

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология
 ООП: Химическая технология переработки нефти и газа
 Отделение школы: ОХИ ИШПР

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ и оптимизация работы установки каталитического риформинга с применением компьютерной моделирующей системы

УДК 665.644.4:004.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Нечкина Алина Евгеньевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чернякова Екатерина Сергеевна	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес Ольга Ефимовна	К.Т.Н.		

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
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 настраивать, 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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология
 ООП: Химическая технология переработки нефти и газа
 Отделение школы: ОХИ ИШПР

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Мойзес О.Е.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

ВКР Бакалавра

Студенту:

Группа	ФИО
2Д8Б	Нечкина Алина Евгеньевна

Тема работы:

Анализ и оптимизация установки каталитического риформинга с применением компьютерной моделирующей системы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 28 января 2022 №28-92/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

14 июня 2022 год

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – промышленная крупнотоннажная установка каталитического риформинга мощностью более 1 млн. т/год по сырью. Режим работы – полурегенеративный
--	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1 Основные теоретические положения 2 Литературный обзор 3 Экспериментальная часть 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5 Социальная ответственность 6 Заключение 7 Список использованных источников
Перечень графического материала	Презентация

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович
Финансовый менеджмент	Рыжакина Татьяна Гавриловна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чернякова Екатерина Сергеевна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Нечкина Алина Евгеньевна		

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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология
 Уровень образования: Бакалавриат
 Отделение школы: ОХИ ИШПР
 Период выполнения: Весенний семестр 2022 учебного года
 Форма представления работы:

ВКР бакалавра

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающегося:

Группа	ФИО
2Д8Б	Нечкина Алина Евгеньевна

Тема работы:

Анализ и оптимизация установки каталитического риформинга с применением компьютерной моделирующей системы

Срок сдачи студентом выполненной работы:		14 июня 2022 год
Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
03.03.2022	Основные теоретические положения	10
03.04.2022	Литературный обзор	20
03.05.2022	Экспериментальная часть	60
03.06.2022	Выводы	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чернякова Екатерина Сергеевна	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес О.Е.	К.Т.Н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Нечкина Алина Евгеньевна		

Оглавление

Введение	9
1 Основные теоретические положения	12
1.1 Физико- химические основы процесса каталитического риформинга	12
1.2 Условия проведения процесса	15
1.3 Катализаторы процесса риформинга бензинов	17
1.4 Технологическая схема установки и ее описание	20
2 Литературный обзор	24
2.1 Варианты оптимизации технологической схемы процесса риформинга	24
2.2 Катализаторы процесса	26
2.3 Повышение эффективности процесса каталитического риформинга с применением компьютерной моделирующей системы	30
3 Экспериментальная часть	31
3.1 Мониторинг работы промышленной установки	31
3.2 Исследование эффективности промышленного катализатора	34
3.3 Исследования влияния состава сырья на работу катализатора	38
3.4 Прогнозирование работы катализатора	42
3.5 Результаты проведённого исследования	45
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	48
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	49
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	49

4.2 Анализ конкурентных технических решений	50
4.3 SWOT-анализ	51
4.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию	56
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	56
4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ	57
4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования	58
4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	61
4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ	61
4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	62
4.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы	63
4.5.4 Расчет дополнительной заработной платы	67
4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды	68
4.5.6 Накладные расходы	69
4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	70
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	71
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	74
5 Социальная ответственность	76
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	77
5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства	77
5.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	78

5.2.1 Гигиенические требования	78
5.2.2 Антропометрические требования	78
5.2.3 Физиологические и психофизиологические требования	78
5.3 Производственная безопасность	79
5.3.1 Потенциальные вредные и опасные производственные факторы	79
5.3.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	80
5.4 экологическая безопасность	84
5.5 безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
5.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	88
5.6 Выводы	89
6 Заключение	90
7 Список использованных источников	92

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 100 страниц, 12 рисунков, 27 таблиц, 23 источника, 3 приложения.

Ключевые слова: каталитический риформинг, катализаторы риформинга, анализ работы установки, пути оптимизации работы установки каталитического риформинга.

Объектом исследования является промышленная крупнотоннажная установка каталитического риформинга ЛК-6У мощностью более 1 млн. т/год по сырью.

Цель работы – повышение эффективности промышленного процесса каталитического риформинга бензинов с применением метода математического моделирования.

В ходе работы проводился анализ эффективности работы установки при помощи компьютерной моделирующей системы, разработанной на основе физико-химических закономерностей процесса с учетом его нестационарности.

В результате исследования были проанализированы полученные данные, а также предложены пути оптимизации работы установки каталитического риформинга.

Область применения: результаты данного исследования можно применять для контроля эксплуатационных параметров промышленной установки каталитического риформинга ЛК-6У.

Экономическая эффективность исследований заключается в том, что анализ работы установки каталитического риформинга позволяет оценить эффективность катализатора и оптимизировать процесс риформинга на предприятии, что сократит затраты на оборудование и катализаторы и позволит улучшить качество продукта.

Введение

Нефть – это полезное ископаемое в виде маслянистой жидкости, включающей в себя смесь углеводородных компонентов. Она является одним из востребованных источников энергии. Из нее производят большое количество различных топлив, таких, как бензин различных марок, дизельное топливо и др. Для того, чтобы переработать нефть из первоначального вида, в котором та поступает из скважины, она проходит несколько ступеней переработки. Каталитический риформинг является одной из важнейших таких ступеней.

Каталитический риформинг бензиновых фракций – один из важнейших процессов нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Процесс риформинга используется для производства высокооктановых компонентов автомобильных бензинов и легких ароматических углеводородов. Октановое число продукта повышается за счёт образования ароматических углеводородов, излишки которых идут на производство толуола, ксилола и бензола. Важным продуктом процесса риформинга является водородсодержащий газ с достаточно высоким содержанием водорода. Он используется для гидроочистки широкого ассортимента нефтяных фракций, для процесса гидрокрекинга тяжелых нефтяных фракций и других гидрогенизационных процессов [1].

Цель работы – повышение эффективности промышленного процесса каталитического риформинга бензинов с применением метода математического моделирования.

Для достижения поставленной цели были выявлены следующие задачи:

- Обзор литературы по заданной теме исследования;
- Анализ данных с промышленной установки ЛК-6У, формирование файлов для расчета на программе;

- Проведение вычислительного эксперимента, направленного на оптимизацию и повышение эффективности промышленного процесса каталитического риформинга бензинов.

Данное исследование является актуальным, поскольку процесс каталитического риформинга является неотъемлемой частью переработки нефти и производства нефтепродуктов. Кроме того, он является еще и энерго- и ресурсозатратным. Оптимизация работы установки позволит сократить затраты на производстве, а анализ её работы способствует выявлению и устранению неисправностей в работе установки.

Объектом исследования является промышленная крупнотоннажная установка каталитического риформинга ЛК-6У мощностью более 1 млн. т/год по сырью. Исследование проводится на основе данных, полученных напрямую с производства.

Математическое моделирование является основным методом исследования данного процесса, поскольку проводить реальные опыты, относящиеся к каталитическому риформингу, в лаборатории не представляется возможным. Кроме того, данный метод является достаточно экономичным и наиболее простым в использовании.

Принцип работы программы «Система контроля работы катализатора» основан на физико-химических закономерностях превращения многокомпонентного сырья в продукт. Также учитывается равновесие реакций коксообразования и гидрирования промежуточных продуктов уплотнения, что позволяет контролировать работу катализатора, цикл процесса и условия на оптимальном уровне, что приводит к оптимизации процесса риформинга.

1 Основные теоретические положения

1.1 Физико- химические основы процесса каталитического риформинга

В настоящее время каталитический риформинг стал одним из ведущих процессов нефтеперерабатывающей промышленности. Он позволяет улучшать качество бензиновых фракций и получать ароматические углеводороды. В последнее время были разработаны процессы каталитического риформинга для получения топливного газа из легких углеводородов. Возможность выработки столь разнообразных продуктов привела к использованию в качестве сырья не только бензиновых фракций прямой перегонки нефти, но и других нефтепродуктов.

Технические характеристики процесса каталитического риформинга достаточно жесткие. Температура должна быть высокой, а давление колеблется в пределах до 4 МПа. Среда проведения данного процесса – водосодержащий газ, в котором водорода содержится от 70 до 80 объёмных %. Такие условия позволяют повышать температуру процесса, не допуская значительного коксообразования. В результате увеличиваются скорость дегидрирования нафтеновых углеводородов и скорости дегидроциклизации и изомеризации парафиновых углеводородов.

В зависимости от режима работы установки, назначения процесса и самого катализатора изменяются выход и качество получаемых продуктов. Однако общим для большинства систем каталитического риформинга является образование ароматических углеводородов и водородсодержащего газа [2].

Назначение процесса каталитического риформинга, а также требования, предъявляемые к целевому продукту, требуют гибкой в эксплуатации установки. Необходимое качество продукта достигается путем подбора сырья, катализатора и технологического режима. Процесс каталитического риформинга предназначен для повышения детонационной

стойкости бензинов и получения индивидуальных ароматических углеводородов, главным образом бензола, толуола ксилолов — сырья нефтехимии. Важное значение имеет получение в процессе дешевого водородсодержащего газа для использования в других гидрокаталитических процессах.

Основным назначением каталитического риформинга является [3]:

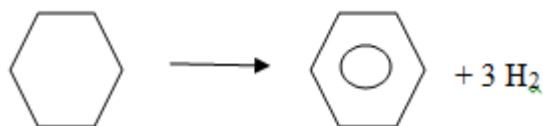
- превращение низкооктановых бензиновых фракций, получаемых при переработке любых нефтей, в том числе высокосернистых и высоко-парафинистых, в катализат;
- высокооктановые компоненты бензинов;
- превращение узких или широких бензиновых фракций, получаемых при переработке любых нефтей или газового конденсата, в катализат, из которого тем или иным методом выделяют ароматические углеводороды, в основном бензол, толуол, этилбензол и изомеры ксилола.

Бензиновые фракции большинства нефтей содержат 60–70 % парафиновых, 10 % ароматических и от 20 до 30 % пяти- и шестичленных нафтеновых углеводородов. Среди парафиновых преобладают углеводороды нормального строения и монометилзамещенные их изомеры. Помимо прямогонных бензинов, как сырье каталитического риформинга используют бензины вторичных процессов — коксования и термического крекинга после их глубокого гидрооблагораживания, а также гидрокрекинга. Выход прямогонных бензинов относительно невелик (около 15–20 % от нефти). Кроме того, часть бензинов используется и для других целей (сырье пиролиза, производств водорода, получение растворителей и т. д.). Поэтому общий объем сырья, перерабатываемого на установках каталитического риформинга, не превышает обычно потенциального содержания бензиновых фракций в нефтях.

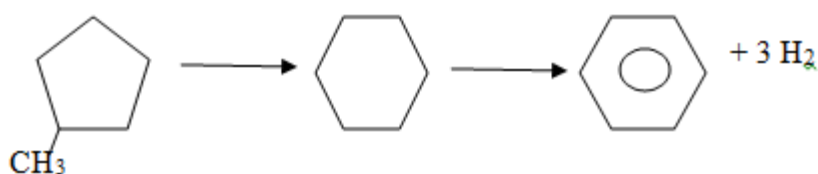
Каталитический риформинг — сложный химический процесс, включающий разнообразные реакции, которые позволяют коренным образом

преобразовать углеводородный состав бензиновых фракций и тем самым значительно улучшить их антидетонационные свойства. Основой процесса служат три типа реакций. Наиболее важны перечисленные ниже реакции, приводящие к образованию ароматических углеводородов.

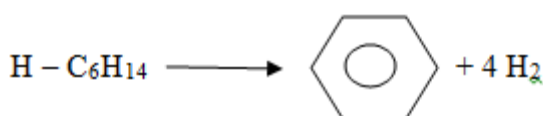
Дегидрирование шестичленных нафтенов:



Дегидроизомеризация пятичленных нафтенов:

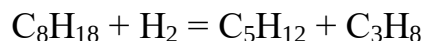


Ароматизация (дегидроциклизация) парафинов:

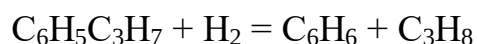


Изомеризация углеводородов — другой тип реакций, характерных для каталитического риформинга. Наряду с изомеризацией пятичленных и шестичленных нафтенов, изомеризации подвергаются как парафины, так и ароматические углеводороды.

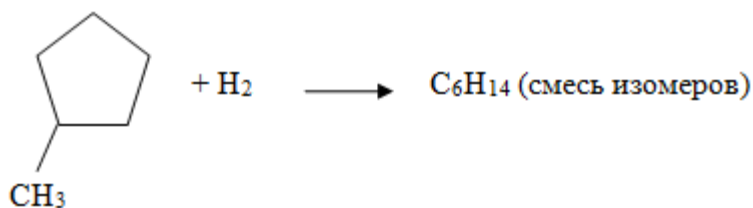
Существенную роль в процессе играют также реакции гидрокрекинга. Гидрокрекинг парафинов, содержащихся в бензиновых фракциях, сопровождается газообразованием:



Это ухудшает селективность процесса. С другой стороны, аналогичная реакция гидродеалкидирования алкилбензолов позволяет увеличить выход низкомолекулярных гомологов бензола, которые представляют наибольший практический интерес:



Протекают также реакции, приводящие к раскрытию циклопентанового кольца и к превращению пятичленных нафтен в парафины:



Элементарные стадии ряда приведенных реакций предопределяются бифункциональным характером катализаторов риформинга. С одной стороны, они содержат один металл (платину) или несколько металлов, которые катализируют реакции гидрирования и дегидрирования. С другой стороны, носителем служит промотированный галогенами оксид алюминия, обладающий кислотными свойствами и катализирующий реакции, свойственные катализаторам кислотного типа. Поэтому разные элементарные стадии реакции могут протекать на различных участках поверхности катализатора: металлических или кислотных. Образующиеся при дегидрировании непредельные углеводороды (олефины, циклоолефины и др.) могут также превращаться в более высокомолекулярные соединения и тем самым способствовать образованию кокса на катализаторе, а следовательно его дезактивации [4].

1.2 Условия проведения процесса

Параметрами, влияющими на протекание процесса каталитического риформинга, являются [5]:

- состав сырья;
- объемная скорость подачи сырья;
- парциальное давление водорода;
- температура на входе в реактор.

Сырьё для каталитического риформинга – бензиновые фракции с началом кипения 60–62 °С и выкипающую в пределах 85–180 °С. Повышение

температуры конца кипения нежелательно, так как это приводит к коксообразованию.

С повышением температуры начала кипения возрастает выход бензина, так как более тяжелые нефтеновые и парафиновые углеводороды легче подвергаются ароматизации [6].

Объемная скорость подачи сырья – отношение объемного количества сырья, подаваемого в реактор в 1 час к объему катализатора, находящегося в реакторе (единица измерения – ч-1). Значение объемной скорости обратно пропорционально содержанию ароматики в бензине, что влечёт за собой снижение октанового числа. Изменение объемной скорости подачи сырья регулирует качество получаемых бензинов. Значения объемной скорости подачи сырья варьируются от 1,4 до 1,65 ч-1 [7].

Парциальное давление водорода также является одним из основных факторов процесса риформинга.

Повышение парциального давления водорода влечёт за собой подавление побочных реакций уплотнения образующихся непредельных углеводородов, приводящих к отложениям кокса на катализаторе и снижению его активности. Именно поэтому парциальное давление на установках каталитического риформинга устанавливается от 4МПа [6].

Температура на входе в реактор варьируется в пределах 480–520 °С. Она поддерживается на минимальном уровне, обеспечивающем получение продукта необходимого качества. Постепенное увеличение температуры на входе в реактор компенсирует снижение активности катализатора.

Для повышения производительности установки температура увеличивается, а для снижения количества сырья температуру необходимо уменьшить. Однако, стоит отметить, что рост температуры влечёт за собой коксообразование и уменьшение выхода катализата [7].

Контроль, регулирование и отслеживание данных условий процесса риформинга позволяет регулировать качество продуктов.

1.3 Катализаторы процесса риформинга бензинов

В настоящее время распространены биметаллические и полиметаллические катализаторы. Главное достоинство полиметаллических – высокая стабильность. Селективность работы катализатора повышают предварительным сульфидированием.

Важное влияние на работу катализатора оказывают примеси оксида железа и серы, являющиеся каталитическими ядами. Его накопление вызывается коррозией оборудования под действием агрессивной среды в реакторах.

Основным катализатором при проведении процесса каталитического риформинга является платиновый катализатор.

Внедрение платиновых катализаторов в промышленности, способствовало резкому скачку развития процесса каталитического риформинга. Внедрение было обусловлено необходимостью производства для создания более высококачественных и высокооктановых моторных топлив.

Были проведены обширные исследования, в которых было не только изучено каталитическое действие платины на разные углеводороды, но и показана практическая ее ценность как ароматизирующего катализатора. Дороговизна платины предопределила малое ее содержание в промышленных катализаторах риформинга, а, следовательно, необходимость весьма эффективного ее использования. Этому способствовало также применение в качестве носителя оксида алюминия, который давно был известен как лучший носитель для катализаторов ароматизации. Важно было превратить алюмоплатиновый катализатор ароматизации в бифункциональный катализатор риформинга. Для этого следовало придать носителю необходимые кислотные свойства, что было достигнуто путем промотирования оксида алюминия галогенами.

Галоген является необходимой составной частью катализаторов риформинга, который вводится с целью усиления и регулирования кислотной функции носителя. В качестве кислотного промотора в би- и полиметаллических катализаторах широко используется хлор, который стабилизирует высокую степень диспергирования платины за счет образования комплексов с платиной и окисью алюминия. Преимуществом хлорированных катализаторов является возможность регулирования содержания хлора в катализаторах, а, следовательно, и уровня их кислотности в условиях эксплуатации [8].

К основным эксплуатационным характеристикам катализаторов риформинга относят активность, селективность, стабильность и механическую прочность [9].

Активность катализатора — это свойство катализатора ускорять химическую реакцию, она должна обеспечивать необходимую глубину превращения сырья при заданных объемных скоростях пропускания его через катализатор.

Требования максимальной селективности в каталитическом риформинге сводятся к обеспечению наибольших выходов жидких продуктов и водорода. Это значит, что с максимальной глубиной превращения должны протекать реакции ароматизации и минимальной должна быть активность катализатора в реакциях гидрокрекинга и гидрогенолиза.

Стабильность катализатора характеризуется способностью сохранять первоначальную активность и селективность во времени.

Механическая прочность выражается устойчивостью к раздавливанию и истиранию.

Платиновый компонент катализатора ускоряет реакции гидрирования и дегидрирования и, следовательно, способствует образованию ароматических углеводородов и непрерывному гидрированию промежуточных продуктов, способствующих коксообразованию.

Промышленные платиновые катализаторы относятся к бифункциональным [10]:

- Активный носитель (гамма оксид алюминия, алюмосиликат) обладает как протонными так и апротонными кислотными центрами, на которых протекают реакции изомеризации нафтеновых колец, гидрокрекинг парафинов и частичная изомеризация образующихся низкомолекулярных парафинов и олефинов.
- Моноплатиновый катализатор, обладает высокой активностью и селективностью, но высокое содержание платины в катализаторе и ее стоимость подтолкнули на поиск и создание более дешевых катализаторов с хорошими каталитическими свойствами и уменьшением содержания платины.

Активный платиновый катализатор позволяет осуществлять риформинг при несколько более мягком режиме, чем на алюмо-молибденовом катализаторе: средние температуры процесса на платиновом катализаторе 480–530 °С, объемные скорости от 1,5 до 4 ч⁻¹. При этом активность и селективность катализатора позволяют поддерживать в системе более высокое давление, порядка 3,0–4,0 МПа, препятствующее реакциям уплотнения, и дают возможность работать без регенерации катализатора в течении нескольких месяцев [11].

Дезактивация катализаторов оказывает пагубное влияние на процесс каталитического риформинга. Она происходит из-за следующих факторов [12]:

- изменение фазового состава катализатора вследствие повышения температур;
- отравление каталитическими ядами, блокирующими активные центры катализатора;
- коксообразование.

Самое сильное действие на процесс риформинга оказывает отравление каталитическим ядом. Для процесса риформинга таковыми являются сероорганические соединения, органические соединения азота и кислорода, мышьяк, медь и свинец. Соединения серы в процессе каталитического риформинга гидрируются до сероводорода H_2S и, реагируя с платиной, образует сульфиды PtS и PtS_2 . Сернистые соединения отравляют активные центры катализатора и подавляют образование ароматических соединений. Азотистые соединения снижают кислотность катализаторов, а органические соединения кислорода гидрируются до H_2O , которая, в свою очередь, вымывает хлор с поверхности катализаторов.

Одним из самых нежелательных процессов является коксообразование.

Снижение активности и селективности катализаторов риформинга вызвано в основном побочными реакциями, которые приводят к образованию на их поверхности углеродсодержащих отложений, обычно называемых коксом. В то же время, закоксовывание катализаторов приводит к сокращению периода его работы. Продлить службу катализатора позволяет регенерация.

Регенерация позволяет продлить срок службы катализатора.

1.4 Технологическая схема установки и ее описание

Установка каталитического риформинга, изображена на рисунке 1.1, она состоит из трех блоков: гидроочистки сырья, платформинга гидроочищенного сырья и стабилизации продуктов.

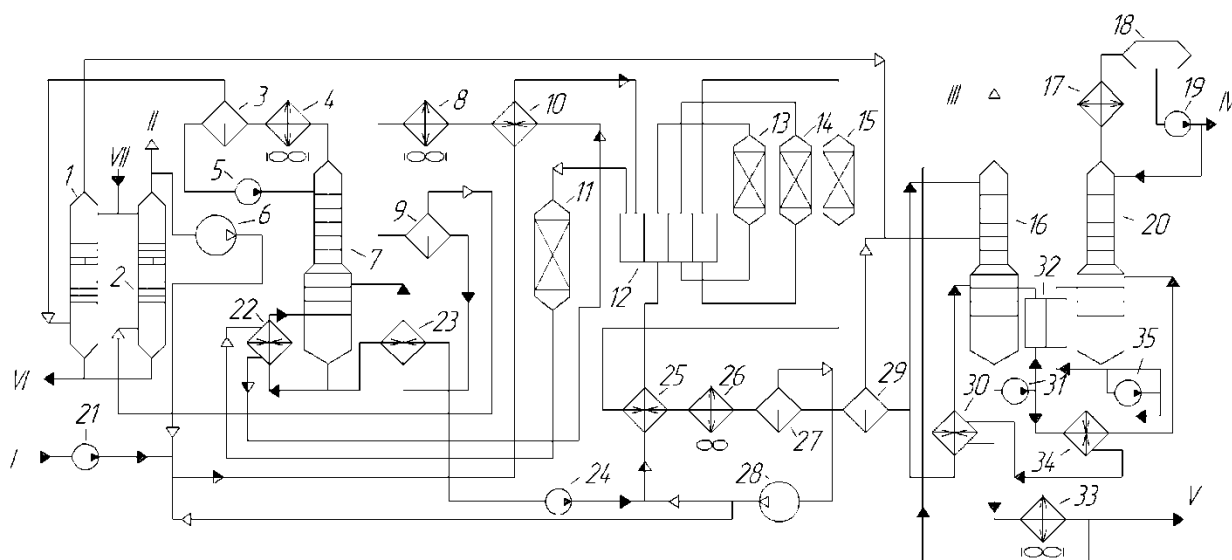


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема установки каталитического риформинга

1, 2, 7, 16, 20 – колонны; 3, 9, 27, 29 – сепараторы; 4, 8, 17, 26, 33 – холодильники; 5, 19, 21, 24, 31, 35 – насосы; 6, 28 – компрессоры; 10, 23, 25, 30, 34 – теплообменники; 11, 13 – 15 – реакторы; 12, 32 – печи; 18 – емкости; 22 – кипятильник;

I – сырье; II – избыточный водородсодержащий газ; III – сухой углеводородный газ; IV – стабильная «головка»; V – стабильный высокооктановый бензин; VI – раствор моноэтаноламина (15 %); VII – свежий раствор моноэтаноламина (15 %);

Так же установка включает в себя блок выделения в тех случаях, когда на ней получают индивидуальные углеводороды.

Исходное сырье (низкооктановые бензиновые фракции) подается насосом 21 на смешивание с циркулирующим водородсодержащим газом (ВСГ) гидроочистки и избыточным водородсодержащим газом риформинга. Полученная газо-сырьевая смесь после нагрева в теплообменнике 10 и печи 12 поступает в реактор гидроочистки 11, заполненный алюмокобальтмолибденовым катализатором. Далее смесь отдает свое тепло в кипятильнике 22, теплообменнике 10, холодильнике 8 и направляют в сепаратор высокого давления гидроочистки 9, где гидрогенизат отделяется от

отработанного ВСГ. Его отмывают от сероводорода в колонне 2 водным раствором МЭА с концентрацией 15 %.

После этого большая часть газа возвращается циркуляционным компрессором 6 на смешивание с сырьем, а меньшая часть – избыточный ВСГ – выводится с установки.

Жидкая фаза, отделяемая в сепараторе 9, содержит растворенные сероводород, углеводородный газ и воду, поэтому подвергается нагреву в теплообменнике 23 и отпарке в колонне 7 за счет теплоты потока из реактора 11, подводимого в кипятильник 22. Из куба этой колонны стабильный гидрогенизат проходит теплообменник 23 и насосом 24 направляют на смешивание с ВСГ в объемных соотношениях 1:1500, 1:2000. Далее смесь нагревают в теплообменнике 25 и во второй секции печи 12, а затем последовательно проходит реактор 13, третью секцию печи 12, реактор 14, четвертую секцию печи 12 и реактор 15.

Продукт риформинга из реактора 15 охлаждают в теплообменнике 25, аппарате воздушного охлаждения (АВО) 26 и направляют в сепаратор высокого давления 27, где из него отделяются ВСГ. Газ поступает в компрессор 28. Большая его часть возвращается на смешивание с гидрогенизатом, а остальное количество направляется в блок гидроочистки. Жидкий продукт из сепаратора 27 попадает в сепаратор низкого давления 29, где из него выделяют растворенный углеводородный газ. Окончательно риформат стабилизируется в колоннах 16 и 20. Углеводородный газ гидроочистки и риформинга из сепараторов 3 и 29 смешивают и подают во фракционирующий абсорбер 16.

Нестабильный бензин из сепаратора 29 двумя потоками также поступает в абсорбер 16, где часть холодного бензина подается на верх абсорбера, другая часть нагревается в теплообменнике 30 и подается в низ абсорбера. С верха абсорбера 16 отводится сухой углеводородный газ, с низа – бензин в колонну стабилизации 20 после предварительного нагрева в теплообменнике 34 за счет стабильного бензина. С верха колонны 20 с

установки отводится «головка» стабилизации, с низа колонны 20 через теплообменники 30, 34 и холодильник 33 – стабильный бензин. Нагрев колонн 16 и 20 осуществляется методом горячей струи через двухкамерную печь 32.

Основным оборудованием в данной технологической схеме являются реакторы. Они представляют собой цилиндрический вертикальный сосуд с эллиптическими или полушаровыми днищами. Внутренний диаметр колеблется от 2600 мм до 4500 мм. Высота слоя катализатора обычно составляет 1 – 3 диаметра. Они работают под давлением до 5 МПа и температуре до 550 °С.

Сырье (парогазовая смесь) подается в реактор через верхний штуцер с помощью распределителя и проходит через слой фарфоровых шариков диаметром 20 мм, а также слой таблетированного алюмоплатинового катализатора высотой до 4 м. Катализатор удерживается на перфорированной опорной решетке, поверх которой для равномерного приема сырья насыпаны три слоя фарфоровых шариков диаметром 20, 13 и 6 мм.

Продукты реакции выводятся из реактора по парогазовому трубопроводу (стояку) через верхний штуцер диаметром 300 мм. На нижнем днище реактора имеется люк-лаз диаметром 500 мм для ремонта и два люка диаметром 100 мм, через которые эжектируют газы перед началом процесса регенерации и в случае необходимости проведения ремонтных работ [2].

2 Литературный обзор

Каталитический риформинг бензиновых фракций – один из самых важных процессов нефтепереработки. Высокооктановые компоненты бензина получают как раз с его помощью. Именно поэтому риформинг активно изучается. А так же необходимо усовершенствование установок на постоянной основе. Это становится всё более доступным, так как в настоящее время разработаны компьютерные моделирующие системы, позволяющие моделировать данный процесс и следить за ним.

2.1 Варианты оптимизации технологической схемы процесса риформинга

В настоящее время применяются новые реакторные устройства непрерывного риформинга с движущимся слоем катализатора. Процесс протекает в четырёх реакторах, расположенных вертикально и последовательно. В таком случае условия являются наиболее оптимальными. К ним относится высокое давление и небольшая температура. Однако здесь, как и в любом случае, присутствуют недостатки, такие, как материальные затраты на эксплуатацию и максимальная возможная температура кипения риформата [13].

Внедрение в производство технологических схем процесса с предфракционированием и постфракционированием, с изомеризацией, с селектоформиномгом и гидрокрекингом повлечёт за собой повышение качества продукта. Ресурсоэффективность процессов риформинга и изомеризации зависит от правильности разделения между установками. Она определяется режимами работы колонн блока вторичной перегонки бензинов [14].

Исходное сырьё подаётся в реактор гидрокрекинга, где высококипящие парафины подвергаются превращению. После прохождения сырьём данного

реактора образуются низкомолекулярные изопарафины. После этого непрореагировавшее сырье, как и продукты гидрокрекинга, пропускают через реакторы риформинга. Поток ВСГ, циркулирующий в системе, проходит последовательно через все реакторы [15].

Образование бензола – основной процесс, происходящий при протекании каталитического риформинга, так как получение ароматики в продукте – цель данного процесса. Так как требования к химическому составу бензинов ужесточаются, необходимо следить за содержанием ароматических соединений в продукте. Для удаления бензолов используют такие пути, как выделение его соединений и использование его в дальнейшем производстве.

Уменьшение количества бензола происходит при использовании фракционирования катализатора бензинового риформинга с выделением добензольной, бензл-толуол-ксилольной фракции и фракции ароматических углеводородов из ряда C9 и выше. Из бензл-толуол-ксилольной фракции после предварительного гидрирования можно получать индивидуальные ароматические компоненты, а добензольную фракцию и фракцию «высших ароматических углеводородов» смешать для получения высокооктанового компонента автобензина [16].

Количество бензола в продукте не должно превышать 1 %. Это регламентируют стандарты ЕВРО-5 и ЕВРО-6.

Качество риформата зависит от точного контроля температуры газопродуктовой смеси на выходе трубчатых печей многоуровневой установки. Большие требования предъявляют к системе управления первой печи, так как должны быть соблюдены следующие параметры:

- изменение температуры;
- расход и поступление продукта;
- химический состав продукта.

Они влияют на контроль температуры продукта на выходе первой печи и, соответственно, всех следующих аппаратах [13].

Повышение качества продуктов, модернизация ключевых узлов установки и увеличение производительности являются актуальной задачей нефтепереработки.

Важными являются и техно-экономические показатели. К ним относятся снижение энергетических затрат, сокращение расходов на эксплуатацию и уменьшение себестоимости первичной продукции. При каталитическом риформинге сырья получают бензол, толуол и ксилол, также при этом повышается детонационная стойкость бензинов [16].

2.2 Катализаторы процесса

За время использования процесса каталитического риформинга вследствие совершенствования технологий сроки работы катализатора, как и выход ароматических углеводородов, увеличились. Это, в первую очередь, стало доступным благодаря изучению новых катализаторов. Однако, неизменным компонентом всегда была платина [17].

В настоящее время часто применяющимися катализаторами являются катализаторы марок ПР-81А, ПР-81F и ШПР-81, РБ-35ЮКА, РБ-33У, RG-482, RG-492, RG-582 и RG-682, предназначенные для процесса каталитического риформинга. Катализаторы представляют собой платину, которая равномерно распределена на внешней и внутренней поверхности гранул оксида алюминия. Так же у них есть и отличия.

Особенности катализаторов ПР-81А, ПР-81F и ШПР-81 представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Физико-химические показатели катализаторов серии ПР и ШПР

Показатель	ПР-81А	Пр-81F	ШПР-81
Содержание, <u>мас</u> %			
Платина	0,25	0,35	0,25
Рений	0,3		0,3
Хлор	1		1
Фтор		0,3	
Железо	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01
Оксид натрия	0,01	0,01	0,01
Диаметр, мм	0,1	1,6	1,7
Коэффициент прочности, кг/мм	1,8-2,1	1,8-2,1	2,4-2,7
Насыпная масса, кг/м ³	720-730	720-730	610-620

При сохранении температуры на входе (до 460 °С) октановое число продукта для этих катализаторов сохраняется на уровне 95-96 (ИМ), а выход риформата при этом равен 89-92 мас. %.

Для установки риформинга со стационарным слоем катализатора предназначены такие катализаторы, как РБ-35ЮКА и РБ-33У. Последний включает в свой состав модификаторы. Физико-химические показатели этих катализаторов представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Физико-химические показатели катализаторов серии РБ

Показатель	РБ-35ЮКА	РБ-33У
Содержание, мас. %		
платина	0,3	0,35
рений	0,3	0,35
Диаметр, мм	1,5	1,6
Насыпная масса, кг/м ³	750-810	750-810

В следующей таблице 2.3 представлено содержание платины у катализаторов марок RG-482, RG-492, RG-582 и RG-682.

Таблица 2.3 – Физико-химические показатели катализаторов серии RG

Содержание, % мас.	RG-482	RG-492	RG-582	RG-682
платина	0,3	0,3	0,3	0,3
рений	0,3	0,62	0,3	0,44
Насыпная масса, кг/м ³	0,59	0,59	0,67	0,67

Октановое число продукта варьируется от 94 до 100. Этот показатель зависит от изменения температуры, значения которой находятся в пределах от 480 °С до 500 °С. Наивысшее октановое число и высокую селективность катализаторов обеспечивается оптимальным составом катализаторов.

2.3 Повышение эффективности процесса каталитического риформинга с применением компьютерной моделирующей системы

Основное внимание в настоящее время уделяется инновационным системам компьютерного моделирования, которые основаны на математическом анализе корреляционных, статистических, формализованных технологических данных или на физико-химической моделях [18].

Применение моделирующих систем позволяет спрогнозировать работу катализаторов процесса, установить правильность работы установки и наиболее детально рассмотреть протекание процесса каталитического риформинга. Наблюдение за работой катализатора позволяет избежать лишних затрат на производстве. В том случае, если в работе будет дезактивированный катализатор, качество продукта будет значительно хуже, что, определенно, нежелательно.

Наивысшей надежностью обладают компьютерные моделирующие системы (КМС), которые основаны на механизме и кинетике реакций

углеводородов на поверхности катализатора. В реальности, преимущественно используются математические модели, в основе которых фактические данные. Эти данные нельзя применять при прогнозировании промышленного процесса [19].

Существует КМС, которая учитывает недостатки ранее разработанных программ. Это «Система контроля работы катализатора», разработанная в Томском политехническом университете. В основе данной программы лежит принцип химического равновесия образования кокса и гидрирования промежуточных продуктов уплотнения. Благодаря этой программе можно рассчитать оптимальные условия и длительность цикла. А так же спрогнозировать процесс. Это позволяет увеличивать эффективность и селективность процесса [20].

Современные исследования и разработки в области каталитического риформинга направлены на все этапы процесса. Это необходимо для достижения необходимого высокого уровня селективности, оптимального выхода риформата, получения продукта с заданным октановым числом, а так же для понижения содержания примесей в продукте и контроля температуры процесса. Так же это требуется для получения экологически чистого топлива с низкими текущими энергетическими затратами на производство.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д8Б	Нечкина А.Е.

Школа		Отделение школы (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

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	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		03.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Нечкина А.Е.		01.03.2022

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 контроля толщины термоизоляционных материалов, используемых для теплоизоляции в домах, трубах, резервуарах и прочих объектов, требующих определенной температуры эксплуатации.

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 результатов проведенного исследования «Контроль толщины термоизоляционных материалов» на предприятии выступают производственные лаборатории, где тестируются партии термоизоляционных материалов.

Примером предприятия потребителя является компания ООО «ПЕНОПЛЭКС» г. Санкт-Петербург.

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.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Е	Б _И	Б _В	К _Е	К _И	К _В
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Простота проведения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Стоимость услуги	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
3. Точность измерения	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
4. Универсальность метода	0,15	4	3	3	0,6	0,45	0,45
5. Безопасность метода	0,15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
7. Конкурентоспособность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
Итого	1	33	27	25	4,75	3,9	3,6

Где Б_Е–измерение толщины электроемкостным методом контроля;

Б_И– измерение толщины индуктивным методом контроля;

Б_в– измерение толщины вихретоковым методом контроля.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность вида;

B_i– вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

По данным оценочной карты можно увидеть, что для повышения конкурентоспособности с минимальными издержками более эффективно использовать электроемкостной метод контроля для измерения толщины термоизоляционных материалов.

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. Данные методы все больше и больше изучаются, дорабатываются; С2. Методы, описанные в работе, несут в себе экономичность и ресурсоэффективность; С3. Актуальность и высокая технологичность методов; С4. Наличие опытного руководителя.	В1. Нетрудоемкая адаптация научного исследования под иностранные языки; В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах; В3. Публикации о проекте в тематических журналах.
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данными методами; Сл2. Дороговизна и сложность оборудования для проведения экспериментов; Сл3. Значительные временные и интеллектуальные затраты	У1. Отсутствие спроса на данные методы; У2. Отказ от технической поддержки проекта после внедрения У3. Нехватка финансирования

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить

степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

	Сильные стороны					Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта								
	B1	0	0	+	+	-	0	0
	B2	+	+	+	+	+	+	+
	B3	+	+	+	0	-	+	+

Таблица 4.4- Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

	Сильные стороны					Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2	Сл3
Угрозы проекта								
	У1	+	+	+	-	-	-	-
	У2	+	+	+	-	-	+	-
	У3	+	+	+	-	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей или слабых сторон и возможностей:

- B2B3C1C2; B1B2B3C3; B1B2C4;
- B2B3Cл2Cл3; B2Cл1;
- Y1Y2Y3C1C2C3;
- Y2Cл2.

Самой большой угрозой для проекта является отсутствие финансовой поддержки из-за дороговизны и сложности оборудования для контроля толщины.

Что касается слабых сторон, то для данных методов требуется привлечение опытных и квалифицированных специалистов, обеспечение обучения нового персонала со знаниями методов, используемых в толщинометрии.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Данные методы все больше и больше изучаются, С2. Методы, описанные в работе, несут в себе экономичность и ресурсоэффективность; С3. Актуальность и высокая технологичность методов; С4. Наличие опытного руководителя.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данными методами; Сл2. Дороговизна и сложность оборудования для проведения экспериментов; Сл3. Значительные временные и интеллектуальные затраты
Возможности: В1. Нетрудоемкая адаптация научного исследования под иностранные языки; В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах; В3. Публикации о проекте в тематических журналах.	Большой потенциал применения метода в России и других странах способствует развитию и доработке методов контроля	Данным методам требуется привлечение опытных и квалифицированных специалистов, обеспечить обучение нового персонала со знаниями методов толщинометрии
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на данные методы; У2. Отказ от технической поддержки проекта после внедрения У3. Нехватка финансирования	Отсутствие спроса влияет на актуальность и технологичность методов	Самой большой угрозой для проекта является отсутствие финансовой поддержки из-за дороговизны и сложности оборудования для проведения экспериментов

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 4.6.

Таблица 4.6 – 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	Создание процесса измерения толщины термоизоляционных материалов	Руководитель Бакалавр
	6	Разработка методики	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Бакалавр
Оформление отчета по НИР	8	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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 $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (4.2)$$

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

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

$t_{маxi}$ – 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.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

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

$t_{ожi}$ – 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, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

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

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;

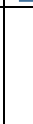
$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

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 таблице 4.7 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

Таблица 4.7 -Календарный план-график проведения научного исследования

№ ра-бот	Вид работ	Испол-нители	Т _{ки} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февраль		март			апрель			май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Выбор темы ВКР	Ст, НР	1												
2	Составление и утверждение плана работ	НР	1												

4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

1. Материальные затраты.
2. Затраты на спец.оборудование
3. Основная и дополнительная ЗП.
4. Социальные отчисления.
4. Прямые затраты.
5. 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:

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

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.); $Ц_i$ – 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 4.8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Тетрадь для записей	Шт.	1	1	1	45	45	45	45
Ручка	Шт.	1	1	1	15	15	15	15
Образцы термоизоляционного материала (полипропилен)	Кг	1	1	1	94	94	94	94
Электроэнергия	кВт*ч	250	300	280	3,5	875	1050	980
Итого, руб.						1029	1204	1134

Общие материальные затраты составили 1029руб.

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 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на оборудование, (Зм), тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Персональный компьютер	Шт.	1	1	1	40	40	40	40
Программное обеспечение (MathCAD)	Шт.	1	1	1	5	5	5	5
Вихретоковый измерительный преобразователь	Шт.	-	-	1	15	-	-	15
Индуктивный измерительный преобразователь	Шт.	-	1	-	10	-	10	-
Емкостной измерительный преобразователь	Шт.	1	-	-	7	7	-	-
Мультиметр MASTECH MY65	Шт.	1	1	1	6	6	6	6
Источник питания	Шт.	1	1	1	15	15	15	15
Итого:						73	76	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 4.11.

Таблица 4.11 – Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкос ть, чел.-дн.			Заработная плата, приходящая ся 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	2	3,1			3,1	3,1	6,2
3.	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	2	2	3	2			4	4	6
4.	Выбор направления исследования	Ст, НР	2	2	2	5,1			10,2	10,2	10,2
5.	Календарное планирование работ	Ст, НР	2	3	3	5,1			10,2	15,3	15,3
6.	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	12	13	16	2			24	26	32
7.	Создание процесса измерения толщины термоизоляционны х материалов	Ст, НР	11	14	15	5,1			56,1	71,4	76,5
8.	Разработка методики	Ст	7	7	9	2			14	14	18
9.	Оценка эффективности полученных	Ст	4	5	5	2			8	10	10

	результатов								
10.	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Ст	5	5	5	2	10	10	10
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Ст	1	2	2	2	2	4	4
12	Оформление ВКР	Ст	5	6	7	2	10	12	14
Итого							156,7	185,1	207,3

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

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

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

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

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

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

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} \quad (4.9)$$

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 4.12 – 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):

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

где Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

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_t 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 4.13.

Таблица 4.13 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	k_t	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. · дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководител ь	Старший преподава -тель	1,86 6	3000 0	0, 3	0, 4	1, 3	6630 0	3731,4 5	17	63434,77
Студент	Инженер	1,40 7	1500 0	0, 3	0, 2	1, 3	2925 0	1872	52	97344
Итого										160778,7 7

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 $k_{\text{доп}}$ – 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:

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

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 4.14.

Таблица 4.14 – 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	63434,77	78360,6	85823,52	9515,22	11754,09	12873,53
Студент	97344	112320	127296	14601,6	16848	19094,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные	0,30					

фонды	
Итого	
Исполнение 1	55838,46
Исполнение 2	66223,37
Исполнение 3	74016,41

4.5.6 Накладные расходы

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

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

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы для исполнения 1 составили:

$$З_{\text{накл}} = (1029 + 73000 + 63434,77 + 97344 + 9515,215 + 14601,6 + 55838,46) \cdot 0,16 = 49709,48 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

$$З_{\text{накл}} = (1204 + 76000 + 78360,6 + 112320 + 11754,09 + 16848 + 66223,37) \cdot 0,16 = 57140,71 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 3 составили:

$$З_{\text{накл}} = (1134 + 81000 + 85823,52 + 127296 + 12873,53 + 19094,4 + 74016,41) \cdot 0,16 = 63266,93 \text{ руб.}$$

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 4.15.

Таблица 4.15 –Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	1029	1204	1134	Пункт 4.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	73000	76000	81000	Пункт 4.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	156700	185100	207300	Пункт 4.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	24116,81	28602,09	31967,93	Пункт 4.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	55838,46	66223,37	74016,41	Пункт 4.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	-	Отсутствуют
8. Накладные расходы	49709,48	57140,71	63266,93	Пункт 4.5.6
9. Бюджет затрат НТИ	360393,75	414270,20	458685,30	

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.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{360393,75}{458685,30} = 0,785;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{414270,20}{458685,30} = 0,903;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{458685,30}{458685,30} = 1$$

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 4.16 – 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
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:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{4,7}{0,785} = 5,98$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{3,55}{0,903} = 3,93;$$

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

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

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

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

Таблица 4.17– Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,785	0,903	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	3,55	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	5,98	3,93	3,45
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,657	0,576

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.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2Д8Б		Нечкина Алина Евгеньевна	
Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 химическая технология

Тема ВКР:

Анализ и оптимизация работы установки каталитического реформинга с применением компьютерной моделирующей системы

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения.

Объект исследования: установка каталитического реформинга

Область применения: нефтехимическая промышленность

Рабочая зона: Аудитория №131, корпус 2.

Размеры помещения: Площадь отапливаемого помещения- 30 м², освещение смешанное, необходимо наличие рабочего стола, ПК со стабильным интернет соединением и необходимым программным обеспечением.

Количество и наименование оборудования рабочей зоны: ПК – 1 шт. Тетрадь для записей – 1шт.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: Анализ данных, предоставляемых НПЗ для осуществления необходимых работ, проводимых с помощью компьютерной моделирующей системы.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя
ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда».

2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:

- Анализ потенциальных вредных и опасных производственных факторов
- Разработка мероприятий по снижению воздействия

Опасные факторы:

- Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека;
- Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;

потенциально вредных и опасных факторов	- Утечка токсичных и вредных веществ; Вредные факторы: -Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; - Повышенный уровень шума; - Недостаток необходимого искусственного освещения рабочей зоны; - Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды.; - Монотонность труда, вызывающая монотонию; - Длительное сосредоточенное наблюдение.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	Воздействие на селитебную зону: разрушение домов и зданий вследствие пожара в офисе. Воздействие на литосферу: твёрдые неразлагающиеся отходы (компьютеры, оборудование, пластмасса, пластик). Воздействие на гидросферу: попадание пластика и пластмасс в водную оболочку земли вследствие неправильной утилизации отходов. Воздействие на атмосферу: выбросы в атмосферу при производстве оборудования или сжигании отходов (неисправного оборудования).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения.	Возможные ЧС: Пожар вследствие неисправности рабочего оборудования. Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган, лесные пожары и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Происшествие социального характера (террористический акт) Наиболее типичная ЧС: Пожар вследствие неисправности рабочего оборудования (ПК, проводки)
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО (полностью)	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Нечкина Алина Евгеньевна		15. 02. 22

5 Социальная ответственность

Проведение исследования на тему анализа и оптимизации установки каталитического риформинга является одним из актуальных направлений исследования процессов нефтеперерабатывающей промышленности.

Процесс каталитического риформинга является одним из основных при переработке нефти. Кроме того, ввиду использования дорогостоящих катализаторов и установок он является ресурсозатратным для любого предприятия. Именно поэтому процесс оптимизации каталитического риформинга нефти является актуальным.

Реальными, как и потенциальными пользователями оптимизированного метода каталитического риформинга являются нефтеперерабатывающие заводы и предприятия, занимающиеся нефтяной промышленностью.

Данное исследование не предполагает больших материальных затрат, так как для его проведения необходим только офис и ПК, имеющий стабильное интернет соединение и подходящее программное обеспечение для установки необходимых компьютерных моделирующих программ, что делает его целесообразным и экономически выгодным для предприятий и заводов. Территориально исследование может проводиться как в офисе, так и в любом другом месте, где есть возможность использовать ПК с перечисленными выше требованиями.

Ввиду того, что исследование не предполагает дополнительного использования реактивов и материалов, его вред окружающей среде будет минимален.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

Основным документом, устанавливающим государственные гарантии трудовых прав и свобод граждан, является "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ.

Рассмотрим основные нормы трудового законодательства, которым должно соответствовать проводимое исследование:

Режим рабочего времени – 8 часов в день, 40 часов в неделю. Данное требование необходимо соблюдать во избежание ухудшения зрения работника, а также нарушений опорно-двигательной системы вследствие непрерывной сидячей работы.

Персональные данные работника не должны разглашаться. У него должен быть личный компьютер, к которому не имеет доступ ни один другой работник. Это необходимо во избежание утечки персональных данных и личных разработок по оптимизации процесса каталитического риформинга.

Оплата труда производится в соответствии с ТК РФ. Месячная заработная плата работника, который полностью отработал норму рабочего времени и исполнил свои трудовые обязанности, не может быть ниже минимального размера оплаты труда (ст. 133 ТК РФ). С 1 января 2022 года федеральный МРОТ составляет 13 890 рублей [1].

Компенсации и дополнительные выплаты для работника не предусмотрены, так как условия труда не считаются вредными.

5.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

5.2.1 Гигиенические требования

1. Уровень освещения – не менее 300 лк для помещения заданной площади.
2. Уровень вибрации – до 0,004 м/с².
3. Уровень шума - до 55 дБ.
4. Температура – 22-24 °С.
5. Влажность – 40 - 60%.
6. Скорость движения воздуха – менее 0,2 м/с.

5.2.2 Антропометрические требования

Поза трудящегося – сидя. Соответственно, необходимо подобрать удобное положение сотрудника и правильно разместить инструменты, необходимые для выполнения работы на рабочем столе;

Возможность движения – так как выполнение данной работы не предусматривает большого количества движений, совершаемых сотрудником, в рабочем кабинете должно быть место для пятиминутных зарядок и перерывов от сидячего процесса работы сотрудника.

5.2.3 Физиологические и психофизиологические требования

Данный фактор включает в себя соответствие оборудования возможностям трудящегося. Это касается восприятия и переработки информации. Соответственно, если сотруднику проще воспринимать и запоминать информацию, прослушивая её, то на рабочем месте необходимо установить оборудование, воспроизводящее звук. Так же на рабочем месте

необходимо предусмотреть место для расположения необходимых инструментов для записи информации сотрудником.

5.3 Производственная безопасность

5.3.1 Потенциальные вредные и опасные производственные факторы

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 потенциально вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при проведении исследования. Выбор факторов производится с использованием ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень основных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Потенциально опасные и вредные факторы при разработке проектного решения

Факторы (согласно ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
Опасные	Вредные	
1. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека; 2. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;	1. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; 2. Повышенный уровень шума; 3. Недостаток необходимого искусственного освещения рабочей зоны; 4. Монотонность труда, вызывающая монотонию; 5. Длительное сосредоточенное наблюдение.	СанПиН 2.2.4.548-96; ГОСТ 12.1.003-2014; СНиП 23-05-95; СНиП 41-01-2003; ГОСТ 12.0.003-2015; ГОСТ 12.1.019-2017; ГОСТ 12.1.004-91; ГОСТ 12.1.005-88; ГН 2.2.5.3532-18. ГОСТ 12.1.003-83 ГОСТ Р 54944-2012

5.3.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

При проведении анализа установки каталитического риформинга в 131 аудитории 2 корпуса ТПУ основным источником потенциально вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) являются общие условия организации работы. Рассмотрим описание вредных и опасных факторов, представленных выше в таблице 5.1.

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

Состояние микроклимата в помещении характеризуется допустимыми показателями температуры, относительной влажности воздуха и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений с учетом периода года.

Для создания и автоматического поддержания оптимальных показателей микроклимата в аудитории 131 2 корпуса ТПУ независимо от наружных условий в холодное время года используется система центрального отопления, в теплое время года применяется система местного кондиционирования воздуха. На рабочем месте осуществляется постоянный контроль показателей температуры и влажности воздуха с помощью термогигрометра. При необходимости проводятся проветривания помещений.

Допустимые нормы температуры и влажности воздуха в рабочей зоне производственного помещения согласно ГОСТу 12.1.005-88 представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

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. Метеорологические условия производственной среды регламентируются санитарными нормами промышленных предприятий СанПиН 2.2.4.548-96.

Микроклимат аудитории 131 2 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

2) Повышенный уровень шума.

Человек, работающий в условиях длительного шумового воздействия, испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость. Нарушения слуха – проблема не только здоровья отдельного работника, но и безопасности труда как его самого, так и третьих лиц. В качестве средств индивидуальной защиты для органов слуха от шума и вибрации применяются наушники, беруши.

Источниками шума на рабочем месте являются: элементы производственного оборудования; транспортные средства; системы вентиляции с механическим побуждением.

Уровень шума в аудитории 131 2 корпуса ТПУ не превышает 55 Дб, что соответствует ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1).

3) Недостаток необходимого искусственного освещения рабочей зоны.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет проведение работ, ведет к снижению производительности труда и может явиться причиной несчастных случаев.

В аудитории 131 2 корпуса ТПУ организовано естественное освещение через светопроемы, искусственное освещение представлено комбинированной системой. Освещение должно удовлетворять СНиП 23-05-95. В таблице 5.3 представлены нормируемые параметры искусственного и естественного освещения для работы в аудитории.

Таблица 5.3 – Параметры систем естественного и искусственного освещения на рабочем месте

Характеристика зрительной работы	Искусственное освещение, лк		Естественное освещение, КЕО, %		Совмещенное освещение, КЕО, %	
	Комбинированное освещение	Общее освещение	Комбинированное освещение	Общее освещение	Комбинированное освещение	Общее освещение
Малой точности	400	300	3	1	1,8	0,6

Согласно ГОСТ Р 54944-2012 Здания и сооружения. Методы измерения освещенности освещение в аудитории 131 2 корпуса ТПУ соответствует нормам.

4) Монотонность труда, вызывающая монотонию.

Для контроля такого характера перегрузок рекомендуются пешие прогулки до и после работы – 40–50 минут, а также перерывы в работе. При трудовой деятельности перерывы необходимы после каждого часа работы. Сумма времени отдыха зависит от установленного рабочего дня. Если установленный рабочий день составляет 8 часов, сумма времени перерыва – 50–80 минут, если рабочее время составляет 12 часов, то перерыв – 80–140 минут.

5) Длительное сосредоточенное наблюдение.

Работа в исследовательской лаборатории напрямую связана с перенапряжением зрительной системы человека, вызванным длительным сосредоточенным наблюдением. Для профилактики и контроля перегрузки следует делать перерывы и выполнять специальную разминку для глаз.

7) Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.

Источник возникновения фактора – электрооборудование. Воздействие фактора на организм человека: термические ожоги, механические повреждения тканей и органов, изменение состава крови.

По электробезопасности исследование выполняется в помещении без повышенной опасности (класс 01 по ГОСТ 12.1.019–2017), с наличием следующих условий:

- напряжение питающей сети 220 В, частота 50 Гц;
- относительная влажность воздуха не более 75 %;
- средняя температура не более 35 °С.

Состояние электрооборудования в аудитории 131 2 корпуса ТПУ соответствует нормам.

7) Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека.

Для предотвращения возникновения пожара на рабочем месте необходимо соблюдение правил пожарной безопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

Возможность возникновения пожара обусловлена наличием на рабочем месте пользователя возгорающихся предметов (деревянный стол, стул, бумага, изоляция электрических проводов). Причиной возгорания могут быть: короткое замыкание проводов, перегрузки в сети, применение электрических ламп накаливания общего назначения и люминесцентных ламп.

5.4 экологическая безопасность

Проводимое исследование по анализу и оптимизации установки каталитического риформинга при помощи моделирующей программы не предполагает использования реактивов, лабораторной посуды и других веществ, утилизация которых негативно влияет на окружающую среду. Однако стоит обратить внимание на процесс утилизации и использования персонального компьютера, бумаг и пластмасс.

Первым шагом необходимо оценить влияние исследования на гидросферу, атмосферу, литосферу и селитебную зону.

Воздействие на селитебную зону: разрушение домов и зданий вследствие пожара в офисе.

Воздействие на литосферу: твёрдые неразлагающиеся отходы (компьютеры, оборудование, пластмасса, пластик).

Воздействие на гидросферу: попадание пластика и пластмасс в водную оболочку земли вследствие неправильной утилизации отходов.

Воздействие на атмосферу: выбросы в атмосферу при производстве оборудования или сжигании отходов (неисправного оборудования).

Для того, чтобы утилизация и эксплуатация необходимого оборудования не наносила вред окружающей среде, важно обращать внимание на правила эксплуатации и утилизации, установленными нормативными документами.

Уничтожение офисной техники и оборудования регулируется несколькими законодательными документами [2]:

Таблица 5.2 – Законодательные документы, регулирующие уничтожение офисной техники

Название документа	Реквизиты	Суть запрета
Административный кодекс РФ	Ст. 8.2.	Запрещает организациям и частным лицам выбрасывать оргтехнику вместе с бытовым мусором.
ФЗ «Об отходах производства и потребления»	От 24.06.1998 №89-ФЗ	Запрещает совершать вывоз на свалку организациям, не имеющим лицензии.
Постановление Правительства РФ “Об утверждении Положения о лицензировании деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению опасных отходов”	От 26 августа 2006 г. № 524	Регулирует порядок получения лицензий.

Для безопасной утилизации офисной техники разработана «Методика проведения работ по комплексной утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники», утвержденная Государственным Комитетом РФ по телекоммуникациям (от 19 октября 1999 года).

В результате отходы минимизированы, а комплектующие поступают на переработку.

Процесс переработки проходит поэтапно:

- Вывоз оргтехники с предприятия.
- Начальная разборка на составные части.
- Сортировка деталей по материалам – стекло, пластик, металлы и пр.
- Отправка на вторичную переработку.
- Особым образом проходит переработка электронных деталей. Их сдают на аффинажные заводы, где проводят химическую очистку тяжелых и драгметаллов, в том числе золота.

- Выделенные химически чистые драгоценные металлы имеют высокую стоимость и подлежат сдаче в Государственный фонд.
- Обезвреживание и уничтожение отходов повышенной опасности (при необходимости).

Таким образом, минимальный вред окружающей среде будет принесён при соблюдении вышеперечисленных правил утилизации компьютерной техники.

5.5 безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 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.

Возможные чрезвычайные ситуации, которые может инициировать объект исследования:

- техногенного характера (аварийная ситуации в аудитории);
- социального характера (террористический акт).

Наиболее типичной и опасной является ЧС техногенного характера. Наиболее вероятная ЧС, возможная при проведении анализа установки риформинга с использованием компьютерной моделирующей программы – пожар. Он может быть вызван как неисправностью оборудования или электропроводки, так и халатным отношением сотрудника. Превентивные меры по предупреждению пожара для всех помещений лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83. Аудитория (офис) относится к производствам категории П-3 (по СП 12.13130.2009).

Возможный класс пожара в лаборатории А1, В1. В аудиториях есть по два огнетушителя. Типа ОУ-3 – 1 шт., Типа ОП- 1 шт.

Во избежание возникновения пожара в офисе следует соблюдать следующие правила:

- Своевременная регулярная проверка оборудования специалистом;
- Отключение всех электроприборов в том случае, когда сотрудник не находится в офисе;
- Использование качественного оборудования;
- Использование только исправно работающего оборудования.
- Так же необходимо обратить внимание на меры предосторожности и правила, которые необходимо соблюдать в случае возникновения пожара.
- В каждом офисе должен находиться огнетушитель для быстрого устранения небольшого источника открытого огня;
- Проходы (двери, окна) не должны быть забаррикадированы, т.е. на пути выходов из помещения не должны стоять предметы мебели и доступ к ним должен быть свободный;
- В каждом офисе должен быть представлен план эвакуации из здания.

Подводя черту, можно сделать вывод о том, что при соблюдении всех вышеперечисленных правил безопасности и своевременной проверке оборудования, вероятность возникновения данной ЧС крайне мала.

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

Возможные чрезвычайные ситуации при внедрении данного исследования в производство:

- техногенного характера (аварийная ситуация);
- социального характера (террористический акт);
- стихийного характера (лесные пожары, наводнения, ураганные ветры).

Также наиболее типичной ЧС будет являться ситуация техногенного характера, теоретически вызванная выходом из строя приборов, самовозгоранием, пожаром на производстве.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров. В каждой аудитории должна быть составлена инструкция по пожарной безопасности, в которой указываются обязанности каждого работника по предупреждению пожаров и принятию необходимых мер к быстрой их ликвидации. Мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций согласно ГОСТу 22.0.04-97:

- систематическая диагностика оборудования;
- обслуживание и ремонт вентиляторов, вытяжных шкафов, осветительных приборов;
- наличие современных сигнализаций и приборов контроля в помещении для исследования;
- систематический инструктаж персонала;
- планы поддержания рабочего состояния лаборатории после чрезвычайной ситуации или катастрофы;
- план реагирования в случае террористических действий.

В аудитории должны быть первичные средства пожаротушения. При возникновении пожара необходимо отключить электронагревательные

приборы, вентиляцию, убрать огнеопасные вещества в безопасное место, одновременно, по возможности ликвидировать очаг. Все работники лаборатории должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты: противогазы, респираторы, маски, изолирующая защитная одежда, аптечка, перчатки, в соответствии с техническим регламентом № 1213. При необходимости персонал эвакуируется в безопасное место.

Аудитория 131 2 корпуса ТПУ оснащена всеми первичными средствами пожаротушения.

5.6 Выводы

В ходе анализа проводимого исследования были выявлены возможные опасные и вредные факторы.

В ходе анализа каждого из факторов были выявлены процессы минимизации вреда для здоровья сотрудника. Кроме того, было выявлено, что проведение данного эксперимента практически не вредит здоровью человека при соблюдении заданных условий по поддержанию микроклимата, продолжительности рабочего дня и других факторов, влияющих на здоровье человека.

Кроме того, в ходе анализа были выявлены наиболее вероятные ЧС, которые могут возникнуть в ходе проведения эксперимента и способы их предотвращения. А так же оценено влияние проведения эксперимента на окружающую среду. Оно оказалось минимальным.

7 Список использованных источников

- 1 Каталитический риформинг бензинов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/88/4681/>.
- 2 Сулимов А.Д. «Каталитический риформинг бензинов»- Москва: «Химия» - 1973 – С. 154
- 3 Кондрашева Н.К., Кондрашев Д.О., Абдульменев К.Г. – «Технологические расчеты и теория каталитического риформинга бензина» - Уфа: Изд. «Монография»-2008 - С. 160
- 4 Имашев У.Б., Тюрин А.А., Удалова Е.А. Особенности развития процесса каталитического риформинга в России // Башкирский химический журнал. – 2009. - №4 – с. 184 – 186.
- 5 Щетинин В.С., Бариев Д.Б. Повышение эффективности распределения потока в реакторе каталитического риформинга // Современные наукоемкие технологии. – 2013. - №11 – с. 124 – 125
- 6 Гуреев А.А., Жоров Ю.М., Смидович Е.В. – «Производство высокооктановых бензинов» - Москва: «Химия» - 1981 – С. 221
- 7 Русановский Е.С. – «Установка каталитического риформинга» - Москва: «Химия» - 1975 – С. 79
- 8 Танабе К. – «Катализаторы и каталитические процессы» - Москва: «Химия» - 2014 – с. 117-21.
- 9 Эксплуатационные требования к катализаторам. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studme.org/249867/matematika_himiya_fizik/ekspluatatsionnye_trebovaniya_katalizatoram.
- 10 Бифункциональные катализаторы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/bifunktsionalnye-katalizatory-v-protssah-gidroochistki-i-gidrokrekinga-nefti>
- 11 Технологическая схема установки каталитического риформинга. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/88/4681/>

- 12 Шакунин А.Н., Фёдорова М.Л. Эффективность различных типов катализаторов и технологий изомеризации легких бензиновых фракций // Катализ в промышленности. – 2014. - №5 – с. 29 – 37
- 13 Положаенко С.А., Григоренко Ю.В. Система управления трубчатой печью установки каталитического риформинга высокооктановых бензинов // Электромашиностроение и электрооборудование. – 2010. - №75 – с. 62 – 67
- 14 Чеканцев Н.В., Иванчина Э.Д., Чузлов В.А., Куртуков В.А. Оптимизация состава перерабатываемого сырья на установках каталитического риформинга бензинов и изомеризации пентан-гексановой фракции с использованием комплексной математической модели «HYSYS ISOMER ACTIV» // Фундаментальные исследования. – 2013. - №8 – с. 766 – 772
- 15 Рахматуллин А.Р., Ахметов А.Ф., Нурмухаметова Э.Р. Получение автомобильных бензинов с пониженным содержанием ароматических компонентов // Переработка. Нефтехимия. – 2014. - №2 – с. 106 – 112
- 16 Тюрин А.А., Удалова Е.А. Современные методы снижения содержания бензола в составе моторных топлив // Башкирский химический журнал. – 2013. - №2 – с. 144 – 147
- 17 Белый А.С. Современное состояние, перспективы развития процесса и катализаторов риформинга бензиновых фракций нефти // Катализаторы риформинга бензиновых фракций. – 2014. - №5. – с. 23 – 28
- 18 аракулов А.Г., Шарова Е.С., Иванчина Э.Д., Сваровский А.Я., Кульбов Д.А. Мониторинг установки каталитического риформинга бензинов Ачинского НПЗ с использованием компьютерной моделирующей системы // Известия Томского политехнического университета. – 2013. - № 3 – с. 32 – 34
- 19 Иванчина Э.Д., Дериглазов В.В., Занин И.К. Повышение технико-экономической эффективности каталитического риформинга с

использованием компьютерной моделирующей системы // Известия Томского политехнического университета. – 2011. - №3 – с. 105 – 109

20 Дериглазов В.В., Иванчина Э.Д., Фалеев С.А. Ресурсоэффективности применения компьютерных моделирующих систем для промышленного мониторинга работы установок каталитического риформинга бензинов // Вестник науки Сибири. – 2012. - №1(2) – с. 59 – 64

21 Катализаторы риформинга. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rudocs.exdat.com/docs/index-76192.html?page=2>

22 Минимальный размер оплаты труда 2022. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kontur.ru/articles/6025#>

23 Утилизация оргтехники. [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://bezotxodov.ru/utilizatsiya/utilizacija-orgtehnika>