



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

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

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Исследование влияния состава сырья на эффективность процесса каталитического риформинга

УДК 665.644.4:519.876

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д92	Кондрашева Екатерина Игоревна		

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	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес Ольга Ефимовна	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП
«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 языке Российской Федерации 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, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
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	Способен и готов использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готов использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готов 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	Владеет пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознанием опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владеет основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий

Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен и готов осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готов 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	Готов использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способен 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	Способен наладивать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способен проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готов к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способен анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способен проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способен выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
Профессиональные компетенции университета	
ДПК(У)-1	Способен 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	Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования
ДПК(У)-3	Готов 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	Готов использовать информационные технологии при разработке проектов
ДПК(У)-5	Готов 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 (НОЦ) Отделение химической инженерии

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

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2Д92	Кондрашева Екатерина Игоревна

Тема работы:

Исследование влияния состава сырья на эффективность процесса каталитического риформинга	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	30-98/с от 30.01.2023 г.

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Объект исследования - процесс каталитического риформинга, который реализуется по технологии с периодической регенерацией катализатора. Исходные данные: технологический режим установки каталитического риформинга, данные хроматографического анализа сырья (прямогонной бензиновой фракции нефти, тяжелой нефти с установки гидрокрекинга, газового конденсата с газоконденсатных месторождений).</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников 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>	<p>1 Теоретическая часть 2 Литературный обзор 3 Экспериментальная часть 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5 Социальная ответственность Выводы</p>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Нет
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Креницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.01.2023 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д92	Кондрашева Екатерина Игоревна		



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
Уровень образования бакалавриат
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии
Период выполнения весенний семестр 2022/2023 учебного года

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
2Д92	Кондрашева Екатерина Игоревна

Тема работы:

Исследование влияния состава сырья на эффективность процесса каталитического риформинга

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.02.2023	Основные теоретические положения	20
25.03.2023	Обзор литературы	20
25.04.2023	Экспериментальная часть	45
18.05.2023	Разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
20.05.2023	Разработка раздела «Социальная ответственность»	10
25.05.2023	Выводы	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

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

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д92	Кондрашева Екатерина Игоревна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 102 с., 10 рис., 33 табл., 47 источников, 1 прил.

Ключевые слова: каталитический риформинг, состав сырья, математическое моделирование, выход продукта, октановое число.

Объектом исследования является процесс каталитического риформинга, который реализуется по технологии с периодической регенерацией катализатора.

Цель работы – исследование влияния состава сырья на эффективность процесса каталитического риформинга с применением метода математического моделирования.

В ходе работы проводилась оценка экспериментальных данных хроматографического анализа сырьевых потоков, представленных прямогонной бензиновой фракцией нефти, тяжелой нефтью с установки гидрокрекинга и газовым конденсатом с газоконденсатных месторождений, и исследование различных факторов, влияющих на эффективность процесса каталитического риформинга с помощью компьютерной моделирующей системы.

В результате исследований было выявлено, что вовлечение дополнительных потоков на установку каталитического риформинга положительно сказывается на выработке и основных показателях качества выпускаемой продукции.

Основные технологические и технико-эксплуатационные характеристики приведены в третьем разделе работы.

Область применения: нефтеперерабатывающая промышленность.

Значимость работы заключается в использовании полученных данных для формирования рекомендаций по оптимизации действующих и проектируемых установок каталитического риформинга с учетом состава перерабатываемого сырья.

В будущем планируется проведение оценки степени вовлечения продуктов вторичных процессов переработки и газового конденсата в сырьевой парк установки каталитического риформинга.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	13
1.1 Сырье и общие требования к нему.....	13
1.2 Продукт процесса и его основные характеристики.....	14
1.3 Катализаторы процесса.....	15
1.4 Технологическое оформление процесса.....	16
1.5 Влияние технологических параметров.....	19
2 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	21
2.1 Вовлечение в сырье каталитического риформинга потоков с вторичных процессов.....	21
2.2 Модели процесса каталитического риформинга.....	22
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	32
3.1 Анализ экспериментальных данных с промышленных установок каталитического риформинга.....	32
3.2 Усовершенствование формализованной схемы превращений процесса риформинга.....	36
3.3 Оценка эффективности работы катализатора.....	38
3.4 Исследование влияния состава сырья.....	43
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	53
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	53
4.2 Анализ конкурентных технических решений.....	55
4.3 SWOT-анализ.....	56
4.4 Структура работ в рамках научного исследования.....	59
4.5 Определение трудоемкости выполнения работ.....	61
4.6 Разработка графика проведения научного исследования.....	62
4.7 Бюджет научно-технического исследования.....	66
4.7.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	66

4.7.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	67
4.7.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	68
4.7.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	69
4.7.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	70
4.7.6 Накладные расходы.....	71
4.7.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	71
4.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	72
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	78
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..	78
5.2 Производственная безопасность.....	80
5.2.1 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего.....	82
5.2.2 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем шума.....	83
5.2.3 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с отсутствием или недостатком необходимого искусственного освещения.....	83
5.2.4 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с поражением электрическим током.....	85
5.2.5 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с пожарной опасностью.....	86
5.3 Экологическая безопасность.....	87
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	92
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ.....	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	100

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широкое использование установок вторичных процессов в нефтеперерабатывающей промышленности позволяет улучшать качество выпускаемых нефтепродуктов, при этом значительно сократив переработку сырой нефти.

Прежде всего таким процессом является каталитический риформинг. Назначение которого заключается, в получении высокооктановых компонентов бензинов, ароматических углеводородов таких, как бензол, толуол, ксилол, а также водородсодержащего газа для использования в других промышленных процессах с потреблением водорода (гидроочистка, гидрокрекинг, изомеризация и др.).

Современные тенденции, направленные на увеличение глубины переработки нефтяного сырья, обуславливают необходимость вовлечения в процесс дополнительных потоков, в качестве которых может вовлекаться не только сырье вторичного происхождения (нафта с установок висбрекинга, коксования и др.), но и газовые конденсаты с газоконденсатных месторождений. В связи с тем, что состав перерабатываемого сырья в значительной степени определяет выход и октановое число продукта, с целью их увеличения возможно вовлечение в переработку различных типов сырья, что даст возможность улучшить качество бензина и в целом эффективность процесса риформинга за счет увеличения сырьевого парка. На основе вышеизложенного можно говорить о том, что на сегодняшний день тема исследования является актуальной.

Цель данной работы заключается в исследовании влияния состава сырья на эффективность процесса каталитического риформинга с применением метода математического моделирования.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

- выполнить всесторонний анализ сырьевых потоков, которые могут быть направлены для переработки на установки каталитического риформинга бензинов;

- разработать расширенную формализованную схему превращений процесса риформинга с учетом реакций углеводородов, входящих в состав новых типов сырья установок переработки нефти;

- исследовать влияние различного сырья на качественные и количественные характеристики целевого продукта с применением метода математического моделирования.

Объектом данного исследования является процесс каталитического риформинга, который реализуется по технологии с периодической регенерацией катализатора.

Методом исследования являются хроматографический анализ сырьевых потоков различного состава и математическое моделирование процесса каталитического риформинга. Расчеты были выполнены с помощью математической модели, разработанной авторским коллективом под руководством профессоров А.В. Кравцова и Э.Д. Иванчиной на базе Томского политехнического университета.

Практическая значимость заключается в использовании полученных данных для формирования рекомендаций по оптимизации действующих и проектируемых установок каталитического риформинга с учетом состава перерабатываемого сырья.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Сырье и общие требования к нему

Для процесса помимо стабильной гидроочищенной фракции нефти, в качестве сырья могут использоваться бензины вторичных процессов переработки, таких как каталитического, термического крекинга, гидрокрекинга, коксования и других процессов.

Как правило, риформингу подвергают прямогонную бензиновую фракцию нефти, состоящую в основном из углеводородов $C_4 - C_{12}$, а также серо-, азот- и кислородосодержащих соединений и выкипающую в пределах $85 - 180$ °С. Использовать фракцию нефти с температурой начала кипения ниже $60 - 62$ °С нежелательно вследствие того, что легкие фракции могут создавать ненужное образование газов и не имеет в своем составе углеводородов, содержащих шесть атомов углерода. Наличие фракции с температурой конца кипения свыше 180 °С одной стороны нежелательно, так как это способствует коксообразованию, но в то же время увеличивается выход продуктов процесса из-за содержания в составе тяжелых парафиновых и нафтеновых углеводородов, которые легче всего подвергаются ароматизации [2].

Большое значение имеет углеводородный состав перерабатываемого сырья, в котором содержатся парафиновые, нафтеновые, ароматические, а также следы непредельных углеводородов. Распределение углеводородов может сильно отличаться в зависимости от состава исходной нефти, что значительно воздействует на характеристики продукта. В большинстве случаев распределение компонентов по группам парафиновые, ароматические и нафтеновые и олефиновые углеводороды изменяются в диапазонах $45,0 - 65,0$, $5,0 - 15,0$, $25,0 - 45,0$ и не более $0,5$ % масс., соответственно [3].

Содержание примесей, а в бензинах вторичного происхождения – наличие олефиновых углеводородов ($15 - 30$ % масс.), оказывает сильные

дезактивирующее действие на катализатор. Поэтому сырье каталитического риформинга необходимо отправлять на гидроочистку от серо-, азот- и кислородосодержащих соединений, где также подвергаются гидрированию непредельные углеводороды, что содействует увеличению срока межрегенерационного цикла работы катализатора и улучшению технико-экономических показателей работы установки [2].

1.2 Продукт процесса и его основные характеристики

Результатом процесса являются газы и риформат, который используется в качестве сырья нефтехимической промышленности или для облагораживания бензиновой фракции с последующей целью получения высокооктанового бензина. Газы подвергаются разделению таким образом, что часть полученного водорода направляется не только на компенсацию потерь в циркулирующем водородсодержащем газе, но и для использования в других промышленных процессах с потреблением водорода, таких как гидроочистка, гидрокрекинг, изомеризация и другие. Помимо этого, выделяют также сухой ($C_1 - C_2$) и сжиженный ($C_3 - C_4$) газы [4].

Несмотря на то, что перерабатываются разнообразные виды сырья, в составе риформатов содержатся чуть ли не одинаковое количество углеводородных групп [5]: около 1 % олефиновых и 2 – 5 % нафтеновых углеводородов, в основном замещенных циклопентанами. Парафиновые углеводороды в основном представлены пентанами и гексанами, а также гептанами, но в значительно меньшей степени с высоким отношением парафинов изомерного строения по отношению к нормальным, углеводороды C_{8+} практически отсутствуют в составе. Основными ароматическими компонентами, входящими в состав риформата, являются углеводороды $C_7 - C_9$. Содержание ароматических углеводородов C_8 практически не зависит от сырья и технологических параметров работы установки, так содержание

этилбензола, 1,2-, 1,3-, и 1,4-диметилбензола составляет 13 – 20, 15 – 25, 40 – 45 и 18 – 20 % масс., соответственно [5].

1.3 Катализаторы процесса

Катализаторы, применяемые на установке каталитического риформинга, должны быть бифункциональными, то есть сочетать в себе две основные функции: кислотную и гидрирующую-дегидрирующую. Первую функцию обеспечивает металл VIII группы периодической системы (Pt, Pd), вторую – оксид алюминия. Эти катализатора могут быть как биметаллическими, так и триметаллическими, например, платинорениевые (Pt-Re/Al₂O₃), платиноиридиевые (Pt-Ir/Al₂O₃) или платиноиридиево-оловянные (Pt-Ir-Sn/Al₂O₃) соответственно, нанесенных на хлорированную основу – оксид алюминия.

Структурой и химической природой носителя, распределением металлических компонентов, природой металлического промотора и их взаимодействия между собой определяются основные характеристики катализатора.

Хлор обладает кислотными свойствами, которыми определяются крекирующая и изомеризирующая активности, благодаря чему часто применяется в качестве промотора, который регулирует высокие значения измельчения платины из-за образования комплексных соединений с оксидом алюминия. Достоинство хлорирования катализаторов заключается в возможности корректирования содержания хлора и уровня кислотности во время эксплуатации катализатора [6]. Второй основной составляющей является металл – платина, благодаря которому возрастает скорость реакций гидрирования и дегидрирования, в результате которых возникают ароматические соединения в составе риформата, а также гидрированию непредельных промежуточных продуктов уплотнения, способствующие коксообразованию.

Катализаторы должны обладать следующими эксплуатационными свойствами [7]: активностью, селективностью, стабильностью и механической прочностью. Под активностью понимается свойство обеспечивать необходимую глубину превращения сырья. Это один из важнейших параметров, определяющий эффективность работы катализатора. Селективность катализатора устанавливает максимальное значение выхода целевого продукта и водородсодержащего газа. Это означает, что одновременно с максимальной глубиной превращения должны протекать реакция ароматизации и с минимальной – реакции гидрокрекинга и гидрогенолиза. Катализатор должен обладать высокими каталитическими свойствами и сохранять их на протяжении всего срока эксплуатации катализатора, что определяется стабильностью катализатора. Свойство устойчивости к истиранию и раздавливанию – это характеристика механической прочности катализатора.

1.4 Технологическое оформление процесса

Существует три основные технологии регенерации катализатора [8]: полурегенеративная, циклическая и регенеративная. Первый и второй представляют собой стационарный слой катализатора, но в отличие от полурегенеративного типа регенерации в циклическом происходит непрерывный процесс с помощью резервного реактора. В регенеративной технологии в реакторном блоке движущийся слой катализатора и происходит непрерывная его регенерация.

Наиболее распространенной в настоящее время является полурегенеративная технология. В ней применяется 3 или 4 реактора, соединенных последовательно. В первом реакторе преимущественно происходят реакции дегидрирования циклоалканов. В следующих реакторах в большей степени протекают реакции дегидроциклизации, изомеризации и гидрокрекинга алканов нормального и изомерного строения. Далее

образующиеся углеводороды дегидрируются в ароматические. Количество загружаемого катализатора возрастает от первого реактора к последнему, при этом температура повышается для компенсации уменьшения активности катализатора. Падение температуры в первом реакторе составляет 40 – 70 °С, во втором - 30 – 40 °С, а в третьем реакторе составляет всего 5 – 15 °С

Технологические параметры работы установки с полурегенеративной регенерацией катализатора: давление в реакторах 1,7 – 3,0 МПа; температура 470 – 520 °С; межрегенерационный цикл работы более 1 года; выход риформата 80 – 85 % масс. с ОЧИ 94 – 100 пунктов.

Принципиальная схема установки риформинга с полурегенеративной технологией регенерации катализатора представлена на рисунке 1.1.

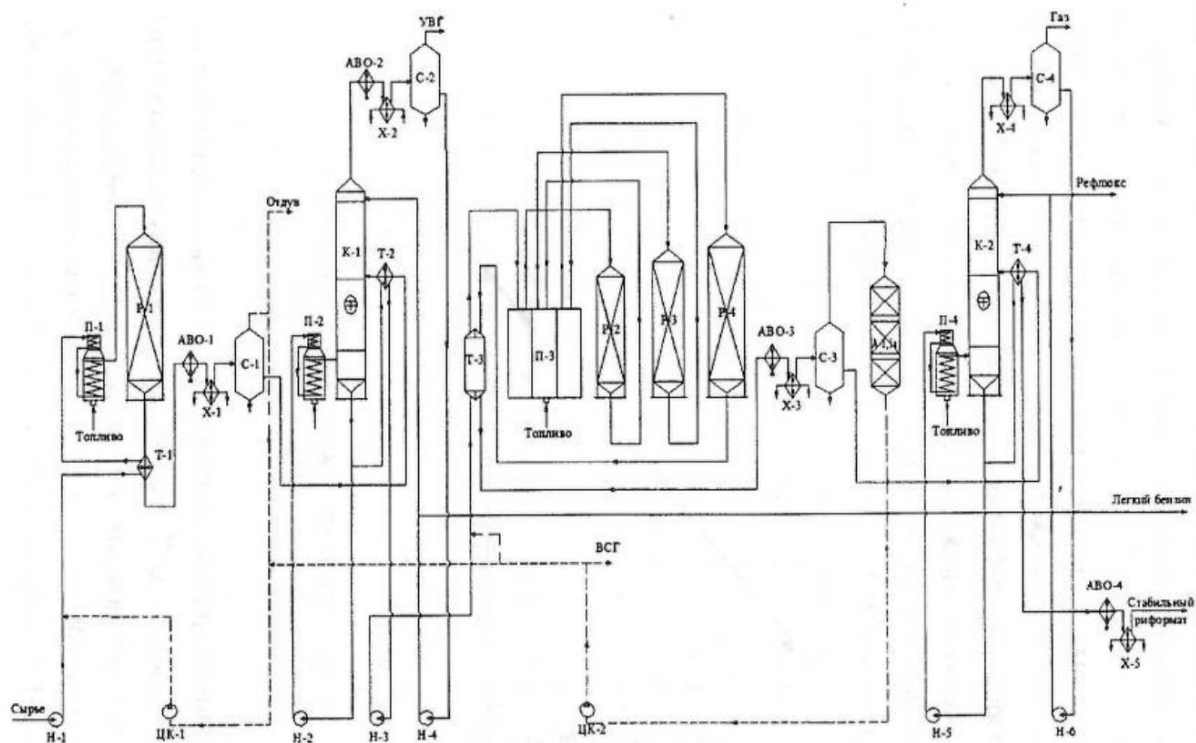


Рисунок 1.1 – Принципиальная технологическая схема установки каталитического риформинга [9]:

Р-1 – реактор гидроочистки; Р-2,3,4 – реакторы риформинга; С- 1,2 – сепараторы; А -1,1а – адсорберы; К-1 – отпарная колонна; К-2 – стабилизатор; Т- 1,2 – теплообменники; ЦК- 1,2 – компрессор

Сырье с помощью насоса поступает в узел смешения с водородсодержащим газом. После газосырьевая смесь поступает для нагрева в теплообменник Т-1, печь П-1 и с температурой 300 – 400 °С подается в реактор гидроочистки Р-1. Далее происходит охлаждение до температуры 35–45 °С в теплообменнике Т-1, воздушном АВО-1 и водяном Х-1 холодильниках. Смесь направляется в сепаратор С-1 для отделения жидкой фазы от водородсодержащего газа, который в последствии сбрасывается с установки в общезаводскую сеть. Следующим этапом подогретый нестабильный гидрогенизат отправляется в отпарную колонну К-1 на процесс отпарки, в результате которого отделяются вода, сероводород, углеводородные газы и легкокипящие фракции. Газы сверху колонны поступают в рефлюксную емкость, после на очистку от сероводорода и на газофракционирующую установку. Полученный легкий бензин используется для орошения колонны К-1.

Дальше стабильный гидрогенизат охлаждается в теплообменнике и с помощью насоса подается на блок риформинга в узел смешения с циркулирующим водородсодержащим газом. Смесь после нагрева в теплообменнике Т-3, первой секции печи П-1 последовательно проходит три реактора Р-2, Р-3, Р-4 с промежуточным нагревом в соответствующих ступенях печи. После газопродуктовая смесь охлаждается в теплообменнике Т-3, воздушном холодильнике АВО-3, доохладителе Х-3 и поступает в сепаратор С-3 с целью разделения на жидкую фазу и водородсодержащий газ, который впоследствии направляется в адсорберы А-1,1а для осушки цеолитами, затем дожимается компрессорами ЦК-2 и возвращается в систему циркуляции риформинга. Избыток водородсодержащего газа отправляется не только на дожимной компрессор ЦК-1 с последующей подачей в узел смешения с сырьем гидроочистки, но и может выводиться с установки для использования в других промышленных процессах с потреблением водорода. Нестабильный риформат подается в стабилизационную колонну К-2, с верха которой выводится смесь газов, разделяющаяся после конденсации в ХК-4 на

нестабильную головку – рефлюкс, которая возвращается в колонну для орошения и газ стабилизации, сбрасывающийся в дальнейшем в топливную сеть предприятия. Стабильный риформат с низа колонны после охлаждения выводится в товарный парк завода.

1.5 Влияние технологических параметров

Основными технологическими параметрами, которые непосредственно влияют на эффективность работы установки процесса риформинга, являются температура и давление, объемная скорость подачи сырья в реакторный блок, молярное соотношение H_2 /углеводороды и тип катализатора [10].

Температура является наиболее важной переменной, поскольку качество продукта и выход сильно зависит от значения. При ее повышении происходит увеличение с одной стороны скоростей реакций ароматизации нафтенев и парафинов, что в свою очередь приводит к увеличению концентрации ароматических углеводородов в риформате, вследствие чего увеличивается октановое число продукта, но с другой стороны это приводит к увеличению скорости реакций гидрокрекинга, которые являются нежелательными, так как благоприятствует образованию коксогенных структур на катализаторе. Поэтому температуру на входе в реактор повышают каждый месяц на 0,5 – 2,0 °С, чтобы не снижалось качество продукта [11].

При снижении давления в реакторном блоке происходит не только увеличение селективности процесса, вследствие которой повышается выход риформата, водорода и уменьшается выход легких углеводородов $C_1 - C_4$ [10], но и понижение требуемой температуры реактора с целью достижения постоянного качества продукта. Также сокращается межрегенерационный период катализатора из-за увеличения скорости коксообразования на поверхности катализатора. В случае повышении давления происходит с одной стороны снижение содержание непредельных углеводородов, а с другой

повышение газообразования, что приводит к снижению выхода целевого продукта.

Объем сырья, поступающий на установку и проходящий через объем катализатора в час, характеризуется объемной скоростью подачи сырья. С увеличением данного параметра необходимо не только повышать температуру для того, чтобы получать риформат заданного качества, но и дополнительно корректировать параметры, влияющие на качество риформата, вследствие уменьшения выхода ароматических соединений, следовательно, снижению октанового числа [11].

Молярное отношение H_2 /углеводороды в конечном итоге не влияет на протекание реакций превращений углеводородов во время процесса каталитического риформинга, но оно оказывает сильное влияние на стабильность работы катализатора. Данное соотношение от 4 до 6 моль/моль является характерным для установок риформинга. При увеличении соотношения происходит повышение парциального давления водорода, вследствие чего увеличивается межрегенерационный период катализатора из-за снижения коксообразования, при понижении – наоборот.

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

2 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

2.1 Вовлечение в сырье каталитического риформинга потоков с вторичных процессов

Для быстрого развития нефтеперерабатывающей отрасли, роста спроса на моторные топлива и импортозамещения зарубежных технологий необходимо в первую очередь решить задачи по улучшению качества и повышению количества продукции, получаемой на отечественных нефтеперерабатывающих заводах.

Увеличение глубины переработки нефти считается одной из центральных задач в рамках развития нефтеперерабатывающего сектора, в результате которой увеличилось количество низкокачественных бензинов с таких процессов, как замедленное коксование, висбрекинг и другие. Бензины с перечисленных процессов не могут применяться как автомобильные топлива по причине несоответствия экологическим и эксплуатационным характеристикам из-за низкого октанового числа и высокого содержания серы.

Существует несколько вариантов использования бензинов с вторичных процессов переработки [12]: вовлечение в сырье каталитического крекинга и пиролиза, гидроочистка в чистом виде и в смеси с прямогонными нефтяными фракциями, производство олефинов и ароматических соединений и другие. Из всех способов переработки бензинов, полученных в результате переработки сырья вторичного происхождения, наиболее рациональным является гидроочистка в смеси с классической прямогонной нефтью с последующим облагораживанием в процессе каталитического риформинга.

Авторами статьи [13] было проведено исследование по вовлечению в классическое сырье процесса каталитического риформинга – прямогонную бензиновую фракцию нефти бензина с установки гидродепарафинизации дизельных топлив. В результате было выявлено, что вовлечение продуктов вторичных процессов нефтепереработки благоприятно сказывается на

качественные и количественные характеристики риформата, а именно выход риформата составляет 82,71 октанотонны, октановое число – 97,6 пунктов. Ресурсоэффективность установки риформинга повышается на 20 % за счет расширения сырьевого парка.

В работе [14] исследована и разработана технология расширения сырьевой базы производства высокооктановых компонентов за счет вовлечения фракции бензина каталитического крекинга в сырье процесса каталитического риформинга. Было выявлено оптимальное соотношение сырьевого сырья каталитического риформинга (35 % бензиновой фракции каталитического крекинга и 65 % прямогонной бензиновой фракции), а также, что для бензина каталитического крекинга, во фракции C_6-C_{10} относительно высокое содержание нафтенов, следовательно, эту часть бензина можно направлять на процесс риформинга с целью решения проблемы дефицита сырья и улучшения качества товарного бензина.

2.2 Модели процесса каталитического риформинга

Вследствие того, что каталитический риформинг - основной процесс производства высокооктановых компонентов бензина и ароматических углеводородов, необходимо постоянно модернизировать технологию, а также ввести поиски путей совершенствования существующих производственных установок. Одним из инновационных способов увеличения ресурсоэффективности является совершенствование работы реакторов путем создания и внедрения адекватных математических моделей, в основе которых заложены фундаментальные законы протекания процесса и представлены закономерности протекания химических реакций.

Основная сложность, связанная с разработкой модели, заключается в том, что каталитический риформинг является довольно сложным для изучения в связи с тем, что нефтя представляет собой многокомпонентную смесь, в которой присутствует более 200 компонентов, и в процессе протекает

довольно большое количество реакций с участием этих компонентов. В связи с этим, ученые создают математические модели риформинга, в которых заложено агрегирование углеводородов по различным критериям, например, по количеству атомов углерода в составе веществ, или по принадлежности углеводородов к классу, в зависимости от функциональной группы, или в сокращении детального описания химической реакции при помощи математического аппарата.

В основе распространенных математических моделей, описывающих процесс каталитического риформинга заложена модель Кроу [15] и кинетические уравнения химических превращений углеводородов в реакторном блоке. В работах И.В. Войтенко и Г.Б. Рабиновича [16-17] была разработана модель, которая описывала работу только одного реактора, но после была распространена на несколько реакторов. В ней имеются некоторые недочеты при разработке, а именно не учитывается преобладание в большей степени определенных реакций в каждом реакторе, основана на стационарности объекта и не рассматривается коксообразование на активной поверхности катализатора ни в одном из реакторов. Все эти несовершенства в совокупности спустя время приведут к тому, что модель не способна будет адекватно описывать процесс.

Разработанная автором статьи [18] кинетическая модель, состоит из трех последовательно соединенных моделей реакторов, объединенных между собой векторами входных и выходных величин. У каждого реактора свой настроечный коэффициент K_{C1} , K_{C2} , K_{C3} , соответственно, благодаря которым происходит корректировка модели вследствие дезактивации катализатора.

Входными параметрами модели являются [19]:

- G_0 – расход гидрогенизата на входе реакторного блока;
- Y_a , Y_n , Y_p , – содержание ароматических, нафтеновых и парафиновых углеводородов в исходной смеси, соответственно;
- T_{50} – температура 50-процентного выкипания исходной смеси;
- ρ – плотность исходной смеси;

- G_{vh} – расход водородосодержащего газа на входе реакторного блока;
- T_1, T_2, T_3 – температуры смеси на входе реакторов P_1, P_2 и P_3 ;
- P – давление смеси на входе реакторного блока.

Промежуточными параметрами модели являются:

- n_a, n_n, n_p – количество нафтеновых углеводородов, перешедших в ароматические, парафиновые и газообразные углеводороды соответственно в результате реакции протекающей в элементарном слое катализатора, Кмоль/ч;

- n_{H_2} – количество водорода в результате реакции, протекающей в элементарном слое катализатора, Кмоль/ч;

- n_{gp}, n'_{gp} – количество парафиновых, перешедших в газообразные углеводороды в результате прямой и обратной реакций, соответственно протекающей в элементарном слое катализатора, Кмоль/ч;

- M_a, M_n, M_p – массовый поток нафтеновых углеводородов, перешедших в ароматические, парафиновые и газообразные углеводороды соответственно реакционной смеси, кг/г;

- M_c – массовый поток углерода реакционной смеси, кг/г.

Выходными параметрами модели являются [19]:

- $Y_{a_3}, Y_{n_3}, Y_{p_3}$ – содержание ароматических парафиновых и нафтеновых углеводородов в продуктах реакции;

- λ – выход конечного продукта, катализата;

- O_c – октановое число получаемого катализата.

На рисунке 2.1 представлена схема математической модели.

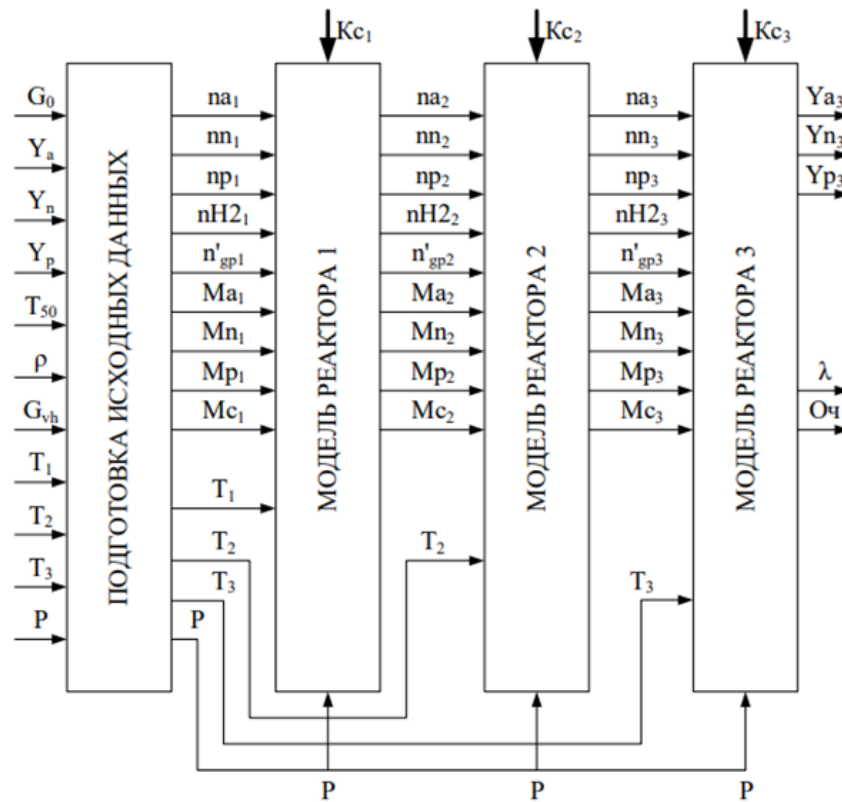


Рисунок 2.1 – Структурная схема математической модели блока реакторов каталитического риформинга [18]

Материальный и тепловой баланс химических превращений в отдельном реакторе описывается системой уравнений [18]:

$$\begin{aligned}
 -\frac{dn_{na}}{dG_k} &= k_1 p_n - k'_1 p_a p_{H_2}^3 \\
 -\frac{dn_{np}}{dG_k} &= k_2 p_n p_{H_2} - k'_2 p_p \\
 -\frac{dn_{ng}}{dG_k} &= k_3 \frac{p_n}{p} \\
 -\frac{dn_{pg}}{dG_k} &= k_4 \frac{p_p}{p} \\
 -\frac{dT}{dG_k} &= \frac{1}{G_{ст} \cdot C} \cdot \sum \Delta H_j \cdot \frac{dn_i}{dG_k},
 \end{aligned}$$

где G_k – масса катализатора, кг;

dn_{na} , dn_{np} , dn_{ng} – количество нафтеновых углеводородов, перешедших в ароматические, парафиновые и газообразные углеводороды в элементарном

слое реактора dG_k в результате протекания реакций дегидрирования шестичленных нафтен, дегидроциклизации парафинов и гидрокрекинга нафтенных углеводородов, соответственно, Кмоль/ч;

dn_{pg} – элементарное количество парафиновых, перешедшее в газообразные углеводороды в элементарном слое реактора dG_k , Кмоль/ч;

p_a, p_n, p_p, p_{H_2} – парциальные давления ароматических, парафиновых, нафтенных углеводородов и водорода в реакционной смеси, Па;

P – общее давление смеси, Па;

k_1, k'_1 – константы скорости обратной и прямой реакции дегидрирования шестичленных нафтен;

k_2, k'_2 – константы скорости обратной и прямой реакции дегидроциклизации парафинов;

k_3, k_4 – константы скорости реакций гидрокрекинга нафтенных и парафиновых углеводородов, соответственно;

$G_{ст}$ – массовый поток реакционной смеси, кг/г;

\bar{C} – средняя теплоёмкость реакционной смеси, кДж/кг·К°;

ΔH_j – тепловой эффект j -й химической реакции, кДж/моль ($j = 1 \dots 4$ для реакций);

dn_i – элементарное изменение i -го компонента в результате реакции, протекающей в элементарном слое катализатора dG_k , Кмоль/ч.

Уравнения для констант скоростей химических реакций имеют вид [17]:

$$k_1 = K_C \cdot K_{01} \cdot e^{-\frac{E_1}{RT}}$$

$$k'_1 = K_C \cdot K'_{01} \cdot e^{-\frac{E'_1}{RT}}$$

$$k_2 = K_C \cdot K_{02} \cdot e^{-\frac{E_2}{RT}}$$

$$k'_2 = K_C \cdot K'_{02} \cdot e^{-\frac{E'_2}{RT}}$$

$$k_3 = K_{03} \cdot e^{-\frac{E_3}{RT}}$$

$$k_4 = k_3$$

где $K E$, – предэкспоненциальные множители констант скоростей и энергии активации реакций дегидрирования шестичленных нафтенов, дегидроциклизации парафинов и гидрокренга нафтенowych и парафиновых углеводородов, соответственно;

T – температура реакционной смеси, K° ;

K_C – корректирующий множитель констант скоростей.

В статье [20] осматриваются работы в области моделирования каталитического риформинга, которые связаны с выбором объединения компонентов реакционной смеси.

В одной из таких публикаций [21] изучается кинетика проведения процесса риформинга фракции, выкипающей в пределах от 62 до 105 °С на платинорениевом катализаторе, на основе которой разработана схема реакций (Рисунок 2.2) объединенных углеводородов C_1 – C_8 в стационарных условиях.

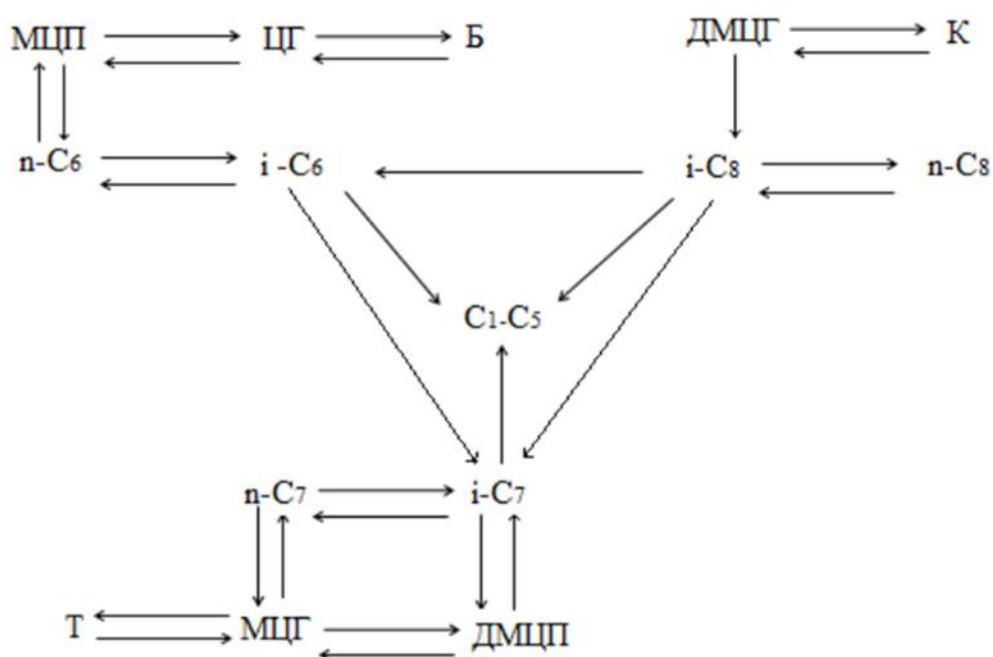


Рисунок 2.2 – Формализованная схема превращений углеводородов в процессе риформинга [22]:

Б – бензол; Т – толуол; К – ксилолы; МЦП – метилциклопентан; ЦГ – циклогексан;
 МЦГ – метилциклогексан; ДМЦП – диметилциклопентаны;
 ДМЦГ – диметилциклогексаны

По прошествии времени было выявлено, что данная модель адекватно описывает процесс на Новокуйбышевском и Омском нефтеперерабатывающих заводах, и полученные результаты использовались для повышения эффективности работы процесса.

Существенный вклад в развитие математического моделирования процесса каталитического риформинга внесли работы под руководством профессоров Анатолия Васильевича Кравцова и Эмилии Дмитриевны Иванчиной [23 - 24]. На базе их научной школы была усовершенствована формализованная схема превращений углеводородов, в которую учтены реакции углеводородов C_1 - C_{12} и углубленно рассмотрены превращения изопарафиновых углеводородов C_6 - C_7 , а также отражен механизм образования коксогенных структур на металлических центрах бифункционального катализатора, из-за которых происходит дезактивация катализатора. В Томском политехническом университете была разработана математическая модель, предназначенная для тестирования и прогнозирования технологических показателей работы установки [25].

Разработанная в публикации [26] модель представляет собой каскад трех адиабатических реакторов идеального вытеснения, в которую заложены схемы превращения углеводородов, объединенных в группы, и включены не только реакции гидрокрекинга и изомеризации, но и получения ароматики из парафиновых и нефтяных углеводородов:

$$\left\{ \begin{array}{l} G_f \frac{dw(j)}{dl} = R(j)M_j w(j) \\ G_f C_p \frac{dT}{dl} = \sum_{i=1}^N H_i r_i \\ \frac{dP}{dl} = -f d_\vartheta \frac{\vartheta_l^2}{d_p} \\ \vartheta_l = \frac{G}{S d_\vartheta} \\ C_p = atT^2 + btT + ct \\ mn = amT^2 + bmT + cm \\ Re = \frac{\vartheta_l \cdot d_p \cdot d_\vartheta}{mn} \\ e\vartheta = 0,38 + 0,73 \left(1 + \frac{\left(\frac{d_{an}}{d_p} - 2 \right)^2}{\left(\frac{d_{an}}{d_p} \right)^2} \right) \\ f = (1 - e\vartheta) \cdot \left(1,75 + \frac{150(1 - e\vartheta)}{Re} \right) \\ G_f = \frac{G}{S}, \end{array} \right.$$

где $w(j)$ – массовая доля j -го компонента в смеси, кг/кг;

M_j – молекулярная масса j -го компонента в смеси, кг/кмоль;

$R(j)$ – вектор скоростей реакций, кмоль/м³·с;

T – температура смеси, К;

P – давление в смеси, бар;

G – массовый расход реагентов через реактор, кг/с;

G_f – массовый расход, отнесенный к площади поперечного сечения реактора, кг/(м²·с);

H_i – тепловой эффект i -й стадии, кДж/кмоль;

r_i – скорость i -й реакции, кмоль/м³·с;

v_l – линейная скорость реакционной смеси, м/с;

S – площадь поперечного сечения, м²;

d_v – текущая плотность реакционной смеси, кг/м³;

C_p – теплоемкость с учетом состава и температуры в данной точке, кДж/(кг·К);

μ – вязкость с учетом состава и температуры в данной точке, Па·с;

Re – критерий Рейнольдса в данной точке;

ϵ – порозность слоя, м³/м³;

f – коэффициент сопротивления слоя катализатора;

d_{app}, d_p – диаметр аппарата и частицы катализатора соответственно, м.

Благодаря данной модели может быть произведен расчет гидравлического сопротивления, определена динамика состава и свойства потока исходя из изменения температуры по причине эндотермичности процесса, а также вычисление переменной линейной скорости смеси из-за изменения площади поперечного сечения в направлении потока.

В работе [27] авторами была разработана кинетическая модель, представленная тремя последовательно соединенными адиабатическими реакторами. Рассматриваемая модель рассматривает изменение концентраций реагентов, количества молей реакционной смеси и температуры в зависимости от времени контакта с катализатором с начальными условиями: при $\tau = 0$, $x_i(0) = x_i^0$, $T(0) = T_0$ и имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_i}{d\tau} = \sum_{j=1}^J \vartheta_{ij} \cdot w_j, i = 1, \dots, I, \\ \frac{dF}{d\tau} = \sum_{i=1}^I \frac{dx_i}{d\tau}, \\ \frac{dT}{d\tau} = \sum_{i=1}^I \Delta H_{T_i}^f \cdot \frac{dx_i}{d\tau} / \sum_{i=1}^I C_{p_i}^T \cdot x_i, \\ w_j = k_j^0 \cdot \exp\left(-\frac{E_j^+}{RT}\right) \prod_{i=1}^I \frac{dx_i^{|\alpha_{ij}|}}{F} - k_{-j}^0 \cdot \exp\left(-\frac{E_j^-}{RT}\right) \prod_{i=1}^I \frac{dx_i^{\beta_{ij}}}{F}, j = 1, \dots, J, \\ \Delta H_{T_i}^f = \Delta H_{298}^f + \int_{298}^T C_{p_i}^T \cdot dT, \\ C_{p_i}^T = a_i + b_i T + c_i T^2 + d_i T^3 + e_i T^4, \end{array} \right.$$

где ν_{ij} — стехиометрические коэффициенты схем химических превращений;

J — количество стадий (=171);

x_i — мольный расход i -го компонента, (кмоль/ч), участвующего в реакции;

I — количества компонентов (=38);

w_j — скорость j -ой стадии (кмоль/(ч·кг кат.));

E_j^+, E_j^- — энергии активации прямой и обратной реакций соответственно, (Дж/моль);

R — газовая постоянная, равная 8,31 Дж/(моль·К);

T — температура (К);

α_{ij} и β_{ij} — отрицательные и положительные элементы матрицы (v_{ij}) соответственно;

k_j^0, k_{-j}^0 — предэкспоненциальные множители прямой и обратной реакций соответственно (кмоль/(ч·кг кат.));

τ — условное время контакта (кг·кат.);

F — мольный расход потока (кмоль/ч);

$\Delta H_{T_i}^f$ — энтальпия образования i -го компонента при температуре T , (Дж/моль);

$\Delta H_{298_i}^f$ — энтальпия образования i -го компонента при температуре 298 К, (Дж/моль);

$C_{p_i}^T$ — удельная теплоемкость i -го компонента при температуре T , (Дж/(моль·К));

a_i, b_i, c_i, d_i, e_i — коэффициенты температурной зависимости теплоемкости i -го компонента.

В связи с применением данного вида реактора, обнаруживается значительное снижение температуры смеси по слою катализатора.

На основе результатов литературного обзора можно говорить о том, что каталитический риформинг принадлежит к процессам со сложным математическим описанием, в котором необходимо усовершенствовать существующие и разрабатывать новые математические модели.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д92	Кондрашева Екатерина Игоревна

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

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования влияния состава сырья на эффективность процесса каталитического риформинга с применением метода математического моделирования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения НИИ
4. Определение бюджета НИИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	К.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д92	Кондрашева Екатерина Игоревна		

4 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, особенно важно это становится при поиске потенциальных источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.






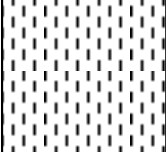
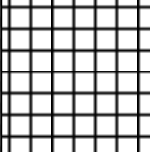
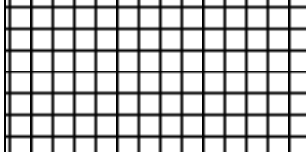
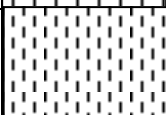

Главной целью данного раздела является определение эффективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

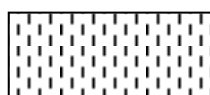
В качестве объекта исследования была выбрана установка каталитического риформинга. Исследования проводились с целью изучения процесса каталитического риформинга бензинов, а также исследования влияния состава сырья на эффективность процесса с применением метода математического моделирования.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для проведения анализа потребителей результатов исследования, необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование [30]. В таблице 4.1 представлена карта сегментирования рынка по виду оказываемой услуги.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования

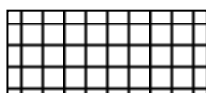
Потребитель	Вид услуги		
	Продажа программного продукта	Оказание услуг по исследованию и оптимизации	Продажа тренировочной версии
Крупные НПЗ			
Средние НПЗ			
Мелкие НПЗ			
Высшие общеобразовательные учреждения	 		
Проектные организации	 		



- AspenTech, США



- Huptotech Ltd, Канада



- ChemFort, Россия

На таблице показано, какие ниши на рынке услуг не заняты конкурентами и где уровень конкуренции низок:

- для мелких НПЗ необходим доступный по цене и эффективный продукт;

- данные фирмы предлагают общее программное обеспечение для химических процессов (нет специализированной программы для каталитического риформинга);

- компании занимаются в основном только продажей своего программного продукта.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Ф	Б _{К1}	Б _{К2}	К _Ф	К _{К1}	К _{К2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,20	3	5	4	0,6	1	0,8
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,25	5	3	3	1,25	0,75	0,75
3. Энерго-экономичность	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
4. Надежность	0,10	3	4	4	0,3	0,4	0,4
5. Простота эксплуатации	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
Итого	1	26	25	21	4,4	4,1	3,45

В таблице выше приведены анализ и оценка конкурентов, где: B_{ϕ} – разрабатываемый проект; B_{k1} – математическая модель, разработанная Chemcad; B_{k2} – математическая модель, разработанная Aspen Hysys.

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:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на данных таблицы 4.2 можем сказать, что преимуществами разрабатываемого проекта является его цена, энергоэкономичность и удобство в эксплуатации. 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.

4.3 SWOT-анализ

Для комплексной оценки научно-исследовательского проекта применяют SWOT-анализ, результатом которого является описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

В таблице 4.3 описаны сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде.

Таблица 4.3 - Матрица SWOT

<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Возможность оптимизации ведущего процесса переработки нефти;</p> <p>С2. Чувствительность к изменению состава сырья;</p> <p>С3. Относительно небольшая стоимость;</p> <p>С4. Возможность проведения необходимых исследований без вмешательства в работу.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Высокая конкуренция на рынке по аналогичным продуктам для исследования процесса;</p> <p>Сл2. Ограниченность экспериментальных данных с промышленной установки;</p> <p>Сл3. Отсутствие данных для проверки модели на адекватность;</p> <p>Сл4. Отсутствие учета в модели реакции коксообразования на катализаторе.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Внедрение разработанной модели на предприятия нефтепереработки для оптимизации процесса производства;</p> <p>В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p>В3. Внедрение системы в образовательную сферу в качестве компьютерного тренажера для обучения студентов.</p>	<p>Угрозы:</p> <p>У1. Создание подобной модели на рынке в более быстрые сроки;</p> <p>У2. Внедрение других моделей на предприятия отечественных НПЗ;</p> <p>У3. Отсутствие спроса незаинтересованность предприятий по внедрению инновационного проекта.</p>

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа, который состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Интерактивная матрица проекта

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

Продолжение таблицы 4.4

Сильные стороны проекта					
Угрозы		С1	С2	С3	С4
	У1	-	+	+	+
	У2	-	+	+	+
	У3	0	+	+	+
Слабые стороны проекта					
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	+	+	-	-
	В2	-	+	0	-
	В3	+	-	-	0
Слабые стороны проекта					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	-	+	-
	У2	+	-	-	0
	У3	0	+	-	+

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 4.5 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Возможность оптимизации ведущего процесса переработки нефти;</p> <p>С2. Чувствительность к изменению состава сырья;</p> <p>С3. Относительно небольшая стоимость;</p> <p>С4. Возможность проведения необходимых исследований без вмешательства в работу</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Высокая конкуренция на рынке по аналогичным продуктам для исследования процесса;</p> <p>Сл2. Ограниченность экспериментальных данных с промышленной установки;</p> <p>Сл3. Отсутствие данных для проверки модели на адекватность;</p> <p>Сл4. Отсутствие учета в модели реакции коксообразования на катализаторе.</p>
--	---	--

Продолжение таблицы 4.5

<p>Возможности:</p> <p>В1. Внедрение разработанной модели на предприятии нефтепереработки для оптимизации процесса производства;</p> <p>В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p>В3. Внедрение системы в образовательную сферу в качестве компьютерного тренажера для обучения студентов.</p>	<p>С и В:</p> <p>1.Разработка математической модели каталитического риформинга нефти на основании физико-химических свойствах нефти и её состава.</p>	<p>Сл и В:</p> <p>1.Ограниченность экспериментальных данных с промышленной установки;</p> <p>2.Отсутствие данных о содержании кокса на катализаторе;</p> <p>3.Повышение эффективности использования сырья на предприятии;</p> <p>4.Повышение квалификации персонала на производстве.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Создание подобной модели на рынке в более быстрые сроки;</p> <p>У2. Внедрение других моделей на предприятия отечественных НПЗ;</p> <p>У3. Отсутствие спроса не заинтересованность предприятий по внедрению инновационного проекта.</p>	<p>С и У:</p> <p>1.Продвижение новой технологии оптимизации процесса с применением математической модели;</p> <p>2. Продвижение на рынок новых технологий;</p> <p>3. Введение в модель чувствительности к составу сырья.</p>	<p>Сл и У:</p> <p>1.Разработка научного исследования;</p> <p>2.Повышение квалификации кадров у потребителя;</p> <p>3.Приобретение необходимых экспериментальных данных по составу сырья и продукта с промышленной установки.</p>

4.4 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения планирования научно-исследовательских работ формируется рабочая группа, состав которой состоит из инженера и научного руководителя выпускной квалификационной работы [30]. В рамках

проведения научного исследования был составлен перечень этапов и работ, выполняемых по ходу разработки математической модели, также было проведено распределение исполнителей по видам работ. Результаты структуры работ представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Теоретическое обоснование выбора методик расчета и проведение основных расчетов	Руководитель, инженер
	6	Обработка результатов	Инженер
	7	Сопоставление результатов расчетов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка результатов исследования	Руководитель, инженер
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Оценка эффективности и применения разработки	Инженер
	10	Разработка социальной ответственности по теме	Инженер
Оформление ВКР	11	Составление пояснительной записки	Инженер

4.5 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [31]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

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

t_{mini} - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем по формуле ожидаемую трудоемкость для первого из этапов работы:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 3 \text{ чел. - дн.}$$

Аналогичный расчет проведен для последующих этапов. Результаты расчетов представлены в таблице 4.6.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями [32]:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

$t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Продолжительность выполнения первого этапа работ в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{3}{1} = 3 \text{ раб. дн.}$$

Для остальных этапов расчет аналогичен. Все результаты представлены в таблице 4.7.

4.6 Разработка графика проведения научного исследования

График проведения научного исследования представим в форме диаграммы Ганта - ленточный график, на котором этапы работ представлены в виде протяженных во времени отрезков, которые характеризуют даты выполнения работ [33].

Для удобства построения графика, чтобы перевести из рабочих дней в календарные длительность каждого из этапов работ:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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:

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

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году ($T_{\text{кал}}=365$);

$T_{\text{вых}}$ - количество выходных дней в году ($T_{\text{вых}}=52$);

$T_{\text{пр}}$ - количество праздничных дней в году ($T_{\text{пр}}=14$).

Коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Длительность работ в рабочих днях:

$$T_{ki} = 3 \cdot 1,22 = 4 \text{ раб. дн.}$$

В таблице 4.7 приведены все рассчитанные значения.

Таблица 4.7 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	
	t_{\min} , чел-дни	t_{\max} , чел-дни	$t_{\text{ож}}i$, чел-дни		T_{pi}	T_{ki}
Составление и утверждение технического задания	2	4	3	Руководитель	3	4
Подбор и изучение материалов по теме	7	10	9	Инженер	9	11
Выбор направления исследований	2	4	3	Руководитель	3	4
	3	5	4	Инженер	4	5
Календарное планирование работ по теме	2	4	3	Руководитель	3	4
	3	5	4	Инженер	4	5
Теоретическое обоснование выбора методик расчета и проведение основных расчетов	5	7	6	Руководитель	6	8
	20	30	24	Инженер	24	30
Обработка результатов	10	12	11	Инженер	11	14
Сопоставление результатов расчетов с теоретическими исследованиями	7	10	8	Инженер	8	10

Продолжение таблицы 4.7

Оценка результатов исследования	3	5	4	Руководитель	4	5
	5	9	7	Инженер	7	9
Оценка эффективности производства и применения разработки	10	14	12	Инженер	12	15
Разработка социальной ответственности по теме	8	12	10	Инженер	10	13
Составление пояснительной записки	15	25	19	Инженер	19	24

На основе таблицы 4.7 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения на основании таблицы 4.8 работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования.

Таблица 4.8 – Календарный план-график

№	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
				январь			февраль			март			апрель			май			июнь
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
1	Составление и утверждение технического задания	Р	4																
2	Подбор и изучение материалов по теме	И	11																

Продолжение таблицы 4.8

3	Выбор направления исследований	Р	4																	
		И	5																	
4	Календарное планирование работ по теме	Р	4																	
		И	5																	
5	Теоретическое обоснование выбора методик расчета и проведение основных расчетов	Р	8																	
		И	30																	
6	Обработка результатов	И	14																	
7	Сопоставление результатов расчетов с теоретическим и исследованиям и	И	10																	
8	Оценка результатов исследования	Р	5																	
		И	9																	
9	Оценка эффективности и производства и применения разработки	И	15																	

Значения цен установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями.

Необходимые материальные затраты занесены в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, (З _м), руб.	
		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Бумага	шт.	100	150	0,8	0,8	92	138
Ручка	шт.	2	4	25	25	57,5	115
Чернила для принтера	мл	100	100	5	5	575	575
Итого, руб.						724,5	828

Общие материальные затраты составили 1552,5 руб.

4.7.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 4.10.

Таблица 4.10 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы, тыс. руб.	Общая стоимость, тыс. руб.
1	Компьютер	1	30	34,5
2	Принтер	1	6	6,9
Итого, тыс. руб.				41,4

4.7.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Численность исполнителей принимается как $N_{рук}=1$, $N_{инж}=1$, общее число исполнителей – 2 человек. Баланс рабочего времени для каждого исполнителя представлен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	44	48
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИТ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

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

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где $Z_{осн}$ – 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:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы сводиться в таблицу 4.12.

Таблица 4.12 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	39300	0,3	0,3	1,3	81744	3387	25	84675
Инженер	26200	-	-	1,3	34060	1288	136	175168
Итого, руб.								259843

4.7.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают 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 ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Дополнительная заработная плата для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 84675 = 10161 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 175168 = 21020,16 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата для руководителя:

$$Z_{\text{зп}} = 84675 + 10161 = 94836 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата для инженера:

$$Z_{\text{зп}} = 175168 + 21020,16 = 196188,16 \text{ руб.}$$

4.7.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [33]:

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

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

На 2023 год социальный налог для университетов составляет 30 %.

В таблице 4.13 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 4.13 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	84675	10161

Продолжение таблицы 4.13

Инженер	175168	21020,16
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого, руб.	28450,8	58856,5

4.7.6 Накладные расходы

Накладные расходы, учитывающие прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. определяем по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16 %).

$$Z_{\text{накл}} = (724,5 + 828 + 41400 + 84675 + 175168 + 10161 + 21020,16 + 28450,8 + 58856,5) \cdot 0,16 = 67405,4 \text{ руб.}$$

4.7.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты НТИ	1552,5	2018,3	1242	Пункт 4.7.1

Продолжение таблицы 4.14

Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	41400	41400	41400	Пункт 4.7.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	259843	259843	259843	Пункт 4.7.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	31181,16	31181,16	31181,16	Пункт 4.7.4
Отчисления во внебюджетные фонды	87307,3	87307,3	87307,3	Пункт 4.7.5
Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	-
Контрагентские расходы	-	-	-	-
Накладные расходы	67405,4	87627,02	53924,32	Пункт 4.7.6
Бюджет затрат НИИ	488689,36	509376,78	474897,78	Пункт 4.7.1 - 4.7.6

4.8 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 финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{488689,36}{488689,36 + 509376,78 + 474897,78} = 0,33$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{509376,78}{488689,36 + 509376,78 + 474897,78} = 0,35$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{474897,78}{488689,36 + 509376,78 + 474897,78} = 0,32$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приводится в таблице 4.15.

Таблица 4.15 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Функциональная мощность	0,2	3	5	4
2. Удобство интерфейса программы	0,2	5	3	3
3. Энергоэкономичность	0,15	5	4	3

Продолжение таблицы 4.15

4. Простота эксплуатации	0,2	5	5	4
5. Надежность	0,25	3	4	4
Итого	1	4,1	4,2	3,65

$$I_{p-ис1} = 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,25 = 4,1;$$

$$I_{p-ис2} = 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 = 4,2;$$

$$I_{p-ис3} = 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 = 3,65$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$):

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исi}}{I_{финр}^{исп.i}}$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,1}{0,33} = 12,42$$

$$I_{исп.2} = \frac{4,2}{0,35} = 12$$

$$I_{исп.3} = \frac{3,65}{0,32} = 11,4$$

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{12}{12,42} = 0,97$$

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{11,4}{12,42} = 0,92$$

Таблица 4.16 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,33	0,35	0,32
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,1	4,2	3,65
3	Интегральный показатель эффективности	12,42	12	11,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,97	0,92

Выводы по разделу

Таким образом, в данном разделе был рассмотрен целевой рынок потребителей результатов исследования, составлена карта сегментирования рынка услуг, а также наличие заинтересованных потребителей для более эффективного продвижения данной разработки на рынке. Также были исследованы внешняя и внутренняя среда проекта, определены его слабые и сильные стороны, рассмотрены угрозы и возможности научной разработки. Все результаты исследования сведены в матрицу SWOT.

В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество рабочих дней, в течение которых работал инженер, составляет 136 дней; общее количество рабочих дней, в течение которых работал руководитель, составляет 25 дней. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 488689,36 руб.

Была определена эффективность данной научной разработки, а именно рассчитан интегральный показатель эффективности, опираясь на показатели ресурсоэффективности и финансовой эффективности. Также были выявлены критерии эффективности, по которым была произведена оценка сравнительных характеристик данной разработки существующих на рынке аналогов. По рассчитанной сравнительной эффективности можно сделать вывод о том, что текущая разработка является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2Д92		Кондрашева Екатерина Игоревна	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

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

Объект исследования: исследование влияния состава сырья на эффективность процесса каталитического риформинга.

Область применения: работа направлена на изучение процесса каталитического риформинга бензинов, а также исследование влияния состава сырья на эффективность процесса с применением метода математического моделирования.

Рабочая зона: аудитория 131, расположенная на первом этаже учебного корпуса номер 2 Томского политехнического университета.

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

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

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

«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.
СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. - утвержден и введен 01.10.1996 - НИИ медицины труда РАМН, Госкомсанэпиднадзор России.
СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений
СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:	Анализ потенциально опасных и вредных факторов проектируемой производственной сред. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: - производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; - повышенный уровень шума; - отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; - поражение электрическим током; - пожарная опасность.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	Воздействие на селитебную зону: разрушение домов и зданий вследствие пожара в аудитории. Воздействие на литосферу: отходы, образующиеся при выполнении работ: бумага, пластик, отработанные люминесцентные лампы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств. Воздействие на гидросферу: попадание пластика и пластмасс в водную оболочку земли вследствие неправильной утилизации отходов. Воздействие на атмосферу: выбросы в атмосферу при производстве оборудования или сжигании отходов (неисправного оборудования).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: - пожар вследствие неисправности рабочего оборудования; - природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган, лесные пожары и т.д.); - геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); - происшествие социального характера (террористический акт). Наиболее типичная ЧС: пожар вследствие неисправности рабочего оборудования (ПК, проводки).
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
30.01.2023	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д92	Кондрашева Екатерина Игоревна		

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Выпускная квалификационная работа направлена на изучение процесса каталитического риформинга бензинов, а также исследование влияния состава сырья на эффективность процесса с применением метода математического моделирования.

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.

Экспериментальная часть бакалаврской работы осуществлялась в аудитории 131, расположенной на первом этаже учебного корпуса номер 2 Томского политехнического университета, на персональном компьютере (далее ПК) при работе с различными программными обеспечениями. Рабочая зона представляет собой аудиторию, оборудованную системами отопления, кондиционирования воздуха и естественным и искусственным освещением.

Работа заключалась в исследовании состава сырья каталитического риформинга и разработки математической модели эффективности процесса. Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.

Основными средствами для выполнения выпускной квалификационной работы являлись персональный компьютер с необходимым программным обеспечением и локальная вычислительная сеть с выходом в Интернет.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основным документом, устанавливающим государственные гарантии трудовых прав и свобод граждан, является "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ [34].

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

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

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

Оплата труда производится в соответствии с ТК РФ. Месячная заработная плата работника, который полностью отработал норму рабочего времени и исполнил свои трудовые обязанности, не может быть ниже минимального размера оплаты труда (ст. 133 ТК РФ). С 1 января 2023 года федеральный МРОТ составляет 16 242 рублей [34]. Компенсации и дополнительные выплаты для работника не предусмотрены, так как условия труда не считаются вредными.

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 [35] 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 [36]:

- 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.

5.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов, вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. Необходимо выявить вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при разработке и эксплуатации математической модели каталитического риформинга. Выбор факторов производится с использованием ГОСТ 12.0.003- 2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [37]. Выявленные факторы перечислены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Потенциально опасные и вредные производственные факторы

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003 -2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<p>Обработка экспериментальных данных;</p> <p>Анализ данных с применением метода математического моделирования</p>	<p>- производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</p> <p>- повышенный уровень шума;</p> <p>- отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения</p>	<p>- поражение электрическим током;</p> <p>- пожарная опасность</p>	<p>№ 123-ФЗ от 22.07.2008 (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;</p> <p>СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.</p> <p>СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений</p> <p>СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности</p> <p>ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – введ. 01.01.2019 - М.: Стандартинформ, 2017.</p>

5.2.1 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Основными параметрами микроклимата является температура, относительная влажность и скорость воздуха. Микроклимат оказывает влияние на самочувствие человека, его трудоспособность и протекания физиологических процессов.

В 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 5.2.

Таблица 5.2 - Оптимальные характеристики микроклимата [38]

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 [38] в аудитории № 131, второго корпуса ТПУ все характеристики микроклимата соответствуют допустимым нормам. Независимо от наружных условий в холодное время года используется система центрального отопления, в теплое время года применяется система

местного кондиционирования воздуха. необходимости проводятся проветривания помещений.

5.2.2 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем шума

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

Таблица 5.3 - Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ [39]

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 [39] уровень шума в компьютерной аудитории № 131 не превышает 80 дБА, что соответствует нормам.

5.2.3 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с отсутствием или недостатком 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.

Согласно [40] в помещениях для эксплуатации ПК организовано естественное освещение через светопроемы, обеспечивающее коэффициенты естественной освещенности (КЕО) не ниже 1,2 %. Искусственное освещение представлено комбинированной системой. Поскольку монитор ПК также является источником света, то рекомендуется в целях снижения мерцания экрана устанавливать частоту кадров 60 Гц для ЖКИ-мониторов.

Освещённость на рабочем месте составляет 300 – 500 лк, для помещений, в которых эксплуатируются персональные компьютеры и видеодисплейные терминалы; для работников вычислительных центров – 750 лк. Естественная освещенность в дневное время суток составляет 1,5 %, поэтому установлены окна, которые обеспечивают необходимое освещение, и при этом устойчивые к вибрационному воздействию.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в рабочих помещениях проводится чистка стекол оконных рам и светильников два раза в год и своевременная замена перегоревших ламп. Необходимо ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей в поле зрения не превышает 200 кд/м². Яркость бликов на экране персональных компьютеров не превышает 40 кд/м², а яркость потолка, при применении системы отраженного освещения, не превышает 200 кд/м², что соответствует параметрам ГОСТ Р 55710 – 2013 Освещение рабочих мест внутри зданий.

В аудитории организовано естественное освещение через светопроемы, искусственное освещение представлено комбинированной системой. Освещение должно удовлетворять СНиП 23-05-95. В таблице 5.4 представлены нормируемые параметры искусственного и естественного освещения для работы в аудитории.

Таблица 5.4 - Параметры систем естественного и искусственного освещения на рабочем месте [41]

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

Согласно [41] освещение в аудитории № 131 соответствует допустимым нормам.

5.2.4 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с поражением электрическим током

Источником электромагнитного излучения является любой предмет, работающий на электрическом токе, в нашем случае это компьютер.

Электрические установки, к которым относятся ЭВМ, представляют для человека большую потенциальную опасность. В процессе эксплуатации или при проведении профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под током.

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.

Электробезопасность работающего персонала и посторонних лиц обеспечивается выполнением следующих мероприятий [42]:

- соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей;
- изоляция токопроводящих частей;
- устройства автоматического отключения питания;
- защитное заземление и зануление;
- применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
- использование предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
- применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
- использование средств защиты и приспособлений.

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

5.2.5 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с пожарной опасностью

Аудитория № 131 второго корпуса Томского политехнического университета по категории помещений по пожарной опасности относится к типу П-Па.

Таблица 5.5 – Категории помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-Па	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр

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

- огнетушитель углекислотный газовый ОУ-3 (1 шт.) и ОП-3 (1 шт.) для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е;

- асбестовое одеяло, которое используется при тушении обесточенных электропроводов, горячей одежды;

- ящик с песком для тушения обесточенных горящих на горизонтальной поверхности проводов.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Риск пожара в 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:

- возможности эвакуации людей независимо от их возраста и физического состояния на прилегающую к зданию территорию;

- доступа личного состава пожарных подразделений и подачи средств пожаротушения к очагу пожара;

- нераспространения пожара на рядом расположенные здания;

- доступности огнетушителя углекислотного типа ОУ-5 для тушения всех видов горючих веществ, в том числе электрооборудования ≤ 10 кВ.

5.3 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.

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

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

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

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

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

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

Уничтожение офисной техники и оборудования регулируется несколькими законодательными документами (Таблица 5.6) [43].

Таблица 5.6 - Законодательные документы, регулирующие уничтожение офисной техники

Название документа	Реквизиты	Суть запрета
Административный кодекс РФ	Ст. 8.2.	Запрещает организациям и частным лицам выбрасывать оргтехнику вместе с бытовым мусором
ФЗ «Об отходах производства и потребления»	От 24.06.1998 №89-ФЗ	Запрещает совершать вывоз на свалку организациям, не имеющим лицензии

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.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТу Р 22.0.02-94 ЧС – это обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Возможные чрезвычайные ситуации:

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

Наиболее типичной и опасной является ЧС техногенного характера. Наиболее вероятная ЧС, возможная при проведении анализа установки риформинга с использованием компьютерной моделирующей программы – пожар. Он может быть вызван как неисправностью оборудования или электропроводки, так и халатным отношением сотрудника. Превентивные

меры по предупреждению пожара для всех помещений должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83. Аудитория относится к производствам категории П-3 (по СП 12.13130.2009).

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 [44].

Во избежание возникновения пожара в аудитории следует соблюдать следующие правила [45]:

- проведение инструктажей по пожарной безопасности;
- своевременная регулярная проверка оборудования специалистом;
- отключение всех электроприборов в том случае, когда сотрудник не находится в офисе;
- использование качественного оборудования;
- использование только исправно работающего оборудования;
- необходимо обратить внимание на меры предосторожности и правила, которые необходимо соблюдать в случае возникновения пожара;
- в каждой аудитории должен находиться огнетушитель для быстрого устранения небольшого источника открытого огня;
- проходы (двери, окна) не должны быть забаррикадированы, т.е. на пути выходов из помещения не должны стоять предметы мебели и доступ к ним должен быть свободный;
- в каждой аудитории должен быть представлен план эвакуации из здания.

Мероприятия, проводимые во время чрезвычайных ситуаций (аварий, стихийных бедствий, военных конфликтов), представляют собой проведение спасательных работ и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге

поражения [46]. Данные мероприятия должны проводиться на основании положения комплекса государственных стандартов по предупреждению и ликвидации чрезвычайной ситуации и определены в системе стандартов безопасности труда [47].

Выводы по разделу

В данном разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, нормы трудового законодательства, а также требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя, при исследовании влияния состава сырья на эффективность процесса с применением метода математического моделирования.

Произведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникать при проведении исследований в аудитории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Приведено обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего), рассмотрены требования безопасности, предъявляемые ко всем видам работ, установкам и устройствам, формирующим опасные факторы.

Произведен анализ возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые могут возникнуть при разработке, производстве или эксплуатации модели процесса каталитического риформинга.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Результаты исследований, проведенных в рамках выпускной квалификационной работы бакалавра, представлены на следующих научно-практических конференциях и симпозиумах:

- XXVII Международный молодежный научный симпозиум имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, 2023 г.);

- XXIV Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени выдающихся химиков Л.П. Кулева и Н.М. Кижнера, посвященной 85-летию со дня рождения профессора А.В. Кравцова (г. Томск, 2023 г.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Заботин, Л.И. Химия и технология вторичных процессов переработки нефти / Л.И. Заботин. - Самара: СамГТУ, 2014. – 332 с.
- 2 Каталитический риформинг углеводородов: монография / Р.И. Кузьмина, В.П. Севостьянов, Г.М. Сидоров [и др.]; Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского. – Саратов: Издательство СЮИ МВД России, 2010. – 252 с.
- 3 Установка каталитического риформинга / А.Д. Шахматова, Р.Р. Шайхутдинова, А.Д. Хаматшин [и др.]. // Журнал Мировая наука. - 2020. - Т.41, № 8. - С. 182-186.
- 4 Кондрашева, Н.К. Технологические расчеты и теория каталитического риформинга бензина: учеб. пособие / Н.К. Кондрашева, Д.О. Кондрашев, К.Г. Абдульминев. – Уфа: ООО «Монография», 2008. – 160 с.
- 5 Суханов, В.П. Каталитические процессы в нефтепереработке / В.П. Суханов. – Москва: Химия, 1979. – 342 с.
- 6 Танабе, К. Катализаторы и каталитические процессы / К.Танабе. – Москва: Химия, 2014. – 172 с.
- 7 Эксплуатационные требования к катализаторам. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studme.org/249867/matematika_himiya_fizik/ekspluatatsionnye_trebovaniya_katalizatoram.
- 8 Ивашкина, Е.Н. Химия нефти и газа: учебное пособие / Е.Н. Ивашкина, Е.М. Юрьев, Е.В. Бешагина. – Москва: КНОРУС, 2022. – 260 с.
- 9 Гуляев, В.А. Промышленные установки каталитического риформинга / В.А. Гуляев, Г.А. Ластовкин, Е.М. Ратнер. – Л.: Химия, 1984. – 231 с.
- 10 Ахметов, С.А. Технология переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов / С.А. Ахметов. – Уфа: Гилем, 2012. – 672 с.
- 11 Бесков, В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии: Учебник для вузов / В.С. Бесков, В.С. Сафторонов. – Москва: Химия, 1999. – 472 с.

- 12 Жаворонкова, Н.В. Исследование процесса гидроочистки смесей прямогонных нефтяных фракций и бензина замедленного коксования на промышленных катализаторах / Н.В. Жаворонкова, В.В. Коновалов, П.П. Минаев [и др.]; Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2013. – №3. – с. 211 – 218.
- 13 Белинская, Н.С. Исследование закономерностей превращения углеводородов в реакторах риформинга и гидродепарафинизации с целью увеличения ресурса перерабатываемого сырья методом математического моделирования / Н.С. Белинская, Г.Ю. Силко, Э.Д. Иванчина [и др.]; Фундаментальные исследования. – 2013. – №8. – с. 534 – 538.
- 14 Тянь Гэн, Разработка технологии увеличения производства высокооктанового бензина путем вовлечения в прямогонное сырье низкооктановых фракций бензина каталитического крекинга: специальность 2.6.12 «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тянь Гэн; Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина. – Москва, 2022. – 123 с.
- 15 Кроу, К. Математическое моделирование химических производств / К.Кроу. - Москва: Мир, 1973 - 391 с.
- 16 Войтенко, И. В. Адаптивная оптимизация процесса каталитического риформинга на основе технико-экологических критериев: специальность 05.13.07 «Автоматизация технологических процессов и производств (промышленность)»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / И.В. Войтенко; Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина. – Москва, 1999. – 181 с.
- 17 Рабинович, Г. Б. Оптимизация процесса каталитического риформинга с целью снижения энергопотребления / Г.Б. Рабинович. – Москва: ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ, 1985. – 63 с.

- 18 Кузичкин, А. А. Разработка математической модели процесса каталитического риформинга / А.А. Кузичкин // Вестник НГИЭИ. – 2017. – №9(76). – С. 23-28.
- 19 Попов, И. В. Вариант совершенствования каталитического риформинга бензиновых фракций / И.В. Попов, Ю.Л. Зотов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 1. – С. 182–182.
- 20 Дюсембаева, А.А. Агрегирование компонентов реакционной смеси при моделировании каталитического риформинга / А.А. Дюсембаева, В.И. Вершинин // Вестник Омского университета. – 2015. – №4 (78). – С. 54-58.
- 21 Островский, Н. М. Кинетика риформинга бензиновых фракций и математическая модель процесса / Н.М. Островский, В. П. Соколов, Н.В. Аксенова [и др.] // Химреактор-10: тез. докл. Всесоюз. конф. – 1989. – Ч. 1. – С. 49–54.
- 22 Маслянский, Г. Н. Каталитический риформинг бензинов / Г.Н. Маслянский, Р.Н. Шапиро. – Л.: Химия, 1985. – 221 с.
- 23 Кравцов, А. В. Компьютерное прогнозирование и оптимизация производства бензинов. Физико-химические и технологические основы. / А.В. Кравцов, Э.Д. Иванчина. – Томск: STT 2000. – 192 с.
- 24 Иванчина, Э. Д. Физико-химические основы моделирования гетерогенно-каталитических процессов с учётом дезактивации и старения катализаторов / Э.Д. Иванчина, А.В. Кравцов, О.М. Варшавский [и др.] // Химическая промышленность. – 1995. – № 1. – С. 34–37.
- 25 Кравцов, А. В., Тестирование промышленных катализаторов риформинга бензинов / А.В. Кравцов, Э.Д. Иванчина, С.В. Галушин // Изв. высш. учеб. заведений. Химия и химическая технология. – 2000. – Т. 43, № 3. – С. 65–72.
- 26 Петров, П.А. Разработка универсальной модели каталитического риформинга бензинов / П.А. Петров // Записки Горного института. – 2007. – №173. – С. 141-143.
- 27 Сафиуллина, Л.Ф. Исследование математической модели каталитического риформинга бензина методами анализа чувствительности / Л.Ф. Сафиуллина,

К.Ф. Коледина, И.М. Губайдуллин [и др.] // Вычислительные методы и программирование. – 2020. – №4. – С. 440-451.

28 Иванчина, Э.Д. Повышение технико-экономической эффективности каталитического риформинга с использованием компьютерной моделирующей системы / Э.Д. Иванчина, В.В. Дериглазов, И.К. Занин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2011. – Т. 319, № 3. – С. 105–109.

29 Крачилов, Д.К. Анализ показателей работы российских и зарубежных катализаторов риформинга отечественных нефтеперерабатывающих заводах / Д.К. Крачилов, О.Б. Тишкина, А.И. Ёлшин [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2012. – № 3. – С. 3–11.

30 Кузьмина, Е.А. Методы поиска новых идей и решений / Е.А. Кузьмина, А.М. Кузьмин. // Методы менеджмента качества. – 2003. – № 1. – С. 22-27.

31 Кузьмина, Е.А. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю / Е.А. Кузьмина, А.М. Кузьмин. - Методы менеджмента качества. – 2002. – № 7. – С. 14 -20.

32 Карпунина, М.Г. Основы функционально – стоимостного анализа: Учебное пособие / М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. – Москва: Энергия, 1980. – 175 с.

33 Скворцов, Ю.В. Организационно – экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие / Ю.В. Скворцов. – Москва: Высшая школа, 2006. – 399 с.

34 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022).

35 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

36 ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

- 37 ГОСТ 12.0.003- 2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
- 38 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. - утвержден и введен 01.10.1996 - НИИ медицины труда РАМН, Госкомсанэпиднадзор России.
- 39 ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
- 40 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
- 41 СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
- 42 ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – введ. 01.01.2019 - М.: Стандартиформ, 2017.
- 43 Утилизация оргтехники. [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://bezotxodov.ru/utilizatsiya/utilizacija-orgtehnika>
- 44 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: - 05.03.2023 г.
- 45 СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений
- 46 ГОСТ Р 22.0.01-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. – введ. 01.06.2017. – М.: Стандартиформ, 2016.
- 47 ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения. – введ. 01.03.2017 – М.: Стандартиформ, 2016.