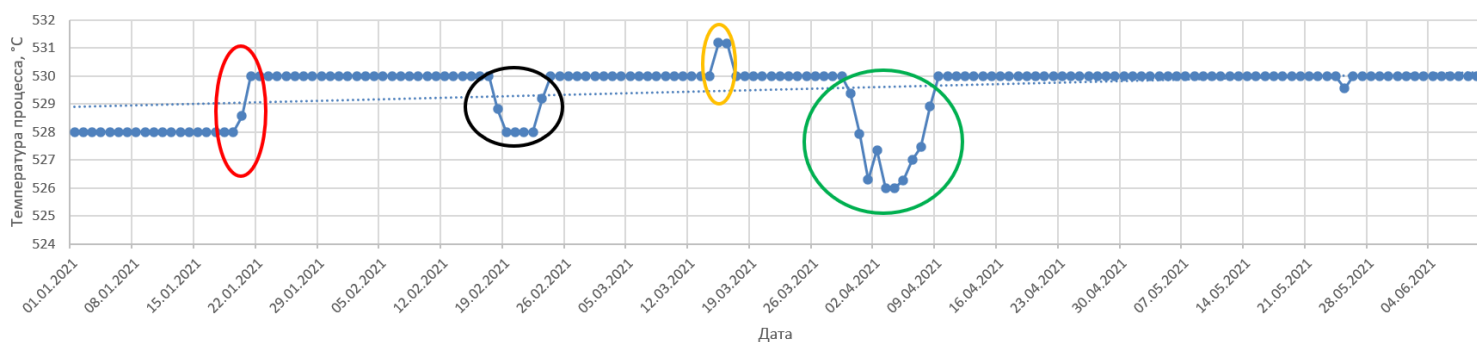


Рисунок 2.4 – Изменение температуры на период с 01.01.2021 по 09.06.2021 г

В целом, в период мониторинга установки температура оставалась стабильной, с периодичностью 1 раз в месяц наблюдался цикл снижения или повышения температуры на $3 \div 5$ °С.

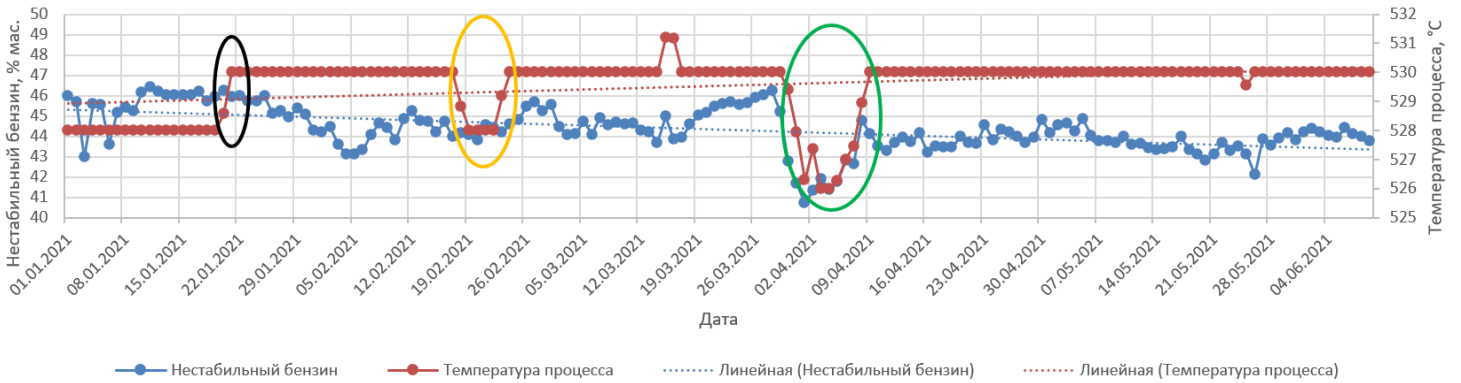


Рисунок 2.5 – Влияние объемного расхода сырья на выход стабильного бензина с 01.01 по 09.06.2021 г



Рисунок 2.6 – Влияние объемного расхода сырья на выход ББФ с 01.01 по 09.06.2021 г



Рисунок 2.7 – Влияние объемного расхода сырья на выход ППФ с 01.01 по 09.06.2021 г

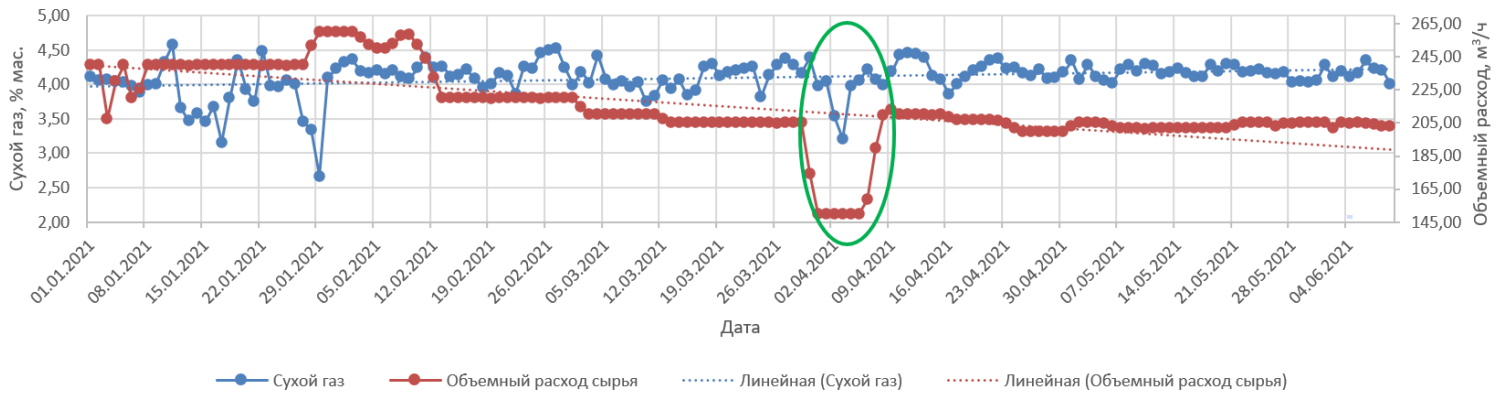


Рисунок 2.8 – Влияние объемного расхода сырья на выход сухого газа (C_1-C_2) с 01.01 по 09.06.2021 г

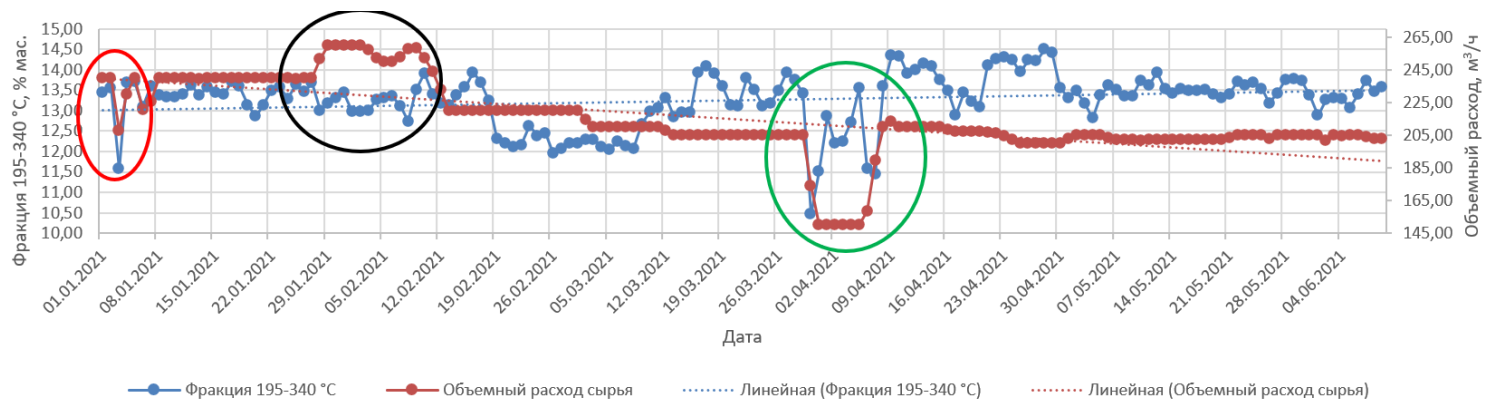


Рисунок 2.9 – Влияние объемного расхода сырья на выход фракции с $T_{кип} = 195 \div 340$ °С в период 01.01-09.06.2021 г

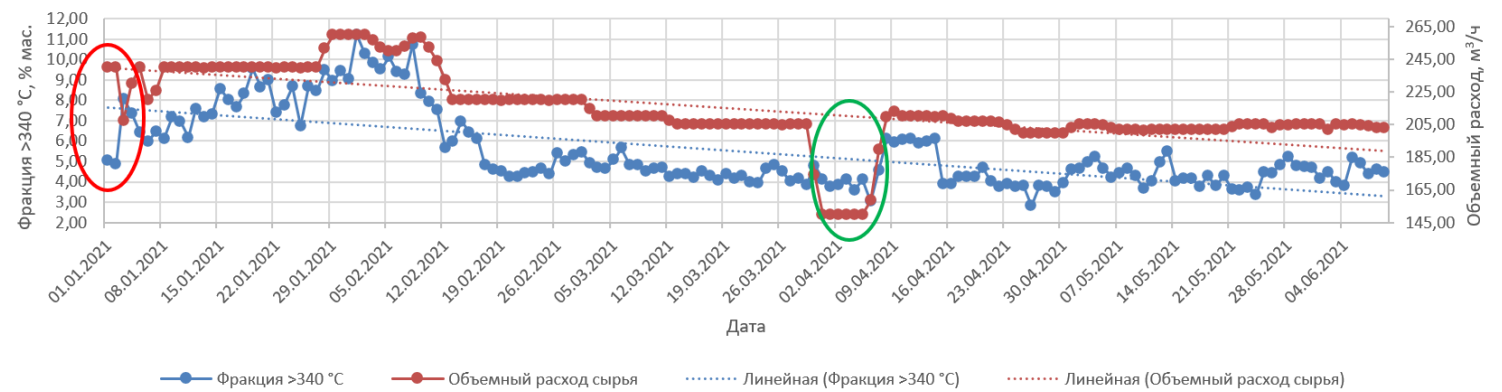


Рисунок 2.10 – Влияние объемного расхода сырья на выход фракции с $T_{кип} > 340$ °С в период 01.01-09.06.2021 г

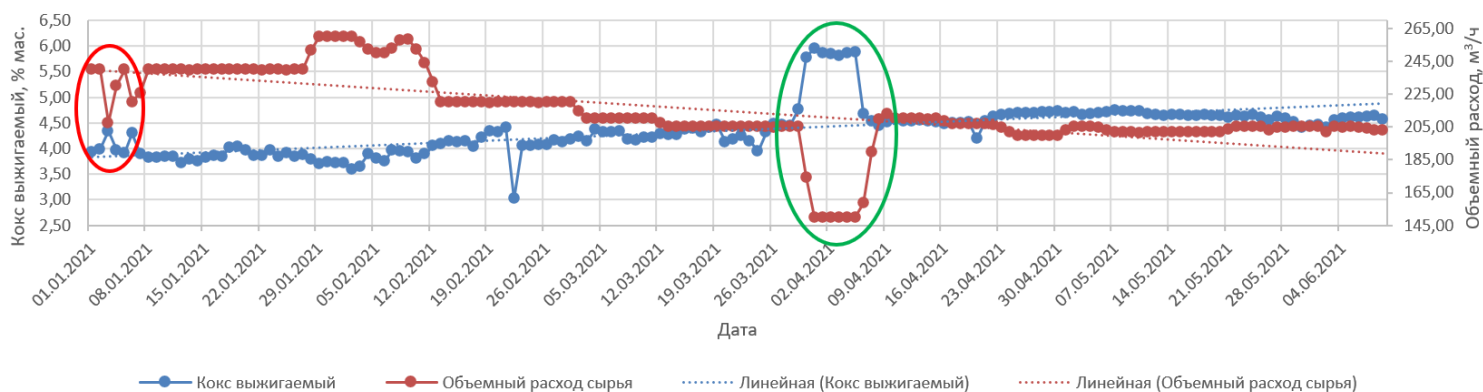


Рисунок 2.11 – Влияние объемного расхода на выход кокса в период 01.01-09.06.2021 г

Исходя из данных на рисунке 2.12, можно отметить следующие закономерности:

- с уменьшением объемного расхода сырья в середине февраля на $5 \div 7$ %, уменьшился выход тяжелого газойля (фракция с $T_{кип} > 340$ °С);
- вследствие достаточно продолжительного снижения показателя объемного расхода сырья в период с 26.03 по 09.04, наблюдалось снижение выхода фракции нестабильного бензина, повышение выхода фракции жирных газов и небольшая нестабильность в поведении выхода фракции легкого газойля ($T_{кип} 195 \div 340$ °С).

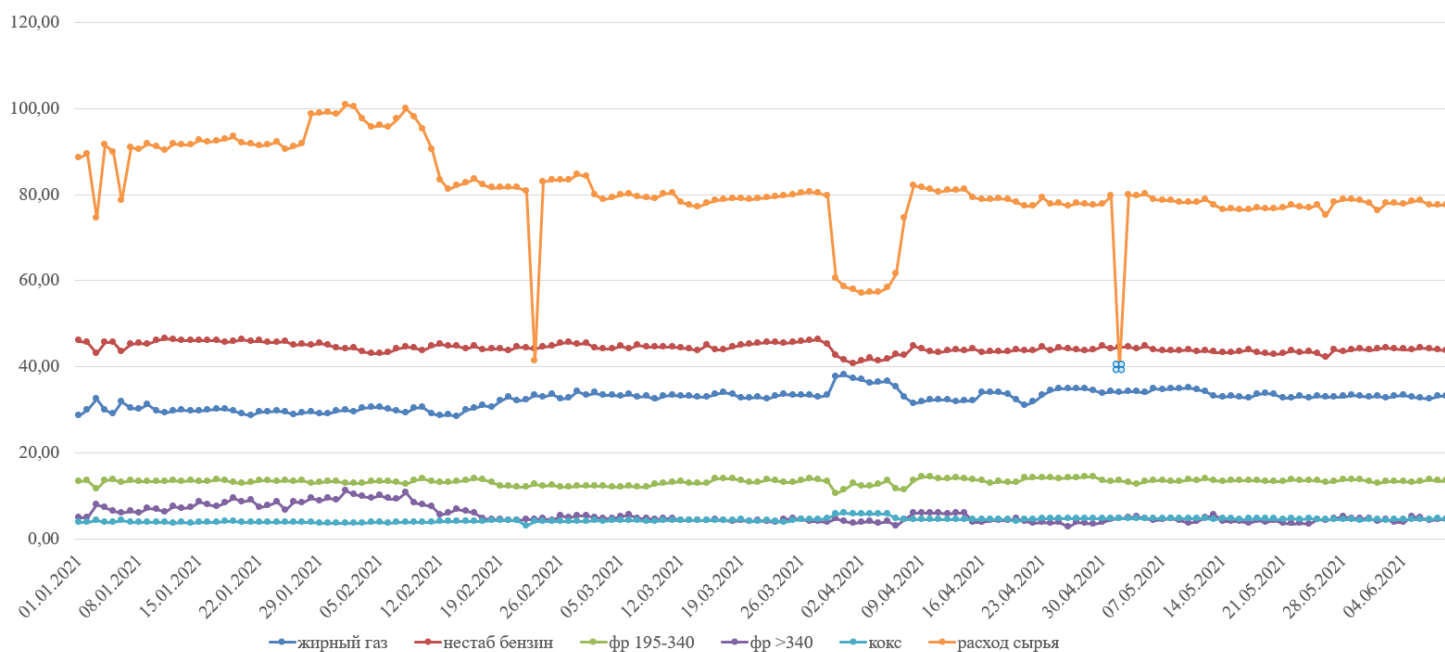


Рисунок 2.12 – Влияние объемного расхода сырья на выход целевых продуктов в период 01.01-09.06.2021 г

В целях поиска закономерности влияния образования кокса на выход целевых продуктов крекинга были построены графики зависимости: выход кокса на выход нестабильного бензина установки (рисунок 2.13), жирного газа (рисунок 2.14), фракции 195-340 °С (рисунок 2.15). Данные графики показывают, что с увеличением выхода кокса выход жирного газа увеличивается, а выход остальных продуктов процесса снижается. Это можно объяснить дезактивацией катализатора.

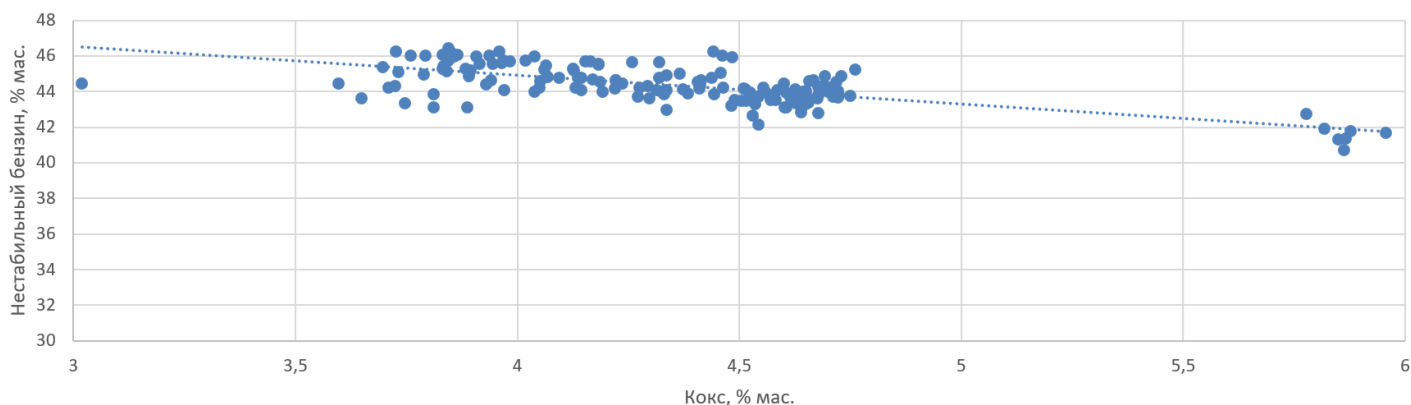


Рисунок 2.13 – Зависимость выхода нестабильного бензина с установки от процентного содержания кокса на период с 01.01 по 09.06.2021 г

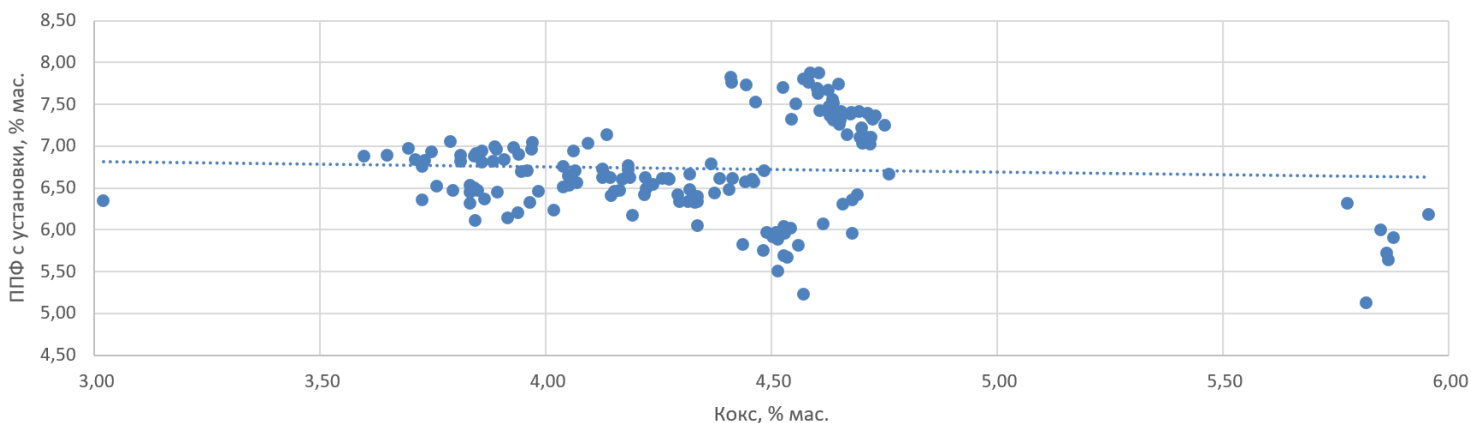


Рисунок 2.14 – Зависимость выхода ППФ от процентного содержания кокса на период с 01.01 по 09.06.2021 г

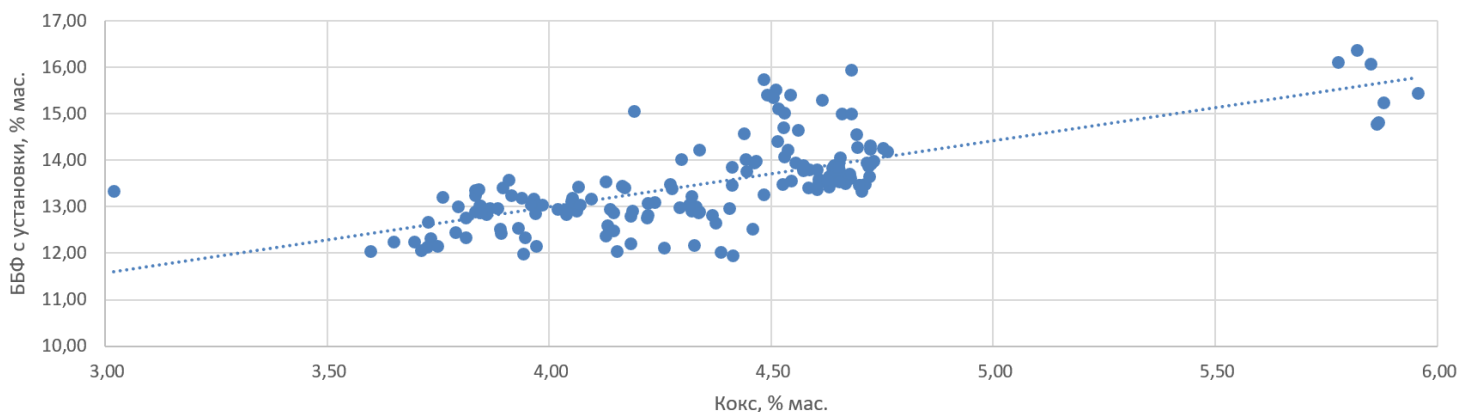


Рисунок 2.15 – Зависимость выхода ББФ от процентного содержания кокса на период с 01.01 по 09.06.2021 г

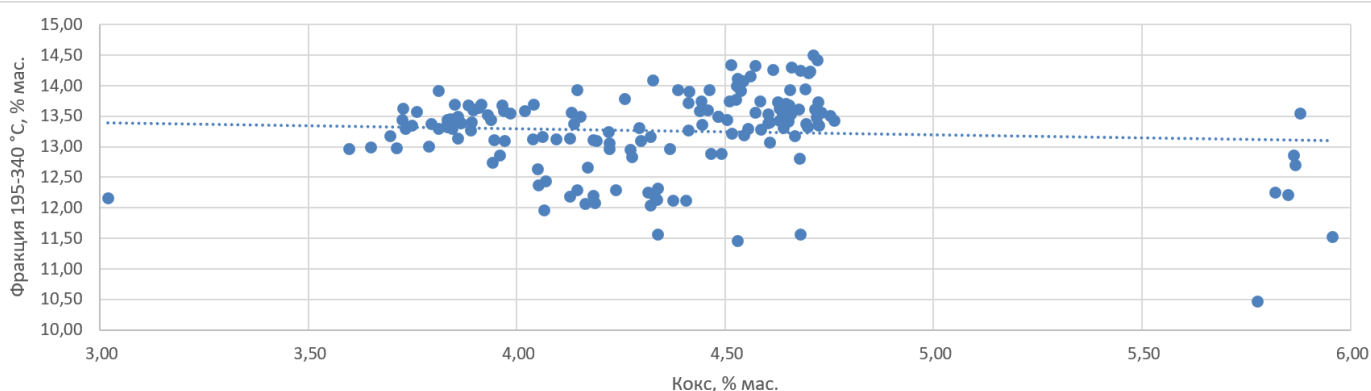


Рисунок 2.16 – Зависимость выхода фракции с $T_{кип} = 195\div 340$ °С от процентного содержания кокса на период с 01.01 по 09.06.2021 г

Также был построен график зависимости выхода жирного газа, а именно фракций ППФ и ББФ от содержания на катализаторе кокса (рисунки 2.17, 2.18), на котором показано, что с увеличением кокса на катализаторе, суммарный выход ППФ и ББФ снижается.

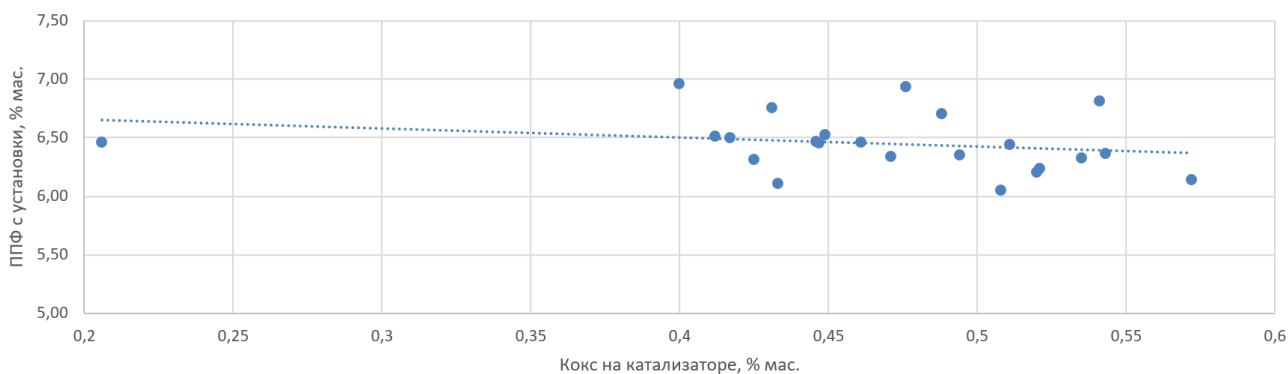


Рисунок 2.17 - Зависимость выхода ППФ от кокса на катализаторе в период с 01.01 по 09.06.2021 г

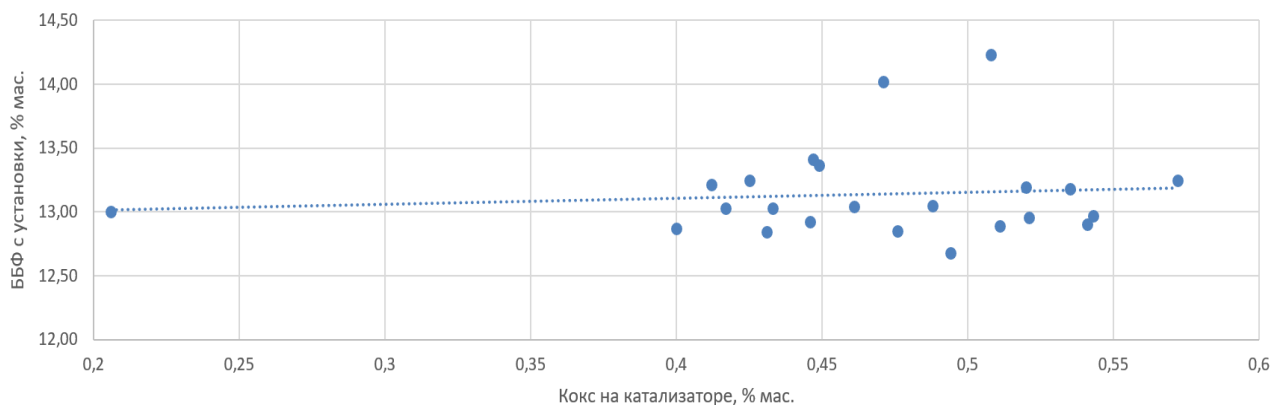


Рисунок 2.18 - Зависимость выхода ББФ от кокса на катализаторе в период с 01.01 по 09.06.2021 г

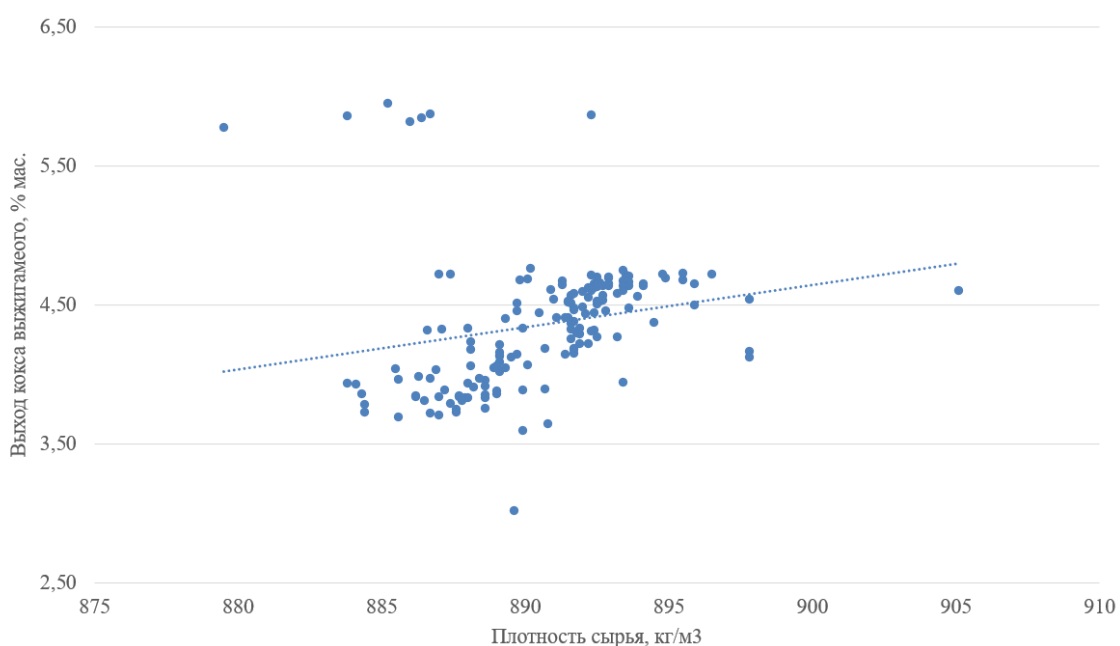


Рисунок 2.19 – Влияние плотности сырья на выход кокса в период с 01.01 по 09.06.2021 г

В таблице 2.5 представлены основные параметры сырья каталитического крекинга установки КТ-1/1.

Таблица 2.5 – Основные параметры сырья каталитического крекинга секции С-200 установки КТ-1/1 за период 01.01-09.06.2021 г

Фракционный состав	Значение
Плотность при 20 °С, кг/м ³	879,5÷905,1
Коксуемость, %	0,01÷0,07
Тнк, °С	241÷334
10%, °С	284÷371

Продолжение таблицы 2.5

50%, °С	372÷428
90%, °С	470÷507
95%, °С	493÷530

2.3 Физико-химические основы процесса каталитического крекинга

2.3.1 Химизм процесса каталитического крекинга

Катализатор процесса – это многопористая структура, которая состоит из алюмосиликата и цеолита. Процесс каталитического крекинга и, в частности, крекирование сырья протекает по карбений-ионному механизму, под действием хемосорбции углеводородов на поверхность катализатора.

Процесс хемосорбции происходит в несколько стадий. На каждой стадии осуществляется взаимообмен протонами между катализатором и сырьем. Отщепление протонов может происходить и от цеолита, и от алюмосиликата. В процессе крекинга на поверхности катализатора может происходить миграция хемосорбированных молекул благодаря тому, что протоны могут отрываться на одних центрах и возвращаться на другие центры катализатора. В процессе крекинга существует хемосорбция двух видов: точечная и, особенно в реакциях скелетной изомеризации, мультиплетная. Последовательность химических превращений крекируемого сырья, происходящих на цеолитсодержащем катализаторе по карбений-ионному цепному механизму, можно представить следующим образом:

1. Образование низкомолекулярных углеводородов посредством разрыва С-С связи или деалкилирования и первичных реакций крекинга длинных высокомолекулярных молекул исходного сырья в порах матрицы цеолита типа Y:

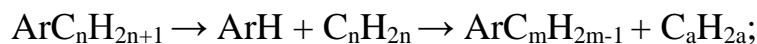
а) образование н.м. алканов и алкенов при крекинге алканов:



б) образование н.м. алкенов при крекинге алкенов:



с) dealкилирование алкиларенов

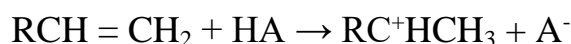


d) образование алкенов при разрушении циклоалканов:



где $n = m + a$

2. Вторичные бимолекулярные реакции при участии карбений-ионов, образованных присоединением протона к алкену в порах цеолита ZSM-5 (инициирование цепи):



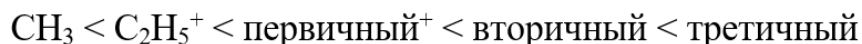
a) распад н.м. парафинов:



b) перераспределение водорода:



Степень участия превращений в дальнейших реакциях и их вероятные направления обуславливаются различием реакционной способности образующихся карбениевых ионов. Доказано, что стабильность карбениевых ионов возрастает в ряду:



При КК высокий выход изоалканов, в особенности изобутана, обуславливается самой большой стабильностью третичного карбениевого иона [45].

2.3.2 Механизм реакций каталитического крекинга

В число наиболее характерных реакций карбениевого иона реакции развития цепи входят: разрыв С-С связи, алкилирование, дециклизация, изомеризация, перенос гидрид-иона (H-перенос), циклизация, dealкилирование, поликонденсация, полимеризация и др.

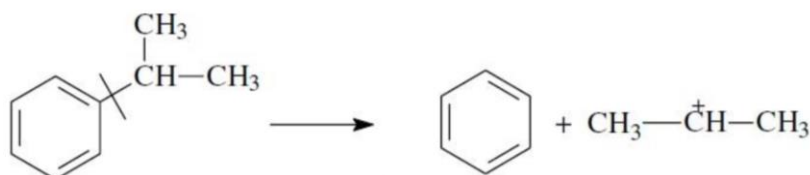
При уходе электроне или возвращении ионов происходит разрыв цепи превращений карбениевых ионов

Образование низкомолекулярных фракций и УВ газов C₃-C₄ в процессе КК происходит в основном из-за одной из важнейших целевых реакций – распада С-С связи карбениевого иона. Для данной реакции справедливы следующие правила:

1. Правило β-распада: С-С связь легче разрушается, если находится в β-положении относительно атома углерода, несущего заряд;
2. Образование алкенов с двойной связью у первого атома углерода;
3. Преобладает вероятность β-распада карбений-иона из нескольких возможных вариантов, при этом образуется алкен с меньшей длиной цепи.

Карбений-ион как продукт первичного β-распада способен снова подвергаться реакции крекинга с образованием более стабильных карбокатионов или УВ (после присоединения электрона или отдачи протона).

4. Отрыв всей алкильной группы наиболее выгоден для алкиленов или алкилцикланов:



Повышение товарных качеств продуктов процесса обуславливается изомеризацией карбений-ионов, еще одной важной целевой реакцией наряду с распадом.

Наличие большого количества веществ изостроения в продуктах крекинга обусловлено тем, что в большинстве случаев изомеризация, в связи с большей скоростью реакции по сравнению с реакцией крекинга, предшествует β- распаду.

При участии карбений-ионов обратимые реакции дециклизации и циклизации протекают по принципу мультиплетной хемосорбции или через диеновый синтез.

Циклогексаны в процессе крекинга менее устойчивы чем циклопентаны. В связи с этим циклогексаны могут подвергаться дегидрированию путем переноса гидрид-иона с образованием аренов.

Удлиненные боковые цепи в карбениевом ионе могут подвергаться изомеризации и деалкилированию. Моноциклические карбениевы ионы в меньшей степени подвергаются ароматизации, чем бициклические.

Также по карбений-ионному механизму протекают две противоположные крекингу реакции – полимеризация и алкилирование, которые преобладают над крекингом при температуре ниже 400 °С, а при повышенных температурах равновесие смещается в сторону деполимеризации и деалкилирования.

Характерной для крекинга реакцией также является реакция конденсации аренов с образованием высокомолекулярных соединений. При этом ареновый карбениевый ион последовательно вступает в реакции присоединения (конденсации) к ароматическим соединениям и переноса гидрид-иона.

При реагировании углеводородов на поверхности кислотных катализаторов образуются не десорбирующиеся с поверхности катализатора коксогенные структуры. При отношении атомов водорода к углероду от 0,3 до 1,0 эти структуры обладают спектроскопическими характеристиками схожим таковым для полициклических ароматических соединений [45].

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Разработка НИ производится группой работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Данная выпускная квалификационная работа заключается в исследовании методов повышения эффективности реакторно-регенераторного блока процесса каталитического крекинга вакуумного газойля с применением математической модели.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НИ, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НИ;
2. Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
3. Рассчитать бюджет затрат на исследования;
4. Произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В качестве потенциальных потребителей математической модели реакторно-регенераторного блока процесса каталитического крекинга выступают промышленные предприятия нефтеперерабатывающей отрасли, а также компании, занимающиеся продажей программного продукта.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку

сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 4.1. Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Таблица 4.1 – 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}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение эффективности производства	0,20	5	5	5	1	1	1
2. Подбор оптимального режима процесса	0,20	4	4	5	0,8	0,8	1
3. Удобный интерфейс	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
4. Простота использования	0,10	5	4	3	0,25	0,2	0,15
5. Адекватность результатов	0,10	3	3	3	0,45	0,45	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,20	5	3	3	1	0,6	0,6
7. Конкурентоспособность	0,15	3	5	4	0,45	0,75	0,45
Итого	1	30	29	27	4,2	4,0	3,85

Где Б_Ф–фактическая модель;

Б_{К1}– программное обеспечение конкурента 1;

Б_{К2}– программное обеспечение конкурента 2.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность вида;

V_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

По данным оценочной карты можно сделать вывод о достаточной конкурентоспособности на российском рынке разрабатываемого компьютерного модуля. Положительной стороной продукта является чувствительность модели к составу перерабатываемого сырья, что позволяет ей адаптироваться к изменению условий процесса, а также цена на программный продукт ниже, чем на продукты конкурентов. Недостаток разработанной модели – ограниченная функциональность.

4.3 SWOT-анализ

Произведем также в данном разделе SWOT – анализ НИ, позволяющий оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

Сильные стороны — это факторы, которые положительно сказываются на развитии проекта. Сюда обычно включают все, что превращает функционирование в успешную и конкурентную работу.

Слабые стороны– это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта: тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

На первом этапе SWOT анализа в таблице 4.2 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НИ.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Экономичность и энергоэффективность технологии.	В1. Использование инновационной инфраструктуры НИ ТПУ.
С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.
С3. Наличие бюджетного финансирования.	В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров.	У1. Появление более эффективных разработок у конкурентов.
Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.	У2. Развитая конкуренция технологий производства.
Сл3. Отсутствие инжиниринговой услуги, способной обучить работать в рамках проекта.	У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.

После того как сформулированы четыре области SWOT, переходят к реализации второго этапа, который состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений, интерактивная матрица проекта представлена в Таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны			Слабые стороны			
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	В1	+	+	+	-	-	+
	В2	+	+	0	-	-	-
	В3	+	+	+	-	-	-

	Сильные стороны			Слабые стороны			
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
Угрозы проекта	У1	+	+	0	0	+	-
	У2	+	+	0	-	-	-
	У3	0	+	0	-	-	-

В результате анализа интерактивной матрицы проекта, представленной в таблице 4.3, были определены:

Корреляция сильных сторон и возможностей: В1С1С2С3; В2С1С2 и В3С1С2С3.

Корреляция сильных сторон и угроз: У1С1С2; У2С1С2 и У3С2.

Корреляция слабых сторон проекта и его возможностей: В1Сл3.

Корреляция слабых сторон и угроз: У1Сл2.

В результате проведения SWOT-анализа установили, что проектируемый продукт обладает рядом достоинств, среди которых основными являются повышенная эффективность, относительно разработок конкурентов, а также низкая цена. Таким образом, в ходе продвижения продукта на рынке необходимо постоянно совершенствовать предлагаемую разработку путём постоянных вложений в научные исследования, но при этом придерживаться ценовой политики, позволяющей потребителям приобретать продукт по доступной цене. Сохранению относительно низкой цены способствует вовлечение в исследования бюджетных средств.

Самой большой угрозой для проекта является появление более эффективных разработок у конкурентов.

Что касается слабых сторон, то их возможно компенсировать только постоянным анализом внешней и внутренней среды, в соответствии с которым и разрабатывать стратегию продвижения продукта на рынке.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.4

Таблица 4.4 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С3. Наличие бюджетного финансирования.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров.</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p> <p>Сл3. Отсутствие инжиниринговой услуги, способной обучить работать в рамках проекта</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры НИ ТПУ.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>1. Повышение эффективности использования разрабатываемого продукта путём постоянных исследований.</p> <p>2. Выбор грамотной рыночной стратегии по продвижению проектируемого продукта.</p> <p>3. Сохранение доступной для потребителя цены на проектируемый продукт</p>	<p>Создание инжиниринговой услуги, способной обучить работать в рамках проекта с использованием всей доступной инфраструктуры.</p>

Продолжение таблицы 4.4

<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление более эффективных разработок у конкурентов.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p>	<p>1. Следование тенденции к снижению стоимости продукта.</p> <p>2. Наиболее эффективное использование инфраструктуры и оборудования, доступных для разработки продукта.</p> <p>3. Анализ цен на продукты конкурентов, результирующий в формирование цены разрабатываемого продукта</p>	<p>Необходима дальнейшая разработка модели и её уточнение</p> <p>Приобретение наиболее эффективного оборудования для анализа испытуемого образца.</p>
--	---	---

4.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

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.

Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.5

Таблица 4.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ	Руководитель Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель Бакалавр
	6	Обработка экспериментальных данных	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов (оценка адекватности модели)	Бакалавр
Оформление отчета по НИР	8	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4.2)$$

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

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{ч_i}, \quad (4.3)$$

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

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

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

4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта.

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 построение графика (Приложение А), длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (4.5)$$

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

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

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

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план выполнения работ. Для построения таблицы временных показателей проведения НИ был рассчитан коэффициент календарности. С помощью показателей в приложении Б был разработан календарный план-график проведения НИ по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

1. Материальные затраты.
2. Затраты на специальное оборудование.
3. Основная и дополнительная ЗП.
4. Социальные отчисления.
5. Прямые затраты.
6. Накладные расходы.

4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (4.6)$$

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, м² и т.д.);

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 4.6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z _M), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Электрoэнергия	кВт*ч	400	420	418	4,3	1 720	1 806	1 797
Итого, руб.						1 720	1 806	1 797

4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 4.7

Таблица 4.7 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, (Зм), тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Программное обеспечение MicrosoftOffice	шт.	1	1	1	6	6	6	6
Borland Delphi 10	шт.	1	1	1	15	15	15	15
Персональный компьютер для работ в моделирующей программе	шт.	1	1	1	60	60	60	60
Итого:						81	81	81

4.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 4.8

Таблица 4.8 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Выбор темы ВКР	Ст, НР	1	1	1	5,1			5,1	5,1	5,1
2.	Составление и утверждение плана работ	НР	1	1	1	3,1			3,1	3,1	3,1
3.	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	2	2	4	2			4	4	8
4.	Выбор направления исследования	Ст, НР	1	1	1	5,1			5,1	5,1	5,1
5.	Календарное планирование работ	Ст, НР	2	2	2	5,1			5,1	5,1	5,1
6.	Литературный обзор	Ст	22	23	24	2			44	46	48
7.	Работа с моделью технологического процесса	Ст	26	28	30	2			51,2	55,2	59,2
8.	Анализ экспериментальных данных	Ст	11	12	13	2			22	24	26
9.	Обсуждение результатов и оценка эффективности проведенных исследований	Ст, НР	4	4	5	5,1			20,4	20,4	25,5
10.	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Ст	5	5	5	2			10	10	10
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Ст	2	2	2	2			4	4	4
12	Оформление ВКР	Ст	12	13	13	2			24	26	26
Итого									198	208	225,1

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (4.7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12–20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (4.8)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (4.9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5–дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6–дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 4.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	118	118
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	72
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p \quad (4.10)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 процентов от $Z_{\text{тс}}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата $Z_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{с1} = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{т}$ и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке.

Тарифный коэффициент для НР = 1,866; для С = 1,407.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 4.10

Таблица 4.10 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_{т}$	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб.	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	Профессор	1,866	34000	0,3	0,4	1,3	75140	3927	15	58905
Студент	Инженер	1,407	2000	0,3	0,2	1,3	4420	230	128	29440
Итого										88345

4.5.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} , \quad (4.11)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,15.

4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (4.12)$$

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

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.11

Таблица 4.11 – 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 проекта	58 905	60 000	63 750	8835,75	9000	9562,5
Студент	29 440	30 720	32 256	4416	4608	4838,4
$k_{\text{внеб}}$	0,30					
Итого						
Исполнение 1	30682,2					
Исполнение 2	31507,1					
Исполнение 3	33342,9					

4.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (4.13)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы для исполнения 1 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1720 + 81000 + 88345 + 13251,75 + 30682,2) \cdot 0,16 = 34399,8 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1806 + 81000 + 90720 + 13608 + 31507,1) \cdot 0,16 = 34982,6 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 3 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1797 + 81000 + 96006 + 14400,9 + 33342,9) \cdot 0,16 = 36247,4 \text{ руб.}$$

4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно–исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект приведено в таблице 4.12

Таблица 4.12 –Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	1 720	1 806	1 797	Пункт 4.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	81000	81000	81000	Пункт 4.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	88345	90720	96006	Пункт 4.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13251,75	13608	14400,9	Пункт 4.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	30682,2	31507,1	33342,9	Пункт 4.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	-	Отсутствуют
8. Накладные расходы	34399,8	34982,6	36247,4	Пункт 4.5.6
9. Бюджет затрат НИИ	249398,75	253623,7	262794,2	

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (4.14)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{249398,75}{262794,2} = 0,93;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{253623,7}{262794,2} = 0,95;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{262794,2}{262794,2} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (4.15)$$

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.

Таблица 4.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	4	3

Продолжение таблицы 4.13

3. Помехоустойчивость	0,15	3	4	3
4. Энергосбережение	0,15	5	3	4
5. Надежность	0,2	5	4	4
6. Материалоемкость	0,2	5	3	3
Итого	1	4,7	3,55	3,45

$$I_{p-исп1} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,7;$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,55;$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,45.$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}^{исп1}} = \frac{4,7}{0,93} = 5,05$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}^{исп2}} = \frac{3,55}{0,95} = 3,73;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}^{исп3}} = \frac{3,45}{1} = 3,45.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} \quad (4.16)$$

Таблица 4.14 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,93	0,95	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,55	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	5,05	3,73	3,45
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,73	0,68

Сравнив значения интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

5 Социальная ответственность

Работа направлена на повышение эффективности промышленного процесса каталитического крекинга вакуумного дистиллята с применением математической модели. Данная разработка может найти применение в нефтеперерабатывающей промышленности для создания новых и интенсификации действующих нефтехимических процессов получения высокооктановых компонентов.

Объектом исследования данной работы стал процесс каталитического крекинга. Сырьем для установки служит вакуумный газойль, получаемый путем перегонки нефти и продуктов ее переработки (например, мазута) – при давлении 10-15 кПа.

Исследование проводилось на математической модели процесса каталитического крекинга. Работа выполнялась в аудитории 133, аудитория расположена на первом этаже учебного корпуса 2 Томского политехнического университета. Экспериментальная часть работы осуществлялась на персональном компьютере при работе с различными программными обеспечениями. Рабочая зона представляет собой аудиторию, оборудованную системами отопления, кондиционирования воздуха. Освещение рабочего места комбинированное – сочетание естественного света из окон и искусственного.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном разделе рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства и их особенности, применимые к условиям математического моделирования каталитического крекинга.

5.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

По трудовому кодексу Российской Федерации (ТК РФ) сотрудник аудитории 133, 2 корпуса ТПУ имеет право на [53]:

- предоставление работы, согласно трудовому договору;
- рабочее место, соответствующее существующим нормам, установленных ТК РФ и коллективным договором;
- своевременную заработную плату, размер которой соответствует указанному размеру в трудовом договоре;
- возмещение вреда, нанесенного ему в ходе выполнения трудовых обязанностей;
- обеспечение всех необходимых средств и материалов для исполнения трудовых обязанностей;
- социальное страхование.

5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место в аудитории 133, 2 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям нормативной документации, а именно ГОСТ 12.2.032-78 [54]. В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя» рабочий стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы.

В соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и

организации работы» [55] рабочие места с ПК по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, желательно слева. Схемы размещения рабочих мест с ПК должны учитывать расстояние между рабочими столами с мониторами: расстояние между боковыми поверхностями мониторов не менее 1,2 м, а расстояние между экраном монитора и тыльной частью другого монитора не менее 2 м.

Быстрое и точное считывание информации обеспечивается при расположении плоскости экрана ниже уровня глаз пользователя, предпочтительно перпендикулярно к нормальной линии взгляда в 15 градусов вниз от горизонтали. Клавиатура должна располагаться на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю.

При выполнении математической модели процесса каталитического крекинга было предоставлено рабочее пространство, соответствующее трудовому кодексу, СанПиНу 2.2.2/2.4.1340-03 и ГОСТу 12.2.032-78.

Стол инженера был размещен справа от прохода на расстоянии 300 мм. Высота рабочей поверхности стола соответствовала норме и приравнивалась к 700 мм. Конструкция рабочего стола обеспечивала оптимальное размещение оборудования. Экран компьютера находился на расстоянии 600 мм от глаз пользователя. Клавиатура располагалась на поверхности стола в 200 мм от края, обращенного к пользователю.

Рабочий стул обеспечивал поддержание рациональной рабочей позы при аналитической работе за компьютером. Стул располагался на расстоянии 400 мм от границы рабочего пространства.

5.2. Производственная безопасность

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов, вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. Необходимо

выявить вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при разработке и эксплуатации данного прибора.

5.2.1. Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Разрабатываемая математическая модель процесса каталитического крекинга вакуумного дистиллята подразумевает использование электронной вычислительной машины, а именно программных пакетов. С точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при разработке математической модели процесса каталитического крекинга вакуумного газойля, а также требования по организации рабочего места.

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [56]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 5.1, приведенной ниже.

Используя данные таблицы, можно учесть опасные и вредные факторы теоретически могут возникнуть при работе с объектом исследования.

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке

Наименование фактора	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

Продолжение таблицы 5.1

Статические физические перегрузки	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
Нервно-психические перегрузки	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
Перегрузка зрительного аппарата	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
Повышенный уровень шума	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
Производственные факторы, связанные с электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
Пожарная опасность	+	+	+	СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений
Наличие электростатического поля и электромагнитных полей радиочастотного диапазона	+	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности

5.2.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

При работе с математической моделью процесса каталитического крекинга вакуумного газойля в аудитории 133, 2 корпуса ТПУ, основным источником потенциально вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) является персональный компьютер и сама аудитория.

5.2.3 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Для создания и автоматического поддержания в аудитории 133, 2 корпуса ТПУ независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное

время года используется отопление жилых помещений, в теплое время года применяется проветривание воздуха.

Аудитория 133, 2 корпуса ТПУ является помещением I б категории. В таблице 5.2 представлены оптимальные величины показателей микроклимата для данной аудитории согласно СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 5.2 – Оптимальные характеристики микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб	21-23	20-24	40-60	0,1
Теплый	Iб	22-24	21-25	40-60	0,1

В аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

Согласно СанПиН микроклимат аудитории 133, 2 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

5.2.4 Статические физические перегрузки

В деятельности организации широко используется электричество для питания компьютерной техники, которая может являться источником опасности. Несоблюдение правил ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» может привести к опасным последствиям. Поражение электрическим током может произойти при прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ЭВМ в аудитории 133, 2 корпуса ТПУ, оборудование оснащено защитным заземлением, занулением. По опасности поражения электрическим током помещение 133, 2 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое,

помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20 °С, с влажностью 40-50%).

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются: непосредственное прикосновение к открытым токоведущим частям и проводам; прикосновения к токоведущим частям, изоляция которых повреждена; прикосновение к металлическим частям оборудования, случайно оказавшихся под напряжением; касания к токоведущим частям при помощи предметов с низким сопротивлением изоляции; отсутствие или нарушение защитного заземления; ошибочная подача напряжения; воздействия электрического тока через дугу и воздействие шарового напряжения.

Основные способы и средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; установка ограждающих устройств; предупредительная сигнализация и блокировки; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; использование малых напряжений; электрическое разделение сетей; защитное заземление; выравнивание потенциалов; зануление; защитное отключение; средства индивидуальной электрозащиты.

5.2.5 Нервно-психические перегрузки

Нервно-психические перегрузки – совокупность таких сдвигов в психофизиологическом состоянии организма человека, которые развиваются после совершения работы и приводят к временному снижению эффективности труда. Состояние утомления (усталость) характеризуется определенными объективными показателями и субъективными ощущениями.

Нервно-психические перегрузки подразделяются на следующие: умственное перенапряжение; перенапряжение анализаторов; монотонность труда; эмоциональные перегрузки.

При первых симптомах психического перенапряжения необходимо: дать нервной системе расслабиться; рационально чередовать периоды отдыха и работы; начать заниматься спортом; ложиться спать в одно и то же время; в тяжелых случаях обратиться к врачу.

5.2.6 Перегрузка зрительного аппарата

В аудитории 133, 2 корпуса ТПУ имеется совмещенное освещение, которое предполагает комбинацию естественного освещения от окна с искусственным.

Недостаточная освещенность рабочей зоны на рабочем месте работника развивает утомляемость, что увеличивает вероятность ошибочных действий. Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПК должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов). Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток. Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения в соответствии с СанПиНом 2.2.1/2.1.1.1278-03 указаны в приложении В.

Предусмотрены следующие нормы освещения при работе с ПК:

- уменьшение времени пребывания работника в данном помещении;
- улучшение условий, создаваемых искусственным освещением;
- анализ степени загрязнения стекол в светопроемах, их чистка и последующие контрольные измерения;
- косметический ремонт помещения с использованием светлых отделочных материалов.
- освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк

5.2.7 Повышенный уровень шума

Повышенный уровень шума связан с работой агрегатов персонального компьютера. В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами (таблица 5.3)

Таблица 5.3 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ [56]

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБа
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для уменьшения общего уровня шума шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПЭВМ.

5.2.8 Поражение электрическим током

Поражение электрическим током может быть вызвано дефектами оборудования, подключенного к электрической сети. Источниками электрической опасности являются оголенные части проводов или отсутствие изоляции.

В компьютерной аудитории эксплуатируется 12 компьютеров, подключенных к электрической сети 220 В и серверное оборудование, подключенное к сети 380 В.

Компьютерная аудитория второго корпуса ТПУ по опасности поражения электрическим током относится к первому классу – помещение без повышенной опасности, т.к. температура в помещении не превышает 30 °С, относительная влажность воздуха не превышает 70 %, токопроводящие полы отсутствуют (полы выполнены из керамической плитки).

От токоведущих частей электроустановок человека защищают изолирующие защитные средства. Они подразделяются на основные и дополнительные. Основными изолирующими средствами защиты разрешается прикасаться к токоведущим частям электроустановок, имеющих рабочее напряжение до 1000 Вольт. В первую очередь, к таким защитным средствам относится слесарно-монтажный инструмент, снабженный изолирующими рукоятками – плоскогубцы, ножи, отвертки и т.п.

Электробезопасность работающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий [59]:

1. Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей;
2. Изоляция токопроводящих частей;
3. Устройства автоматического отключения питания.
4. Защитное заземление и зануление;
5. Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
6. Использование предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
7. Применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
8. Использование средств защиты и приспособлений.

Необходимо также проводить мероприятия по закреплению работниками правил безопасной работы с электрическим оборудованием.

5.2.9 Пожарная опасность

Компьютерная аудитория по степени пожароопасности относится к пониженной пожароопасности (категория «Д»), согласно Федеральному закону от 22.07.2013г. №123-ФЗ.

При возникновении пожара необходимо принять меры по его локализации и тушению. Для тушения возможного загорания и пожаров лаборатория оснащена специально оборудованным щитом, на котором установлены:

1. Огнетушитель углекислотный газовый ОУ-5 (1 шт.) для тушения всех видов горючих веществ и электроустановок;
2. Порошковый огнетушитель ОП-5 (1 шт.), предназначенный для тушения небольших очагов возгорания щелочных металлов;
3. Асбестовое одеяло, которое используется при тушении обесточенных электропроводов, горячей одежды;
4. Ящик с песком для тушения обесточенных горящих на горизонтальной поверхности проводов.

Риск пожара в компьютерной аудитории связан в первую очередь с потенциальными перегрузками в электрической сети, которые способны вызвать возгорание компьютерной техники, а также с дефектами самой компьютерной техники. Пожарная безопасность для людей и имущества в случае возгорания в компьютерной аудитории обеспечивается за счет:

1. Возможности эвакуации людей независимо от их возраста и физического состояния на прилегающую к зданию территорию;
2. Доступа личного состава пожарных подразделений и подачи средств пожаротушения к очагу пожара;
3. Нераспространения пожара на рядом расположенные здания;
4. Доступности огнетушителя углекислотного типа ОУ-5 для тушения всех видов горючих веществ, в том числе электрооборудования ≤ 10 кВ.

5.2.10 Электростатические поля и электромагнитные поля радиочастотного диапазона.

Одним из вредных факторов, влияющих на здоровье человека, является ЭМП. Превышении допустимых уровней ЭМП приводит к вредному воздействию на иммунную, эндокринную, нервную системы человека. Влиянию ЭМП подвержены кровеносная система, иммунная и половая системы, головной мозг, глаза.

Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ на рабочем месте представлены в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ [59]

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 В/м

Уровни ЭМП на рабочем месте 133 аудитории ТПУ соответствуют допустимым уровням.

5.3. Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

На данном рабочем месте выявлен предполагаемый источник загрязнения окружающей среды, а именно воздействие на литосферу в результате образования отходов при поломке предметов вычислительной техники и оргтехники.

Вышедшее из строя ПЭВМ и сопутствующая оргтехника относится к IV классу опасности и подлежит специальной утилизации. Для оказания наименьшего влияния на окружающую среду, необходимо проводить специальную процедуру утилизации ПЭВМ и оргтехники, при которой более 90% отправится на вторичную переработку и менее 10% будут отправлены на свалки. При этом она должна соответствовать процедуре утилизации ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов» [61].

В ходе деятельности организация также создает бытовой мусор (канцелярские, пищевые отходы, искусственные источники освещения),

который должен быть утилизирован в соответствии с определенным классом опасности или переработан, чтобы не оказывать негативное влияние на состояние литосферы.

5.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Воздействие установки каталитического крекинга на окружающую среду начинается с момента возведения, продолжается при и после вывода из эксплуатации. На территории расположения установки и за её пределами следует предусматривать возникновение таких негативных влияний, как:

- изъятие земельного участка под строительство и обустройство санитарных зон;
- изменение рельефа местности;
- уничтожение растительности из-за строительства;
- загрязнение атмосферы при необходимости взрывных работ;
- вред популяциям местных животных;
- тепловое загрязнение, влияющее на микроклимат территории;
- изменение условий пользования землей и природными ресурсами на определенной территории;
- химическое воздействие установки – выбросы в водные бассейны, атмосферу и на поверхности почв.

5.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Основными источниками загрязнения атмосферы на производстве разрабатываемой модели каталитического крекинга вакуумного дистиллята являются регенератор и печи.

Повышения экологической безопасности можно достигнуть путем снижения выбросов во время эксплуатации за счет использования улучшенных фильтрационных и очистительных сооружений.

Общие профилактические мероприятия, направленные на сокращение и уменьшение воздействия на окружающую среду: устройство и озеленение площадки; поддержание в полной технической исправности и герметичности

резервуаров и емкостей, технологического оборудования и трубопроводов; контроль сварных стыков физическими методами; гидравлическое испытание трубопроводов, резервуаров и оборудования на прочность и герметичность; контролируемый и планируемый слив воды после гидроиспытаний; высокие требования к качеству металла труб; необходимый запас надежности по толщине стенки труб.

Общие технологические мероприятия, направленные на сокращение и уменьшение воздействия на окружающую среду: покрытие оборудования и трубопроводов антикоррозионной изоляцией; защита оборудования от атмосферной коррозии; система постоянного контроля регламентированных значений технологических параметров, автоматическое регулирование и система ПАЗ при отклонении от заданных параметров для предупреждения аварийных ситуаций.

1. Основные мероприятия по охране атмосферного воздуха.

С целью снижения неорганизованных выбросов вредных веществ в атмосферу через неплотности аппаратов, арматуры, фланцевых соединений, уплотнений предусмотрены следующие мероприятия:

- применение герметичных аппаратов и трубопроводов под давлением;
- применение технологического оборудования и запорно-регулирующей арматуры в соответствии с рабочими параметрами процесса и коррозионной активностью среды;
- предусмотрена система предохранительных клапанов для защиты аппаратов и трубопроводов от превышения давления;
- сбор утечек от насосов технологического оборудования предусмотрен в емкости закрытой дренажной системы опасных стоков;
- непрерывный контроль загазованности в местах максимально возможных выделений углеводородов;

- периодический контроль максимально разовой ПДК не реже 1 раза в квартал (для веществ III, IV классов опасности), не реже 1 раза в месяц (для веществ II класса опасности).

2. Основные мероприятия по защите поверхностных вод.

Для защиты поверхностных вод предусмотрены следующие мероприятия:

- открытая дренажная система поверхностных стоков;
- открытая дренажная система опасных стоков;
- закрытая дренажная система;
- установка запорной секционирующей арматуры для локализации аварийных разливов нефтепродуктов в случае разгерметизации оборудования и трубопроводов.

3. Основные мероприятия по охране почв.

Для защиты почв при эксплуатации месторождения предусмотрены следующие мероприятия:

- выполнение строительных работ исключительно в пределах монтажной площадки;
- организация площадок для сбора и хранения отходов производства и потребления;
- сдача отходов производства и потребления осуществляется в специализированную организацию;
- устройство ограждений вокруг технологических резервуаров.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 [62] чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде,

значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Технологические процессы на установке каталитического крекинга относятся к взрывопожароопасному производству, вследствие ведения технологического процесса при наличии взрывоопасных или горючих веществ (ППФ, ББФ, изобутановая фракция, алкилбензин).

Причины возникновения пожара на установке:

1. Несоблюдение правил техники безопасности и эксплуатации при работе на сложном оборудовании (для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования).
2. Самовозгорание горючих веществ и материалов.
3. Неисправность электрической проводки, оборудования, работающего от сети.

Класс пожароопасной зоны: П-Па - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

Помимо этого, производство считается опасным в связи с:

- применением в производстве раствора щелочи 10 ÷ 15 %;
- применением электроэнергии высокого напряжения для эксплуатации насосного оборудования;
- возможностью нарушения герметичности аппаратов и трубопроводов из-за коррозии;
- возможностью продуктов аккумулировать заряды статического электричества при транспортировании.

В аварийных ситуациях технологический персонал установки каталитического крекинга должен соблюдать план о локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС). При возникновении ЧС, мероприятия представляют собой проведение спасательных работ и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге поражения. Действия персонала определяются в соответствии с СНиП 21-01-97 [62].

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

- все стадии технологического процесса непрерывны и склонны к устойчивому протеканию;
- наличие необходимых блокировок и сигнализаций;
- при соблюдении правил эксплуатации процесс не обладает возможностью взрыва внутри технологической аппаратуры;
- контроль и управление процессом осуществляется автоматически и дистанционно из операторной с использованием электронной системы приборов.

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

- первичные средства пожаротушения (огнетушители–пенные ОПС-10г, ОП-8, углекислотные ОУ-5, ОУ-8; кошмы, ящики с песком, лопаты и т.д.);
- стационарная система пенотушения открытой насосной;
- водяная оросительная система колонных аппаратов;
- пожарные краны в помещении компрессорной.

Меры пожарной безопасности на установке каталитического крекинга вакуумного дистиллята соответствуют требованиям ФЗ-123, так как в полном

объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с ФЗ "О техническом регулировании" [65], и пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных настоящим Федеральным законом.

5.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

К возможным чрезвычайным ситуациям на данном рабочем месте выделяют внезапное обрушение здания, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения, пожар, угроза пандемии.

С учетом специфики работы и наличием вычислительной техники в помещении наиболее вероятно возникновение пожара, под которым понимается вышедший из-под контроля процесс горения, обусловленный возгоранием вычислительной техники и угрожающий жизни и здоровью работников. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные причины возникновения пожара:

1. Неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.
2. Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.
3. Обогрев помещения с помощью оборудования с открытыми нагревательными элементами.
4. Короткое замыкание. Необходимо скрыть электропроводку для уменьшения вероятности короткого замыкания.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» [64] для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены световые указатели вместе с громкоговорителями, которые предупреждают о возможном пожаре или задымлении в здании.

Аудитория 133, 2 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е).

Согласно НПБ 105-03 [65] помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-Па (зона, расположенная в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 МДж на 1 метр квадратный).

В 2 корпусе ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания пожарная сигнализация предупреждает об этом сотрудников.

Вывод по разделу социальная ответственность

В данном разделе ВКР рассмотрели опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте. В разделе проработана нормативная база основанная, на материалах по охране труда и окружающей среды, а также безопасности в чрезвычайных ситуациях. Проанализировав данные, можно сделать вывод, что рабочее место соответствует всем требованиям, представленным в нормативных документах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Fluid Catalytic Cracking (FCC) Market Analysis, Market Size, Application Analysis, Regional Outlook, Competitive Strategies, and Forecasts, 2015 To 2022, Industry Reprot Summary, <http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/fluid-catalyticcracking-fcc-market>
2. Meyers R. A. Handbook of petrochemicals production processes. – McGraw-Hill Education, 2019.
3. Vogt, E.; Weckhuysen, B. Fluid Catalytic Cracking: Recent Developments on the Grand Old Lady of Zeolite Catalysis. Chem Soc Rev. 2015, 44, 7342–7370.
4. Marie O., Bazin P., Daturi M. Vibrational spectroscopic studies of catalytic processes on oxide surfaces //Spectroscopic Properties of Inorganic and Organometallic Compounds: Techniques, Materials and Applications”, eds. J. Yarwood, R. Douthwaite and SB Duckett. – 2011. – T. 42. – C. 34-103.
5. Sarrazin, P.; Baudouin, C.; Martino, G. Perspectives in Oil Refining. In Handbook of Heterogeneous Catalysis; Ertl, G., Weitkamp, H. K. J., Eds.; Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: Weinheim, Germany, 2008; pp 2677.
6. Scherzer, J. Designing FCC Catalysts with High-Silica Y Zeolites. Appl Catal. 1991, 75, 1–32.
7. Hoffer, B. W.; Stockwell, D. M. Heavy Metal Passivator/Trap for FCC Processes. US Pat., 8632674 2014.
8. Meirer, F.; Kalirai, S.; Morris, D.; Soparawalla, S.; Liu, Y.; Mesu, G.; Andrews, J. C.; Weckhuysen, B. M. Life and Death of a Single Catalytic Cracking Particle. Science Advances. 2015, 1, e1400199.
9. Cao, X.; China’s Choice of Gasoline Production Technology for the Future, Sinopec 2012
<http://www.pecj.or.jp/japanese/overseas/conference/pdf/conference10-01.pdf>.
10. Farshi, A.; Shaiyegh, F.; Burogerdi, S.; Dehgan, A. FCC Process Role in Propylene Demands. Pet. Sci. Technol. 2011, 29, 875–885.
11. Mathieu, Y.; Corma, A.; Echard, M.; Bories, M. Single and Combined Effects of Bottom Cracking (BCA) and Propylene Booster (PBA) Separate Particles

Additives Addition to a Fluid Catalytic Cracking (FCC) Catalyst on the FCC Product Distribution and Quality. *Appl Catal A Gen.* 2012, 439–440, 57–73.

12. Wagner, K. Improving FCC Economics with Light Olefins Additives; Grace Davison Catalogram, 2011, No. 109, pp 34.

13. Siddiqui, M. B.; Aitani, A.; Saeed, M.; Al-Khattaf, S. Enhancing the Production of Light Olefins by Catalytic Cracking of FCC Naphtha over Mesoporous ZSM-5 Catalyst. *Top. Catal.* 2010, 53, 1387–1393.

14. Wallenstein, D.; Kanz, B.; Haas, A. Influence of Coke Deactivation and Vanadium and Nickel Contamination on the Performance of Low ZSM-5 Levels in FCC Catalysts. *Appl Catal A Gen.* 2000, 192, 105–123.

15. Akah, A.; Al-Ghrami, M. Maximizing Propylene Production via FCC Technology. *Appl Petrochem Res.* 2015, 1–16.

16. Liu, H.; Zhao, H.; Gao, X.; Ma, J. A Novel FCC Catalyst Synthesized via in Situ Overgrowth of NaY Zeolite on Kaolin Microspheres for Maximizing Propylene Yield. *Catal. Today.* 2007, 125, 163–168.

17. Ocelli, M. L. *Advances in Fluid Catalytic Cracking: Testing, Characterization, and Environmental Regulations*; CRC Press, 2010.

<https://www.crcpress.com/Advances-inFluid-Catalytic-Cracking-Testing-Characterization-and-Environmental/Ocelli/p/book/9781138116351>.

18. Dean, C.; Naphtha Catalytic Cracking for Propylene Production: Investment in On-Purpose Propylene Production Technology Based on Naphtha-Based Feedstock Is Taking on Various Process Configurations, High Olefins FCC Technology Services, 2013. <http://www.digitalrefining.com/article/1000787>.

19. Cerqueira, H. S.; Caeiro, G.; Costa, L.; Ramôa Ribeiro, F. Deactivation of FCC Catalysts. *J. Mol. Catal. A: Chem.* 2008, 292, 1–13.

20. Sadeghbeigi, R. *Fluid Catalytic Cracking Handbook: An Expert Guide to the Practical Operation, Design, and Optimization of FCC Units*, 3rd ed.; Elsevier, 2012.

<https://www.elsevier.com/books/fluid-catalytic-cracking-handbook/sadeghbeigi/978-0-12-386965-4>.

21. Corma, A.; Sauvanaud, L. FCC Testing at Bench Scale: New Units, New Processes, New Feeds. *Catal. Today*. 2013, 218–219, 107–114.
22. Harding, R. H.; Peters, A. W.; Nee, J. R. D. New Developments in FCC Catalyst Technology. *Appl Catal A Gen*. 2001, 221, 389–396.
23. Hudec, P.; FCC Catalyst-Key Element in Refinery Technology, 45th International Petroleum Conference in Bratislava, Slovakia. Retrieved Januray 2011, 21, 2013.
24. Pinheiro, C. I. C.; Fernandes, J. L.; Domingues, L.; Chambel, A. J. S.; Graça, I.; Oliveira, N. M. C.; Cerqueira, H. S.; Ribeiro, F. R. Fluid Catalytic Cracking (FCC) Process Modeling, Simulation, and Control. *Ind. Eng. Chem. Res*. 2012, 51, 1–29.
25. Lloyd, L. Catalytic Cracking Catalysts, *Handbook of Industrial Catalysts*; Springer Science US, 2011; pp 169–210.
26. Bryden, K. J.; Weatherbee, G.; Habib, E. T., Jr. Flexible Pilot Plant Technology for Evaluation of Unconventional Feedstocks and Processes; Grace Davison catalagram, 2013, No. 113, pp 3-21.
27. Murcia, A. A. Numerous Changes Mark FCC Technology Advance. *Oil Gas J.* – 1992. – 90. – P. 68.
28. Montgomery, J. The Grace Davison Guide to Fluid Catalytic Cracking Part One / W. R. Grace at al. – Baltimore. – MD. – 1993.
29. Otterstedt J. E. Fluid Catalytic Cracking of Heavy Oil Fractions: a Review / J. E. Otterstedt, S. B. Gevert, P. G. Menon // *Appl. Catal.* – 1986. – 22. – P. 159.
30. Catalyst Technology and Catalytic Solutions in Resid FCC / O'Connor, P. Verlaan, J. P. J., Yanik, S. J. Challenges // *Catal. Today.* – 1998. – 43. – P. 305.
31. Pinheiro C. I. C. Fluid Catalytic Cracking (FCC) Process Modeling, Simulation and Control / Fernandes J. L. // *Industrial & Engineering Chemistry Research.* – 2013. – P. 43-65.
32. Wang, G., Xu, C., Gao J. Study of Cracking FCC Naphthaina Secondary Riser of the FCC Unit for Maximum Propylene Production // *Fuel Process. Techol.* – 2008. – 89. – P. 864.

33. Li C., Yang C., Shan H. Maximizing Propylene Yield by Two Stage Riser Catalytic Cracking of Heavy Oil // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2007. – 46. – P. 4914.
34. Солодова, Н. Л. Современное состояние и тенденции развития каталитического крекинга нефтяного сырья / Н. Л. Солодова, Н. А. Терентьева // *Вестник Казанского технологического университета.* – 2012. – № 1. – С. 141-147.
35. Wolschlag, L. M. Upgrade FCC performance. New ceramic feed distributor offers ultimate erosion protection. Hydrocarbon processing, UOP LLC, a Honeywell Company, Des Plaines / L. M. Wolschlag, K. A. Couch // *Hydrocarbon processing.* – 2010. – № 9. – P. 57-65.
36. Пат. 2280674 Российская Федерация, МПК C10G 11/18, B01J 8/24, C07C 4/06. Способ деструктивно-адсорбционной переработки тяжелых нефтяных остатков и устройство для его осуществления / С. А. Ахметов, С. С. Ахметов, Р. Р. Галимов, М. Х. Ишмияров. – № 2004118155/04; заявл. 15.06.2004; опубл. 27.07.2006.
37. Пат. 2532547 Российская Федерация, МПК B01J 38/04, B01J 8/18. Способ удаления воздуха из охладителя катализатора и устройство его осуществления / П. Палмас, Д. Н. Майерс; патентообладатель ЮОП ЛЛК (US). – № 2013133878/04; заявл. 24.02.2012; опубл. 10.11.2014.
38. Пат. 2554875 Российская Федерация, МПК C10G 51/02, C10G 11/18. Способ и устройство для каталитического крекинга / Б. Ши. – № 2014101022/04; заявл. 17.05.2012; опубл. 27.06.2015.
39. Пат. 2500790 Российская Федерация, МПК C10G 51/06, C10G 11/18. Устройство регулирования рабочих условий в установке каталитического крекинга с двумя системами подъема / Ф. Фенье, Т. Готье.
40. Информационно-технологический справочник: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва. Бюро НДТ. – 2017 № 30. – С. 572-574.

41. Пат. 2412231 Российская Федерация, МПК C10G 11/18. Способ каталитического крекинга углеводородного сырья и устройство для его осуществления / Б. З. Соляр, Л. Ш. Глазов, Е. А. Климцева, И. М. Либерзон, Э. З. Аладышева. – № 2009135859/04; заявл. 28.09.2009; опубл. 20.02.2011.
42. ООО «Юнитрейд»: [Электронный ресурс]. URL: <https://unitreid-group.com/products-delivery/fraktsii/fraktsiya-propan-propilenovaya/>. (Дата обращения: 15.04.2022).
43. Antonio Merloni. Pressure vessels s.r.l.: [Электронный ресурс]. URL: <http://antonio-merloni.ru/gaz-i-ego-otlichija>. (Дата обращения: 18.04.2022).
44. Попов Р. Д. Моделирование работы реакторно-регенераторного блока установки каталитического крекинга вакуумного газойля: магистерская диссертация / Р. Д. Попов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР), Отделение химической инженерии (ОХИ); науч. рук. Е. Н. Ивашкина. — Томск, 2021: [Электронный ресурс]. URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/66461>. (Дата обращения: 23.04.2022).
45. Ахметов С. А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых / Ишмияров М. Х., Кауфман А. А. – СПб.: Недра, – 2009. – С. 828.
46. Stull D.R, Westrum E.F., Sinke G.C. The Chemical Thermodynamics of Organic Compounds. – New York, J. Wiley, 1969.
47. Потехин В.М., Потехин В.В. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки: Учебник для вузов. – 2-е изд., испр, и доп. – СПб: ХИМИЗДАТ, 2007. – 944 с.: ил.
48. Галимов Ж.Ф., Газизов М.Х. Расчеты реакторов и регенераторов установок каталитического крекинга. – 2-е изд., доп. – Уфа: Изд-во Уфим. гос. нефтяного техн. ун-та, 2003. – 51 с. – (учебное пособие).
49. Разумов И.М. Псевдооживление и пневмотранспорт сыпучих материалов. – М: Химия, 1972. — 240 с.

50. Дубовкин Н.Ф. Справочник по теплофизическим свойствам углеводородных топлив и их продуктов сгорания. М. – Л., Госэнергоиздат, 1962. – 288 с.
51. Шафран Т. А. Моделирование процесса регенерации цеолитсодержащих катализаторов крекинга в промышленном аппарате: магистерская диссертация / Т. А. Шафран; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР), Отделение химической инженерии (ОХИ); науч. рук. Е. М. Юрьев. — Томск, 2018.
52. Математическое моделирование процесса окислительной регенерации закоксованных катализаторов на кинетическом уровне с использованием GPGPU / А.Д. Сайтгалина, А.А. Юнусов и др. // Научный сервис в сети Интернет: суперкомпьютерные центры и задачи: труды Международной суперкомпьютерной конференции, Новороссийск, 20-25 сентября 2010. – Москва: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010. С. 149-155.
53. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 28.12.2018).
54. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
55. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
56. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
57. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.-М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.–20с
58. ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
59. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

60. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.
61. ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов
62. ГОСТ Р 22.0.02-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.
63. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений.
64. ФЗ-123 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
65. НПБ 104-03 Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях.
66. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.


Приложение А
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			$T_{ож}$, 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							
Выбор темы ВКР	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Студент, научный руководитель	0,7	0,7	0,7	1,04	1,04	1,04
Составление и утверждение плана работ	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Научный руководитель	1,4	1,4	1,4	2,07	2,07	2,07
Подбор и изучение материалов по теме	2	2	3	3	3	5	2,4	2,4	3,8	Студент	2,4	2,4	3,8	3,55	3,55	5,62
Выбор направления исследования	1	1	1	2	1	2	1,4	1	1,4	Студент, научный руководитель	0,7	0,5	0,7	1,04	0,74	1,04
Календарное планирование работ	1	1	1	3	4	4	1,8	2,2	2,2	Студент, научный руководитель	0,9	1,1	1,1	1,33	1,63	1,63
Литературный обзор	20	21	22	25	25	27	22	22,6	24	Студент	22	22,6	24	32,56	33,45	35,52
Работа с моделью технологического процесса	24	26	28	28	30	32	25,6	27,6	29,6	Студент	25,6	27,6	29,6	37,89	40,85	43,81
Анализ экспериментальных данных	10	11	12	12	13	14	10,8	11,8	12,8	Студент	10,8	11,8	12,8	15,98	17,46	18,94
Обсуждение результатов и оценка эффективности проведенных исследований	8	8	9	10	10	12	8,8	8,8	10,2	Студент, научный руководитель	4,4	4,4	5,1	6,51	6,51	7,55
Написание раздела «Финансовый менеджмент»	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Студент	4,8	4,8	4,8	7,10	7,10	7,10
Написание раздела «Социальная ответственность»	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Студент	2,4	2,4	2,4	3,55	3,55	3,55
Оформление ВКР	10	9	8	14	13	16	11,6	10,6	11,2	Студент	11,6	10,6	11,2	17,17	15,69	16,58

Приложение Б
Календарный план-график проведения научного исследования

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кп} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				январь			февраль			март			апрель			май	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Выбор темы ВКР	Ст, НР	1	■													
2	Составление и утверждение плана работ	НР	2		■												
3	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	3		■	■											
4	Выбор направления исследования	Ст, НР	1			■											
5	Календарное планирование работ	Ст, НР	1			■											
6	Литературный обзор	Ст	33				■	■	■								
7	Работа с моделью технологического процесса	Ст	38							■	■	■	■	■	■		
8	Анализ экспериментальных данных	Ст	16											■	■	■	
9	Обсуждение результатов и оценка эффективности проведенных исследований	Ст, НР	6													■	■
10	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Ст	7														■
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Ст	3														■
12	Оформление ВКР	Ст	17														

 – научный руководитель

 – студент

Приложение В

Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г-горизонтальная, В-вертикальная), и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %	
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
	Искусственное освещение				
	Освещенность			Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
	При комбинированном освещении		При общем освещении		
	Всего	От общего			
400	200	300	40	15	