

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
 ООП Химическая технология переработки нефти и газа
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование и повышение эффективности работы установки каталитического риформинга методом математического моделирования

УДК 665.644.4:519.876

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Вэй Янь		

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 ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

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

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

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
 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	Вэй Янь

Тема работы:

Исследование и повышение эффективности работы установки каталитического риформинга методом математического моделирования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 28 января 2022 №28-92/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

14 июня 2022 год

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – промышленная установка каталитического риформинга бензинов мощностью более 450 тыс. т/год по сырью. Режим работы – полурегенеративный. Составы сырья и катализата. Технологический режим работы установки.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Основные теоретические положения 2 Литературный обзор 3 Экспериментальная часть 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5 Социальная ответственность 6 Заключение 7 Список использованных источников
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович
Финансовый менеджмент	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
—	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чернякова Екатерина Сергеевна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Вэй Янь		

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	Вэй Янь

Тема работы:

Исследование и повышение эффективности работы установки каталитического риформинга методом математического моделирования

Срок сдачи студентом выполненной работы: 14 июня 2022 год

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
03.03.2022	<i>Основные теоретические положения</i>	10
03.04.2022	<i>Литературный обзор</i>	20
03.05.2022	<i>Экспериментальная часть</i>	60
03.06.2022	<i>Выводы</i>	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чернякова Е. С.	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	Вэй Янь		

РЕФЕРАТ

Данная выпускная квалификационная работа состоит из 89 страниц, содержит 13 рисунков, 26 таблиц, 16 формул и 47 источников.

Ключевые слова: каталитический риформинг, катализатор, оптимальная активность, текущая активность, октановое число, компьютерная моделирующая система, кинетическая модель, моделирование, мониторинг, прогноз, кокс, риформат.

Объектом исследования была выбрана промышленная установка каталитического риформинга бензинов Л-35-11/450К, перерабатывающая прямогонную фракцию НК-160 °С.

Целью данной работы заключается в исследовании и оптимизации промышленного процесса каталитического риформинга бензинов с применением компьютерной моделирующей системы.

В процессе исследования были выполнены следующие задачи:

- 1) Был произведен мониторинг работы установки каталитического риформинга, который включает в себя анализ активности катализатора и технологического режима установки
- 2) Выполнено сравнение текущей и оптимальной активности для выявления факторов, влияющих на эффективность работы установки.
- 3) Исследовано влияние состава сырья на режим эксплуатации установки
- 4) Составлен прогноз изменения активности катализатора.

Данные исследования позволят предложить возможные решения для достижения максимального выхода риформата требуемого качества, соответствующих современным стандартам.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОЗБОР	14
1.1 ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА	16
1.2 ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА.....	19
1.3 РЕГЕНЕРАЦИЯ КАТАЛИЗАТОРА	20
1.4 ОСОБЕННОСТИ КАТАЛИЗАТОРОВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА.....	22
1.5 РАЗНОВИДНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОФОРМЛЕНИЙ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА	24
1.5.1 Циклический каталитический риформинг	24
1.5.2 Непрерывный регенеративный каталитический риформинг	26
1.5.3 Полурегенеративный каталитический риформинг	27
2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	28
2.1 МОНИТОРИНГ РАБОТЫ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА Л-35-11/450К.....	29
2.1.1 Анализ активности работы катализатора.....	29
2.1.2 Анализ технологических режимов работы на установку каталитического риформинга	33
2.2 СРАВНЕНИЕ ТЕКУЩЕЙ И ОПТИМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ КАТАЛИЗАТОРА.....	34
2.3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА СЫРЬЯ ИСПОЛЬЗУЕМОГО НА УСТАНОВКЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА	37
2.4 ПРОГНОЗНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УСТАНОВКИ	41
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	44

3.1	ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	45
3.2	АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	45
3.3	SWOT – АНАЛИЗ.....	46
3.4	ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ ПО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ	50
3.4.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	50
3.4.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	51
3.4.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	52
3.5	БЮДЖЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ (НТИ) .	55
3.5.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	55
3.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	56
3.5.3	Основная заработная плата исполнителя темы	57
3.5.4	Расчет дополнительной заработной платы	60
3.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды.....	60
3.5.6	Накладные расходы	61
3.5.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	62
3.6	ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ (РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ), ФИНАНСОВОЙ, БЮДЖЕТНОЙ, СОЦИАЛЬНОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	63
4	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	68
4.1	ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	69
4.2	ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	71
4.2.1	Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	73
4.2.2	Статические физические перегрузки.....	73
4.2.3	Нервно-психические перегрузки.....	74

4.2.4 Перегрузка зрительного аппарата.....	75
4.2.5 Повышенный уровень шума.....	75
4.2.6 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.....	76
4.2.7 Поражение электрическим током.....	77
4.2.8 Пожарная опасность.....	78
4.2.9 Электростатические поля и электромагнитные поля радиочастотного диапазона.....	79
4.3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	79
4.4 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	82
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	85

ВВЕДЕНИЕ

Каталитический риформинг является самым распространенным процессом в переработке нефти и газа. За счет развития отрасли нефтехимии, увеличения спроса на высокооктановые моторные топлива, развития процесса каталитического риформинга приобретает всё более важный и актуальный характер.

Исследования технологических режимов, состава сырья, текущей и оптимальной активности катализатора с последующим их сравнением, прогноз дезактивации катализатора, используя компьютерную моделирующую систему, говорит об актуальности исследования.

Цель данной работы заключается в исследовании и оптимизации промышленного процесса каталитического риформинга бензинов с применением компьютерной моделирующей системы.

Для выполнения цели в выпускной квалифицированной работе были проведены следующие исследования:

- 1) Был произведен мониторинг работы установки каталитического риформинга, который включает в себя анализ активности катализатора и технологического режима установки
- 2) Выполнено сравнение текущей и оптимальной активности для выявления факторов, влияющих на эффективность работы установки.
- 3) Исследовано влияние состава сырья на режим эксплуатации установки
- 4) Составлен прогноз изменения активности катализатора.

Данные исследования позволят предложить возможные решения для достижения максимального выхода риформата требуемого качества, соответствующих современным стандартам.

Объектом исследования была выбрана установка каталитического риформинга Л-35-11/450К, перерабатывающая прямогонную фракцию НК-160 °С, мощность установки составляет 430 тыс.т/год. Катализатор,

использующийся на установке каталитического риформинга относится к марке PR.

На установке выпускают следующие основные продукты:

- Стабильный риформат с детонационной стойкостью равной 92-95 пунктов, являющимся основным компонентом товарного неэтилированного бензина;

- Фракция НК-85 °С, служащим сырьем для установки изомеризации. А так же сырьем для приготовления бензина.

Побочными продуктами получаемые на установке риформинга, являются:

- Водородсодержащий газ, направляемый на установку изомеризации, в сеть завода и на блок гидроочистки.

- Углеводородный газ, используемый как топливо на других объектах НПЗ.

- Пропан-бутановая фракция, предназначенная для коммунально-бытового хозяйства.

Методом исследования является математическое моделирование процесса каталитического риформинга. Для расчётов используется нестационарная кинетическая модель, которая основана на физических, химических механизмах реакции превращения углеводородов на катализаторе, его дезактивации.

Математическая модель, описывается системой дифференциальных уравнений в частных производных, в зависимости внутренней поверхности катализатора и коксотложения [1]:

$$\begin{cases} G_c \frac{\partial C_i}{\partial Z} + G_c \frac{\partial C_i}{\partial V} = \sum_j k_j \cdot C_i \cdot n_j \\ G_c \frac{\partial T}{\partial Z} + G_c \frac{\partial T}{\partial V} = \frac{1}{\rho \cdot C_p^{см}} \sum_j \Delta H \cdot k_j \cdot C_i \cdot n_j \end{cases}$$

где: C_i – концентрация i -го компонента смеси в реактор, моль/м³;

T – температура, К;

Z – объем переработанного сырья, м³;

V – объем слоев катализатора в реакторах, м³;

G_c – расход сырьевого газа, м³/час;

$C_p^{см}$ – теплоемкость смеси, Дж/моль.

ΔH – тепловой эффект реакции, Дж/моль;

ρ – плотность, кг/м³;

k_j – константа скорости реакции;

i – номер компонента в смеси;

j – номер реакции по формализованному механизму;

Данная модель используется в компьютерной моделирующей программе «Контроль катализатора», позволяет исследовать состав сырья и технологические условия, для оптимизации установки и получения продукта заданного качества. Дает возможность проведение прогноза работы установки, в зависимости от технологических условий и состава сырья который влияет на активность катализатора.

Результаты исследования позволят сформировать рекомендации, которые актуальны не только для данной промышленной установки, но и будут иметь практическое значение для других установок каталитического риформинга на нефтеперерабатывающих заводах.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОЗБОР

Процесс образования бензола, ксилола и толуола, а так же других отдельных ароматических углеводородов использующиеся как ценное сырьё для нефтехимической промышленности, является каталитический риформинг. Основной задачей которого, является увеличение детонационной стойкости бензина.

Главными целями установки каталитического риформинга на нефтеперерабатывающем заводе является:

- Получение высокооктановых компонентов моторных топлив путем переработки низкооктановых компонентов бензиновых и лигроиновых фракций;
- Получение бензол, толуола, ксилола и других ароматических углеводородов

Помимо того, вырабатываемый с установки каталитического риформинга водородсодержащий газ, используется для в гидрооблагораживании нефтяного сырья, на установках нефтеперерабатывающего завода.

Процесс каталитического риформинга проводится в газовой среде содержания водорода в котором составляет 70÷80 об.%, при среднем давлении, что позволяет проводить процесс при высоких температурах, без риска полного разложения углеводородов и образования кокса.

В каталитическом риформинге сырьем выступает бензиновая фракция выкипающая в пределах 80÷180 °С. Данная фракция в своем составе содержит около 55÷65 % парафиновых углеводородов. Состоящие из углеводородов нормального строения, моно-метилзамещенных углеводородов и их изомеры. 10 % углеводородов ароматического строения представленные алкилбензолами. И 25÷35 % нафтеновых углеводородов, состоящие из алкилгомологов циклогексана и циклопентана. Данный состав сырья имеет низкое октановое число прямогонного бензина порядка 50 пунктов по моторному методу [2].

Помимо прямогонного бензина, в процессе каталитического риформинга также используют бензины полученные в процессе коксования, термического и гидрокрекинга.

Выход и качество продуктов каталитического риформинга зависит от таких факторов как, цель процесса, технологического оформления и используемого катализатора. Образование ароматики и ВСГ является общим признаком на многих установках каталитического риформинга.

С экономической точки зрения наиболее эффективным процессом для получения высокооктанового компонента моторного топлива является каталитический риформинг. Данный процесс активно совершенствуется, происходит разработка и поиск новых, современных вариантов технологического оформления и вариантов оптимизации оборудования для получения наиболее эффективного ведения процесса риформинга.

Исследования в области совершенствования процесса каталитического риформинга анализировали многие стороны процесса, и были выявлены три главных направления:

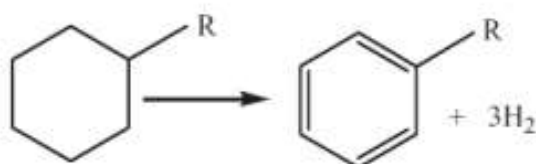
1. Исследование и разработка новых катализаторов, которые будут иметь лучшие эксплуатационные характеристики, такие как активность, селективность и стабильность, к тому же обладать низкой дезактивацией.
2. Изучение химизма процесса каталитического риформинга с целью получения модели кинетики и дезактивации отвечающие наиболее подходящим требованиям.
3. Улучшение эксплуатационных условий, режима работы реактора для получения более высокого выхода продукта.

1.1 ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

Процесс каталитического риформинга предназначен для получения товарных бензинов обладающих высокой детонационной стойкостью. Получения высокооктановых бензинов из прямогонной фракции НК-160 °С происходят при протекании реакций на катализаторе. Платино-рейнные катализаторы имеют два активных центра, металлический и кислотный [3].

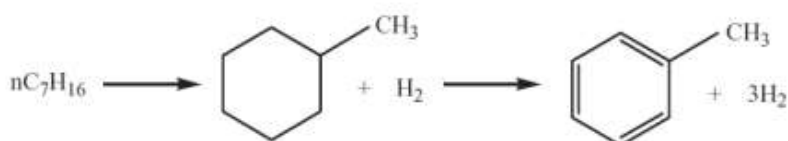
В процессе риформинга можно выделить в 5 основных реакций:

1) Дегидрирование шестичленных циклоалканов до ароматических углеводородов одна из основных реакций процесса, протекающая на металлическом центре катализатора[].



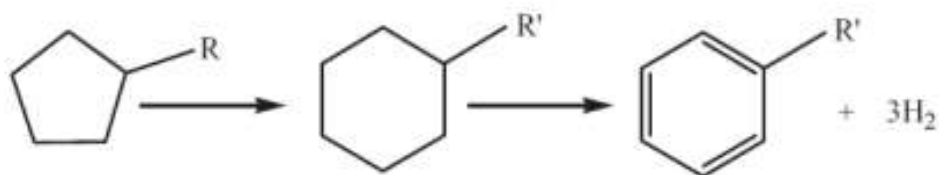
Циклогексаны дегидрируются до ароматических соединений, в то время как циклопентаны не могут напрямую дегидрироваться до ароматических соединений [4]. Пятичленные нафтены подвергаются изомеризации с целью образования циклогексанов и дальнейшим их дегидрированием в ароматику.

2) Вторая основная реакция – дегидроциклизация алканов.



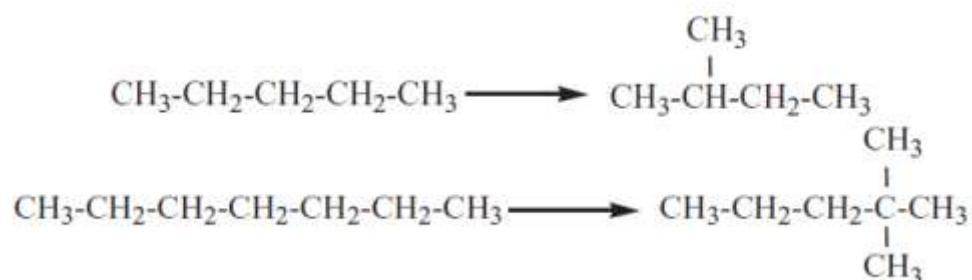
Реакция дегидроциклизации алканов протекает и на металлическом, и на кислотном центре. Дегидроциклизация алканов происходит с образованием циклоалканов. Данная химическая реакция протекает в два этапа, дегидрирования и ароматизации.

3) Следующая по значимости реакция каталитического риформинга дегидроизомеризация алкилциклопентов.

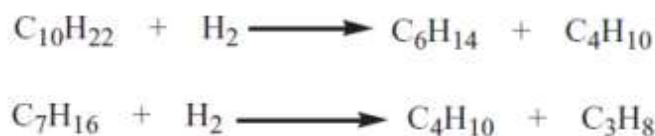


В ходе данной реакции, образуется алкилциклогексановый углеводород как промежуточное соединение, и дальнейшим его дегидрированием в ароматику.

4) Изомеризация алканов происходит с целью получения изоалканов, то есть углеводороды разветвлённого строения. Реакция изомеризации протекает при высокой скорости и низким тепловым эффектом [3].



5) Последней из главных реакций каталитического риформинга следует выделить реакций гидрокрекинга алканов.



Реакция гидрокрекинга протекает с образованием из углеводород с высокой молекулярной массой более низшие углеводороды. Реакция происходит с выделением теплоты и поглощением водорода. Протекание реакции происходит как на металлическом центре, так и на кислотном центре катализатора.

В ходе протекания химической реакции, происходит повышение температуры, что оказывает положительное влияние на скорость реакции и на термодинамическую возможность дегидрирования циклопарафинов. Реакция

дегидрирования циклоалканов имеет наибольшую скорость реакции, что позволяет поддерживать термодинамическое равновесие процесса. По сравнению с другими реакциями процесса каталитического риформинга, только реакция дегидрирования циклоалканов, влияет на равновесие термодинамики процесса.

В таблице 1.1 представлено сравнение реакций каталитического риформинга

Таблица 1.1 – Сравнение реакций каталитического риформинга [5]

Тип химической реакции	Скорость реакции	Теплота реакции	Термодинамическое равновесие
Дегидрирование нафтеновых	Очень быстрая	Сильно эндотермическая	Достигается
Изомеризация нафтеновых	Быстрая	Слабо экзотермическая	Достигается
Изомеризация парафиновых	Быстрая	Слабо экзотермическая	Достигается
Дегидроциклизация парафиновых	Медленная	Сильно эндотермическая	Не достигается
Дегидрогенизация парафиновых	Очень быстрая	Эндотермическая	Не достигается

1.2 ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

На процесс протекания каталитического риформинга, особое влияние оказывают следующие технологические параметры как качество, состав и объемной скорости подачи сырья, входная температура в реактор, давление и кратность циркуляции ВСГ.

Качество и состав подаваемого сырья является главным фактором, от которого уже задается технологический режим и эксплуатация установки. От содержания в сырье нафтеновых и ароматических углеводородов, зависит и ценность сырья. Чем их массовая доля выше, тем ценность продукта больше. Так же от их содержания определяются износ катализатора [5-7].

Для процесса риформинга подвергают бензиновую фракцию с началом кипения не ниже 60 °С. Из-за нежелательного газообразования, причиной, которой является наличие в сырье легкие фракций бензина, используют фракцию, имеющая температуру кипения от 85 до 180 °С [10]. Повышение температуры конца кипения ведет к коксообразованию, что приводит к дезактивации катализатора. При повышении температуры начала кипения, увеличивается ароматизация тяжелых нафтеновых и парафиновых углеводородов, следовательно, растет выход бензина.

Для получения требуемого качества риформата, процесс каталитического риформинга следует проводить при минимальной возможной температуре. Температура процесса варьируется в диапазоне от 470÷530 °С. При увеличении температуры процесса, происходит повышение скорости реакций. Помимо этого, увеличение температуры приводит к сокращению выхода риформата и содержанию водорода в циркулирующем газе риформинга. Из-за ускорения реакции гидрокрекинга, ускоряется дезактивация катализатора из-за его закоксовывания [8].

Объемная скорость является следующей характеристикой влияющая на процесс риформинга. Характеризует отношение объема загруженного сырья в реактор к объему катализатора в 1 час. При увеличении данного показателя,

происходит уменьшение ароматических углеводородов в продукте риформинга, и, следовательно, снижается его детонационная стойкость. При уменьшении объемной скорости, происходит повышение октанового числа и снижению выхода катализата, за счет увеличения ароматических углеводородов. Данный параметр варьируется от 1 до 3 ч⁻¹ [9]. Изменение данного параметра, позволяет контролировать качество продукта на выходе.

Давление процесса риформинга зависит от состава сырья и свойств катализатора и подбирается ещё на стадии проектирования. Изменение давления происходит в незначительных пределах, но все же даже небольшое отклонение давления влияет на процесс каталитического риформинга. При снижении давления увеличивается образование кокса на катализаторе, повышается степень ароматизации за счет образования ароматики [5,8]. Так же за счет снижения давления уменьшается мощность циркуляционных насосов, которые приводят к уменьшению кратности циркуляции ВСГ. Если повысить давление, можно добиться снижения скорости коксообразования, но это приведет к снижению детонационной стойкости из-за снижения образования ароматики. Установка каталитического риформинга при нормальной эксплуатации работает при давлении равным 15÷40 кГс/см².

Правильный анализ, мониторинг, и своевременное регулирование технологического процесса позволит получать продукт требуемого качества

1.3 РЕГЕНЕРАЦИЯ КАТАЛИЗАТОРА

Выжиг кокса, является процессом позволяющий катализатору восстановить свои свойства. За цикл эксплуатации, активность катализатора падает, вследствие протекания реакций отравляющий кокс которые блокирует центры катализатора.

Регенерацию катализатора можно проводить до 4-5 раз, за весь срок его службы. Выжига кокса проводят при температуре до 500 °С и концентрацией кислорода до 2% мол. Но входе выжига кокса данные параметры периодически повышают, для полного выжига кокса.

Стадия выжига кокса должна тщательно контролироваться. Реакция сжигания кокса до диоксида углерода и воды является экзотермической, поэтому концентрация кислорода должна поддерживаться на низком уровне, чтобы предотвратить сильное повышение температуры [27]. Чрезмерная температура может вызвать спекание платины или, в более крайних случаях, может вызвать изменение структуры оксида алюминия. Вода, образующаяся при сжигании, также способствует спеканию платины. Поэтому необходим постепенный выжиг. Поскольку платина может агломерироваться даже при относительно умеренных экзотермических условиях, ее необходимо подвергаться повторному диспергированию после сжигания углерода.

После выжига кокса катализатор подвергают оксихлорированию. Данный процесс добавляет хлор к катализатору для повышения его кислотности.

Последним этапом процесса регенерации является восстановление металлов на катализаторе и сульфидирование при необходимости [28].

К катализаторам предъявляются определённые требования в зависимости от способа ведения процесса.

Катализаторы, используемые в полурегенеративных установках, должны иметь длительный эксплуатационный период. В среднем, установка каталитического риформинга требует остановки для регенерации каждые 6-12 месяцев [6].

В установках непрерывной регенерации катализатор протекает через реакторы и непрерывно регенерируется в отдельном аппарате. Чтобы компенсировать дезактивацию катализатора, температуру реактора постоянно повышают до тех пор, пока не будет достигнута максимально допустимая величина, или не будет слишком снижены селективность и октановое число продуктов [29].

1.4 ОСОБЕННОСТИ КАТАЛИЗАТОРОВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

Наиболее распространенными катализаторами процесса каталитического риформинга принято считать моно-, би- и полиметаллические катализаторы. В процессе каталитического риформинга, катализаторы должны выполнять как кислотную так дегидрирующую роль.

Для выполнения кислотной функции используют катализаторы в составе, которого содержится оксид алюминия. Кислотные свойства катализатора играют очень важную роль при переработке сырья. Кислотная составляющая катализатора служит источником возникновения крекирующей и изомеризирующей активности катализатора. Кислотность катализатора способствует активации реакций изомеризации нафтенов из C_5 в C_6 с последующей их дегидрогенизацией и дегидроциклизацией и реакций гидрокрекинга алканов.

Платина, входящая в состав катализатора выполняет функцию гидрирования и дегидрирования. Платина инициирует реакции образования ароматики, непрерывному гидрированию с последующим удалением образовавшихся олефинов. Так же использование катализаторов на платиновой основе замедляет процесс коксообразования [11]. Это связано с тем, что при адсорбции, водород сначала подвергается диссоциации, после чего проникает к кислотным центрам катализатора, которые отвечают за коксообразование. Где происходит гидрирование и его десорбция с поверхности катализатора.

С выполнением данных двух функций справляются биметаллические катализаторы. Благодаря разработке этих катализаторов произошел прогресс в процессе каталитического риформинга.

Биметаллические катализаторы обеспечивают глубокое превращение сырья в процессе каталитического риформинга. При выбранных технологических параметрах процесса показателем активности будет служить детонационная стойкость риформата и концентрация аренов в нем.

Данные катализаторы обладают минимальной активностью в реакциях гидрокрекинга и гидрогенолиза и имеют максимальную глубину образования ароматических углеводородов [13]. Что говорит о максимальной селективности этих катализаторов для процесса каталитического риформинга, позволяя получать максимальный выход катализата и водорода.

Стабильность этих катализаторов, характеризуется их способностью поддерживать исходную селективность и активность в течении рабочего цикла [15]. То есть использование биметаллических катализаторов позволяет увеличить срок службы катализатора.

Применение рения и разработкой платинорениевых катализаторов способствовали улучшению процесса каталитического риформинга. Рений относится к металлам VIII ряда [12]. Биметаллический сплав образованный рением и платиной, обладает повышенной активностью, благодаря адсорбции водорода, его диссоциации с последующей диффузии на поверхности. Благодаря чему даже при высокой закоксованности сохраняется активность катализатора, из-за того что образование кокса отдалено от центров катализатора. Так же биметаллический катализатор обладает высокой термостойкостью. Применение рения не дает кристаллизироваться платине при длительной работе катализатора.

В настоящее время существует шесть международных поставщиков катализаторов риформинга, производящих более 80 различных типов катализаторов, подходящих для различных условий применения и для различных видов сырья [7,15]. В связи с ежегодным ужесточением экологических норм к нефтеперерабатывающим заводам, компаниям необходимо совершенствовать и разрабатывать катализаторы для удовлетворения этих требований.

1.5 РАЗНОВИДНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОФОРМЛЕНИЙ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

Вопросы охраны окружающей среды является актуальной проблемой для человечества и играет важную социальную значимость при нынешних темпах развития [16]. Тетраэтилсвинец, использующийся в качестве добавки для повышения октанового числа, является высоко канцерогенным веществом, при использовании которого происходит загрязнение окружающей среды свинцом. Следовательно, от данной антидетонирующей присадки пришлось отказываться в пользу развития каталитического риформинга. Каталитический риформинг является самым распространенным процессом в переработке нефти и газа [17]. Практически во всех нефтеперерабатывающих заводах внедрены установки каталитического риформинга и является базовым процессом современной нефтепереработки.

От режима и частоты регенерации катализатора зависит технологическое оформление процесса, которые классифицируется на циклический, с непрерывной регенерацией катализатора и самый распространённый полурегенеративный.

1.5.1 Циклический каталитический риформинг

Данный тип каталитического риформинга обладает жесткими технологическими параметрами. Температура проведения процесса составляет $510 \div 560$ °С, используется давление равное $10 \div 25$ кгс/см², отсюда следует что межрегенеративные циклы составляют от 50 до 10 суток. Детонационная стойкость катализата составляет $95 \div 102$ пункта. Количество регенераций способный выдержать катализатор до своей полной дезактивации приблизительно равно 600. В основном циклический каталитический риформинг обрел свою популярность на производстве в США [14].

Циклический каталитический риформинг включает в себя две наиболее популярные технологии, технология пауэрформинга фирмы «Exxon», и технология ультраформинга фирмы «Amoco Corporation».

Данные установки иностранных фирм позволяют получать продукт, имеющий октановое число порядка 86÷106 пунктов у фирмы «Еххон», и 96÷105 пунктов фирмы «Амосо Corporation». Помимо этого, также происходит получение определенных ароматических углеводородов и компонент авиационного бензина. Алюмоплатиновый катализатор, использующийся в пауэрформинге и ультраформинге промотирован рением [18].

Особенностью данных установок является наличие резервного реактора для регенерации катализатора. Проведение регенерации осуществляется без остановки процесса, каждый реактор снабжен системой отключения, с дальнейшим переключением процесса на резервный реактор, следовательно производительность установки не снижается. В зависимости от технологических требований, длительность регенерации длится от 3÷5 суток, удаление кокса длится 16÷24 часа. Отличие ультраформинга от пауэрформинга является наличие дополнительной печи для подогрева циркулирующего инертного газа с воздухом и компрессор для циркуляции этой смеси [19]. Длительность обновления катализатора в процессе ультраформинга составляет 20 часов. В таблице 1.2 представлены технологические параметры процесса пауэрформинга и ультраформинга.

Таблица 1.2 – Технологические параметры установок циклического риформинга [31]

Технологический параметр	Пауэрформинг	Ультраформинг
Температура, °С	480÷540	470÷520
Давление, МПа	2,1÷3,1	1,4÷2,1
Циркуляция газа, м ³ /м ³	700÷1100	600÷1100
Объемная скорость подачи сырья, ч ⁻¹	1÷4	1÷3
Катализатор	Al ₂ O ₃ ·Pt	Al ₂ O ₃ ·Pt·Cl
Содержание Н ₂ в циркулирующем газе, % (об)	–	75÷95
Содержание О ₂ в циркулирующем газе, % (об)	–	2

1.5.2 Непрерывный регенеративный каталитический риформинг

Каталитический риформинг с непрерывной регенерацией является наиболее современным процессом, так как позволяет получать катализат детонационная стойкость которого достигает 105 пунктов, без регенерации катализатора до трех и более лет. Технологический режим поддерживается при температуре до 550 °С и давлении до 10 кГс/см² [25].

Непрерывный регенеративный процесс обладает высокой активностью катализатора, большим содержанием ароматики в риформате благодаря равномерному проведению процесса риформинга.

Регенерация катализатора происходит в специальном регенераторе, без остановки процесса и с последующей подачей в основные реакторы.

Отличительной особенностью данного процесса является и преимуществами над другими является:[26]

- позволяет переработать сырье с низким качеством, для получения риформата с высоким октановым числом;
- применение катализатора обладающей малой стабильностью, но высоким выходом и селективностью;
- высокий выход ВСГ за счет возможности снижения давления и снижение коэффициента рециркуляции.

Технологическое оформление процесса представляет собой последовательно связанных между собой реакторов, но чаще всего наложенных друг на друга. Движение катализатора происходит с низа реактора одного к верхней части другого. Регенерация происходит за счет выгрузки катализатора с крайнего реактора и возвращением его в начальный реактор[20].

Катализатор использующийся на установке, должен иметь высокую селективность ароматических углеводородов, из-за постоянной его регенерацией. В данном процессе используется трубчатый реактор с осевым и радиальным потоком.

1.5.3 Полурегенеративный каталитический риформинг

Каталитический риформинг полурегенеративного типа является самым старым и распространенным процессом каталитического риформинга. Используется на 70% нефтеперерабатывающих заводах всего мира [21].

Процесс полурегенеративного каталитического риформинга ведется в непрерывном режиме, что приводит к образованию кокса на катализаторе и уменьшению её активности, за счет объема переработанного сырья. При снижении активности катализатора, снижается выход ароматики в риформате и чистота водорода в побочном продукте. Для предотвращения снижения активности катализатора и поддержания конверсии на одном уровне, плавно повышают и контролируют температурой. Регенерация катализатора происходит при достижении максимальной допустимой температуры. Катализаторы использующие в процессе полурегенеративного каталитического риформинга относятся к платиново-рейнным, благодаря их способностью выдерживать нагрузки реакций коксообразования и легкостью в регенерации. Платиново-рейнные катализаторы позволяют вести процесс при низких давлении.

Полурегенеративный каталитический риформинг включает в себя, технологию магноформинга фирмы «Engelhard», и технология ренийформинга фирмы «Chevron Research» и установки стран СНГ работающие на стационарном слое катализаторе [18].

Принцип работы установок бывшего СССР, не отличаются от зарубежных технологий. Подогретое сырье подвергается гидроочистке, и проходит последовательно соединённые реакторы, после каждого реактора происходит подогрев перерабатываемого сырья, для компенсации тепла, поглощенной реакцией дегидрирования. После последнего ректора риформат поступает в сепараторы высокого и низкого давления, и далее следует на колонну стабилизации, для разделения на риформат, сжиженный и сухой газ.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д8Б	Вэй Янь

Школа	ИШПР	Отделение	Химическая инженерия
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>График проведения НИИ</i> 4. <i>Определение бюджета НИИ</i> 5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ</i>
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.02.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		03.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Вэй Янь		03.02.2022

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время математическое моделирование приобрело большое значение для многих процессов производства. Создание математических моделей помогает во внедрении новых вариантов технологий, оптимизации существующих предприятий и установок, а также в поиске оптимальных технологических решений, максимально эффективно использующих доступные ресурсы. Однако разработка подобных моделей требует значительных финансовых затрат и не всегда понятно, насколько эффективен будет подобный проект. Именно поэтому необходимо проводить оценку коммерческой ценности (потенциала) разработки. Главной целью данного раздела является определение эффективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд приведенных ниже задач [32]:

- организовать работы по научно-исследовательскому проекту;
- осуществить планирование научно-исследовательских работ;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

В качестве объекта исследования была выбрана установка каталитического риформинга. Исследования проводились с целью изучения и оптимизации промышленного процесса каталитического риформинга бензинов с применением компьютерной моделирующей системы.

3.1 ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основные потребители результатов проекта [35]:

- Нефтеперерабатывающие заводы;
- Высшие общеобразовательные учреждения;
- Проектные организации;
- Научно-исследовательские организации.

3.2 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 3.1.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Ф	Б _{К1}	Б _{К2}	К _Ф	К _{К1}	К _{К2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Энергоэкономичность	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
2. Надежность	0,15	3	3	5	0,45	0,45	0,75
3. Потребность в ресурсах памяти	0,10	5	4	3	0,5	0,4	0,3
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
5. Простота эксплуатации	0,10	5	5	4	0,5	0,5	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,10	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Цена	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
3. Послепродажное обслуживание	0,10	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Итого	1	35	33	33	4,1	4,05	4,1

В таблице выше приведены анализ и оценка конкурентов, где [33]:

B_{ϕ} – разрабатываемый проект;

B_{k1} – математическая модель, разработанная в научно-исследовательском учреждении;

B_{k2} – математическая модель, представляемая компанией, производящей электронные системы управления и автоматизации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на данных таблицы 3.1 можем сказать, что преимуществами разрабатываемого проекта является его цена, энергоэкономичность и потребность в ресурсах памяти. Однако уязвимость проекта связана с надёжностью и функциональной мощностью. Однако эти недостатки данного проекта можно в дальнейшем минимизировать за счет расширения функционала математической модели и повышения надежности за счет совершенствования различных её составляющих.

3.3 SWOT – АНАЛИЗ

SWOT – представляет собой комплексный анализ, его применяют для исследования внешней и внутренней среды научно-исследовательского проекта.

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 [34].

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.

Данный анализ состоит из трех этапов. Первый этап представлен в виде матрицы сильных и слабых сторон (Таблица 3.2)

Таблица 3.2 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
С ₁ : Возможность оптимизации ведущего процесса переработки нефти С ₂ : Чувствительность к изменению состава сырья С ₃ : Относительно небольшая стоимость С ₄ : Проведение исследований без вмешательства в работу предприятия	Сл ₁ : Высокая конкуренция на рынке по аналогичным продуктам для исследования процесса Сл ₂ : Недостаток экспериментальных данных с промышленных установок Сл ₃ : Отсутствие данных для проверки модели на адекватность
Возможности	Угрозы
В ₁ : Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В ₂ : Внедрение на Российские НПЗ разработанного продукта и, как следствие, повышение спроса на него В ₃ : Тенденции к ресурсоэффективному и берегающему производству В ₄ : Использование продукта в качестве тренажера для образовательных учреждений	У _{з1} : Появление улучшенной модели на рынке в более короткие сроки У _{з2} : Отсутствие спроса на продукцию, так как основные ниши рынка заняты продуктами конкурентов У _{з3} : Нежелание предприятий по внедрению инновационного проекта

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 [34]. 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 3.3.

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта

Возможности	Сильные стороны проекта				
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
	B ₁	+	+	0	-
	B ₂	+	+	+	+
	B ₃	+	-	0	+
B ₄	-	0	+	-	
Угрозы	Сильные стороны проекта				
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
	У ₃₁	-	+	+	+
	У ₃₂	0	+	+	+
	У ₃₃	-	-	+	+
Возможности	Слабые стороны проекта				
		C ₁	C ₂	C ₃	
	B ₁	-	+	0	
	B ₂	+	+	-	
	B ₃	0	-	-	
B ₄	+	-	-		
Угрозы	Слабые стороны проекта				
		C ₁	C ₂	C ₃	
	У ₃₁	+	-	+	
	У ₃₂	+	-	-	
У ₃₃	0	+	-		

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблице 3.4).

Таблица 3.4 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научноисследовательского проекта: С ₁ : Возможность оптимизации ведущего процесса переработки нефти С ₂ : Чувствительность к изменению состава сырья С ₃ : Относительно небольшая стоимость С ₄ : Проведение исследований без вмешательства в работу предприятия	Слабые стороны научноисследовательского проекта: Сл ₁ : Высокая конкуренция на рынке по аналогичным продуктам для исследования процесса Сл ₂ : Недостаток экспериментальных данных с промышленных установок Сл ₃ : Отсутствие данных для проверки модели на адекватность
Возможности: В ₁ : Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В ₂ : Внедрение на Российские НПЗ разработанного продукта и, как следствие, повышение спроса на него В ₃ : Тенденции к ресурсоэффективному и сберегающему производству В ₄ : Использование продукта в качестве тренажера для образовательных учреждений	С и В: 1. Оптимизация производств по основным направлениям ресурсосбережения и ресурсоэффективности 2. Разработка математической модели процесса каталитического риформинга для быстрого и полного расчета необходимых параметров 3. Продвижение продукта на зарубежные рынки	Сл и В: 1. Разработка улучшенных методов продвижения на рынке 2. Использование инновационного потенциала ТПУ в совершенствовании продукта и повышении его конкурентоспособности 3. Приобретение необходимых экспериментальных данных с промышленных установок 4. Разработка научного исследования
Угрозы: У ₃₁ : Появление улучшенной модели на рынке в более короткие сроки У ₃₂ : Отсутствие спроса на продукцию, так как основные ниши рынка заняты продуктами конкурентов У ₃₃ : Нежелание предприятий по внедрению инновационного проекта	С и У: 1. Разработка более выгодных предложений для потребителей, чем у конкурентов 2. Продвижение новой технологии оптимизации процесса с применением математической модели	Сл и У: 1. Разработка предложений для пробного использования продукта с целью привлечения потребителей 2. Продолжение разработки продукта, поиск критериев для проверки адекватности модели 3. Заключение взаимовыгодных договоров с предприятиями с целью получения экспериментальных данных для проверки модели

3.4 ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ ПО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке [36]:

- 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 3.5.

Таблица 3.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Бакалавр
	3	Ознакомление с экспериментальными данными	Бакалавр
	4	Изучение технологии процесса	Бакалавр
	5	Обзор современной литературы по выбранному направлению	Бакалавр
	6	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр

Окончание таблицы 3.5

Теоретические и экспериментальные исследования	7	Теоретическое обоснование выбора методик расчета и проведение основных расчетов.	Руководитель Бакалавр
	8	Обработка результатов	Бакалавр
	9	Выводы по полученным экспериментальным данным	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	10	Написание литературного обзора. Обработка полученных данных и обсуждение результатов.	Бакалавр
Оформление отчета по НИР	11	Составление пояснительной записки	Бакалавр

3.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования [36].

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:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (3.2)$$

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.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3.3)$$

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.

3.4.3 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 [32]. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3.4)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (3.5)$$

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:

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

Таблица 3.6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	T_{min} , чел–дни			T_{max} , чел–дни			$T_{ожи}$, чел–дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Составление и утверждение тех. задания	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Студент, научный руководитель	1	1	1	1	1	1
Выбор направления исследования	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Научный руководитель	1	1	2	1	1	2
Календарное планирование работ	1	1	1	3	2	2	1,8	1,4	1,4	Студент,	2	2	2	2	2	2
Подбор и изучение материалов по теме	1	1	1	3	4	4	1,8	2,2	2,2	Студент, научный руководитель	2	3	3	2	3	3
Проведение теоретических расчетов	9	10	13	12	16	17	10,2	12,4	14,6	Студент	12	13	16	16	17	22
Проведение компьютерных расчетов	10	12	14	12	15	17	10,8	13,2	15,8	Студент	11	14	15	13	18	19
Оценка эффективности полученных результатов	4	4	5	6	6	8	4,8	4,8	6,2	Студент	4	5	5	4	7	7
Подготовка к защите дипломной работы	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Студент	5	5	5	5	5	5
Защита дипломной работы	1	2	2	3	4	4	1,8	2,8	2,8	Студент	1	2	2	1	2	2

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 3.6 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме [33]. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февраль		март			апрель			май				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение тех. задания	НР	4	■												
2	Выбор направления исследования	НР	5	■												
3	Календарное планирование работ по теме	НР	5	■												
4	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	25	■	■	■	■	■	■							
5	Проведение теоретических расчетов	Ст	18						■	■	■					
6	Проведение компьютерных расчетов	Ст	15										■			
7	Оценка эффективности и полученных результатов	Ст, НР	22											■	■	
8	Подготовка к защите дипломной работы	Ст	13												■	■
9	Защита дипломной работ	Ст	7													■

Рисунок 3.1 – Календарный план-график проведения научного исследования

- - Студент
- - Научный руководитель

3.5 БЮДЖЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ (НТИ)

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

В данном исследовании выделены следующие статьи [36]:

1. Материальные затраты НТИ;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями;
6. Накладные расходы.

3.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме.

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

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (3.6)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Материальные затраты, необходимые для данной разработки занесены в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Бумага	Уп.	2	2	2	265	530	530	795
Тетрадь 96 л.	Шт.	2	2	2	80	80	160	160
Ручка	Шт.	5	5	5	30	90	120	150
Карандаш	Шт.	2	2	2	20	20	60	40
Картридж	Шт.	1	1	1	1300	1300	1300	1300
Электричество	кВт*ч	1200	1400	1300	3,5	4200	4900	4550
Итого, руб.						6220	7070	6995

Общие материальные затраты составили 6220 руб.

3.5.2 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 [314]. 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 3.8.

Таблица 3.8 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, (Зм), тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Персональный компьютер	Шт.	1	1	1	40	40	40	40
Принтер Epson	Шт.	1	1	1	6	6	6	6
Программное обеспечение Microsoft Office	Шт.	1	1	1	5	5	5	5
Программное обеспечение (MathCAD)	Шт.	-	1	1	5	-	5	5
Итого:						51	56	56

3.5.3 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 3.9.

Таблица 3.9 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Зарботная плата, приходящая на один чел.-дн.			Всего зарботная 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	Составление и утверждение тех. задания	НР	1	1	2	3,1			3,1	3,1	6,2
2	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	2	2	3	2			4	4	6
3	Выбор направления исследования	Ст, НР	2	2	2	5,1			10,2	10,2	10,2
4	Календарное планирование работ	Ст, НР	2	3	3	5,1			10,2	15,3	15,3
5	Проведение теоретических расчетов	Ст	12	13	16	2			24	26	32
6	Проведение компьютерных расчетов	Ст	11	14	15	5,1			56,1	71,4	76,5
7	Оценка эффективности полученных результатов	Ст, НР	4	5	5	2			8	10	10
8	Подготовка к защите дипломной работы	Ст	5	5	5	2			10	10	10
9	Защита дипломной работы	Ст	5	6	7	2			10	12	14
Итого									135,6	162	180,2

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (3.7)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (3.8)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (3.9)$$

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 3.10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	209	209

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_p \quad (3.10)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – 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 Ст = 1,407.

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2021 году без учета РК составил 33664 руб. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 3.11

Таблица 3.11 – 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 руководитель	Доцент	1,866	33664	0,3	0,4	1,3	74397,4	3986,84	209	833251,33
Студент	-	1,407	2500	-	-	1,3	3250	174,16	209	36400
Итого										869651,33

3.5.4 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:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} , \quad (3.11)$$

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

3.5.5 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 [35].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (3.12)$$

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 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – 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	833251,3	842932,5	881511	124987,7	126440	132227
Студент	36400	33161	38148	5460	4974,15	5722,2
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
Итого						
Исполнение 1	302029,9					
Исполнение 2	304267,3					
Исполнение 3	319397,4					

3.5.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = \left(\sum \text{статей} \right) \cdot k_{\text{нр}} \quad (3.13)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы для исполнения 1 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (6220 + 51000 + 833251,3 + 36400 + 124987,7 + 5460 + 302029,9) \cdot 0,16 = 217495,83 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (7070 + 56000 + 842932,5 + 33161 + 126440 + 4974,15 + 304267,3) \cdot 0,16 = 219975,17 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 3 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (6995 + 56000 + 881511 + 38148 + 132227 + 5722,2 + 319391,43) \cdot 0,16 = 230399,97 \text{ руб.}$$

3.5.7 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 3.13.

Таблица 3.13 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	6220	7070	6995	Пункт 3.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	51000	56000	56000	Пункт 3.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	135600	162000	180200	Пункт 3.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	130447,7	131414,025	137948,8	Пункт 3.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	302029,9	304267,3	319391,43	Пункт 3.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	-	Отсутствуют
8. Накладные расходы	217495,83	219975,17	230399,97	Пункт 3.5.6
9. Бюджет затрат НИИ	1060289,3	1100701,66	1161335	

3.6 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:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (3.14)$$

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.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{1060289,3}{1161335} = 0,913;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{1100701,66}{1161335} = 0,947;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{1161335}{1161335} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (3.15)$$

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 3.14 – 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	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4	2
3. Энергосбережение	0,15	5	5	4
4. Надежность	0,20	4	4	3
5. Воспроизводимость	0,25	5	3	5
6. Материалоемкость	0,15	3	4	4
Итого	1	4,5	3,9	3,8

$$I_{p-исп1} = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 = 3,9;$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 2 + 0,15 \cdot 4 + 0,20 \cdot 3 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 3,8.$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}^{исп1}} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}^{исп2}} = \frac{3,9}{0,947} = 4,12;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}^{исп3}} = \frac{3,8}{0,913} = 4,16$$

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

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

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}} \quad (3.16)$$

Таблица 3.15 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,913	0,947	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,8	3,9	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	4,12	4,16
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,912	0,924

Из таблицы 3.15 можно видеть, что лучшим исполнением наудотехнического исследования является исполнение 1, так как в данном исполнении лучшее обеспечение материалами и оборудованием, следовательно, достигается наибольшая эффективность проделанной работы.

В результате проведенной работы была спроектирована и создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2Д8Б		Вэй Янь	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Исследование и повышение эффективности работы установки каталитического риформинга методом математического моделирования	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования:</i> процесс каталитического риформинга <i>Область применения:</i> нефтехимическая промышленность. <i>Рабочая зона:</i> аудитории 133, расположенной на первом этаже учебного корпуса номер 2 Томского политехнического университета. <i>Размеры помещения:</i> 6 x 5 м <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> аудитория 133 оборудована 12 ЭВМ, 1 Интерактивная доска <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> разработка математической модели процесса с использованием персонального компьютера</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>«Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022); N 123-ФЗ от 22.07.2008 (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ потенциальных вредных и опасных производственных факторов – Обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов 	<p>Анализ вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; – Статические физические перегрузки; – Нервно-психические перегрузки; – Перегрузка зрительного аппарата; – Повышенный уровень шума; – Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; – Наличие электростатического поля и электромагнитных полей радиочастотного диапазона; <p>Анализ опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Производственные факторы, связанные с электрическим током; – Пожарная опасность;
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<p>Воздействие на литосферу: оказывают влияние отходы, образующиеся при выполнении работ: бумага, пластик, отработанные люминесцентные лампы и т.д. Воздействие на гидросферу и атмосферу в процессе разработки математической модели влияние минимально.</p>

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС. Возникновение ЧС, требующих обеспечения электро- и пожаро- взрывобезопасности на рабочем месте. Наиболее потенциально опасная ЧС: - пожар
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д8Б	Вэй Янь		

4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является очень важным аспектом любой деятельности. Для этого применяется комплекс мер, содержащий правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарногигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Объектом исследования данной работы является промышленная установка каталитического риформинга. Установка предназначена для получения высокооктанового компонента автомобильных бензинов и технического водорода. Водородсодержащий газ (технический водород) используется далее в качестве сырья установки производства водорода или в процессах гидроочистки топлив.

Данная дипломная работа выполнялась в аудитории 133, расположенной на первом этаже учебного корпуса номер 2 Томского политехнического университета. Аудитория 133 оборудована 12 ЭВМ. Экспериментальная часть бакалаврской работы осуществлялась на персональном компьютере (далее ПК). Рабочая зона представляет собой аудиторию, оборудованную системами отопления и кондиционирования воздуха. Освещение рабочего места комбинированное – сочетание естественного света из окон и искусственного.

Для расчетов исследования работы, использовалась компьютерная модельная система «Контроль катализатора», созданная на кафедре химической технологии топливно-химической кибернетики Томского политехнического университета. Система основана на математической модели каталитического риформинга, которая принимает как физические, так и химические механизмы реакции конверсии углеводородной смеси, а также дезактивацию катализатора.

4.1 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Основным нормативным документом, отражающим права и обязанности сотрудника и работодателя, является Федеральный закон «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от 17.07.1999 N 181-ФЗ. Настоящий Федеральный закон устанавливает правовые основы регулирования отношений в области охраны труда и направлен на создание условий труда, соответствующих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности [37].

К основным нормативным документам также можно отнести Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24.07.1998 N 125-ФЗ. Данный ФЗ устанавливает в Российской Федерации правовые, экономические и организационные основы обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и определяет порядок возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им обязанностей по трудовому договору и в иных установленных настоящим Федеральным законом случаях [42].

Для реализации приведенных выше законов приняты Постановления Правительства РФ «О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда», «О службе охраны труда», «О Федеральной инспекции труда» и др.

Также одним из основных документов, устанавливающих государственные гарантии трудовых прав и свобод граждан является «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ [37].

Основными задачами трудового законодательства являются создание необходимых правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений, интересов государства, а также правовое регулирование трудовых отношений и иных непосредственно связанных с ними отношений по:

- организации труда и управлению трудом;
- трудоустройству у данного работодателя;
- подготовке и дополнительному профессиональному образованию работников непосредственно у данного работодателя;
- социальному партнерству, ведению коллективных переговоров, заключению коллективных договоров и соглашений;
- участию работников и профессиональных союзов в установлении условий труда и применении трудового законодательства в предусмотренных законом случаях;
- материальной ответственности работодателей и работников в сфере труда;
- государственному контролю (надзору), профсоюзному контролю за соблюдением трудового законодательства (включая законодательство об охране труда) и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права;
- разрешению трудовых споров;
- обязательному социальному страхованию в случаях, предусмотренных федеральными законами.

Рассмотрим более подробно организацию рабочего места сотрудника. Правильная организация рабочего места оказывает непосредственное влияние на производительность труда. Повышению трудовой деятельности способствует просторное хорошо проветриваемое помещение, в котором соблюден баланс освещения. Согласно гигиеническим нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [38] помещение в целом и рабочее место должны быть освещены достаточно и равномерно. При оборудовании рабочей зоны необходимо также учесть, что яркий солнечный свет порождает блики на мониторе, следовательно, существует потребность в установке жалюзи.

Так как трудовая деятельность в данном случае непосредственно связана с работой на ЭВМ, необходимо соблюдать меры безопасности, направленные на сохранение полноценного зрения сотрудника:

- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600 – 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;

- уровень глаз при вертикально расположенном экране должен приходиться на центр или 2/3 высоты экрана. Линия взора должна быть перпендикулярна центру экрана и оптимальное её отклонение от перпендикуляра, проходящего через центр экрана в вертикальной плоскости, не должно превышать 5 градусов, допустимое 10 градусов.

Для того, чтобы минимизировать последствия «сидячей» работы, необходимо оборудовать рабочее место подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 градусов.

4.2 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов, вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. Необходимо выявить вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при разработке и эксплуатации математической модели каталитического риформинга. Выбор факторов производится с использованием ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [38]. Выявленные факторы перечислены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. – Опасные и вредные факторы при моделировании и эксплуатации модели каталитического риформинга

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

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

К метеорологическим факторам, влияющим на человека, относятся температура, влажность, скорость движения воздуха. Данные факторы при длительном воздействии оказывают влияние на психологическое и физическое состояние человека.

В производственных помещениях, в которых работа с использованием персональных электронных вычислительных машин является должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ Ia и Ib в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочем месте для помещений данных категорий приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Оптимальные характеристики микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

Согласно [45] микроклимат в компьютерной аудитории № 133, второго корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

4.2.2 Статические физические перегрузки

Так как работы с персональными электронно-вычислительными машинами подразумевают сидячее положение сотрудника, они способны вызывать физические перегрузки статического характера.

К требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 касательно оптимального устройства рабочего места и минимальной физической нагрузки можно отнести следующие требования [38]:

- Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

- Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

- Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

- Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

4.2.3 Нервно-психические перегрузки

Нервно – психические перегрузки при работе с персональным компьютером могут быть вызваны рядом факторов, среди которых: нарушение микроклимата, монотонность труда, умственное перенапряжение, вызванное информационной нагрузкой и т.д.

Для контроля данного рода перегрузок предусмотрены перерывы в работе. При трудовой деятельности за персональным компьютером требуется после каждого часа устанавливать перерывы. Такие перерывы нужно включать в общее рабочее время и не вычитать из продолжительности смены. Если установленный рабочий день равен 8 часам, то сумма времени на перерывы

составляет от 50 минут до 1,5 часа. Если рабочее время составляет 12 часов, то - 80 – 140 минут.

Регламентированные перерывы прописываются экспертами в картах спецоценки условий труда.

4.2.4 Перегрузка зрительного аппарата

Работы с персональным компьютером непосредственно связаны с перегрузками зрительного аппарата, вызванными длительным сосредоточенным наблюдением и световыми нагрузками.

Для минимизации перегрузки зрительного аппарата необходимо учитывать нормы освещенности и расположение ПК.

4.2.5 Повышенный уровень шума

Повышенный уровень шума связан с работой агрегатов персонального компьютера. В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарноэпидемиологическими нормативами (таблица 4.3)

Таблица 4.3 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ [40]

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	80

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

Согласно [40] уровень шума в компьютерной аудитории № 133 не превышает 80 дБА, что соответствует нормам.

4.2.6 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Данный вредный фактор возникает при неправильном комбинировании света в рабочем помещении. Как указано выше, недостаточная освещенность рабочей зоны оказывает негативное воздействие на зрительную систему.

Предусмотрены следующие нормы освещения при работе с ПК [39]:

- Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

- Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

- Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1-5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

Соблюдение данных требований способствует установлению светового баланса в рабочем помещении и минимизирует его воздействие на зрительный аппарат.

В компьютерной аудитории имеется естественное (боковое одностороннее) и общее равномерное искусственное освещение. Компьютеры расположены вдоль стен аудитории. Восемь компьютеров расположены так, что естественный свет падает сбоку по отношению к мониторам, а три компьютера расположены вдоль окон. В качестве источников искусственного освещения используются газоразрядные лампы.

Для компьютерной аудитории рекомендуется замена газоразрядных ламп на светодиодные в системе общего освещения с целью снижения коэффициента пульсации светового потока.

4.2.7 Поражение электрическим током

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

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

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

Электробезопасность работающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий [41]:

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

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

4.2.8 Пожарная опасность

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

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

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

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

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

4.2.9 Электростатические поля и электромагнитные поля радиочастотного диапазона.

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

Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ на рабочем месте представлены в таблице 4.4

Таблица 4.4 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ [0]

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

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

4.3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

В данном разделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Поскольку, со стороны экологической безопасности, суть работы заключается в использовании персонального компьютера, принтера, бумаги и других материальных ресурсов, следовательно, основное влияние на экологическую безопасность оказывают процессы их утилизации. Так, бумажные отходы оказывают влияние на литосферу. Целесообразным решением вопроса утилизации бумаги является сбор макулатуры с целью вторичной переработки.

Одним из основных ресурсов, необходимым при выполнении работ являются различные источники света. Аудитория, в которой осуществлялась разработка проекта оснащена люминесцентными лампами, которые, согласно Постановлению Правительства РФ от 3 сентября 2010 г. N 681

«Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде» необходимо утилизировать как ртутьсодержащие лампы [45].

Также значительное влияние на литосферу оказывает пластик, входящий в состав основных электронных устройств, используемых при выполнении работы. Однако, влияние проводимых работ на атмосферу и гидросферу минимально.

4.4 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

При работе с использованием ЭВМ потенциально опасной ЧС является пожар, который может возникнуть при перегрузках в электросети, износе электрических компонентов компьютеров, что может привести к изменению сопротивления компонентов и их перегреву.

Согласно НПБ 105-03 компьютерная аудитория относится к категории П-2а. Характеристика веществ и материалов, находящихся в аудитории 133 второго корпуса ТПУ представлена в таблице 4.5 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

Таблица 4.5 – Категория помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика вещества и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 МДж на 1 м ² .

Классификация возможных пожаров в соответствии с [0] представлена в таблице 4.6

Таблица 4.6 – Возможные классы пожаров

Класс пожара	Характеристика
А	пожары твердых горючих веществ и материалов
Е	пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением

Для тушения пожаров необходимо применять углекислотные и порошковые огнетушители, которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем. Воду разрешено применять только во вспомогательных помещениях [42].

Предупреждение пожара обеспечивается следующими мероприятиями [42]:

1. Закреплением знаний работников в сфере пожаробезопасности, обучением сотрудников правилам безопасной работы в лаборатории;

2. Периодическим надзором, осуществляемым должностными лицами органов управления и подразделений Государственной противопожарной безопасности;

3. Обеспечением помещений оборудованием для пожаротушения (углекислотный огнетушитель ОУ-5 1 шт., порошковый огнетушитель ОП-5 1 шт., асбестовое одеяло, песок);

4. Наличием систем оповещения о возникновении пожара, которые согласно ФЗ-123. НПБ 104-03 должны быть установлены в каждом помещении. Данные системы должны обеспечивать подачу звуковых оповещающих сигналов в случае обнаружения признаков пожара (задымление, повышенная температура). Необходимо выполнять периодическую проверку работоспособности системы оповещения о пожаре.

При возникновении пожара необходимо отключить систему вентиляции и питание электрооборудования, принять меры, направленные на тушение пожара и обеспечить эвакуацию студентов и сотрудников согласно плану эвакуации.

В данном разделе ВКР проведен анализ проекта с точки зрения социальной ответственности за моральные, общественные, экономические, экологические возможные негативные последствия. Работы выполнены в соответствии с нормативными документами и требованиями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Шарова Е.С., Повышение эффективности работы реакторного узла процесса риформинга бензинов с неподвижным зернистым слоем катализатора Автореф. дисс.- канд. техн. наук. Томск: 2010. 22 с.
- 2 Ахметов С.А., Ишмияров М.Х., Кауфман А.А. Технология переработки нефти, газа и ТГИ. – П.: Недра, 2009. – 832 с.
- 3 Кондрашева Н.К. (ред.) Технологические расчеты и теория каталитического риформинга бензина: Учебное пособие / Н.К. Кондрашева, Д.О. Кондрашев, К.Г. Абдульминев. – Уфа: ООО «Монография», 2008. – 160 с.
- 4 Солодова Н.Л. Каталитический риформинг: учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.Л. Солодова, А.И. Абдуллин, Е.А. Емельянычева. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. – 96 с
- 5 Ахметов С.А. Технология переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов / С.А. Ахметов. – Уфа: Гилем, 2012. 672 с
- 6 Abdullah M. Catalytic Naphtha Reforming: Encyclopedia of Chemical Processing [Электронный ресурс] / Abdullah M. Aitani. – New York: Taylor and Francis:, 2007. – С. 397-406.
- 7 James G. Speight The Refinery of the Future [Электронный ресурс] / Publishing is an imprint of Elsevier, 2011. – 416 с.
- 8 ТР-2-32-32-06: Технологический регламент установки каталитического риформинга с предварительной гидроочисткой Л-35-11/450К.
- 9 Pieck CL, Sad MR, Parera JM. Chlorination of Pt–Re/Al₂O₃ during naphtha reforming [Электронный ресурс] // J Chem Tech Biotechnol 1996;67:61–6.
- 10 Мейерс Р.А. (ред.) Основные процессы нефтепереработки. Справочник: пер. с англ. 3-го изд. [Электронный ресурс] / Р.А. Мейерс и др. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2011. – 944 с.

11 Кирьянов Д.И. Современное состояние процесса каталитического риформинга бензиновых фракций. Опыт производства и промышленной эксплуатации катализаторов риформинга серии ПР [Электронный ресурс] / Д.И. Кирьянов, М.Д. Смоликов, В.В. Пашков, А.Г. Проскура, Е.В. Затолкина, И.Е. Удрас, А.С. Белый // Российский хим. журн. – 2007. - № 4. – С. 60-68.

12 Boutzeloit M, Benitez VM, Mazzieri VA, Especel C, Epron F, Vera CR, et al. Effect of the method of addition of Ge on the catalytic properties of Pt–Re/Al₂O₃ and Pt–Ir/Al₂O₃ naphtha reforming catalysts [Электронный ресурс] // Catal Commun 2006;7:627 32

13 Corma A. Zeolites in Oil Refining and Petrochemistry [Электронный ресурс] / Corma A., Derouane E.G., Lemos F., Naccache C., Ribeiro F.R. [Электронный ресурс] // Zeolite Microporous Solids: Synthesis, Structure, and Reactivity. NATO ASI Series (Series C: Mathematical and Physical Sciences). – 1992. – № 352. – С. 373-463.

14 Владимиров А.И. Установки каталитического риформинга. – М.: Нефть и газ, 1993, 60с.

15. Pieck CL, Sad MR, Parera JM. Chlorination of Pt–Re/Al₂O₃ during naphtha reforming [Электронный ресурс] // J Chem Tech Biotechnol 1996;67:61–6

16 Jorge Ancheyta Modeling and Simulation of Catalytic Reactors for Petroleum Refining [Электронный ресурс]. – A John Wiley & Sons, 2011. – 525 с.

17 Babaqi S. Bاديةa, Takriff S. Mohd, Kamarudin S.K., Ali Othman Nur Tantiyani, Muneer Othman, Ba-Abbad Muneer / Comparison of Catalytic Reforming Processes for Process Integration Opportunities: Brief Review [Электронный ресурс] // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – № 11. – С. 9984-9989.

18 Ластовкин Г.А. (ред.). Промышленные установки каталитического риформинга / Г.А. Ластовкин. – П.: Химия, 1984. – 231 с.

19 Мартынов В.Л., Луцкий Д.С., Безматерных А. Применение полиметаллических модифицированных катализаторов в процессе каталитического риформинга. Современная техника и технологии, №5, 2015

20 Зейналов М.Ф. Управление установкой двухступенчатого каталитического крекинга в условиях неопределенности: дис. ...канд. техн. наук. Баку, 1986. 100 с.

21 Чеканцев Н.В., Иванчина Э.Д., Чузлов В.А., Куртуков В.А. Оптимизация состава перерабатываемого сырья на установках каталитического риформинг бензинов и изомеризации пентангексановой фракции с использованием комплексной математической модели «HYSYS IZOMER ACTIV». Томск: Фундаментальные исследования №8, 201

22 Круценко А. А., Борисов А. А., Соловьев В. А. Моделирование режимов работы блока стабилизации установки каталитического риформинга. Вестник ТОГУ. № 4(27). 2012

23 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

24 Каракулов 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

25 Петелько Ю.С., Леденев С.М. Вариант совершенствования установки риформинга бензиновых фракций ПР-22-35-11/1000 // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. - №7 – с. 135 – 13

26 Зыкин А.А., Плисенко И.А. Технико-экономический анализ ООО «АНХК» НПЗ 11 цех установка 35/11-1000 // Экономика и современный менеджмент: теория и практика. – 2016. - №60 – с. 103 – 107

27 Мухлецов И.П. Технология катализаторов / И.П. Мухленов, Е.И. Добкина, В.И. Дерюжкина, В.Е. Сороко. – СПб.: Химия, 1979. – 328 с.

28 Колесников И.М. Катализ в нефтегазовой области: Учебное пособие [Электронный ресурс] / И.М. Колесников. – М.: Издательский центр РГУ нефти

и газа имени И.М. Губкина, 2013. – 484 с. Т.1: Катализ в промышленности. – 312 с.

29. Mohamed A. Fahim, Taher A. Al-Sahhaf, Amal Elkilani Fundamentals of Petroleum Refining [Электронный ресурс]. – Elsevier, 2010. – 493с.

30 Положаенко С.А., Григоренко Ю.В. Система управления трубчатой печью установки каталитического риформинга высокооктановых бензинов // Электромашиностроение и электрооборудование. – 2010. - №75 – с. 62 – 67

31 Русановский Е.С. – «Установка каталитического риформинга» - Москва: «Химия» - 1975 – С. 79

32 Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.

33 Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.

34 Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.

35 Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.

36 Сущность методики FAST в области ФСА [Электронный ресурс] <http://humeur.ru/page/sushhnost-metodiki-fast-v-oblasti-fsa>.

37 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).

38 СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

39 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.

40 ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;

41 ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.

42 Федеральный закон от 22 июля 2013 г. № 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644>, свободный. – Дата обращения: 27.04.2021 г.

43 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

44 ГОСТ Р ИСО 9355-2-2009. Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 2. Дисплеи.

45 СП 2.2.3670-20. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда.

46 СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с изменением № 1);

47 ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения.