



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

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы

МОНИТОРИНГ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

УДК 665.644.4:519.876

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Давиденко Тарас Александрович		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООТД	Сечин А.А.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Е.А.	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 настраивать, 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)

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (ООП) 18.03.01 «Химическая технология»

Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Кузьменко Е.А.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-2Д8Б	Давиденко Тарас Александрович

Тема работы:

Мониторинг работы промышленной установки каталитического риформинга методом математического моделирования

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№ 31-66/с от 31.01.2023 г.

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

05.06.2023 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объект исследования – промышленная установка каталитического риформинга бензинов со стационарным слоем катализатора, производительность 1000 тыс. тонн/год.

Технологические режимы работы установки, составы сырья и риформата.

Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке

(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).

1. Теоретические основы процесса каталитического риформинга бензинов. Обзор катализаторов процесса. Обзор вариантов технологического и реакторного оформления процесса. Современные методы и пути повышения эффективности процесса каталитического риформинга бензинов.

2. Объект и метод исследования.

3. Экспериментальная часть. Мониторинг

	активности промышленного катализатора процесса риформинга. Исследование состава перерабатываемого сырья и технологических параметров на качественные и количественные показатели производимого риформата. Прогнозные исследования режимов работы реактора.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна, к.э.н., доцент ОСГН
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович, к.т.н., доцент ООТД
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
—	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.03.2023 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чернякова Е.С.	к.т.н.		30.03.23 г.

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Давиденко Т.А.		30.03.23 г.



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 (ООП) 18.03.01 Химическая технология
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
3-2Д8Б	Давиденко Тарас Александрович

Тема работы:

Мониторинг работы промышленной установки каталитического риформинга методом математического моделирования

Срок сдачи обучающимся выполненной работы: 05.06.2023 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2023	Введение	10
10.04.2023	1. Теоретические основы процесса каталитического риформинга бензинов.	20
20.04.2023	2. Объект и метод исследования.	20
30.04.2023	3. Экспериментальная часть.	20
20.05.2023	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
20.05.2023	5. Социальная ответственность	10
31.05.2023	Выводы	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чернякова Е.С.	К.Т.Н.		30.03.23 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Давиденко Тарас Александрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 84 _____ с., _____ 12 _____ рис., _____ 25 _____ табл., _____ 20 _____ источников, _____ 2 _____ приложения.

Ключевые слова: каталитический риформинг, катализатор, активность, мониторинг, сырье, технологические параметры, риформат.

Объектом исследования является промышленная установка каталитического риформинга бензинов со стационарным слоем катализатора, производительность 1000 тыс. тонн/год.

Цель работы – это исследование и оптимизация промышленного процесса каталитического риформинга бензинов с применением компьютерной моделирующей системы.

Для достижения цели в работе были решены следующие задачи: рассмотреть теоретические основы процесса каталитического риформинга; охарактеризовать объект и методы исследования; провести мониторинг активности промышленного катализатора процесса риформинга; провести исследование состава перерабатываемого сырья и технологических параметров на качественные и количественные показатели производимого риформата; провести прогнозные исследования режимов работы реактора и сформулировать рекомендации по оптимальному ведению технологического процесса.

В ходе исследования была оценена работа катализатора на установке каталитического риформинга при помощи компьютерной моделирования. В рамках исследования рассчитывалось влияние режимов эксплуатации катализатора на производительность и состав технологических потоков бензина. Результаты исследования показали, что эффективность работы установки напрямую связана с режимами функционирования катализатора.

Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.

Содержание

Введение	10
1 Теоретические основы процесса каталитического риформинга	12
1.1 Сырье и продукты процесса каталитического риформинга. Особенности технологического ведения процесса	13
1.2 Катализаторы процесса риформинга.....	15
1.2.1 Каталитические яды процесса риформинга	19
2 Объект и методы исследования	22
3 Экспериментальная часть	27
3.1 Мониторинг активности промышленного катализатора процесса риформинга.....	27
3.2 Исследование состава перерабатываемого сырья и технологических параметров на качественные и количественные показатели производимого риформата.....	32
3.3 Прогнозные исследования режимов работы реактора	35
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	39
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	39
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	39
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	40
4.1.3 SWOT-анализ.....	42
4.2 Планирование научно – исследовательских работ	44
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	44
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	46
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	50
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	50

4.3.2 Затраты на оборудование	51
4.3.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы.....	51
4.3.4 Накладные расходы	53
4.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	54
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	55
5 Социальная ответственность	61
Введение	61
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	61
5.2 Производственная безопасность при эксплуатации.....	63
5.3 Экологическая безопасность при эксплуатации.....	71
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	73
Заключение	76
Список использованной литературы.....	79
Приложение А Результаты мониторинга промышленной установки в текущем режиме работы	81
Приложение Б. Результаты расчета установки каталитического риформинга в оптимальном режиме при ОЧ 92, 95, 98.	82

Введение

Каталитический риформинг – это один из основных технологических процессов нефтехимической промышленности, который используется для получения высокооктановых бензинов из низкооктановой нефтяной фракции. Процесс осуществляется путем превращения нормальных парафинов и циклических углеводородов в более высокооктановые виды бензина и других легких углеводородов.

Каталитический риформинг применяется на специализированных установках, называемых риформерами, которые состоят из ряда реакторов, заполненных катализатором, и других аппаратов. Процесс сжатия и нагревания сырья, катализаторов и реакционных продуктов происходит в специальных поддерживающих устройствах, таких как нагревательные печи и вакуумные насосы.

Важная часть каталитического риформинга – это катализатор, который высокоактивен и селективен, и обычно состоит из платины-рениевого или платинового катализатора на алюминиевом оксиде, который дополнительно включает в себя металлические примеси для улучшения качества реакций.

Процесс риформинга обладает высокой эффективностью по производительности, но он также затратный по стоимости. Однако, благодаря высококачественному бензину, получаемому в процессе риформинга, большинство нефтеперерабатывающих предприятий продолжают использовать данную технологию в своей работе.

Объектом исследования является промышленная установка каталитического риформинга бензинов со стационарным слоем катализатора, производительность 1000 тыс. тонн/год.

Цель работы – это исследование и оптимизация промышленного процесса каталитического риформинга бензинов с применением компьютерной моделирующей системы.

Для достижения поставленной цели в настоящей работе решаются следующие основные задачи:

- рассмотреть теоретические основы процесса каталитического риформинга;
- охарактеризовать объект и методы исследования;
- провести мониторинг активности промышленного катализатора процесса риформинга;
- провести исследование состава перерабатываемого сырья и технологических параметров на качественные и количественные показатели производимого риформата;
- провести прогнозные исследования режимов работы реактора и сформулировать рекомендации по оптимальному ведению технологического процесса.

1 Теоретические основы процесса каталитического риформинга

Один из основных процессов на современном нефтеперерабатывающем заводе – каталитический риформинг. Он гарантирует получение топливного компонента с высоким октановым числом, а также представляет собой исходный материал для органических синтезов и технического водорода [1].

Каталитический риформинг является обязательной стадией в нефтеперерабатывающей промышленности. Его главной целью является превращение низкооктановых прямогонных бензиновых фракций в высокооктановые компоненты для автомобильного топлива, путем их ароматизации. В процессе риформинга получается до 85 % дополнительного автомобильного бензина с октановым числом 80-90 (оценка по моторному методу). Еще одним фактором, стимулирующим развитие каталитического риформинга, является потребность химической промышленности в ароматических углеводородах, таких как толуол, бензол, этилбензол и ксилолы.

Каталитический риформинг отличается тем, что он проводится при высоких температурах, низком давлении и в присутствии специальных высокоактивных катализаторов в среде водородсодержащего газа. Процесс приводит к избыточному количеству водорода, которое выводится из системы в виде водородсодержащего газа (содержит до 85 % об.). Этот тип водорода дешевле в 10-15 раз по сравнению с водородом, полученным на специализированных установках. Постоянное производство водорода является дополнительным преимуществом процесса, поскольку позволяет сочетать его с гидроочисткой или другими процессами, требующими использования водорода [2].

1.1 Сырье и продукты процесса каталитического риформинга. Особенности технологического ведения процесса

Каталитический риформинг использует бензиновые фракции с температурой кипения от 62 до 180 °С, которые чаще всего используются для получения высокооктановых компонентов бензина или ароматических углеводородов. Для продукции высокооктановых бензинов наиболее подходящими являются фракции с температурой кипения 85-180 °С, содержащие углеводороды C7-C10, а для получения ароматических соединений используются более узкие фракции с температурой кипения 62-140° С. При производстве ароматических углеводородов из широкой фракции 62-180 °С, бензол и толуол выделяются из риформата, а остаток смешивается с головной фракцией (температура кипения 62 °С) и высокооктановыми добавками. Однако при использовании такой методики обработки сырья невозможно получить ксилолы из всего объема.

Кроме фракций прямой перегонки нефти, можно использовать также бензиновые фракции, полученные в результате термического крекинга и коксования. Однако, наличие олефиновых и диолефиновых углеводородов в этих фракциях быстро отравляет катализатор, особенно платиновый, поэтому перед использованием их следует подвергать гидроочистке. Гидроочистка позволяет насытить непредельные углеводороды водородом, превращая их в предельные парафиновые углеводороды, а также удаляет другие вредные примеси, такие как серо- и азотсодержащие соединения. Для предотвращения отравления платинового катализатора и улучшения результатов работы каталитического риформинга сырье, полученное из сернистых и высокосернистых нефтей, также подвергается гидроочистке. Как результат, содержание серы в сырье, поступающем на каталитический риформинг, снижается до $2 \times 10^{-4} \%$.

Благодаря переходу на использование биметаллических катализаторов в каталитическом риформинге стало возможным использовать сырье с

более высокой температурой конца кипения. Однако, эти катализаторы более чувствительны к различным ядам, в том числе к сере. Для большинства биметаллических катализаторов максимально допустимое содержание серы в сырье не должно превышать $3 \times 10^{-4} \%$.

Состав сырья, как фракционный, так и химический, существенно влияет на производительность установок каталитического риформинга. Чем легче сырье, особенно его парафиновая часть, тем хуже селективность процесса. Химический состав сырья также влияет на выход бензина и водорода в процессе риформинга. Чем тяжелее перерабатываемая фракция, тем больше получается бензина и водорода. Если снизить температуру начала кипения сырья со 105 до 85 °С, выход бензина сократится на 3% , а до 60 °С – почти на 4% . Эксперименты показали, что при переработке фракции с температурой 105 - 180 °С выход риформата с октановым числом 95 (по исследовательскому методу) примерно на 7% выше, чем при переработке фракции 60 - 180 °С.

Следовательно, для получения риформата высокого октанового числа и максимального выхода водорода, на каталитический риформинг лучше перерабатывать более тяжелые фракции. Риформинг на более тяжелых фракциях также выгоден, если использовать низкокипящие фракции в качестве сырья для производства индивидуальных ароматических углеводородов [3].

Состав углеводородов сырья существенно влияет на результаты риформинга. При переработке сырья с высоким содержанием нафтеновых углеводородов, ароматические углеводороды формируются в основном за счет их дегидрирования. Это приводит к тому, что в полученном бензине будет больше ароматических углеводородов и выше его октановое число. При увеличении содержания парафиновых углеводородов в сырье, реакции гидрокрекинга становятся более значимыми. Некоторая часть ароматических углеводородов также образуется из парафиновых углеводородов в результате дегидрирования и дегидроциклизации.

Легкие фракции сырья содержат незначительное количество нафтенов и ароматических соединений, но много парафинов С6. Конверсия парафинов С6 в ароматические соединения более сложная по сравнению с конверсией парафинов С7 или С8. При использовании сырья с низкой начальной точкой кипения, производительность риформинга снижается, что приводит к уменьшению выхода ароматических соединений и водорода. Чтобы поддерживать определенное октановое число при использовании легкого сырья, параметры процесса должны быть более жесткими.

Тяжелые фракции сырья содержат много нафтеновых и ароматических углеводородов, поэтому для достижения эффективных результатов риформинга не требуется жесткий режим процесса. Однако эти фракции также содержат больше полициклических соединений, которые способствуют формированию отложений кокса на катализаторе [4].

1.2 Катализаторы процесса риформинга

Для проведения процесса риформинга используются бифункциональные катализаторы, которые обладают двумя функциями: гидрирующей-дегидрирующей и кислотной. Реакции гидрирования и дегидрирования происходят на металлических центрах платины, которые были активированы добавками таких металлов, как рений, олово, иридий, германий и другие. Уменьшение содержания платины в катализаторе ведет к уменьшению его устойчивости к ядам. В то же время, повышенное содержание платины приводит к усилению реакций деметилирования и раскрытия кольца нафтеновых углеводородов.

Носитель катализатора, а именно оксид алюминия, обеспечивает кислотную функцию. Для усиления и регулирования кислотной функции носителя в состав катализатора добавляют галогены, такие как фтор или хлор. В настоящее время в производстве используются катализаторы, содержащие хлор в диапазоне от 0,4 до 2,0 % массы.

В процессе риформинга, платина, присутствующая на катализаторе, является замедлителем процесса образования кокса на поверхности катализатора. В монометаллических катализаторах, содержание платины составляет в диапазоне от 0,3 до 0,8 % массы. В настоящее время для риформинга используют биметаллические и полиметаллические катализаторы, которые обладают улучшенной активностью, селективностью и стабильностью [5].

В качестве промотирующих компонентов при гидродегидрировании и гидрогенолизе используют металлы VIII группы периодической системы, такие как рений и иридий, а также металлы IV группы – германий, олово и свинец, и металлы, такие как галлий, индий и кадмий. Биметаллические катализаторы, такие как платино-рениевые и платино-иридиевые, содержат 0,3-0,4 % массы платины. Платино-иридиевый катализатор превосходит платино-рениевый катализатор по стабильности и активности. Использование биметаллических катализаторов позволяет снизить давление процесса и увеличить выход бензина с октановым числом до 95 примерно на 6 %.

Полиметаллические кластерные катализаторы сочетают в себе стабильность биметаллических катализаторов и обладают более высокой активностью, лучшей селективностью, что в результате обеспечивает более высокий выход риформата.

Полиметаллические кластерные катализаторы (PMS) содержат более двух металлов и обычно имеют неоднородное составное распределение в пространстве, то есть различные типы металлов расположены рядом друг с другом. Биметаллические катализаторы (BMS) содержат только два металла и имеют более однородное распределение в пространстве.

Главным преимуществом PMS является их высокая эффективность и стабильность в каталитических реакциях в сравнении с BMS. Это происходит из-за того, что различные металлы в PMS могут работать в синергии, улучшая активность, селективность и стабильность катализатора.

Кроме того, РМС могут иметь более широкий диапазон действия, способность к более сложным реакциям и легче поддаются изменениям структуры [3].

Однако производство РМС часто сложнее и дороже, чем ВМС, из-за сложности синтеза и характеристики. В конечном итоге выбор между РМС и ВМС зависит от конкретного приложения и экономических факторов.

Полиметаллические катализаторы широко используются в процессе каталитического риформинга бензиновых фракций для производства высокооктановых бензинов и других продуктов. Они обычно состоят из комбинации платины, рения, рутения, бария, цезия, кобальта, никеля и меди. Кроме того, могут быть добавлены промежуточные металлы, такие как цинк, железо и молибден для увеличения стабильности и селективности катализатора. Например, катализатор может содержать примерно 0,3 % платины, 0,3 % рения, 0,3 % рутения, 1,5 % бария, 1,5 % цезия, 5 % кобальта, 10 % никеля и 1 % меди на поддержке из глинозема [3].

Для правильной работы полиметаллических катализаторов необходимо соблюдение определенных условий:

- содержание серы в сырье не должно превышать 0,0001 % массы;
- содержание влаги в циркулирующей воде-паре не должно превышать 0,002-0,003 % мольных;
- при запуске установки на свежем или отрегенерированном катализаторе необходимо использовать чистый азот.

Существует множество производителей катализаторов для каталитического риформинга бензиновых фракций в России. Некоторые из них [2]:

- ООО "НПО "Экокат": производит катализаторы серии ЭКОКАТ-РП для каталитического риформинга бензина.
- ООО "СтартКат": производит катализаторы серии ПКР для каталитического риформинга бензина.

- ОАО "Каталлет": производит катализаторы серии КТ-08 для каталитического риформинга бензина.

- ОАО "РМК": производит катализаторы серии РМК-102-01 для каталитического риформинга бензина.

- ООО "Каталитик Груп Рус": производит катализаторы серии КЛ для каталитического риформинга бензина.

Это лишь некоторые из производителей катализаторов риформинга России, и существует множество других компаний, которые также производят катализаторы для этого процесса. Один из факторов, влияющих на стабильность катализатора риформинга – это сила акцепторных кислотных центров, которые влияют на спекание платины и прочность удержания хлора на катализаторе.

С использованием носителя для катализаторов REF (относится к типу гетерогенных полиметаллических катализаторов, обычно состоит из платины, рения и кобальта) и соответствующей технологии его создания удастся сократить спекание платины на поверхности носителя во время работы и регенерации катализатора, улучшить удержание хлора и повысить стабильность и активность катализатора. Катализатор REF-23 не уступает другим катализаторам, таким как R-56 от компании и RG-482 от компании "UOP" [6].

Для достижения наивысшей активности катализатора металл должен быть нанесен на основу с минимальным размером частиц. Чтобы поддерживать высокую дисперсность и сферический размер частиц на протяжении эксплуатации катализатора, требуется регулярная регенерация.

Для превращения оксидной формы металла катализатора в металлическую используют циркуляцию газа, содержащего водород. Сульфидирование необходимо для снижения излишней активности металлических активных центров свежего или регенерированного катализатора при реакциях гидрогенолиза. Преобразование металлических

активных центров в сульфиды помогает уменьшить превышающую активность и поддерживать баланс реакций.

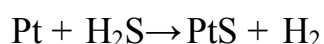
Правильный уровень кислотности имеет положительное влияние на выход продуктов катализата и на выход водорода. Уровень кислотности зависит от количества хлора, который содержится на катализаторе и добавляется на этапе оксихлорирования. Хлор должен находиться в диапазоне 0,9-1,1 % веса катализатора. Катализаторы на основе окиси алюминия также требуют определенного уровня влажности для активации их кислотной функции.

1.2.1 Каталитические яды процесса риформинга

Яды, которые негативно влияют на работу катализаторов, делятся на две категории: временные и постоянные. Временные яды могут быть удалены из катализатора без вмешательства в технологический процесс. Такие яды, как сера, азот, вода, органические окислы и галогены, являются наиболее распространенными временными ядами для установки риформинга. Постоянные яды приводят к потере активности катализаторов, которые не могут быть восстановлены даже при регенерации и должны быть заменены. Основными примерами постоянных ядов являются мышьяк, свинец, медь, железо, никель и хром.

Временные яды катализатора.

Сера – это наиболее распространенное загрязнение, присутствующее в сырье. Максимально допустимая концентрация серы составляет 0,5 ppm веса. Отравление вызывается сероводородом, который содержится в сырье. Сероводород реагирует с платиной в соответствии с данной реакцией:



и понижает активность катализатора, уменьшая количество активного металла.

Подобная реакция происходит между сероводородом и другими металлами катализатора, также известными как активаторы, и еще более снижает активность катализатора. Это характеризуется снижением количества катализата и водорода, увеличением количества сжиженного углеводородного газа и снижением перепада температуры в реакторе.

Для того, чтобы компенсировать содержание сероводорода в рециркуляционном газе в объеме 5 ppm, температура на входе в реактор должна быть уменьшена до 480 °С, и пропускная способность сырья должна быть уменьшена, чтобы поддерживать уровень качества катализатора.

Допустимая максимальная концентрация азота в сырье для процесса риформинга составляет 0,5 ppm, выраженную в N₂. Отравление катализатора происходит за счет образования аммиака при разложении соединений. Азотные соединения снижают кислотные свойства катализатора, что приводит к следующим последствиям:

- снижение октанового числа;
- увеличение выхода водорода;
- увеличение перепада температуры в реакторах [4].

Вода и органические оксиды. В процессе риформинга, органические оксиды образуют воду. Вода необходима для стимулирования кислотной функции катализатора. Однако, избыток воды приводит к снижению активности катализатора. Оптимальное содержание воды в рециркуляционном газе должно быть в интервале 15-25 ppm.

Галогены (хлор, фтор). Хлор и фтор присутствуют в сырой нефти из-за методов ее добычи. Максимально допустимые количества этих веществ в сырье для риформинга - 0,5 ppm для фтора и 1,0 ppm для хлора. Повышенное содержание хлора в сырье изменяет кислотную свойство катализатора и активирует гидрокрекинг. Фтор также обладает таким действием. Хлорное и фторное загрязнение способствуют реакции гидрокрекинга, что приводит к уменьшению выхода катализата и

увеличению выходов сжиженного углеводородного газа и метана. Октановое число незначительно увеличивается. Хлор и фтор удаляются на этапе предварительной гидроочистки.

Неразрушимые яды. Незрушимые яды являются загрязнителями, которые окончательно разрушают работу катализатора. К таким загрязнителям относятся мышьяк, медь, ртуть, железо, кремний, никель и хром. На катализаторе предварительной гидроочистки эти металлы могут быть удалены. В целом, наличие неразрушимых ядов в исходном сырье и их количество зависит от различных факторов, таких как источник сырья, метод добычи и переработки, условия хранения и транспортировки.

2 Объект и методы исследования

Объект исследования – промышленная установка каталитического риформинга бензинов со стационарным слоем катализатора, производительность 1000 тыс. тонн/год.

Промышленная установка в своем составе имеет четыре основных блока:

- блок гидроочистки бензина до содержания серы не более 1 мг на 1 кг сырья;
- реакторный блок, предназначенный для нагрева и конверсии сырья; нагрев осуществляется перед каждым из трех реакторов из-за эндотермичности реакций; реакторы загружаются катализатором в соотношении 1:2:4; чтобы поддержать примерно равную конверсию по реакторам;
- блок сепарации парогазовой фазы от жидкой. Состоит из регенеративного теплообменника, холодильника и сепаратора высокого давления, где отделяется ВСГ, а жидкая фаза дросселируется и поступает в сепаратор низкого давления для отделения углеводородного газа;
- блок стабилизации бензина, где в колонне стабилизации получают стабильный бензин и побочные продукты гидрокрекинга – сжиженный газ и углеводородный газ.

Технологическая схема установки представлена на рисунке 2.1

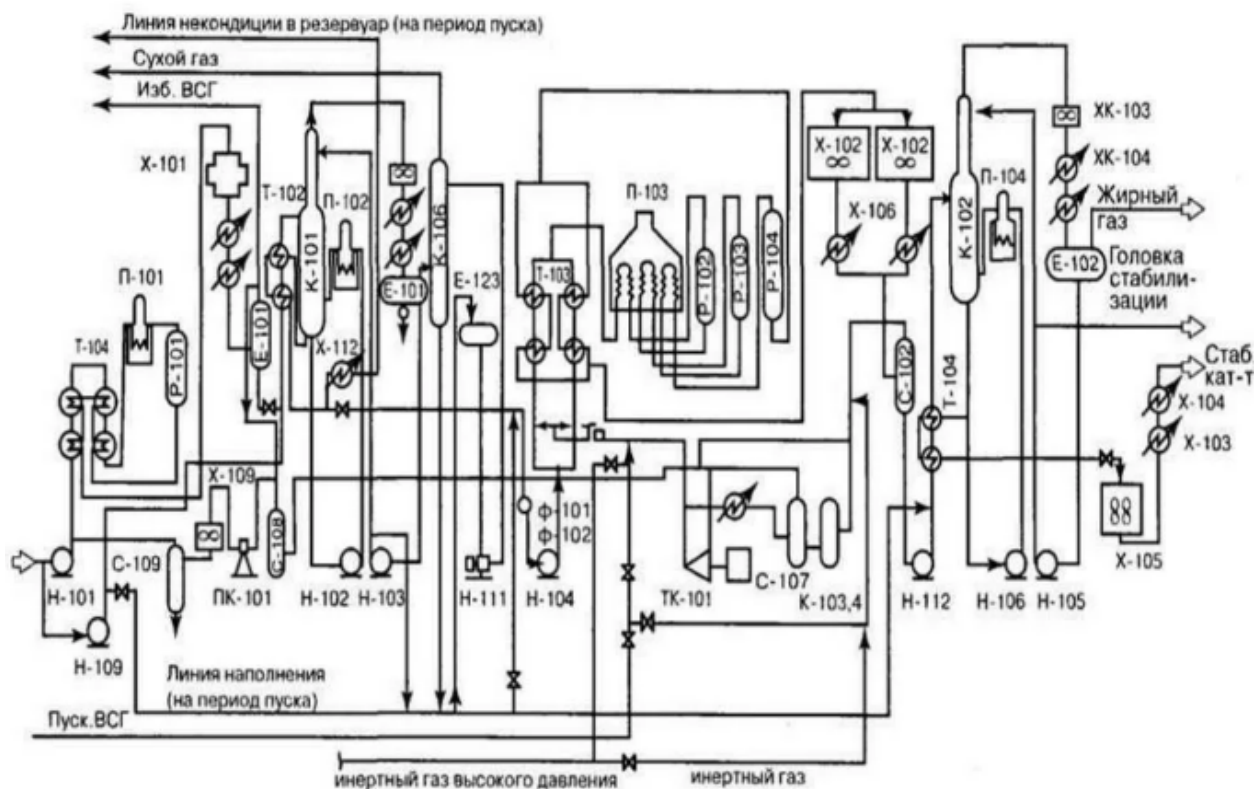


Рисунок 2.1 – Технологическая схема установки ЛЧ-35-11/1000 [7]

Сырье по обычной схеме проходит гидроочистку, стабилизируется в колонне К-106 и поступает на блок риформинга, где оно смешивается с циркулирующим ВСГ, подогревается в теплообменнике, затем в секции печи П-103 и поступает в реактор первой ступени Р-102.

На установке имеется 3 адиабатических реактора и соответствующее число секций многокамерной печи П-103 для межступенчатого подогрева реакционной смеси. На выходе из последнего реактора смесь охлаждается в теплообменнике Т-103 и холодильнике Х-102 до 20-40 °С, после чего производится сепарация ВСГ.

Нестабильный катализат, выводимый из сепаратора, после подогрева в теплообменнике подается на стабилизацию в колонну К-102.

Часть стабильного катализата после охлаждения в теплообменнике подается во фракционирующий абсорбер, а балансовый его избыток выводится с установки.

Условия процесса выбраны таким образом, чтобы обеспечить межрегенерационный цикл 1-2 года и более. Редкие регенерации катализатора на установках такого типа совмещают, как правило, с ремонтом оборудования. Регенерацию катализатора при этом производят во всех реакторах одновременно.

Температура в реакторах составляет 470-520 °С. В начале реакционного цикла она устанавливается на уровне, обеспечивающем заданное количество риформата, октановое число или концентрацию ароматических углеводородов.

По мере закоксовывания и потери активности катализатора температуру на входе в реакторы постепенно повышают, поддерживая стабильное количество катализата, причем среднее значение скорости подъема температуры за межрегенерационный цикл составляет от 0,5 до 2 °С в месяц.

Давление в реакторах необходимо поддерживать на уровне 15-20 атм. Здесь следует отметить, что чем ниже давление в реакторе, тем селективнее протекает процесс риформинга, однако повышенное давление используется для подавления реакций полимеризации и конденсации.

Объемная скорость подачи сырья составляет от 1,3 до 2 ч⁻¹ для разных установок, т. е. 1 м³ сырья на 1 м³ катализатора в час, считая на всю загрузку катализатора.

Кратность циркуляции ВСГ поддерживается на уровне 6-10 моль/моль. Такая большая кратность нужна для того, чтобы поддерживать в системе высокое парциальное давление водорода и тем самым подавлять побочные реакции уплотнения.

В реакторный блок загружен катализатора марки RG-682. Катализаторы серии RG (Reforming Grade) – это семейство катализаторов, специально разработанных для каталитического риформинга высокобензиновых компонентов. Катализатор RG-682 содержит платину (Pt)

и рений (Re) в качестве активных ингредиентов. В качестве носителя используется оксид алюминия, насыпная плотность 670 кг/м³.

Основным методом исследования является метод математического моделирования. Все расчеты и исследования выполнены с применением компьютерной моделирующей системы «Activ» (рисунок 2.2).

Технологические параметры процесса риформинга

Дата отбора: 04.08.2008

Дата регенерации катализатора: 13.12.2005

Объем переработанного сырья, т.: 177727

Расход ВСГ, м.куб/час: 194000,0

Влажность ВСГ, ррп: 23,0

Серы в гидрогенезате, ррп: 0,07

Расход сырья, м.куб/час: 155,0

Гидрогенезат →

Печь

Катализат →

	Н1	С1	С2	С3	н-С4	изо-С4	н-С5	изо-С5	С6	
Состав ВСГ	84,70	5,36	4,11	3,44	0,79	1,00	0,19	0,20	0,21	(100,0%)

Сохранить **<< Назад**

Рисунок 2.2 – Интерфейс программы «Activ»

Данная моделирующая система разработана на кафедре химической технологии топлива и позволяет выполнить мониторинг эффективности работы промышленных установок каталитического риформинга бензинов, а также прогнозировать срок службы катализатора. Использование методики компьютерного моделирования позволяет повысить эффективность исследуемого процесса за счет того, что математическая модель в программе «Activ» построена на физико-химических закономерностях процесса риформинга.

Данная программа позволяет выполнить расчет текущей и оптимальной активности катализатора, оценить скорость дезактивации катализатора, провести исследования по влиянию состава перерабатываемого сырья и технологических режимов эксплуатации. Математическая модель содержит базу катализаторов, что позволяет выполнить тестирование и рекомендовать наиболее эффективный каталитический контакт, а также имеется возможность проводить прогнозные расчеты активности катализатора.

Таким образом, в ходе настоящей работы с использованием данной моделирующей системы были проведены следующие исследования:

1. Мониторинг активности промышленного катализатора процесса риформинга.
2. Исследование состава перерабатываемого сырья и технологических параметров на качественные и количественные показатели производимого риформата.
3. Прогнозные исследования активности катализатора.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д8Б	Давиденко Тарас Александрович

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30,2 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	<i>Анализ и оценка конкурентоспособности НИ. SWOT-анализ</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.</i>
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	<i>Расчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Карта сегментирования</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.02.2023
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		03.02.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Давиденко Тарас Александрович		03.02.2023

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В настоящей работе рассматривается промышленная установка каталитического риформинга бензинов со стационарным слоем катализатора, производительность 1000 тыс. тонн/год.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: моделирование работы установки каталитического риформинга

Обоснование целесообразности проведения исследовательских работ является целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности

исследования.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные сегменты – НПЗ, находящиеся на территории Кемеровской области, а также выбраны наиболее благоприятные.

Профиль	Вид услуги		
	Проектирование	Мониторинг	Оптимизация
Экономический	○		
Охрана труда	○		○
Охрана окружающей среды			○

Рисунок 4.1 - Карта сегментирования рынка услуг



Таким образом, наиболее благоприятным сегментом и направлением для исследования был выбран проект на базе Яйского НПЗ.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений проекта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,15	4	3	2	0,6	0,45	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
3. Энергоэкономичность	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
4. Надежность	0,08	5	3	3	0,4	0,24	0,24
5. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
6. Простота эксплуатации	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,11	4	3	3	0,44	0,33	0,33
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	1	2	2	0,05	0,1	0,1
3. Цена	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
5. Финансирование научной разработки	0,08	3	5	4	0,24	0,4	0,32
6. Срок выхода на рынок	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
7. Наличие сертификации разработки	0,05	1	3	3	0,05	0,15	0,15
Итого	1				3,83	3,59	3,28

Б_ф – повышение эффективности работы установки каталитического риформинга для Яйского НПЗ;

Б_{к1}– повышение эффективности работы установки каталитического риформинга для Черниговского НПЗ;

Б_{к2} – повышение эффективности работы установки каталитического риформинга для АНГК.

Рассматриваемые в проекте решения имеют наиболее высокий коэффициент конкурентоспособности в сравнении с конкурентами.

4.1.3 SWOT-анализ

Одной из методик анализа сильных и слабых сторон рассматриваемого комплекса мер, его внешних благоприятных возможностей и угроз является SWOT-анализ (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Высококвалифицированный персонал	Сл1. Зависимость от иностранных поставщиков услуг ремонтного обслуживания
С2. Наличие необходимого оборудования.	
Возможности	Угрозы
В1. Применение современных технологий и оборудования	У1. Штрафы за нарушение экологического законодательства
В2. Применение современных методов	У2. Устаревание технологий и оборудования

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

		Сильные стороны проекта	
		С1	С2
Возможности проекта			
	В1	+	+
	В2	+	-

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

		Слабые стороны проекта
Возможности проекта		Сл1
	В1	+
	В2	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

		Сильные стороны проекта	
Угрозы проекта		С1	С2
	У1	+	+
	У2	-	+

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

		Слабые стороны проекта
Угрозы проекта		Сл1
	У1	-
	У2	+

Результаты анализа представлены в итоговой таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Swot-анализ комплекса мер по повышению эффективности работы установки каталитического риформинга

	Возможности	Угрозы
	1. Применение современных технологий и оборудования 2. Применение современных методов	1. Штрафы за нарушение экологического законодательства 2. Устаревание технологий и оборудования
Сильные стороны 1. Высококвалифицированный персонал 2. Наличие необходимого оборудования.	1. Проведение комплекса мер по разделению водонефтяной эмульсии 2. Проведение исследования на современном оборудовании	1. Строгое следование всем правилам и экологическим нормам 2. Регулярное проведение модернизации
Слабые стороны 1. Зависимость от иностранных поставщиков услуг ремонтного обслуживания	1. Переход на услуги отечественных сервисных компаний	1. Строгое следование всем правилам и экологическим нормам

Анализируя таблицу SWOT-анализа можем сказать, что предлагаемый комплекс мероприятий имеет достаточно сильных сторон и возможностей.

Основной слабой стороной является зависимость от иностранных сервисных компаний, которые предоставляют услуги по ремонту и модернизации оборудования.

При этом стоит говорить о необходимости постоянной модернизации технологий и оборудования. Кроме того, важной задачей является соблюдение экологического законодательства.

4.2 Планирование научно – исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят Инженер, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) ВКР. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	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	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Инженер
	6	Построение и проведение экспериментов (расчетов)	Руководитель, Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Инженер, руководитель
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	10	Сбор информации по охране труда	Инженер
	11	Оформление результатов по охране труда	Инженер
	12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Инженер
	13	Оформление экономической части работы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Составление пояснительной записки	Инженер, руководитель

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Трудоемкость выполнения проекта 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; $t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; $t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где T_{p_i} – 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.

Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.9.

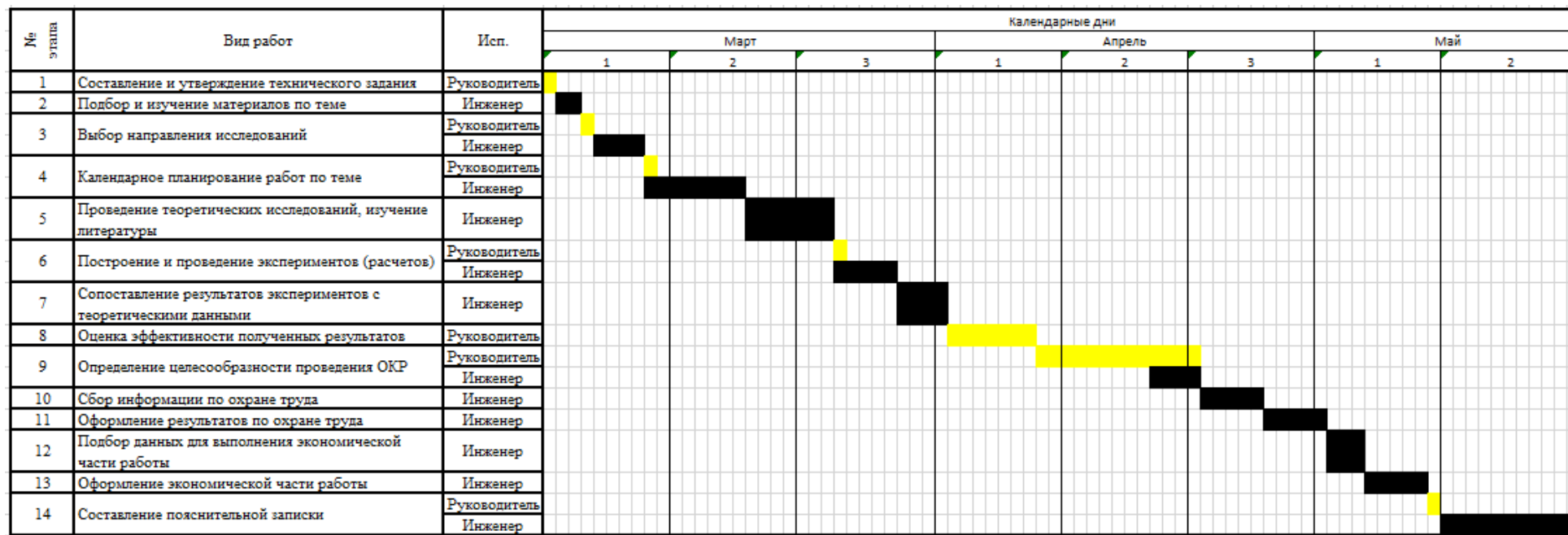
Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожид}$, чел-дни			
	Исп.1(р)	Исп.2(и)	Исп.1(р)	Исп.2(и)	Исп.1(р)	Исп.2(и)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Составление и утверждение технического задания	1	-	1	-	1	-	1	1
Подбор и изучение материалов по теме	-	2	-	2	-	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	1	5	1	3	2	5
Календарное планирование работ по теме	1	4	1	10	1	7	4	8
Проведение теоретических исследований, изучение литературы	-	3	-	8	-	6	6	7
Построение и проведение экспериментов (расчетов)	1	3	1	5	1	4	2,5	5
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	-	3	-	5	-	4	4	4
Оценка эффективности полученных результатов	6	-	6	-	6	-	6	7
Определение целесообразности проведения ОКР	10	3	12	5	11	4	7,5	13
Сбор информации по охране труда	-	3	-	5	-	4	4	5
Оформление результатов по охране труда	-	3	-	5	-	4	4	5
Подбор данных для выполнения экономической части работы	-	2	-	4	-	3	3	3

Окончание таблицы 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Оформление экономической части работы	-	2	-	4	-	3	3	5
Составление пояснительной записки	1	9	1	14	1	12	6,5	13
Итого	21	39	23	72	22	56	56	83

Календарный план-график проведения исследования представлен на рисунке 4.2.



Условные обозначения:

Руководитель

Инженер

Рисунок 4.2 – Календарный план-график проведения исследования

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

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

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты для НТИ сводятся к затратам на канцелярию, которые учитываются в накладных расходах. Расчет представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	740	2	1 480
Бумага	750	2	1500
Картридж для лазерного принтера	4 990	1	4 990
Итого:			7 970

4.3.2 Затраты на оборудование

Все расчеты по приобретению спецоборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в таблице 4.11

Таблица 4.11 – Расчет затрат на оборудование для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость с НДС, руб.
Персональный компьютер	1	51400
ПО		4600
Итого		56000

4.3.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы

Численность исполнителей принимается как $N_{рук}=1$, $N_{исп}=1$, общее число исполнителей – 2 человек.

Расчет эффективного рабочего времени одного исполнителя сведен в табл. 4.12

Таблица 4.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни/праздничные дни	66	66
Номинальный фонд рабочего времени		
Потери рабочего времени - отпуск/невыходы по болезни	56	52
Эффективный фонд рабочего времени	243	247

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.5)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (4.6)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. Дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.7)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.8)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда); k_d – коэффициент доплат и надбавок; k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

$$Z_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.9)$$

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

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (4.10)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника; $T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. Дн.;

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а так же выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

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

Таблица 4.13 – Расчёт основной и дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{б}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$,руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. Дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$Z_{\text{доп}}$
Руководитель	33162,9	1,3	43111,8	2128,98	22	46837,48	7025,62
Инженер	16000	1,3	20800	921,03	56	51577,86	7736,68

Рассчитываем отчисления на социальные нужды (30,2%):

$$Q_{\text{соц.н.}} = 0,302 * \text{ЗП, руб.}, \quad (4.12)$$

Таблица 4.14 – Заработанная плата одного исполнителя НИР

	Заработная плата	Социальные отчисления
Руководитель	53863,10	16266,66
Исполнитель	59314,54	17912,99
ИТОГО	113177,64	34179,65

4.3.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование

материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.12)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Расчетное значение представлено в таблице 4.15.

4.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы 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 табл. 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	2	3	4
Материальные затраты	7970,00	7970,00	7970,00
Затраты на оборудование	56000,00	56000,00	56000,00
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	98415,34	126201,24	115352,40
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14762,30	18930,19	17302,86
Отчисления во внебюджетные фонды	34179,65	43869,29	40061,89
Накладные расходы	33812,37	40475,32	37869,94
Бюджет затрат НИИ	245139,66	293446,04	274557,09

4.4 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{245139,66}{293446,04} = 0,8354$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{293446,04}{293446,04} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{274557,09}{293446,04} = 0,9356$$

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения (табл. 4.16).

Таблица 4.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	3	4
3. Помехоустойчивость	0,15	3	3	4
4. Энергосбережение	0,15	5	4	3
5. Надежность	0,2	5	4	4
6. Материалоемкость	0,2	5	3	3
Итого	1	4,7	3,45	3,55

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

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,45;$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,55.$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{4,7}{0,8354} = 5,63$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{3,45}{1} = 3,45;$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{\text{р-исп2}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}}} = \frac{3,55}{0,9456} = 3,79.$$

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

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

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп1}}} \quad (4.15)$$

Таблица 4.17 - Сравнительная эффективность вариантов исполнения разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,8354	1	0,9456
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,45	3,55
3	Интегральный показатель эффективности	5,63	3,45	3,79
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,613	0,673

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации разработки, как наиболее предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;

При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 83 дней, общее количество рабочих дней, в течение которых работал инженер – 56 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель - 22;

Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на разработку проекта, которые составляют 245139,66 руб.

По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,8354, что является показателем того, что ИР не уступает аналогам по выгоды.

Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,7 по сравнению с 3,45 и 3,55 у аналогов.

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,63, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
3-2Д8Б		Давиденко Тарас Александрович	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	18.03.01.Химическая технология

Тема ВКР:

Мониторинг работы промышленной установки каталитического риформинга методом математического моделирования

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <p>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p><i>Объект исследования – промышленная установка каталитического риформинга бензинов со стационарным слоем катализатора, производительность 1000 тыс. тонн/год.</i></p> <p><i>Размеры помещения 6 м * 10 м.</i></p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> <i>Полевой этап: промышленная установка каталитического риформинга бензинов со стационарным слоем катализатора, производительность 1000 тыс. тонн/год.</i> <i>Камеральный этап: ЭВМ – 1 шт.</i></p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: моделирование работы установки каталитического риформинга</i></p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <p>специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 28.12.2022) "О специальной оценке условий труда"</p> <p>"Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств. ПБЭ НП-2001"</p> <p>(утв. Минэнерго РФ 11.12.2000)</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <p>Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Струи жидкости, воздействующие на организм работающего при соприкосновении с ним; 2. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека; 3. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов; 4. Ударные волны воздушной среды; 5. Производственные факторы, связанные с повышенным уровнем ионизирующих излучений; 6. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.

	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень общей вибрации; 2. Повышенный уровень локальной вибрации; 3. Повышенный уровень шума; 4. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 5. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; 6. Монотонность труда, вызывающая монотонию; 7. Длительное сосредоточенное наблюдение. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: изоляция проводов и её непрерывный контроль; предупредительная сигнализация и блокировка; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; защита от случайного прикосновения; защитное заземление; защитное отключение оборудования.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на селитебную зону – отсутствует. Воздействие на литосферу – твердые бытовые отходы, строительство временных дорог. Воздействие на гидросферу– жидкие отходы, отстойники. Воздействие на атмосферу– тепловое воздействие оборудования.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (отказ систем безопасности; тепловой взрыв с выбросом вредных химических веществ; пожар) Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООТД	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Давиденко Тарас Александрович		

5 Социальная ответственность

Введение

В настоящей работе рассматривается промышленная установка каталитического риформинга бензинов со стационарным слоем катализатора, производительность 1000 тыс. тонн/год.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: моделирование работы установки каталитического риформинга.

Размеры помещения 3 м * 5 м.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Требования к организации и оборудованию рабочего места инженера при разработке проектного решения представлены на рисунке 5.1

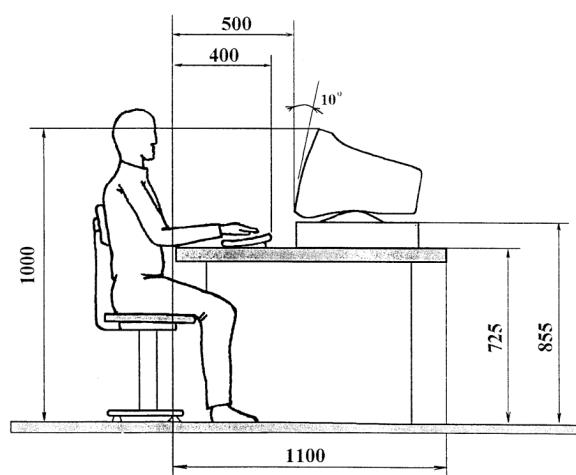


Рисунок 5.1 – Планировка рабочего места оператора

(согласно Постановлению Главного государственного санитарного врача РФ об утверждении санитарных правил СП 2.2.3670 - 20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда" от 02.12.2020 №40 и ГОСТ 12.2.032 - 78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»)

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования. Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно - поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Условия труда согласно результатам проведения специальной оценки условий труда N 426 - ФЗ "О специальной оценке условий труда", являются допустимыми (2 класс), при данных условиях на оператора воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых не превышают нормативные, а измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены).

Согласно трудовому кодексу РФ и федеральному закону РФ «О специальной оценке условий труда» работникам с допустимыми условиями труда предусматриваются следующие обязанности и гарантии:

1. В соответствии с ч. 1 ст. 213 ТК РФ персонал проходит обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры для определения пригодности выполнения поручаемой работы и предупреждения профессиональных заболеваний. В соответствии с медицинскими рекомендациями указанные работники проходят внеочередные медицинские осмотры;

2. В соответствии с законодательством на работах с вредными и или опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением, работодатель обязан бесплатно обеспечить выдачу сертифицированных средств индивидуальной защиты согласно действующим типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи работникам спецодежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты;

3. Защита передаваемых персональных данных работодателю, от неправомерного их использования или утраты;

4. Здоровые и безопасные условия труда. В качестве минимальных требований к условиям труда принимаются требования, установленные законодательством о труде. Своевременную выплату заработной платы в соответствии с квалификацией и сложностью труда;

5. Обязательное медицинское страхование и обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в порядке и на условиях, установленных для работников действующим законодательством РФ;

6. Ущерб, нанесенный работнику увечьем либо иным повреждением здоровья, связанным с использованием им своих трудовых обязанностей, подлежит возмещению.

Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств. ПБЭ НП-2001 устанавливают следующие основные требования безопасности к технологическим процессам:

Технологические процессы должны разрабатываться на основании исходных данных на технологическое проектирование, в соответствии с требованиями ОПВБ в части обеспечения промышленной безопасности.

5.2 Производственная безопасность при эксплуатации

5.2.1 Выявление опасных и вредных производственных факторов

Рассмотрим опасные и вредные производственные факторы, возникающие при эксплуатации установки каталитического риформинга (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора установки каталитического риформинга

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Струи жидкости, воздействующие на организм работающего при соприкосновении с ним	ГОСТ 12.4.259-2014. Одежда специальная для защиты от жидких химических веществ
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	ГОСТ Р 12.4.297-2013. Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени.
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	ГОСТ 12.4.280-2014 Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий
Ударные волны воздушной среды	ГОСТ 12.4.280-2014 Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий
Производственные факторы, связанные с повышенным уровнем ионизирующих излучений	СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)
Производственные факторы, связанные с электрическим током	ГОСТ 12.4.124-83 «Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования»
Повышенный уровень общей и локальной вибрации	ГОСТ 12.1.012-2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования»
Повышенный уровень шума	СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменениями N 1, 2)
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
Монотонность труда, вызывающая монотонию	Р 2.2.2006-05. 2.2. гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
Длительное сосредоточенное наблюдение.	Р 2.2.2006-05. 2.2. гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда

5.2.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Струи жидкости, воздействующие на организм работающего при соприкосновении с ним.

- 1) Источник: УПН, вспомогательное оборудование.
- 2) Наиболее типичные травмы: воздействие на кожу, вызывающее дерматиты и экземы, некроз тканей, возможны фолликулярные поражения
- 3) Предельно допустимая концентрация для нефти в области рабочей зоны не должно превышать 300 мг/м³, класс опасности 4. Данная концентрация при ежедневной работе в течении 8 часов (но не более 41 часов в неделю) не может вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.
- 4) Перед началом работ должна быть определена система связи (рация взрывозащищенная). Обеспечен контроль состояния воздушной среды (индивидуальные сигнализаторы). При возникновении нештатной ситуации работы должны быть прекращены, а работники должны покинуть опасную зону.

Оператор должен быть обеспечен СИЗ: спецодеждой, специальной обувью соответствующей характеру и условиям выполняемой работы; инструментом и приспособлениями, не дающих искр и вспомогательными материалами (жидкостный пробоотборник, рулетка).

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

- 1) Источник: УПН, вспомогательное оборудование.
- 2) Наиболее типичные травмы: ожоги.
- 3) Уровни защиты спецодежды от воздействия контактного тепла определяются в зависимости от показателя порогового времени при температуре 250°C в соответствии с таблицей 1 ГОСТ Р 12.4.297-2013
- 4) Оператор должен быть обеспечен СИЗ: спецодеждой, специальной обувью соответствующей характеру и условиям выполняемой работы;

инструментом и приспособлениями, не дающих искр и вспомогательными материалами (жидкостный пробоотборник, рулетка)

Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов

- 1) Источник: УПН, вспомогательное оборудование.
- 2) Наиболее типичные травмы: порезы.
- 3) Значения разрывной нагрузки ниточных швов соединений основных деталей в изделиях спецодежды должны соответствовать таблице 1 ГОСТ 12.4.280-2014
- 4) Оператор должен быть обеспечен СИЗ: спецодеждой, специальной обувью соответствующей характеру и условиям выполняемой работы.

Ударные волны воздушной среды

- 1) Источник: УПН, вспомогательное оборудование.
- 2) Наиболее типичные травмы: ушибы.
- 3) Значения разрывной нагрузки ниточных швов соединений основных деталей в изделиях спецодежды должны соответствовать таблице 1 ГОСТ 12.4.280-2014
- 4) Оператор должен быть обеспечен СИЗ: спецодеждой, специальной обувью соответствующей характеру и условиям выполняемой работы.

Производственные факторы, связанные с повышенным уровнем ионизирующих излучений

- 1) Источник: УПН, вспомогательное оборудование.
- 2) Типичные заболевания: Злокачественные новообразования, наследственные эффекты.
- 3) При обосновании защиты от источников потенциального облучения в течение года принимаются следующие граничные значения обобщенного риска (произведение вероятности события, приводящего к облучению, и вероятности смерти, связанной с облучением): персонал - $2,0 \times 10^{-4}$, год⁻¹.

Годовая эффективная доза облучения персонала за счет нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения не должна

превышать пределов доз, установленных в таблице 3.1 СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

4) Радиационному контролю подлежат: радиационные характеристики источников излучения, выбросов в атмосферу, жидких и твердых радиоактивных отходов; радиационные факторы, создаваемые технологическим процессом на рабочих местах и в окружающей среде; радиационные факторы на загрязненных территориях и в зданиях с повышенным уровнем природного облучения; уровни облучения персонала и населения от всех источников излучения.

Производственные факторы, связанные с электрическим током

1) Источник: незаземлённые электропроводные узлы и детали оборудования.

2) Наиболее типичные травмы: электротравмы.

3) Безопасные номинальные значения: напряжение - менее 12 В; ток - менее 0,1 А; заземление менее 4 Ом.

4) Для защиты персонала от поражения электрическим током на рабочих местах предприятия используются следующие меры: изоляция проводов и её непрерывный контроль; предупредительная сигнализация и блокировка; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; защита от случайного прикосновения; защитное заземление; защитное отключение; зануление.

Повышенный уровень общей и локальной вибрации

1) Источник: электроприемники, электро-оборудование, различные производственные механизмы.

2) Типичные заболевания: Вибрационная болезнь.

3) Общие требования по вибрационной безопасности для персонала представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Общие требования по вибрационной безопасности

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах с среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

4) Всё оборудование, являющееся источником вибраций, должно быть установлено на виброопорах.

Повышенный уровень шума

1) Источник: работающее основное и вспомогательное оборудование.

2) Типичные заболевания и травмы: снижение слуха, в последующем тугоухость, различные вегетативные сдвиги и изменения в работе сердечно-сосудистой системы.

3) При работе в помещении, уровень шума не должен превышать 80 дБ, согласно Постановлению Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2 об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685 - 21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» п.35.

4) В качестве защиты от шума и звука следует применять нормирование; некоторые технические тонкости, звукоизоляцию, звукопоглощение, специальные глушители аэродинамического шума, средства индивидуальной защиты (наушники, беруши, противозумные каски, специальная противозумная одежда).

Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

1) Источник: отсутствие достаточного освещения.

2) Типичные травмы: отрицательное воздействие на функционирование зрительного аппарата, на эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы.

3) Одним из важных показателей световой среды является коэффициент пульсации освещенности (Кп). Коэффициент пульсации

освещенности – это критерий оценки глубины колебаний (изменений) освещенности, создаваемой осветительной установкой, во времени. Для производственных помещений величина Кп должна быть не более 15%.

На этой основе разработаны требования к освещению для рабочих мест персонала в рабочем помещении, указанные в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Нормы освещённости помещений

Помещения и производственные участки	Плоскость нормирования освещенности и ее высота от пола, м	Разряд зрительной работы	Освещенность, лк	
			При комбинированном освещении	При общем освещении
Рабочее помещение	Рабочая область станка, 1,2-1,4 м	VI		100
	Пол	-		10

4) Наилучшим видом освещения является дневное, солнечное. Однако, как уже было сказано выше, дневной свет не может обеспечить нужное освещение в течении всего рабочего дня. Поэтому в соответствии с СП все помещения предприятия имеют искусственное освещение. В качестве источников искусственного освещения применяются энергосберегающие светодиодные и газоразрядные лампы.

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

1) Источник: Неблагоприятные перепады производственного микроклимата в помещениях обусловлены наличием многочисленного теплонесущего оборудования. Высокая температура воздуха и низкая (большей частью) относительная влажность в помещении объясняется значительными конвективными и радиационными тепловыделениями от оборудования.

2) Типичные травмы: Понижение температуры и повышение скорости движения воздуха могут привести к переохлаждению организма, а при повышенной температуре воздуха, работоспособность оператора падает.

Недостаточная влажность воздуха может привести к интенсивному испарению влаги со слизистых оболочек, их пересыхания и растрескивания, а затем и загрязнение болезнетворными микроорганизмами.

3) По ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ нормируются следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздушного потока, ПДК вредных веществ.

Работа оператора УПН относится к категории Пб (работы связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением, энерготраты 233-290 Вт).

В рассматриваемом помещении температура воздуха в теплый период года составляет 26-43 °С, относительная влажность 17-53 %, скорость движения воздуха - от 0,5 до 2,6 м/с. В холодный период температура воздуха рабочих зон на разных отметках снижается неравномерно и находится в пределах 13-45 °С, относительная влажность составляет 17-71 %, скорость движения воздуха в пределах от 0,5 до 1,4 м/с.

4) Параметры микроклимата в зимнее время поддерживаются системой отопления и вентиляцией, летом – только общеобменной вентиляцией.

Монотонность труда, вызывающая монотонию

1) Источник: режим труда

2) Типичная травма: монотония сопровождается полусонным состоянием, сопровождающимся снижением психической активности, апатией.

3) Монотонность нагрузок должна соответствовать значениям части 4 Таблицы 18 Р 2.2.2006-05. 2.2.

4) Режим труда и отдыха необходимо устанавливать в соответствии с условиями труда (2 класс) и требованиями к ним Р 2.2.2006-05. 2.2.

Длительное сосредоточенное наблюдение.

1) Источник: режим труда

2) Типичная травма: переутомление.

3) Монотонность нагрузок должна соответствовать значениям частям 3 и 5 Таблицы 18 Р 2.2.2006-05. 2.2.

4) Режим труда и отдыха необходимо устанавливать в соответствии с условиями труда (2 класс) и требованиями к ним Р 2.2.2006-05. 2.2.

5.3 Экологическая безопасность при эксплуатации

Безопасность окружающей среды должна обеспечиваться отсутствием утечек нефти и газа на производстве. Согласно Постановлению Правительства РФ «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий (с изм. от 01.10.2021)» раздел 2 п.17 анализируемый объект относится к II категории, оказывающих умеренное негативное воздействие на окружающую среду.

Мероприятия направленные на защиту земельных ресурсов

Загрязнение земляных ресурсов может быть в результате неправильной утилизации отходов таких как: тара из - под лакокрасочных материалов, промасленная ветошь. Для исключения загрязнения необходимо обеспечить территорию площадками временного хранения твердых бытовых отходов (ТБО) и твердых коммунальных отходов (ТКО), и ящиками накопления для промасленной ветоши. Для последующей утилизации отходов заключаются договора с лицензированными организациями.

При строительстве временных дорог происходит срезка почвенного слоя на полосе отвода и перемещении его на некоторое расстояние. Почва подвергается механическому воздействию, которое приводит к нарушению морфологического строения почв, и как следствие происходит трансформация физико-химических, биохимических, водно-физических свойств почв.

После окончания эксплуатации временных дорог необходимо их ликвидировать и проводить работы по восстановлению почв.

Мероприятия направленные на защиту воды и водных объектов

Возможное попадание в гидросферу жидких бытовых отходов может произойти по причине негерметичности отвода по канализации на очистные сооружения. Данные отходы содержат вещества, которые обладают высокой инфекционностью и являются опасными для здоровья работников. Изначально при проектировании систем следует руководствоваться требованиями безопасности к системам водоотведения, также должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие бесперебойность их работы, что исключит попадание в гидросферу.

При использовании нефтеотстойников возможно попадание нефти в природную водную среду. Необходимо на этапе проектирования и строительства обеспечить нефтеотстойники и все дополнительное технологическое оборудование надежной гидроизоляцией. Также необходимо выполнять строительство заградительных гидротехнических сооружений на водостоках, предназначенных для локализации возможных выбросов вредных веществ и загрязнений.

Мероприятия направленные на защиту атмосферы

Возможное тепловое воздействие, может произойти в результате возникновения очага горения в УПН. Объем выбросов в атмосферу зависит от распространения, устойчивости конструкций оборудования, наличия должных средств противопожарной защиты и удаленности пожарных подразделений от УПН. Тепловое воздействие может привести к гибели работников, потере устойчивости соседнего оборудования и возникновению новых очагов пожара.

Пары нефти в смеси с кислородом образуют взрывчатые смеси. Наименьшая концентрация при которой уже возможен взрыв называется нижним концентрационным пределом распространения пламени (НКПРП). Числовое значение для нефти - 42000 мг/м^3 . Наибольшая концентрация при которой еще возможен взрыв называется верхним концентрационным

пределом распространения пламени (ВКПРП). Числовое значение для нефти 195000 мг/м³. Концентрация от НКПРП до ВКПРП называется концентрационным диапазоном взрываемости. С целью обеспечения взрывопожаробезопасности установлена предельно - допустимая взрывобезопасная концентрация ПДВК - 2100 мг/м, что соответствует 5% от НКПРП (для паров углеводородов нефти).

Методы защиты:

- обеспечение противопожарной и противовыбросовой сигнализации;
- контроль за выбросом, содержанием и осаждением различных веществ путем периодического отбора проб воздуха;
- применение газоанализаторов, пыле-, газоулавливателей;
- использование передовых технологий по предотвращению фонтанных выбросов;
- своевременный контроль, ремонт, регулировка и техническое обслуживание узлов, систем и агрегатов влияющих на выброс вредных веществ;
- применение герметизированной системы сбора и транспорта продукции скважин.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации

Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (отказ систем безопасности; нарушение контроля и управления цепной ядерной реакции в активной зоне реактора; тепловой взрыв с выбросом радиоактивных веществ, пожар)

Наиболее типичная ЧС: пожар.

Класс пожара: в зависимости от вещества, которое будет гореть, его можно отнести к классу В (пожары горючих жидкостей) или к классу С (пожар газов).

Основными методами, способствующими уменьшению масштабов ЧС, являются: обучение персонала навыкам поведения в ЧС; усиленный контроль за состоянием объекта; первичная система пожаротушения (система орошения при тушении горящего резервуара, а так же для охлаждения при горении соседнего резервуара, генератор пены предназначен для пенного пожаротушения нефтепродуктов внутри резервуара); во избежание аварийного разлива нефти, каждый резервуар должен быть огражден земляным обвалованием; система оповещения населения, персонала объекта и органов управления для своевременных необходимых мер по защите населения.

Первичные средства пожаротушения, используемые в целях борьбы с пожарами: переносные и передвижные огнетушители; пожарный инвентарь (пожарные багры, ломы, топоры, крюки, пилы, лопаты); покрывала для изоляции очага возгорания (противопожарное полотно); генераторные огнетушители аэрозольные переносные.

Ликвидация последствий ЧС: повести демонтаж оборудования; зачистить территорию от остатков продуктов горения.

Выводы по разделу

В данной главе выпускной квалификационной работы было рассмотрено рабочее место инженера и взаимодействие на него возможных опасных и вредных производственных факторов. Фактические значения соответствуют нормативным требованиям согласно:

- разделу 1 п.1.13 правил устройства электроустановок (ПУЭ) рабочее помещение относится ко второму классу;
- Постановлению Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 N 2 "Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания", работа относится к категории IIб.

- СОУТ категория помещения(операторной) по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Б;
- Постановлению «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий (с изменениями на 7 октября 2021 года)» согласно разделу 2 п.17 относится к объектам II категории оказывающих умеренное негативное воздействие на окружающую среду.

Список использованной литературы

- 1 Глаголевой О.Ф. Технология переработки нефти. В двух частях. Ч.1. Первичная переработка нефти / М.: Химия, Колосс. - 2015. – С.400
- 2 Мирошникова Д.А., Леденёв С.М. Совершенствование процесса каталитического риформинга бензиновой Успехи современного естествознания. – 2018. – № 1. – С. 162-162
- 3 Кондрашева Н. К., Абдульминев К. Г., Кондрашев Д. О. Процесс каталитического риформинга бензина: учебное пособие. – Уфа: Издво УГНТУ, 2016. С.5–14.
- 4 Суханов В. П. Каталитические процессы в нефтепереработке – 3-изд., перераб. И доп. – М.: Химия, 2014. С. 113–140
- 5 Хатмуллина, Д. Д. Каталитический риформинг / Д. Д. Хатмуллина. – Текст: непосредственный // Технические науки: теория и практика: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Чита, январь 2014 г.). – Т. 0. – Чита: Издательство Молодой ученый, 2014. – С. 106-109
- 6 Гуреев А. А. Производство высокооктановых бензинов / А. А. Гуреев - М.: Химия, 1981. с. 256–264
- 7 Установка каталитического риформинга ЛЧ-35-11/1000 [Электронный ресурс]: Чистая химия. URL: <https://e-him.ru/?page=dynamic§ion=13&article=913> (дата обращения: 01.06.2023)
- 8 ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
- 9 ГОСТ Р 12.4.297-2013. Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени.
- 10 ГОСТ 12.4.280-2014 Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий

- 11 ГОСТ 12.4.280-2014 Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий
- 12 ГОСТ 12.4.280-2014 Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий
- 13 СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)"
- 14 ГОСТ 12.4.124-83 «Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования»
- 15 ГОСТ 12.1.012-2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования»
- 16 СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменениями N 1, 2)
- 17 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
- 18 ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
- 19 Р 2.2.2006-05. 2.2. гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
- 20 Р 2.2.2006-05. 2.2. гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда