

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: 18.03.01 «Химическая технология»
Отделение школы (НОЦ): Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Повышение эффективности процесса каталитического риформинга с использованием метода математического моделирования

УДК 665.644.4:004.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Азанова Мария Евгеньевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чузлов В.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Социальная ответственность»

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

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСНГ	Рыжакина Т.Г	к.э.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 налаживать, 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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (ООП) 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

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

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-2Д8Б	Азанова Мария Евгеньевна

Тема работы:

Повышение эффективности процесса каталитического риформинга с использованием метода математического моделирования

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№31-66_с от 31.01.2023
---	------------------------

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06.06.2023
--	------------

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.).

Технологическая схема и оборудование установки риформинга прямогонной бензиновой фракции

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 Литературный обзор
 - 1.1 Теоретические сведения
 - 1.2 Химизм процесса
 - 1.3 Относительные скорости реакций каталитического риформинга и их роль в процессе
 - 1.4 Катализаторы процесса
 - 1.4.1 Биметаллические катализаторы
 - 1.4.2 Триметаллические катализаторы
 - 1.4.3 Активность и селективность катализатора
 - 1.5 Влияние основных параметров на процесс риформинга
 - 1.6 Модели риформинга
 - 1.6.1 Кинетические модели
 - 1.6.2 Модели деактивации катализатора
 - 1.7 Конфигурации реактора и классификация процессов
 - 1.7.1 Реактор с аксиальным вводом сырья

	1.7.2 Реактор с радиальным вводом сырья 1.7.3 Полурегенераторный каталитический риформинг (SRR) 1.7.4 Циклический каталитический риформинг 1.7.5 Непрерывный риформинг с регенерацией катализатора (CCR) 2 Объект и метод исследования 2.1 Установка каталитическогo риформинга со стационарным слоем катализатора 2.2 Метод исследования 3 Исследовательская часть 3.1 Исследование углеводородного состава перерабатываемого сырья на свойства производимого риформата 3.2 Исследование влияние температуры процесса на свойства производимого риформата 3.3 Исследование влияния объемной скорости подачи сырья на свойства производимого риформата 3.4 Мониторинг активности промышленного катализатора процесса риформинга 3.5 Прогнозирование активности катализатора
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

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	30.03.2023г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Азанова Мария Евгеньевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д8Б	Азанова Мария Евгеньевна

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

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

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	Азанова Мария Евгеньевна		03.02.2023

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

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

Тема ВКР:

Повышение эффективности процесса каталитического риформинга с использованием метода математического моделирования	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	Объект исследования: установка каталитического риформинга. Область применения: нефтеперерабатывающая промышленность. Исходные данные по технологическому режиму. Составы сырья и продуктов риформинга.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) – Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ); повышенный уровень шума на рабочем месте (ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ); – электробезопасность – статическое электричество (специальная одежда антиэлектростатическая; средства защиты рук антиэлектростатическая; специальная обувь антиэлектростатическая; предохранительные приспособления антиэлектростатические (браслеты и кольца)); – пожаровзрывобезопасность (причины: отступление от норм установленного технологического режима эксплуатации; разгерметизация фланцев трубопроводов или аппаратов с нефтепродуктами; неисправность средств сигнализации и блокировки технологического процесса; несоблюдение инструкций по промышленной безопасности и противопожарных правил. Средства пожаротушения: ручные порошковые огнетушители ОП-5, ОП-10, ОП-50, углекислотные огнетушители ОУ-6, пожарные ящики с песком в комплекте

	пожарные рукава)
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Вредные факторы: - повышенный уровень шума; - недостаток естественного освещения рабочей зоны; - загазованность территории. Опасные факторы: - взаимодействие с токсическими или ядовитыми веществами; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - чрезмерно высокая температура материальных объектов производственной среды.
3. Экологическая безопасность – защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу(выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу(сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу(отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	-Главной проблемой на НПЗ является проблема охраны производственной и окружающей среды. -Защита селитебной зоны и других различных объектов от воздействия примесей осуществляется санитарно – защитными зонами. -Основными источниками загрязнения атмосферы являются выбросы из оборудования и очистных сооружений. - Основными источниками загрязнения гидросферы являются сбросы НПЗ, которые попадают в сточные воды и отрицательно влияют на качество воды и санитарные условия жизни. -Загрязнение почвы нефтепродуктами является опасным явлением, которое угрожает флоре и фауне
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: - взрыв парогазового облака, образованного при разгерметизации оборудования; - пожар в форме огненного шара при мгновенном разрушении технологического аппарата, содержащего углеводороды в перегретом состоянии; - пожар пролива при разгерметизации аппарата, содержащего жидкие углеводородные фракции. Наиболее типичная ЧС: - разлив нефтепродуктов с загазованностью и последующим взрывом
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

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	Азанова Мария Евгеньевна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: 18.03.01 «Химическая технология»
Отделение школы (НОЦ): Отделение химической инженерии

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2023 г.	Введение	10
01.03.2023 г.	Литературный обзор – Теоретические сведения – Химизм процесса – Относительные скорости реакций каталитического риформинга и их роль в процессе – Катализаторы процесса – Биметаллические катализаторы – Триметаллические катализаторы – Активность и селективность катализатора – Влияние основных параметров на процесс риформинга – Модели риформинга – Кинетические модели – Модели деактивации катализатора – Конфигурации реактора и классификация процессов – Реактор с аксиальным вводом сырья – Реактор с радиальным вводом сырья – Полурегенераторный каталитический риформинг (SRR) – 1Циклический каталитический риформинг – Непрерывный риформинг с регенерацией катализатора (CCR)	15
10.04.2023 г.	Объект и метод исследования – Установка каталитическог риформинга со стационарным слоем катализатора – Метод исследования	20

15.04.2023 г.	Исследовательская часть – Исследование углеводородного состава перерабатываемого сырья на свойства производимого риформата – Исследование влияние температуры процесса на свойства производимого риформата – Исследование влияния объемной скорости подачи сырья на свойства производимого риформата – Мониторинг активности промышленного катализатора процесса риформинга – Прогнозирование активности катализатора	10
01.05.2023 г.	Написание ВКР, выполнение технико-экономического раздела	20
10.05.2023г.	Раздел «Финансовый менеджмент». Раздел «Социальная ответственность»	15
01.06.2023 г.	Заключение	10

СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чузов В.А	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Азанова Мария Евгеньевна		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Елена Анатольевна	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 105 страниц, 21 рисунка, 24 таблицы, 30 источников, 10 формул.

Ключевые слова: каталитический риформинг, риформат, катализатор, ароматика, бензол, реактор, математическое моделирование, октановое число.

Объектом исследования является комбинированная установка с секцией каталитического риформинга АО «НХС» филиал ЯНПЗ.

Цель работы – повышение эффективности процесса каталитического риформинга с использованием метода математического моделирования, на основе анализа факторов, влияющих на качество и выход готовой продукции.

В ходе работы проводился анализ влияния технологических параметров на эффективность работы промышленной установки каталитического риформинга бензиновых фракций при помощи математической модели.

В результате исследования провели мониторинг работы промышленной установки риформинга, оценили влияние состава сырья и технологических параметров на эффективность процесса, подобрали оптимальные режимы ведения процесса.

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

Область применения: нефтеперерабатывающая промышленность.

Экономическая эффективность в предоставленной работе дает возможность без значимых материальных расходов проводить вычислительный эксперимент для определения оптимальных параметров технологического режима процесса каталитического риформинга.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	14
1 Литературный обзор.....	15
1.1 Теоретические сведения.....	15
1.2 Химизм процесса.....	19
1.3 Относительные скорости реакций каталитического риформинга и их роль в процессе.....	22
1.4 Катализаторы процесса.....	24
1.4.1 Биметаллические катализаторы.....	24
1.4.2 Триметаллические катализаторы.....	26
1.4.3 Активность и селективность катализатора.....	28
1.5 Влияние основных параметров на процесс риформинга.....	29
1.6 Модели риформинга.....	31
1.6.1 Кинетические модели.....	31
1.6.2 Модели деактивации катализатора.....	32
1.7 Конфигурации реактора и классификация процессов.....	35
1.7.1 Реактор с аксиальным вводом сырья.....	35
1.7.2 Реактор с радиальным вводом сырья.....	38
1.7.3 Полурегенераторный каталитический риформинг (SRR).....	40
1.7.4 Циклический каталитический риформинг.....	42
1.7.5 Непрерывный риформинг с регенерацией катализатора (CCR).....	44
2 Объект и метод исследования.....	46
2.1 Установка каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора.....	46
2.2 Метод исследования.....	51
Вывод по разделу.....	53
3 Исследование технологических закономерностей процесса каталитического риформинга.....	55
3.1 Исходные данные.....	55
3.2 Калибровка кинетических параметров.....	56
3.3 Исследование влияния состава перерабатываемого сырья.....	58
3.4 Исследование влияния температуры.....	59
3.5 Влияние объемной скорости подачи сырья.....	61
3.6 Влияние давления.....	63
3.7 Влияние кратности циркуляции водород/сырье.....	65

3.8 Рекомендации по ведению технологического режима процесса риформинга.....	67
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	69
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	69
4.2 Анализ конкурентных технических решений.....	70
4.3 SWOT-анализ.....	71
4.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию.....	74
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	74
4.4.2 Определение трудоёмкости выполнения работ.....	76
4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	78
4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ	79
4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	80
4.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы	81
4.5.4 Расчет дополнительной заработной платы	83
4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	83
4.5.6 Накладные расходы	84
4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	85
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	86
5 Социальная ответственность.....	89
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	90
5.2 Производственная безопасность.....	93
5.3 Экологическая безопасность.....	96
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	97
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС.....	99
Вывод по разделу.....	100
Заключение.....	101
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	102

ВВЕДЕНИЕ

Процесс каталитического риформинга предназначен для повышения детонационной стойкости бензинов и получения индивидуальных ароматических углеводородов, главным образом бензола, толуола ксилолов - сырья нефтехимии. Важное значение имеет получение в процессе дешевого водородсодержащего газа для использования в других гидрокаталитических процессах. Значение процессов каталитического риформинга в нефтепереработке существенно возросло в 90-е гг. в связи с необходимостью производства неэтилированного высокооктанового автобензина.

Бензиновые фракции большинства нефтей содержат 60 - 70 % парафиновых, 10 % ароматических и 20 -30 % пяти- и шестичленных нафтеновых углеводородов. Среди парафиновых преобладают углеводороды нормального строения и монометилзамещенные их изомеры. Нафтены представлены преимущественно алкилгомологами циклогексана и цикlopentана, а ароматические - алкилбензолами. Такой состав обуславливает низкое октановое число прямогонного бензина, обычно не превышающего 50 пунктов (по ММ).

Помимо прямогонных бензинов, как сырье каталитического риформинга используют бензины вторичных процессов - коксования и термического крекинга после их глубокого гидрооблагораживания, а также гидрокрекинга.

Выход прямогонных бензинов относительно невелик (около 15-20 % от нефти). Кроме того, часть бензинов используется и для других целей (сырье пиролиза, производств водорода, получение растворителей и т.д.). Поэтому общий объем сырья, перерабатываемого на установках каталитического риформинга, не превышает обычно потенциального содержания бензиновых фракций в нефтях.

1 Литературный обзор

1.1 Теоретические сведения

Каталитический риформинг - это процесс, используемый в нефтехимической промышленности для преобразования нафтовых фракций среднего диапазона (преимущественно смеси нафтовых и ароматических углеводородов) в высокооктановые продукты, используемые в качестве бензиновых компонентов. Этот процесс играет ключевую роль в производстве высококачественных бензинов и химических сырьевых материалов, таких как ароматические углеводороды (бензол, толуол и ксилолы).

Основные реакции, происходящие в процессе каталитического риформинга, включают дегидроциклизацию, изомеризацию, гидрокрекинг и гидрирование.

Дегидроциклизация - это реакция, при которой нафтовые углеводороды превращаются в ароматические углеводороды с выделением водорода. В процессе дегидроциклизации формируются полициклические ароматические углеводороды, такие как нафталин и его производные.

Изомеризация - это реакция, при которой изменяется структура молекулы углеводорода без изменения его химического состава. В процессе изомеризации углеводороды с низким октановым числом превращаются в изомеры с более высоким октановым числом.

Гидрокрекинг - это процесс разрыва углеводородных молекул на более легкие фракции с присоединением водорода. Гидрокрекинг может применяться для получения высокооктановых компонентов бензина или для обработки тяжелых нефтяных фракций.

Гидрирование - это реакция, при которой к молекулам углеводорода присоединяется водород. Это может быть полное или частичное гидрирование. Гидрирование используется для устранения нежелательных

несущих углеводородов, таких как алкины и диены, а также для стабилизации продуктов риформинга.

Углеводороды, участвующие в процессе каталитического риформинга, могут быть разделены на парафины, нафтены и ароматические углеводороды. Парафины - это насыщенные углеводороды, имеющие одно- или двухатомные связи между углеродными атомами. Нафтены - это циклоалканы, которые имеют кольцевые структуры. Ароматические углеводороды характеризуются наличием ароматических кольцевых структур, таких как бензольное кольцо.

Ключевым аспектом каталитического риформинга является использование катализаторов для ускорения и контроля химических реакций. Катализаторы могут быть металлическими, кислотными или базовыми, в зависимости от их химических свойств и роли в реакции. В процессе каталитического риформинга часто используются металлокислотные катализаторы, такие как платина на кислотном носителе алюмосиликата. Платина действует как центр активации водорода, а кислотный носитель способствует изомеризации и другим кислотным реакциям.

Эффективность процесса каталитического риформинга зависит от множества факторов, таких как:

1. Состав сырья: Процесс риформинга сильно зависит от характеристик сырьевой нефти, таких как содержание нафтеновых и ароматических углеводородов, октановое число и присутствие примесей.

2. Температура и давление: Увеличение температуры и давления в реакторе обычно способствует увеличению конверсии сырья и высвобождению водорода. Однако чрезмерно высокие температуры могут привести к нежелательным побочным реакциям и ухудшению катализатора.

3. Время пребывания сырья: Время пребывания сырья в реакторе также влияет на эффективность процесса. Более длительное время пребывания обычно приводит к более высокой степени конверсии, но может ухудшить качество продукта и ускорить деградацию катализатора.

4. Активность катализатора: Активность катализатора определяет его способность способствовать химическим реакциям и может снижаться из-за отравления примесями, деградации или синтерирования металла. Периодическая регенерация катализатора обычно требуется для восстановления его активности.

5. Селективность катализатора: Селективность катализатора определяет предпочтение определенных реакций перед другими. Высокая селективность катализатора к нужным реакциям может повысить качество продукта и улучшить экономическую эффективность процесса.

5. Влияние каталитического риформинга на окружающую среду

Каталитический риформинг может оказывать влияние на окружающую среду через выбросы парниковых газов, таких как углекислый газ и метан, а также выделение водорода и других веществ. Проведение процесса в закрытых системах и использование технологий очистки газов может снизить вредные выбросы в атмосферу (табл. 1).

Таблица 1 – Октановые числа ароматических углеводородов [1]

Углеводород	исследовательское	моторное	дорожное
Бензол ($T_{\text{кип}} = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$)	106	88	97
Толуол ($T_{\text{кип}} = 111\text{ }^{\circ}\text{C}$)	112	98	105
пара-Ксилол ($T_{\text{кип}} = 138\text{ }^{\circ}\text{C}$)	120	98	109
мета-Ксилол ($T_{\text{кип}} = 139\text{ }^{\circ}\text{C}$)	120	99	109,5
орто-Ксилол ($T_{\text{кип}} = 144\text{ }^{\circ}\text{C}$)	105	87	96
Этилбензол ($T_{\text{кип}} = 136\text{ }^{\circ}\text{C}$)	114	91	102,5
Сумма ароматики C9	117	98	107,5
Сумма ароматики C10	110	92	101

Сырьем для каталитического риформинга служат бензиновые фракции прямой перегонки: широкая фракция 85—180°C для получения высокооктанового бензина, фракции 62—85°C, 85—115°C и 115—150°C для получения бензола, толуола и ксилолов соответственно. Иногда к прямогонной широкой бензиновой фракции добавляют низкооктановые бензины коксования, термического крекинга. Сера, содержащаяся в сырье, вызывает отравление (деактивацию) катализатора, поэтому платформингу

обычно предшествует гидроочистка сырья. Минимальная степень дезактивации катализатора достигается при использовании сырья, содержащего 0,01% (масс.) серы [1].

Многие исследователи изучили различные аспекты процесса каталитического риформинга. Эти исследования в основном были сосредоточены на трех важных вопросах:

1. Изобретать и исследовать новые катализаторы с лучшей селективностью, стабильностью и производительностью, а также более низкой дезактивацией.

2. Изучение природы реакций каталитического риформинга и выявление подходящих моделей кинетики и дезактивации.

3. Предложить конфигурацию реактора и режим работы с более высоким выходом и улучшенными эксплуатационными условиями.

Совокупность этих категорий в выполненных исследованиях с 1949 года по настоящее время показана на рисунке 1.

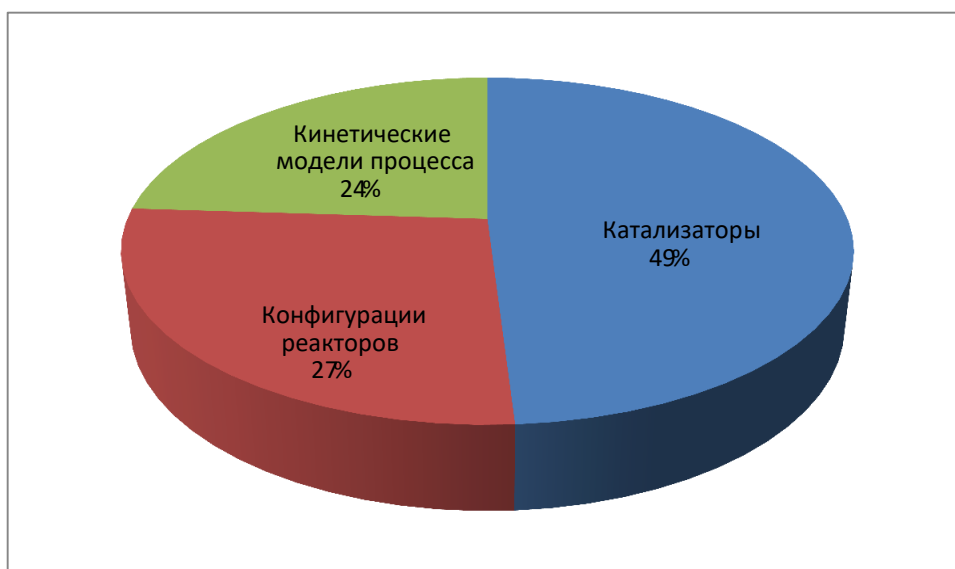
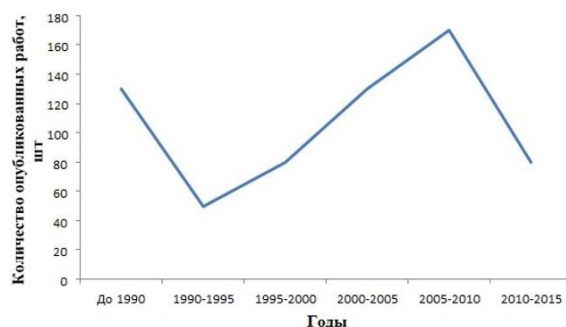
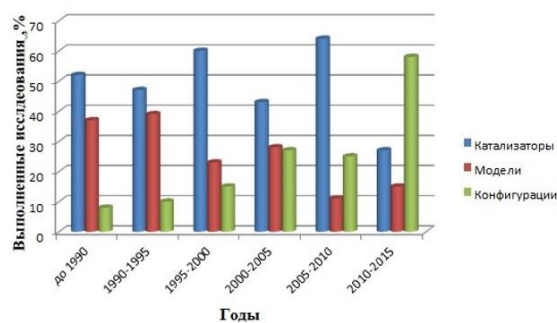


Рисунок 1 – Процент выполненных исследований разных категорий с 1949 года по настоящее время

Кроме того, общее количество существующей литературы и процент вышеупомянутых классов в разные годы показаны на рисунках 2 под буквами а) и б) соответственно, чтобы показать распределение публикаций в полном объеме.



а)



б)

Рисунок 2 – (а) Общее количество опубликованных работ в разные годы, (б) разница между выполненными исследованиями разных классов во времени

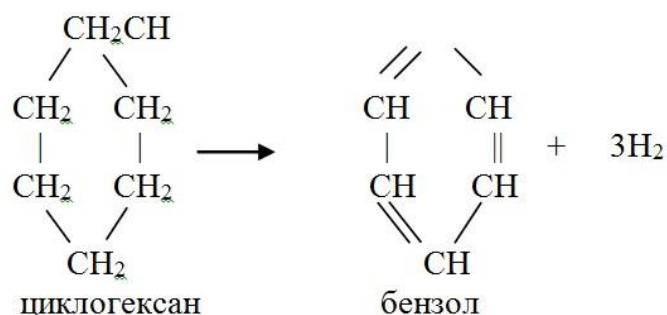
1.2 Химизм процесса

Каталитический риформинг является одним из ключевых процессов в нефтехимической промышленности для преобразования нафтовых фракций среднего диапазона в высокооктановые компоненты бензина и ароматические химические сырьевые материалы. В данном тексте будет рассмотрен химизм процесса каталитического риформинга, включая основные реакции, состав участников процесса, катализаторы, а также факторы, влияющие на процесс риформинга.

Основой процесса является ароматизация бензинов, осуществляемая за счет дегидрогенизации шестичленных нафтен и дегидроциклизации парафинов [1].

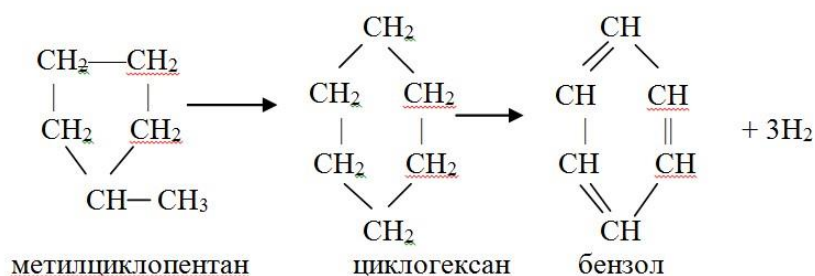
1. Дегидрогенизация шестичленных нафтен [1]:

Дегидрогенизация, или дегидрирование, – это химический процесс, в котором углеводороды теряют водород при образовании двойных связей между углеродными атомами. Этот процесс является одним из ключевых этапов в каталитическом риформинге и приводит к образованию ненасыщенных углеводородов, таких как алкены и алкины.



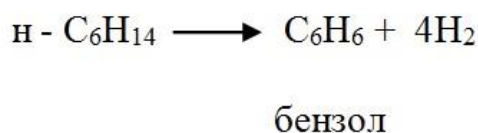
2. Дегидроизомеризация пятичленных нафтенов [1]:

Дегидроизомеризация – это комбинированный процесс, включающий в себя дегидрирование и изомеризацию углеводородов. В ходе дегидроизомеризации молекулы углеводородов теряют водород и изменяют свою структуру, в результате чего образуются новые изомеры с более высоким октановым числом и другими характеристиками.



3. Дегидроциклизация парафинов [1]:

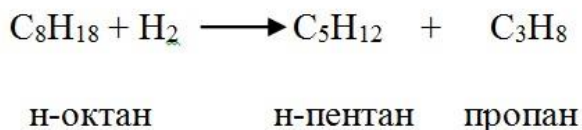
Дегидроциклизация – это процесс превращения нафтеновых углеводородов в ароматические углеводороды с выделением водорода. В результате дегидроциклизации формируются ароматические углеводороды, такие как бензол, толуол, ксилолы и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ).



4. Гидрокрекинг парафинов [2]:

Гидрокрекинг – это процесс разрыва углеводородных молекул на более легкие фракции с присоединением водорода. В результате гидрокрекинга

получаются высокооктановые компоненты бензина, а также легкие и средние дистиляты.



Кроме того, в той или иной степени протекают реакции гидродеалкилирования, превращения шестичленных нафтенов в парафины, гидрогенолиза и др.

В результате указанных реакций в сырье увеличивается количество ароматических углеводородов.

Углеводороды, участвующие в процессе каталитического риформинга, можно разделить на парафины, нафтены и ароматические углеводороды:

1. Парафины – это насыщенные углеводороды, имеющие одно- или двухатомные связи между углеродными атомами. В процессе каталитического риформинга парафины могут претерпевать реакции изомеризации или гидрокрекинга.

2. Нафтены – это циклоалканы, которые имеют кольцевые структуры. В процессе каталитического риформинга нафтены могут претерпевать реакции дегидроциклизации или гидрокрекинга.

3. Ароматические углеводороды характеризуются наличием ароматических кольцевых структур, таких как бензольное кольцо. В процессе каталитического риформинга ароматические углеводороды образуются в результате дегидроциклизации или могут быть присутствовать в сырье изначально.

Реакции дегидрирогенизации, дегидроциклизации, дегидро-изомеризации эндотермичны, протекают с отрицательным тепловым эффектом.

Реакции гидрокрекинга идут с выделением тепла, частично компенсируя затрату тепла на основные реакции ароматизации. Суммарно отрицательный тепловой эффект реакций каталитического риформинга равен

250-520 кДж на 1 кг сырья. В связи с этим необходим подогрев не только исходного сырья, но и продуктов его частичного превращения.

Степень протекания каждой реакции зависит от природы катализатора, состава сырья и условий проведения процесса [2].

Все указанные реакции могут происходить при следующих параметрах работы:

- а) температура в зоне реакции, °С - 480-530;
- б) давление на выходе из третьего реактора, кг/см² - 20-30;
- в) кратность циркуляции ВСГ, нм³/м³ -1200-1500;
- г) катализатор – полиметаллический - RG-682;
- д) срок службы катализатора – 7-10 лет.

1.3 Относительные скорости реакций каталитического риформинга и их роль в процессе

Каталитический риформинг является процессом, при котором газовая смесь из парафиновых углеводородов проходит через катализатор и превращается в более сложные ароматические соединения, такие как бензол, толуол и ксилол. Реакция происходит в присутствии катализатора, обычно платино-алюминиевой формы, и при повышенных температурах и давлениях.

Относительные скорости реакций каталитического риформинга зависят от многих факторов, включая тип катализатора, температуру, давление, соотношение реагентов и другие параметры. Оптимальные условия реакции могут зависеть от конкретного состава сырья и требований к конечной продукции [3].

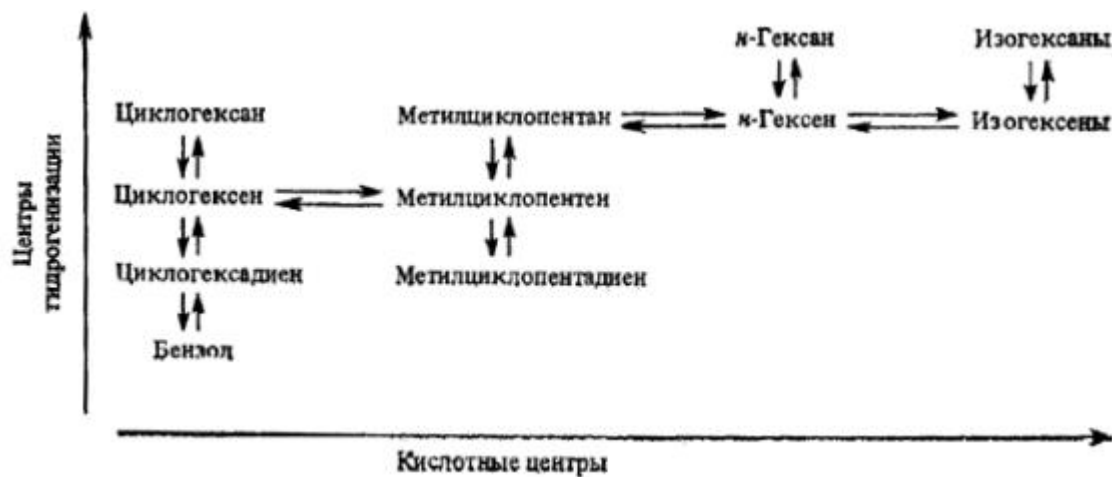


Рисунок 3 – Схема реакций каталитического риформинга [4]

Одним из факторов, влияющих на скорость реакции каталитического риформинга, является температура. Высокая температура может ускорить реакцию, однако может также привести к образованию побочных продуктов и деградации катализатора. Поэтому, для обеспечения оптимальной скорости реакции необходимо балансировать температуру, чтобы достичь максимального выхода ароматических соединений при минимальном образовании побочных продуктов.

Кроме того, важным фактором в процессе каталитического риформинга является тип катализатора. Различные катализаторы могут иметь различную активность и специфичность, что может повлиять на выход продукции и соотношение продуктов. Например, использование биметаллических катализаторов, таких как платина-рений, может улучшить выход бензола и других ароматических соединений [5].

Оптимизация этих процессов может помочь увеличить выход продукта и снизить количество отходов, что является важным фактором для экономической эффективности и снижения вредных воздействий на окружающую среду. Например, использование более эффективных катализаторов и оптимальных условий реакции может снизить количество отходов и улучшить выход продукции.

Помимо этого, разработка новых технологий и процессов может помочь оптимизировать производство нефтепродуктов и снизить негативное воздействие на окружающую среду [3].

В целом, относительные скорости реакций каталитического риформинга являются важными факторами, влияющими на эффективность производства нефтепродуктов. Оптимизация этих процессов может помочь улучшить выход продукта, снизить количество отходов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Поэтому, дальнейшие исследования и разработки в этой области могут привести к созданию более эффективных и экологически чистых методов производства нефтепродуктов.

1.4 Катализаторы процесса

1.4.1 Биметаллические катализаторы

Биметаллические катализаторы состоят из двух металлических компонентов, которые работают вместе для ускорения реакции. Обычно один из компонентов является активным катализатором, который обеспечивает протолитическое образование карбокатиона из молекулы углеводорода, а второй компонент является промотором, который помогает активному катализатору функционировать более эффективно.

Преимущество биметаллических катализаторов в том, что они могут улучшить каталитическую активность и стабильность катализатора. Кроме того, биметаллические катализаторы могут обеспечить более высокую специфичность реакции, что может быть важным фактором для получения конкретных продуктов [6].

В процессе каталитического риформинга биметаллические катализаторы обычно используются для улучшения выхода ароматических соединений, таких как бензол, толуол и ксилол. Один из компонентов обычно является платиной, которая обеспечивает протолитическое образование карбокатиона из молекулы углеводорода, а второй компонент,

такой как рений, молибден или никель, является промотором, который улучшает эффективность катализатора и способствует образованию ароматических соединений.

Кроме того, биметаллические катализаторы могут использоваться для обеспечения более высокой стабильности катализатора в процессе каталитического риформинга. Например, использование платино-рений катализаторов может снизить деградацию катализатора и увеличить продолжительность его работы.

Однако, как и в случае с другими типами катализаторов, биметаллические катализаторы могут также иметь свои ограничения и недостатки. Например, использование неправильного соотношения металлических компонентов может привести к снижению активности катализатора. Кроме того, некоторые биметаллические катализаторы могут содержать драгоценные металлы, такие как платина, что может быть затратным и негативно сказаться на экономической эффективности процесса.

Также следует учитывать, что эффективность биметаллических катализаторов может сильно зависеть от условий реакции. Например, температура, давление и состав реакционной смеси могут существенно влиять на активность и специфичность катализатора.

В целом, биметаллические катализаторы представляют собой важный класс катализаторов, который может быть эффективно использован в процессе каталитического риформинга. Эти катализаторы могут обеспечить более высокую активность, стабильность и специфичность реакции, что позволяет увеличить выход продукции и снизить количество отходов. Однако, для эффективного использования биметаллических катализаторов необходимо учитывать ряд факторов, таких как соотношение металлических компонентов, условия реакции и экономическая эффективность [7].

1.4.2 Триметаллические катализаторы

Триметаллические катализаторы - это класс катализаторов, состоящих из трех различных металлических компонентов. Эти катализаторы широко используются в процессе каталитического риформинга [3].

Триметаллические катализаторы состоят из трех металлических компонентов, которые работают вместе для ускорения реакции. Обычно каждый из компонентов выполняет свою функцию в процессе реакции, что позволяет обеспечить высокую активность и специфичность катализатора.

Преимущество триметаллических катализаторов в том, что они могут обеспечить более высокую каталитическую активность и специфичность реакции, что важно для получения определенных продуктов. Кроме того, триметаллические катализаторы могут обеспечить более высокую стабильность катализатора, что позволяет увеличить продолжительность его работы.

В процессе каталитического риформинга триметаллические катализаторы используются для обеспечения высокого выхода ароматических соединений, таких как бензол, толуол и ксилол. Каждый из металлических компонентов выполняет свою функцию в процессе реакции. Например, один из компонентов является активным катализатором, который обеспечивает протолитическое образование карбокатиона из молекулы углеводорода, а второй и третий компоненты являются промоторами, которые помогают активному катализатору функционировать более эффективно и способствуют образованию ароматических соединений.

Триметаллические катализаторы могут играть важную роль в процессе каталитического риформинга, так как они могут обеспечить более высокую каталитическую активность, специфичность и стабильность реакции. Кроме того, использование триметаллических катализаторов может помочь уменьшить количество побочных продуктов и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Одним из примеров триметаллических катализаторов, используемых в процессе каталитического риформинга, являются платина-рений-циркониевые катализаторы. Эти катализаторы обладают высокой активностью и специфичностью, что позволяет обеспечить высокий выход ароматических соединений. Кроме того, использование платина-рений-циркониевых катализаторов может снизить деградацию катализатора и увеличить продолжительность его работы.

Однако, как и в случае с другими типами катализаторов, триметаллические катализаторы могут также иметь свои ограничения и недостатки. Например, использование неправильного соотношения металлических компонентов может привести к снижению активности катализатора. Кроме того, некоторые триметаллические катализаторы могут содержать драгоценные металлы, такие как платина, что может быть затратным и негативно сказаться на экономической эффективности процесса.

Также следует учитывать, что эффективность триметаллических катализаторов может сильно зависеть от условий реакции. Например, температура, давление и состав реакционной смеси могут существенно влиять на активность и специфичность катализатора [1].

В целом, триметаллические катализаторы представляют собой важный класс катализаторов, который может быть эффективно использован в процессе каталитического риформинга. Эти катализаторы могут обеспечить более высокую активность, стабильность и специфичность реакции, что позволяет увеличить выход продукции и снизить количество отходов. Однако, для эффективного использования триметаллических катализаторов необходимо учитывать ряд факторов, таких как соотношение металлических компонентов, условия реакции и экономическая эффективность.

1.4.3 Активность и селективность катализатора

Активность катализатора - это его способность обеспечивать высокую скорость реакции. В процессе каталитического риформинга активность катализатора является важным фактором, который влияет на скорость и выход продукции. Чем выше активность катализатора, тем быстрее проходят реакции и тем выше выход продукции [4].

Селективность катализатора - это его способность обеспечивать формирование определенных продуктов реакции. В процессе каталитического риформинга селективность катализатора играет важную роль, так как она определяет, какие продукты будут образовываться в результате реакции. Например, в процессе каталитического риформинга селективность катализатора может быть направлена на образование ароматических соединений.

Одним из ключевых факторов, влияющих на активность и селективность катализатора, является его структура и состав. Например, монометаллические катализаторы, состоящие из одного металлического компонента, могут обеспечить высокую активность, но могут иметь низкую селективность. С другой стороны, биметаллические и триметаллические катализаторы, состоящие из нескольких металлических компонентов, могут обеспечить более высокую селективность и стабильность реакции, что важно для получения определенных продуктов [3].

В процессе каталитического риформинга, катализаторы на основе платины являются одними из наиболее распространенных и эффективных катализаторов. Платина обладает высокой активностью, что позволяет обеспечить быстрое протекание реакции. Однако, платиновые катализаторы могут иметь низкую селективность и образовывать большое количество побочных продуктов, таких как диоксид углерода и метан. Для повышения селективности платиновых катализаторов могут использоваться различные

промоторы, такие как хлор, бром и йод, которые способствуют образованию ароматических соединений.

Биметаллические катализаторы, в которых платина сочетается с другим металлом, таким как рений, никель или иттрий, могут обеспечить более высокую селективность и стабильность реакции. Например, катализатор на основе платины и рения может обеспечить высокий выход бензина и ароматических соединений при сравнительно низком образовании побочных продуктов [7].

Важным фактором, влияющим на активность и селективность катализатора, является также условия реакции, такие как температура, давление и состав реакционной смеси. Например, повышение температуры может увеличить активность катализатора, но также может привести к образованию большого количества побочных продуктов. Поэтому оптимальные условия реакции должны быть выбраны с учетом баланса между активностью и селективностью катализатора.

1.5 Влияние основных параметров на процесс риформинга

Температура.

Одним из наиболее важных параметров, влияющих на процесс каталитического риформинга, является температура. При повышении температуры происходит ускорение химических реакций, что приводит к увеличению скорости реакции и повышению выхода целевых продуктов. Однако, повышение температуры также может приводить к образованию побочных продуктов, таких как диоксид углерода и метан, что может негативно сказаться на эффективности процесса [3].

Давление.

Давление - еще один важный параметр, который влияет на процесс каталитического риформинга. При повышении давления повышается степень газообразования и скорость реакции, что приводит к увеличению выхода

целевых продуктов. Однако, повышение давления также может привести к увеличению степени деактивации катализатора, что может снизить эффективность процесса [5].

Состав реакционной смеси.

Состав реакционной смеси - еще один важный параметр, который влияет на процесс каталитического риформинга. Оптимальный состав реакционной смеси зависит от типа катализатора, используемого в процессе. Некоторые катализаторы работают лучше в присутствии водорода, а другие - в атмосфере чистого газа. Также может быть необходимо добавление других компонентов, таких как хлор или бром, для улучшения процесса [3].

Скорость потока.

Скорость потока - еще один важный параметр, который влияет на процесс каталитического риформинга. При повышении скорости потока увеличивается степень контакта между катализатором и реакционной смесью, что приводит к увеличению скорости реакции. Однако, при слишком высоких скоростях потока может уменьшиться контактное время, что может привести к снижению эффективности процесса [3].

Катализаторы.

Катализаторы играют ключевую роль в процессе каталитического риформинга. Они обеспечивают эффективную конверсию нафтеновых компонентов в бензиновые компоненты и синтез алкилбензинов. В процессе каталитического риформинга наиболее часто используются катализаторы на основе платины. Они обладают высокой активностью и селективностью к реакциям, что обеспечивает высокий выход целевых продуктов. Однако, такие катализаторы довольно дорогие и могут деактивироваться в процессе эксплуатации [5].

Важно отметить, что на эффективность процессов каталитического риформинга влияют не только отдельные параметры, но и их сочетание. Так, оптимальные параметры могут различаться в зависимости от типа катализатора и других условий процесса. Оптимальный выбор параметров

может обеспечить высокую скорость реакции и повышение выхода целевых продуктов, что является ключевым фактором для повышения эффективности процессов каталитического риформинга.

Например, при повышении температуры может увеличиваться скорость реакции, но при этом может увеличиться количество побочных продуктов. Оптимальный выбор температуры может обеспечить высокую скорость реакции при минимальном количестве побочных продуктов.

Также важно учитывать, что различные типы катализаторов могут иметь различную активность и селективность к реакциям. Например, катализаторы на основе платины могут обладать более высокой активностью, но могут деактивироваться в процессе эксплуатации. Катализаторы на основе твердых сферических зерен могут обладать более высокой стабильностью и могут использоваться в более тяжелых условиях.

Кроме того, выбор оптимального состава реакционной смеси и скорости потока может обеспечить более высокую скорость реакции и повышение выхода целевых продуктов [1].

Таким образом, для эффективного процесса каталитического риформинга необходимо учитывать различные параметры, такие как температура, давление, состав реакционной смеси, скорость потока и тип катализатора. Оптимальный выбор параметров может обеспечить высокую скорость реакции, повышение выхода целевых продуктов и уменьшение образования побочных продуктов. Все это может быть важным фактором для повышения эффективности процессов каталитического риформинга.

1.6 Модели риформинга

1.6.1 Кинетические модели

Кинетические модели каталитического риформинга являются важным инструментом для оптимизации процесса и повышения его эффективности.

Эти модели описывают скорость реакции и изменения состава реакционной смеси во время процесса.

Одной из наиболее распространенных кинетических моделей каталитического риформинга является модель Лангмюра-Хиншеля. Эта модель описывает скорость реакции и изменения состава реакционной смеси с помощью уравнений, основанных на предположении о том, что молекулы находятся на поверхности катализатора и могут реагировать только в определенных местах. Модель Лангмюра-Хиншеля позволяет оценить степень покрытия поверхности катализатора молекулами реагентов и проанализировать изменения в процессе реакции [4].

Другой распространенной кинетической моделью каталитического риформинга является модель Эйнштейна-Смолуховского-Катмана. Эта модель описывает процесс с помощью уравнений, основанных на предположении о том, что реагенты могут свободно двигаться по поверхности катализатора и реагировать в любом месте. Эта модель позволяет учесть не только взаимодействие между реагентами и катализатором, но и массоперенос в процессе реакции.

Обе эти модели являются основными кинетическими моделями каталитического риформинга и могут использоваться для оптимизации процесса. Однако, в зависимости от типа катализатора и условий процесса, могут использоваться и другие кинетические модели.

1.6.2 Модели деактивации катализатора

Катализаторы риформинга являются ключевыми компонентами процесса, и их активность и селективность могут существенно влиять на выход продуктов. Однако, со временем катализатор может деактивироваться, что приводит к снижению эффективности процесса. Для того чтобы повысить эффективность процесса каталитического риформинга, необходимо

учитывать факторы, приводящие к деактивации катализатора, и разработать соответствующие модели [8].

Одним из главных факторов, приводящих к деактивации катализатора, является загрязнение поверхности катализатора. Загрязнения могут быть вызваны как реагентами, так и другими соединениями, присутствующими в реакционной смеси. При этом загрязнения могут оседать на поверхности катализатора и блокировать активные центры. Модели деактивации, основанные на загрязнении поверхности катализатора, описывают процесс накопления загрязнений на поверхности катализатора и его влияние на активность и селективность катализатора.

Другой фактор, влияющий на деактивацию катализатора, - это его срок службы. Катализаторы могут деактивироваться со временем из-за различных процессов, таких как дисперсия частиц катализатора, падение активности активных центров, образование накопления отложений на поверхности катализатора и других процессов. Модели деактивации, основанные на сроке службы катализатора, описывают изменение активности и селективности катализатора во времени.

Третьим фактором, влияющим на деактивацию катализатора, является температура. При повышении температуры происходит активация реагентов и ускорение процесса риформинга, однако высокая температура также может привести к деактивации катализатора. Модели деактивации, основанные на температуре, описывают изменение активности и селективности катализатора в зависимости от температуры и механизмов деактивации, происходящих при повышении температуры.

Кроме того, другими факторами, влияющими на деактивацию катализатора, могут быть изменения в составе сырья, применяемого в процессе, изменения в условиях реакции и другие факторы. Для того чтобы описать все эти факторы, могут быть использованы модели, учитывающие различные механизмы деактивации катализатора [9].

Для применения моделей деактивации катализатора в процессе каталитического риформинга, необходимо учитывать специфику реакции, включая ее кинетику и термодинамику. Кроме того, необходимо учитывать свойства катализатора, такие как его состав, структуру и поверхностные свойства.

Одним из примеров модели деактивации катализатора является модель «спада активности». Эта модель описывает изменение активности катализатора во времени при действии загрязняющих веществ. В этой модели предполагается, что загрязняющие вещества активно соединяются с активными центрами катализатора, что приводит к изменению их состояния и снижению активности катализатора.

Другой пример модели деактивации катализатора - это модель «дисперсия частиц катализатора». В этой модели предполагается, что с течением времени частицы катализатора могут диспергироваться и изменять свою форму, что приводит к уменьшению площади поверхности и, следовательно, снижению активности катализатора.

Таким образом, модели деактивации катализатора играют важную роль в процессе каталитического риформинга. Они позволяют определить факторы, приводящие к деактивации катализатора, и оценить их влияние на активность и селективность катализатора. Кроме того, модели деактивации могут быть использованы для разработки новых катализаторов с более высокой стабильностью и долговечностью. Это позволяет улучшить эффективность процесса, повысить выход продуктов и сократить затраты на обслуживание катализатора [10].

Кроме того, модели деактивации катализатора также могут использоваться для оптимизации условий процесса. Например, на основе моделей деактивации катализатора можно определить оптимальную температуру и давление, которые обеспечат максимальную эффективность процесса. Это позволяет сократить затраты на энергию и повысить экономическую эффективность процесса.

Таким образом, модели деактивации катализатора являются важным инструментом для оптимизации процесса каталитического риформинга. Они позволяют определить факторы, приводящие к деактивации катализатора, и оценить их влияние на активность и селективность катализатора. Кроме того, модели деактивации катализатора могут быть использованы для разработки новых катализаторов и оптимизации условий процесса, что позволяет повысить эффективность процесса, повысить выход продуктов и сократить затраты на обслуживание катализатора.

1.7 Конфигурации реактора и классификация процессов

1.7.1 Реактор с аксиальным вводом сырья

Реактор с аксиальным вводом сырья является одним из наиболее распространенных типов реакторов, применяемых в различных химических процессах. Этот тип реактора обеспечивает равномерное распределение сырья в реакционной зоне и высокую эффективность процесса.

Основным принципом работы реактора с аксиальным вводом сырья является подача сырья в центральную зону реактора с помощью специального устройства. В этой зоне сырье смешивается с катализатором, и реакция происходит при заданных условиях, таких как температура, давление и скорость потока сырья [11].

Одним из главных преимуществ реактора с аксиальным вводом сырья является равномерное распределение сырья в реакционной зоне. Благодаря центральному вводу сырья, смесь сырья и катализатора в реакционной зоне имеет однородную структуру, что обеспечивает равномерную реакцию и высокую эффективность процесса.

Кроме того, реактор с аксиальным вводом сырья обеспечивает высокую скорость смешивания сырья и катализатора. Это связано с тем, что в этом типе реактора смесь сырья и катализатора перемешивается уже в

центральной зоне реактора, что приводит к быстрому смешиванию и равномерному распределению в реакционной зоне.

Для того чтобы обеспечить оптимальную эффективность процесса, необходимо правильно выбирать параметры работы реактора, такие как температура, давление и скорость потока сырья. Кроме того, важно учитывать свойства катализатора, такие как его структуру и размер частиц.

Одним из главных применений реактора с аксиальным вводом сырья является каталитический риформинг. Этот процесс используется для производства бензина высокого качества из низкокачественных нефтепродуктов. Реактор с аксиальным вводом сырья позволяет достигнуть высокой эффективности процесса благодаря равномерному распределению сырья в реакционной зоне и высокой скорости смешивания сырья и катализатора [12].

Помимо преимуществ, у реактора с аксиальным вводом сырья есть и некоторые недостатки. Например, этот тип реактора может быть более сложным в проектировании и изготовлении, чем другие типы реакторов. Кроме того, реактор с аксиальным вводом сырья может потребовать больших энергетических затрат на поддержание оптимальных условий реакции, таких как температура и давление.

Таким образом, реактор с аксиальным вводом сырья является эффективным типом реактора, применяемым в различных химических процессах. Он обеспечивает равномерное распределение сырья и высокую скорость смешивания сырья и катализатора, что повышает эффективность процесса. Кроме того, реактор с аксиальным вводом сырья может применяться в различных процессах, таких как каталитический риформинг. Однако, при проектировании и эксплуатации реактора с аксиальным вводом сырья необходимо учитывать различные факторы, такие как параметры реакции, свойства сырья и катализатора, а также затраты на энергию и обслуживание.

Для оптимизации работы реактора с аксиальным вводом сырья могут быть использованы различные инструменты, такие как математические модели и симуляции. Математические модели позволяют описать кинетику реакции и определить оптимальные параметры процесса, такие как температура и давление. Симуляции могут использоваться для оценки влияния различных факторов на процесс и оптимизации его параметров [13].

Одним из примеров применения реактора с аксиальным вводом сырья является производство бензина высокого качества из низкокачественных нефтепродуктов. Этот процесс является одним из ключевых процессов в нефтеперерабатывающей промышленности и позволяет получать бензин с высоким октановым числом, который соответствует требованиям экологических стандартов.

В процессе каталитического риформинга в реактор с аксиальным вводом сырья подается низкокачественный бензин и смесь парафинов и непарафиновых углеводородов. Сырье проходит через реакционную зону, где смешивается с катализатором и претерпевает риформинговую реакцию. В результате происходит превращение низкокачественных углеводородов в бензиновые фракции высокого качества.

Одним из основных преимуществ реактора с аксиальным вводом сырья в процессе каталитического риформинга является его высокая эффективность. Благодаря равномерному распределению сырья в реакционной зоне и высокой скорости смешивания сырья и катализатора происходит максимальное использование катализатора, что позволяет повысить выход продуктов и сократить затраты на обслуживание катализатора [14].

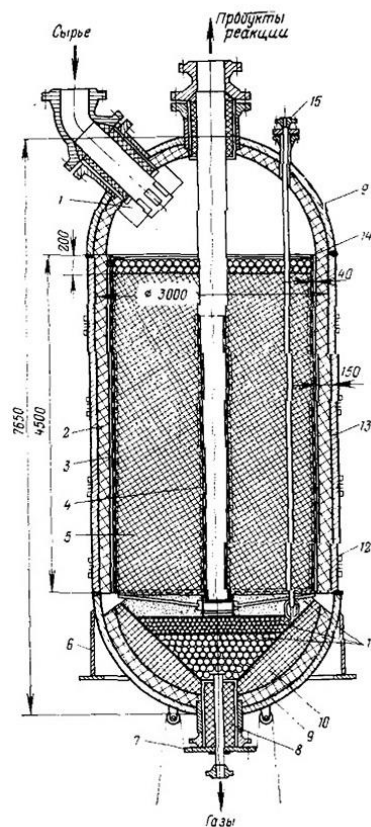


Рис. 14. Реактор с радиальным вводом газо-сырьевой смеси:
1 — распределитель; 2 — футеровка; 3 — перфорированный стакан; 4 — перфорированная труба; 5 — катализатор; 6 — опорное кольцо; 7 — люк для выгрузки катализатора; 8 — легкий шамот; 9 — днища; 10 — заполнитель; 11, 14 — фарфоровые шарики; 12 — наружная термopара; 13 — корпус; 15 — штуцер для термopары.

Рисунок 4 — реактор с аксиальным вводом сырья

1.7.2 Реактор с радиальным вводом сырья

Реактор с радиальным вводом сырья — это тип реактора, в котором сырье вводится радиально в центр реакционной камеры. В таком реакторе сырье образует радиальный поток, который перемешивается с катализатором и проходит реакцию внутри реакционной зоны [15].

Реактор с радиальным вводом сырья может использоваться в различных процессах, таких как процесс каталитического риформинга. В процессе каталитического риформинга в реактор с радиальным вводом сырья подается низкокачественный бензин и смесь парафинов и непарафиновых углеводородов. Сырье перемешивается с катализатором и проходит реформинговую реакцию внутри реакционной зоны. В результате происходит превращение низкокачественных углеводородов в бензиновые фракции высокого качества.

Одним из преимуществ реактора с радиальным вводом сырья является равномерное распределение сырья в реакционной зоне. Это повышает эффективность процесса и увеличивает выход продуктов. Кроме того, в реакторе с радиальным вводом сырья можно легко контролировать параметры реакции, такие как температуру, давление и расход сырья.

Однако, реактор с радиальным вводом сырья имеет и некоторые недостатки. Например, в таком реакторе может происходить неравномерное распределение катализатора в реакционной зоне, что может снижать эффективность процесса. Кроме того, реактор с радиальным вводом сырья может потребовать больших энергетических затрат на поддержание оптимальных условий реакции [8].

Для оптимизации работы реактора с радиальным вводом сырья могут использоваться различные инструменты, такие как математические модели и симуляции. Математические модели позволяют описать кинетику реакции и определить оптимальные параметры процесса, такие как температура и давление. Симуляции могут использоваться для оценки влияния различных факторов на процесс и оптимизации его параметров.

Одним из примеров применения реактора с радиальным вводом сырья является производство высококачественного бензина из низкокачественных нефтепродуктов. Этот процесс является ключевым процессом в нефтеперерабатывающей промышленности и позволяет получать бензин с высоким октановым числом, который соответствует требованиям экологических стандартов.

Для повышения эффективности процесса в реакторе с радиальным вводом сырья может использоваться биметаллический катализатор, который позволяет улучшить селективность процесса и повысить выход продуктов. Также может использоваться триметаллический катализатор, который обладает еще более высокой эффективностью [9].

Одним из основных преимуществ реактора с радиальным вводом сырья является возможность его использования для различных процессов. Это

позволяет сократить затраты на оборудование и упростить технологический процесс. Кроме того, реактор с радиальным вводом сырья обладает высокой эффективностью и позволяет получать продукты высокого качества при минимальных затратах.

Таким образом, реактор с радиальным вводом сырья является эффективным и универсальным типом реактора, который может использоваться в различных процессах. Благодаря равномерному распределению сырья в реакционной зоне и высокой эффективности процесса реактор с радиальным вводом сырья является одним из ключевых элементов в нефтеперерабатывающей промышленности [12].

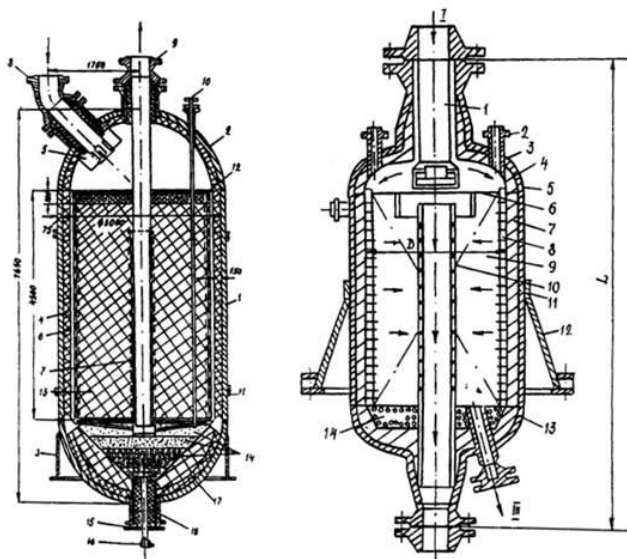


Рисунок 5 – Реактор с радиальным вводом сырья

1.7.3 Полурегенераторный каталитический риформинг (SRR)

Полурегенераторный каталитический риформинг (semi-regenerative catalytic reforming) — это технологический процесс, используемый в нефтеперерабатывающей промышленности для производства высокооктановых бензиновых компонентов. Этот процесс основан на использовании катализатора для превращения низкокачественных нефтепродуктов в более высококачественные [8].

В процессе полурегенераторного каталитического риформинга смесь парафинов и непарафиновых углеводородов, таких как бензиновые фракции, подается на катализатор, который находится в реакционной зоне. Катализатор состоит из металлических и кислотных компонентов, которые катализируют процессы алкилирования, деалкилирования, изомеризации и циклизации молекул углеводородов.

Процесс риформинга происходит в нескольких стадиях. Сначала парафиновые углеводороды деалкилируются и превращаются в более короткие цепочки углеводородов. Затем эти углеводороды изомеризуются, то есть превращаются в молекулы с тем же количеством атомов углерода, но с разным расположением атомов внутри молекулы. Наконец, происходит циклизация, когда молекулы углеводородов образуют кольца, что повышает их октановое число [16].

Одной из ключевых особенностей процесса полурегенераторного каталитического риформинга является использование полурегенеративной системы, то есть катализатор регенерируется только частично. Это позволяет уменьшить затраты на регенерацию катализатора и сократить время простоя производственной линии. Кроме того, полурегенераторный процесс позволяет увеличить селективность процесса и получить более высококачественные продукты.

Однако, полурегенераторный процесс имеет и некоторые недостатки. Например, из-за частичной регенерации катализатора возможно его быстрое старение и потеря активности. Кроме того, частично зарегенерированный катализатор может иметь низкую селективность и выдавать нежелательные побочные продукты, такие как сероводород, метан и прочие.

Для того чтобы минимизировать эти недостатки, в процессе полурегенераторного каталитического риформинга могут применяться различные технологические решения, такие как оптимизация параметров процесса, использование более эффективных катализаторов и повышение качества регенерации катализатора.

Кроме того, в последние годы стали разрабатываться новые технологии для полурегенераторного каталитического риформинга, такие как реакторы с различными типами входа сырья, повышенной эффективности и селективности. Также активно идет работа над созданием более экологически чистых катализаторов, что позволит снизить выбросы вредных веществ в атмосферу [12].

Таким образом, полурегенераторный каталитический риформинг является эффективным процессом для производства высокооктановых бензиновых компонентов. Его преимущества включают возможность сокращения затрат на регенерацию катализатора и увеличения селективности процесса. Однако, для достижения оптимальных результатов, необходимо учитывать особенности катализатора, параметры процесса и условия эксплуатации оборудования.

1.7.4 Циклический каталитический риформинг

Циклический каталитический риформинг (cyclic catalytic reforming) – это процесс переработки низкокачественных нефтепродуктов в высокооктановые бензиновые компоненты. Он основан на использовании катализатора, который катализирует ряд химических реакций, включая деалкилирование, алкилирование, изомеризацию и циклизацию углеводородов.

Циклический каталитический риформинг обычно осуществляется в нескольких стадиях. Сначала сырье, такое как газойль или сжиженный природный газ, подвергается прекурсорной обработке, которая включает различные процессы, такие как гидроочистка, десульфурация и прочие. Затем смесь попадает в реактор, где происходят реакции на катализаторе. После этого газовая смесь проходит через систему ректификации, которая разделяет продукты реакции на различные фракции [8].

В циклическом каталитическом риформинге катализаторы обычно регенерируются многократно, что позволяет снизить затраты на их покупку и сократить время простоя производственной линии. Кроме того, данный процесс позволяет получать более высококачественные продукты, так как катализаторы могут каталитически превращать смеси различных углеводородов, что обеспечивает высокую селективность.

Важной особенностью циклического каталитического риформинга является использование циклической системы регенерации катализатора. Это означает, что катализатор проходит через несколько стадий, включая реакцию, дегидрировочную и регенерационную стадии. Каждая из этих стадий выполняется в отдельном реакторе, что позволяет получить более высококачественные продукты.

Однако, циклический каталитический риформинг имеет и некоторые недостатки. Один из них заключается в том, что процесс может быть достаточно сложным и требует высокой квалификации персонала. Кроме того, циклический каталитический риформинг может приводить к загрязнению окружающей среды, так как процесс сопровождается выделением значительного количества тепла и выбросами вредных веществ. Также существует риск преждевременной деградации катализатора, что может привести к снижению качества продукции и увеличению затрат на его замену [4].

Для решения этих проблем в процессе циклического каталитического риформинга применяются различные технологические решения. Например, для снижения вредного воздействия на окружающую среду в процессе риформинга могут использоваться катализаторы с более высокой селективностью и эффективностью. Также могут использоваться новые технологии, такие как реакторы с радиальным или аксиальным вводом сырья, которые обеспечивают более эффективное использование катализатора и повышают селективность процесса.

1.7.5 Непрерывный риформинг с регенерацией катализатора (CCR)

Непрерывный риформинг с регенерацией катализатора (continuous catalyst regeneration reforming, CCR) – это процесс переработки нефти или газа в высокооктановые бензиновые компоненты с использованием катализатора, который регенерируется в непрерывном режиме. Он используется в промышленности для производства высокооктановых бензиновых компонентов из низкокачественных нефтепродуктов [2].

Процесс непрерывного риформинга с регенерацией катализатора включает несколько стадий. В первой стадии нефть или газ проходят через реактор с катализатором, где происходят химические реакции на поверхности катализатора. Затем смесь попадает в систему ректификации, которая разделяет продукты реакции на различные фракции. Отработавший катализатор покидает систему ректификации и попадает в регенераторный реактор, где происходит его регенерация.

Важной особенностью процесса непрерывного риформинга с регенерацией катализатора является использование циклической системы регенерации катализатора. Это означает, что катализатор проходит через несколько стадий, включая реакционную, дегидрировочную и регенерационную стадии. Каждая из этих стадий выполняется в отдельном реакторе, что позволяет получить более высококачественные продукты.

Преимуществом непрерывного риформинга с регенерацией катализатора является возможность получения более высококачественной продукции в сравнении с традиционными процессами риформинга. Это связано с тем, что процесс обеспечивает более эффективную регенерацию катализатора, что позволяет использовать его многократно и снизить затраты на его замену. Кроме того, процесс непрерывного риформинга с регенерацией катализатора позволяет получать высокооктановые бензиновые компоненты с более высокой селективностью [17].

Недостатками непрерывного риформинга с регенерацией катализатора являются более высокие затраты на оборудование и поддержание системы регенерации катализатора, а также необходимость контролировать температуру в реакторе и регенераторе. Кроме того, процесс может быть подвержен непредвиденным сбоям и авариям, что может привести к снижению качества продукции и увеличению затрат на обслуживание оборудования [18].

Однако, современные технологии позволяют снизить негативные эффекты непрерывного риформинга с регенерацией катализатора. Например, применение биметаллических катализаторов может повысить эффективность процесса и улучшить качество продукции. Также существует возможность использовать современные системы контроля и мониторинга, которые позволяют более эффективно управлять процессом и предотвращать аварии.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

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

В ходе научно-исследовательской работы требуется провести исследование работы промышленной установки каталитического риформинга методом математического моделирования.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

1. Оценка коммерческого потенциала разработки.
2. Планирование научно-исследовательской работы;
3. Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
4. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.
5. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

В данной работе продуктом и целевым рынком являются:

- продукт: автомобильный бензин марки АИ-92, АИ-95;
- целевой рынок: автозаправочные станции (АЗС).

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Данная дипломная работа посвящена исследованию установки процесса каталитического риформинга с неподвижным слоем катализатора.

В настоящее время каталитический риформинг занимает ведущее место в получении высокооктановых компонентов автомобильных бензинов, а также индивидуальных моноциклических ароматических углеводородов.

Из наиболее влияющих предприятий-конкурентов в области производства бензинов: ПАО «Газпром нефть» и АО «Ачинский НПЗ ВНК».

В таблице 1 приведена оценочная карта:

Бф – продукт проведенной исследовательской работы;

Бк1 – ПАО «Газпром нефть»;

Бк2 – АО «Ачинский НПЗ ВНК».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Выход продукта	0.2	5	3	2	1	0.6	0.4
2. Качество продукта	0.3	5	3	4	1.5	0.9	1.2
3. Энергоемкость процессов	0.1	3	4	4	0.3	0.4	0.4
Экономические критерии оценки эффективности							
4. Конкурентоспособность продукта	0.08	4	4	2	0.32	0.32	0.16
5. Уровень проникновения на рынок	0.02	3	4	5	0.06	0.08	0.1
6. Цена	0.05	2	3	4	0.1	0.15	0.2
7. Предполагаемый срок эксплуатации	0.04	5	3	4	0.2	0.12	0.16
8. Послепродажное обслуживание	0.04	5	4	4	0.2	0.16	0.16
9. Объем гарантийного обслуживания	0.06	4	4	2	0.24	0.24	0.12
10. Срок выхода на рынок	0.05	3	4	4	0.15	0.2	0.2
11. Наличие сертификации разработки	0.06	4	5	5	0.24	0.3	0.3
Итого	1	43	41	40	4.31	3.47	3.4

4.3 SWOT-анализ

SWOT – анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

В первом этапе обычно описываются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде [20].

В таблице 7 описаны сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT – анализа:

Таблица 7 – Матрица SWOT

Сильные стороны научно-технологического решения	Слабые стороны технологического решения
С1. Сбор информации с датчиков контроля параметров в режиме реального времени; С2. Наличие постоянных поставщиков; С3. Внедрение новых узлов оборудования и совершенствования технологических процессов; С4. Экологичность технологии; С5. Высокое качество продукции, соответствующее мировым стандартам.	Сл1. Низкий уровень заработной платы для молодых специалистов; Сл2. Устаревшее оборудование; Сл3. Высокий уровень цен на выпускаемую продукцию.
Возможности	Угрозы
В1. Спрос на выпуск нефтепродуктов; В2. Лучшее решение для повышения выхода продукции; В3. Уменьшение экологического ущерба; В4. Высокое качество поставляемых ресурсов; В5. Дистанционное регулирование параметров.	У1. Низкий спрос на данное техническое решение; У2. Развитая конкуренция на рынке; У3. Существование альтернатив разработки.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 7, 8, 9.

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	-	-	+	-
	В2	-	-	+	+	+
	В3	0	-	+	+	+
	В4	+	-	0	+	+
	В5	+	-	+	+	+
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3		
	В1	-	-	-		

Продолжение таблицы 8

	B2	-	-	+		
	B3	+	-	+		
	B4	+	+	+		
	B5	-	-	-		
Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С 1	С 2	С 3	С 4	С 5
	У1	-	+	+	-	-
	У2	-	+	+	-	-
	У3	-	+	+	-	-

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	-	+
	У2	-	-	+
	У3	-	+	+

В таблице 9 представлена итоговая матрица SWOT–анализа.

Таблица 9 – Итоговый SWOT анализ

	Сильные стороны научно-технологического решения: С1. Сбор информации с датчиков контроля параметров в режиме реального времени;	Слабые стороны технологического решения: Сл1. Низкий уровень заработной платы для молодых специалистов;	
	С2. Наличие постоянных поставщиков;	Сл2. Устаревшее оборудование;	
	С3. Внедрение новых узлов оборудования и совершенствования технологических процессов;	Сл3. Высокий уровень цен на выпускаемую продукцию	
	С4. Экологичность технологии;		
	С5. Высокое качество продукции, соответствующее мировым стандартам.		
	Возможности:	Эффективное	Повышение цен на
	В1. Спрос на выпуск нефтепродуктов;	использование ресурсов производства;	выпускаемую продукцию;
	В2. Лучшее решение для повышения выхода продукции;	Поддержание увеличения спроса и выхода на новые рынки сбыта товара за счет	Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.
	В3. Уменьшение экологического ущерба;	высокого качества продукции	
	В4. Высокое качество		

Продолжение таблицы 9

поставляемых ресурсов;		
В5. Дистанционное		
регулирование параметров.		
Угрозы:	Отсутствие спроса на новые	Ведение постоянного
У1. Низкий спрос на	технологии	мониторинга технических
данное техническое	Сложность реализации	решений в области
решение;	проекта.	каталитического
У2. Развитая конкуренция		реформинга топлив.
на рынке;		
У3. Существование		
большого количества		
альтернатив разработки.		

По итогам SWOT-анализа можно сделать следующие выводы:

Технологическое решение имеет значительное количество сильных сторон. Сбор информации с датчиков контроля параметров в режиме реального времени, наличие постоянных поставщиков, а также внедрение новых узлов оборудования и совершенствования технологических процессов повышает экономическую эффективность и безопасность данного метода.

Также исследование имеет свои минусы, которые объясняются сложностью реализации проекта. При внедрении инноваций, которые влияют на надёжность построенной скважины, необходимо понимать целесообразность инвестирования в новое оборудование и технологии, в сравнении с убытками от возможных аварийных ситуаций.

4.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят дипломник, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) ВКР.

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 10.

Таблица 10 – 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	Бакалавр
	3	Выбор направления исследований	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Руководитель Бакалавр
	6	Построение и проведение экспериментов	Руководитель Бакалавр
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель Бакалавр
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель Бакалавр
Разработка технической документации и проектирование	10	Сбор информации по охране труда	Бакалавр
	11	Оформление результатов по охране труда	Бакалавр
	12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Бакалавр

Продолжение таблицы 10

	13	Оформление экономической части работы	Бакалавр
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Составление пояснительной записки	Руководитель Бакалавр

4.4.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

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

Продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{\Psi_i}, \quad (2)$$

Продолжительность каждой работы в календарных днях:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (4)$$

$$k = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48;$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в таблица 11.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Наименование работ	Трудоемкость работ									Исполнители		
		t _{min} , чел-дни			t _{max} , чел-дни			t _{ож} i, чел-дни					
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение тех.задания	1	2	1	5	6	5	2,6	3,6	2,6	Р	Р	Р
2	Выбор направления исследования	2	3	2	6	6	6	3,6	4,2	3,6	Р Б	Р Б	Р Б
3	Календарное планирование работ по теме	2	2	2	6	7	6	3,6	4	3,6	Р	Р	Р
4	Подбор и изучение материалов по теме	15	15	15	20	20	20	17	17	17	Б	Б	Б
5	Проведение теоретических расчетов	20 10	20 10	20 10	30 20	30 20	30 20	24 14	24 14	24 14	Б	Б	Б
6	Проведение компьютерных расчетов	5 2	5 3	5 2	7 5	7 5	7 5	5,8 3,2	5,8 3,8	5,8 3,2	Б	Б	Б
7	Оценка эффективности полученных результатов	1 2	1 2	1 2	3 5	3 5	3 5	1,4 3,2	1,4 3,2	1,4 3,2	Р Б	Р Б	Р Б
8	Подготовка к защите дипломной работы	1 2	1 2	1 2	3 5	3 5	3 5	1,4 3,2	1,4 3,2	1,4 3,2	Б	Б	Б
9	Защита дипломной работы	3 3	3 3	3 3	7 7	7 7	7 7	4,6 4,6	4,6 4,6	4,6 4,6	Б	Б	Б

Итого длительность работ – 114 календарных дней.

4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

На основе таблицы 11 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта, с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени написания ВКР. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Календарный план-график построенный для максимального по длительности второго варианта исполнения работ рамках научно- исследовательского проекта приведен в таблице 12.

Общее число работ составило 4. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 50 чел-дней, для студента-исполнителя составила 103 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 114 календарных дней.

Таблица 12 – Календарный план-график проведения НИР

№	Вид работы	Исполнители	Ткi	Продолжительность выполнения работ														
				Фев.		март			Апр.			май			июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение тех. задания	Р	4															
2	Выбор направления исследования	Р	5															

Продолжение таблицы 12

3	Календарное планирование работ по теме	Р	5														
4	Подбор и изучение материалов по теме	Б	2 5														
5	Проведение теоретических расчетов	Б	1 8														
6	Проведение компьютерных расчетов	Б	1 5														
7	Оценка эффективности и полученных результатов	Р Б	2 2														
8	Подготовка к защите дипломной работы	Б	1 3														
9	Защита дипломной работы	Б	7														



- Руководитель



- Бакалавр

4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$З_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi} , \quad (5)$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.); Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 13 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _М), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Картридж	Шт.	1	2	1	3000	3000	6000	3000
Бумага	ШТ.	1	2	1	800	800	1600	800
Канцелярские изделия	Шт.	10	10	10	100	1000	1000	1000
Электроэнергия	кВт·ч	6500	6500	6500	3,5	22750	22750	22750
Итого, руб.						27550	31350	27550

4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной

аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Все расчеты по приобретению оборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, (Зм), тыс. руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Персональный компьютер	Шт.	1	1	1	55	55	55	55
ПО MicrosoftOffice	Шт.	1	1	1	10	10	10	10
Visual Studio Code	Шт.	1	1	1	0	-	-	-
Источник питания	Шт.	1	2	1	9	9	18	9
Итого:						74	83	74

4.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы

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

Численность исполнителей принимается как N рук=1, Нисп=1, общее число исполнителей – 2 человек.

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	119	119
Номинальный фонд рабочего времени		
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	- 92	- 92-
Эффективный фонд рабочего времени	155	155

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы по проекту №1

Исполнители	Разряд	к _т	З _{тс} , руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	Руководитель	1,866	30000	0,3	0,5	1,3	70200	3191	155	494605
Бакалавр	Инженер	1,407	15000	0,3	0,1	1,3	35100	1254	155	194370
Итого										688975

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы по проекту №2

Исполнители	Разряд	к _т	З _{тс} , руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	Старший преподаватель	1,866	30000	0,3	0,5	1,6	86400	3927	155	608685
Бакалавр	Инженер	1,407	15000	0,3	0,1	1,6	43200	1543	155	239165
Итого										847850

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы по проекту №3

Исполнители	Разряд	к _т	З _{тс} , руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	Старший преподаватель	1,866	30000	0,3	0,5	2	108000	4909	155	760895
Бакалавр	Инженер	1,407	15000	0,3	0,1	2	54000	1929	155	298995
Итого										1059890

4.5.4 Расчет дополнительной заработной платы

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

4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (6)$$

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	494605	608685	760895	-	-	-
Студент	194370	239165	298995	-	-	-
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30					
Итого						
Исполнение 1	206692,5					
Исполнение 2	254355,0					
Исполнение 3	317967,0					

4.5.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (7)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы для 1 проекта составили:

$$Z_{\text{накл}} = (27550 + 74000 + 688975 + 206692,5) \cdot 0,16 = 159554,8 \text{ рублей}$$

Накладные расходы для 2 проекта составили:

$$Z_{\text{накл}} = (31350 + 83000 + 847850 + 254355) \cdot 0,16 = 194648,8 \text{ рублей}$$

Накладные расходы для 3 проекта составили:

$$Z_{\text{накл}} = (27550 + 74000 + 1059890 + 317967) \cdot 0,16 = 236705,12 \text{ рублей}$$

4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно–исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект приведено в таблице 20.

Таблица 20 –Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	27550	31350	27550	Пункт 4.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	74000	83000	74000	Пункт 4.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	688975	847850	1059890	Пункт 4.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	-	-	-	Пункт 4.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	206692,5	254355	317967	Пункт 4.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	-	Отсутствуют
8. Накладные расходы	159554,8	194648,8	236705,12	Пункт 4.5.6
9. Бюджет затрат НТИ	1156772,3	1411203,8	1716112,12	

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (8)$$

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

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

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

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{1156772,3}{1716112,12} = 0,67;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{1411203,8}{1716112,12} = 0,82;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{1716112,12}{1716112,12} = 1;$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (9)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 21 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		
		Лаб 1	Лаб 2	Лаб 3
1	2	3	4	5
1. Повышение производительности	0,15	4	3	2
2. Удобство в эксплуатации	0,15	3	3	3
3. Энергоэкономичность	0,20	5	4	4
4. Надежность	0,25	5	3	3
5. Безопасность	0,15	5	5	5
6. Простота эксплуатации	0,10	4	3	3
Итого		4,05	3,50	3,35

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{4,05}{0,67} = 6,0$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{3,5}{0,82} = 4,3$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{р-исп3}}{I_{фин.р}} = \frac{3,35}{1} = 3,35$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных [21].

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} \quad (10)$$

Таблица 22 – Сравнительная эффективность разработок

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,67	0,82	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,05	3,5	3,35
3	Интегральный показатель эффективности	6,0	4,3	3,35
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,72	0,56

Из таблицы 22 можно видеть, что лучшим исполнением научно-технического исследования является исполнение 1, так как в данном исполнении лучшее обеспечение материалами и оборудованием, следовательно, достигается наибольшая эффективность проделанной работы. В результате проведенной работы была спроектирована и создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям в области ресурс эффективности и ресурсосбережения.

5 Социальная ответственность

Введение

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

В данной работе объектом исследования является промышленная установка каталитического риформинга бензинов, которая входит АО «НефтеХимСервис» филиал ЯНПЗ. Назначением комплекса комбинированной установки по переработке прямогонных бензиновых фракций. является получение товарного автомобильного бензина марки АИ-92 класса 5, соответствующего требованиям ТР ТС 013/2011 и ГОСТ 32513, ГОСТ Р 51866.

Риформинг с непрерывной регенерацией катализатора (НПК) – секция 2000 (НРК) предназначен для получения высокооктанового бензина с ИОЧ не менее 98.

Преимуществом технологической схемы процесса риформинга являются:

- реакции риформинга протекают в реакторах с движущимся слоем катализатора, из которых катализатор выводится для его регенерации и снова возвращается в реакторы;
- циркуляция и регенерация катализатора осуществляется на непрерывной основе с полностью автоматизированным управлением всеми операциями;

Для обеспечения требований к моторным топливам, соответствующего требованиям класса 5 Технического регламента по содержанию бензола в товарных бензинах, в качестве сырья секции 2000 используется

гидроочищенная тяжелая бензиновая фракция, не содержащая бензолообразующих углеводородов.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Механические опасности. Для того, чтобы защитить себя от травм на производстве, работники строго соблюдают все инструкции по эксплуатации оборудования, все правила поведения на производственной площадке.

К процессу обслуживания и рабочему инвентарю предъявляются следующие требования:

- применяются инструменты из омедненной стали или бериллиевой бронзы при текущем обслуживании оборудования и ремонтных работах. Используемый инструмент изготовлен из материала, не дающего искр; ударный и режущий инструмент при работе смазывается консистентными смазками (солидолом);

- запорная арматура на трубопроводах систематически смазывается, а также легко открывается. Запорная арматура открывается и закрывается медленно во избежание гидравлического удара. При этом запрещается применять ломы, трубы и т.д.;

- применяются предохранительные пояса с карабинами для закрепления к надежным конструкциям при ремонтных работах на высоте при отсутствии рабочего настила;

- используются шланговые противогазы и специальная, непроницаемая для нефтепродуктов одежда и обувь при работе внутри аппаратов (емкости, резервуары). У люка постоянно находятся не менее двух рабочих, имеющих при себе шланговые противогазы, для оказания, в случае необходимости, помощи работающему в аппарате;

- при работе в загазованной зоне, применяются противогазы и омедненный инструмент. Персонал имеет закрепленный за ним противогаз,

содержит его в исправности и умеет пользоваться им; при включении и отключении электропусковых приборов персонал пользуется диэлектрическими подставками и диэлектрическими перчатками;

- проводится постоянный контроль за техническим и коррозионным состоянием арматуры и трубопроводов;

- выполняется своевременное техническое обслуживание и техническая диагностика трубопроводов;

- проводится контроль состояния воздушной среды на наружных площадках с учетом состояния атмосферы.

- грузоподъемные работы с оборудованием и арматурой весом более 30 кг осуществляются с помощью специальных передвижных автомобильных средств. С этой целью на установках существует возможность подъезда грузоподъемного транспорта.

При работе с нефтепродуктами не допускаются ручные операции, при которых возможно ее попадание на тело и одежду рабочего, на пол и оборудование, в помещениях блочного оборудования нельзя принимать пищу и курить.

Термические опасности. Установки производства риформата, изомеризата находятся на открытом воздухе, поэтому в теплое время года есть риск получить тепловой ожог или удар, а в холодное – обморожение. Для работающих на открытом воздухе в течение рабочей смены предусмотрены перерывы для обогрева, в соответствии со статьей 109 Трудового кодекса РФ. Температура воздуха и скорость его движения поддерживаются в помещении для обогрева на уровне от 22 до 25 °С и от 0,1 до 0,2 м/с. Для более быстрого восстановления локальной температуры кожи (лицо, кисти, стопы) предусмотрены приборы и устройства местного лучистого и конвекционного обогрева. При этом температура поверхности приборов, контактирующая с поверхностью тела работника, поддерживается на уровне от 38 до 40 °С.

Электробезопасность. Поражение электрическим током возможно при

повреждении изоляции, применяемых персоналом электрических приборов или устройств, если человек одновременно касается включенного в сеть поврежденного участка электрической проводки, например, питающего прибор шнура и потенциально опасных частей устройств или стоит на токопроводящем полу и касается металлической части прибора с поврежденной изоляцией и включенным в сеть.

Безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц обеспечивается выполнением следующих мероприятий: соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия, ограждения токоведущих частей; применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям; применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов; применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений; использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

Безопасность работы обеспечена в конструкции установки. Источник питания установки имеет металлический кожух, который исключает возможность прикосновения к токоведущим частям, имеется зануление.

Пожаровзрывобезопасность. Установки производства бензинов отличаются от других установок наличием в системе большого количества циркулирующего водородсодержащего газа, фракции бензиновой - сырья установки и других углеводородных газов, имеющих широкий предел взрываемости.

Одним из основных требований предупреждения несчастных случаев и пожаров является исключение скопления паров, газов и жидких нефтепродуктов путем вентиляции мест возможного их скопления и уборки разлитого нефтепродукта.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых

для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для своевременной ликвидации очагов возможных загораний применяются первичные средства пожаротушения, к которым относятся: ящики с песком и лопатами, которые находятся на аппаратном дворе, в доступном месте; асбестовое полотно; водяной пар; огнетушители порошковые; огнетушители углекислотные; вода.

Средства пожаротушения и противопожарный инвентарь находятся в исправном состоянии и окрашены в красный цвет.

5.2 Производственная безопасность

Таблица 23 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке технического состояния установки каталитического риформинга бензинов [22]

Источники фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Операторы ведение технологического процесса риформинга	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	повышенный уровень статического электричества (при транспортировке нефтепродуктов)	ГОСТ 12.1.005-88 - Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [23];

Продолжение таблицы 23

Источники фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Инженера: организация и контроль работ по работе установки	Повышенный уровень шума на рабочем месте		ГОСТ 12.1.003-83 Шум-Общие требования безопасности. [24]; ГОСТ 12.1.018-93 Пожаровзрывоопасность статистического электричества [25].

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум – звуковые колебания, различные по амплитуде и частоте.

На установке каталитического риформинга имеется такое технологическое оборудование как компрессоры, насосы, которые при работе создают шум. Допустимый уровень параметра шума на постоянном рабочем месте определен санитарными нормами СанПиН 2.24/2.1.8.562-93

«Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территориях жилой застройки» и не должен превышать предельно-допустимого (80 децибел) [26].

Для уменьшения влияния шума на человека необходимо установить компрессорное и насосное оборудование в отдельных помещениях. С целью защиты органов слуха, а значит и нервной системы, в соответствии с ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация» [27], применять следующие средства: противοшумные наушники, вкладыши, шлемы, каски и т.д, также обеспечивать контроль уровней шума на рабочих местах не реже одного раза в год.

Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

Опасность и вредность работы на установке обусловлена применением вредных и токсичных продуктов: топливного газа, нестабильного катализата, нестабильного бензина и т.д.

На установке ведется процесс подогрева в печи за счет сгорания топливного газа. Опасность процесса заключается в выделении влаги, газа и паров вредных веществ.

Таблица 24 – Показатели токсичности (ГОСТ 12.1.005-88) [23]

Наименование вещества	Класс опасности в соответствии с ГОСТ	Температура самовоспламенения, °С	Концентрационный предел		Характеристика токсичности (воздействие на органы человека)	ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений в соответствии с ГОСТ
			Нижний предел	Верхний предел		
Топливный газ	4	460	1,3	28,6	Вызывает паралич ЦНС	100 мг/м ³

Индивидуальные средства защиты

Для работы с вредными условиями труда, связанными с агрессивными средами, загрязнениями, повышенными температурами, влажностью, рабочим установкой в соответствии с ГОСТом 12.4.034-85 [28] выдается спец. одежда, спец. обувь и другие средства индивидуальной защиты.

1. Для защиты рук от воздействия вредных и агрессивных сред применяются рукавицы или голицы с кислотостойкой пропиткой.
2. Для защиты головы – каски защитные типа «Труд».
3. Для защиты органов дыхания используют противогазы и респираторы.
4. Для предохранения кожи открытых частей тела от производственных вредностей необходимо применять защитные мази.
5. Для работы внутри технологического оборудования в обязательном порядке использовать только шланговые противогазы. Каждый противогаз за

обслуживающим противогазом закреплен индивидуально.

Повышенный уровень статического электричества

Статическое электричество – совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности или в объеме диэлектриков или не изолированных проводниках (ГОСТ 12.1.018-93).

Все части технологического оборудования, которые поводят статическое электричество, необходимо заземлить согласно ГОСТ 12.4.124-83 [29].

Средства индивидуальной защиты в зависимости от назначения в соответствии с ГОСТ 12.4.124-83:

1. Специальную одежду антиэлектростатическую;
2. Средства защиты рук антиэлектростатические;
3. Специальную обувь антиэлектростатическую;
4. Предохранительные приспособления антиэлектростатические (браслеты и кольца).

5.3 Экологическая безопасность

Одной из важнейших проблем нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности является проблема охраны производственной и окружающей среды.

1. Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы): Среди загрязнений воздушной среды выбросами НПЗ основными являются углеводороды и сернистый газ.

2. Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы): Отходы НПЗ, попадая в водные объекты, отрицательно влияют на качество воды и санитарные условия жизни и водопользования населения, нанося этим и экономический ущерб народному хозяйству. Это связано с особенностями поведения веществ, сбрасываемых со сточными водами НПЗ в водоемы, и,

прежде всего нефти.

Нефти и нефтепродукты, сбрасываемые со сточными водами: сырая нефть, мазут, бензин, керосин, бензол, толуол, ксилол, этилен.

3. Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы): В настоящее время количество промышленных выбросов, поступающих в биосферу, превышает в десятки и сотни раз уровень некоторых веществ, естественно циркулирующих в ней. Почва служит резервуаром, в котором загрязнения могут накапливаться в большом количестве. Загрязнение почвенного покрова происходит в результате адсорбции атмосферных выбросов, складирования и захоронения отходов производств.

Накапливаются такие выбросы, как углеводороды, нефти оксиды азота, серы, фенол, аммиак, а также тяжелые металлы, вымываемые снегом из атмосферы.

Исследования почвы в районах размещения предприятий нефтепереработки и нефтехимии показали, что она загрязняется нефтепродуктами и выбросами этих предприятий в радиусе до 3-х км, и глубиной до 60-80 см.

Таким образом, Яйский нефтеперерабатывающий завод оказывает неблагоприятное воздействие на все объекты окружающей среды – атмосферный воздух, водные объекты, почву, загрязняя их отходами своего производства [42].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Возможные чрезвычайные ситуации, которые может инициировать объект исследования:

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

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

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

Во избежание возникновения пожара в офисе следует соблюдать следующие правила:

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

- в каждом офисе должен быть представлен план эвакуации из здания.

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

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

Возможные чрезвычайные ситуации при внедрении данного исследования в производство:

- техногенного характера (аварийная ситуация);
 - социального характера (террористический акт);
 - стихийного характера (лесные пожары, наводнения, ураганные ветры).
- Также наиболее типичной ЧС будет являться ситуация техногенного характера, теоретически вызванная выходом из строя приборов, самовозгоранием, пожаром на производстве.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров. В каждой аудитории должна быть составлена инструкция по пожарной безопасности, в которой указываются обязанности каждого работника по предупреждению пожаров и принятию необходимых мер к быстрой их ликвидации. Мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций согласно ГОСТу 22.0.04-97[30]:

- систематическая диагностика оборудования;
- обслуживание и ремонт вентиляторов, вытяжных шкафов, осветительных приборов;
- наличие современных сигнализаций и приборов контроля в помещении для исследования;
- систематический инструктаж персонала;

- планы поддержания рабочего состояния лаборатории после чрезвычайной ситуации или катастрофы;
- план реагирования в случае террористических действий.

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

Вывод по разделу

В данном разделе выпускной квалификационной работы был кратко описан объект исследования. А также рассмотрены:

- Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения специальные правовые нормы трудового законодательства, организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны;
- Производственная безопасность при разработке проектного решения, а точнее анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов;
- Экологическая безопасность защита селитебной зоны анализ воздействия объекта на атмосферу(выбросы), анализ воздействия объекта на гидросферу(сбросы), анализ воздействия объекта на литосферу(отходы), разработать решения по обеспечению, экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

Непосредственно для предприятия и работников установки:

Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения, для людей, местности, окружающей среды, работников завода.

Заключение

Процесс каталитического риформинга - это один из важнейших процессов нефтеперерабатывающей промышленности, который используется для производства компонентов автомобильных бензинов, а также индивидуальных ароматических углеводородов из низкооктановых потоков.

Математическая модель процесса каталитического риформинга бензиновых фракций с непрерывной регенерацией катализатора является мощным инструментом для управления промышленным процессом: с ее помощью можно проводить оптимизацию технологического режима для выполнения производственной задачи при минимальных эксплуатационных затратах в условиях переменного углеводородного состава перерабатываемого сырья.

В работе выполнено исследование количественного влияния основных управляющих параметров процесса каталитического риформинга с непрерывной регенерацией катализатора (температуры, объемной скорости подачи сырья, давления, кратности циркуляции водородсодержащего газа) на качество и количество получаемого риформата.

В соответствии с полученными результатами можно сделать вывод о том, что, использование математической модели позволяет избежать избыточного запаса по качеству продукта, сократив тем самым затраты на его производство.

Оптимальная рекомендуемая температура на входе в реактор для получения требуемого октанового числа 102 пункта, лежит в интервале 448,5-505,5°C.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кондрашева Н.К., Кондрашев Д.О., Абдульминев К.Г. Технологические расчеты и теория каталитического риформинга бензина. – Уфа: ООО «Монография», 2008. – 160с.
2. Патент №2163588 (RU). МПК C07C2/62. Способ получения углеводородной фракции, предназначенной для использования в моторах; авторы Свен Ивар ХОММЕЛЬТОФТ.; патентообладатель ХАЛЬДОР ТОПСЕЭ А/С; дата подачи заявки: 1995.12.01; дата публикации патента: 2001.02.27.
3. Маслянский Г.Н., Шапиро Р.Н. Каталитический риформинг бензинов. Химия и технология. Л.: Химия, 1985. — 213 с.
4. Мирошникова Д.Н., Леденёв С.М. Совершенствование процесса каталитического риформинга бензиновой фракции//Успехи современного естествознания. – 2010. – №1 – 162с.
5. О.Ф.Глаголевой и В.М.Капустина Технология переработки нефти. В двух частях. Ч.1. Первичная переработка нефти.// М.: Химия, Колосс. - 2005. – С.400.
6. Ахметов С.А., Ишмияров М.Х., Кауфман А.А. Технология переработки нефти, газа и ТГИ. – П.: Недра, 2009. – 832 с. 7. Эрих В.Н., Расина М.Г. Химия и технология нефти и газа. Л.: Химия, 2010. – 368 с.
7. Стась, Н. Ф. Справочник по общей и неорганической химии: учеб. пособие для прикладного бакалавриата / Н. Ф. Стась. - 4-е изд. - М.: Изд-во Юрайт, 2018. – 92 с.
8. Капустин, В. М. Технология переработки нефти. Деструктивные процессы /В. М. Капустин, А. А Гуреев. – Москва: издательство КолосС. – 2008. – 334 с.
9. Владимиров А.И. Установки каталитического риформинга. – М.: Нефть и газ, 1993, 60с.

10. В. М. Капустин, С. Г. Кукес, Р. Г. Бертолусини. Нефтеперерабатывающая промышленность США и бывшего СССР. М., Химия, 1995. — 304 с.
11. С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов; Под ред. С. А. Ахметова. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие. — СПб.: Недра, 2006, 868 с.
12. Мирошникова Д.А., Леденёв С.М. Совершенствование процесса каталитического риформинга бензиновой фракции. Волгоград: успехи современного естествознания, №1, 2010.
13. Круценко А. А., Борисов А. А., Соловьев В. А. Моделирование режимов работы блока стабилизации установки каталитического риформинга. Вестник ТОГУ. № 4(27). 2012.
14. Джембекова А.М., Щербатов И.А. Управление процессом каталитического риформинга на основе экспертной информации. Томск: Системы. Методы. Технологии, № 4 (24), 2014.
15. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. – Уфа: Гилем, 2002 – 672 с.
16. Чеканцев Н.В., Иванчина Э.Д., Чузлов В.А., Куртуков В.А. Оптимизация состава перерабатываемого сырья на установках каталитического риформинг бензинов и изомеризации пентангексановой фракции с использованием комплексной математической модели «HYSYS IZOMER ACTIV». Томск: Фундаментальные исследования №8, 2013.
17. Смидович Е.В. Технология переработки нефти и газа. Часть вторая. М., «Химия», 1968.
18. Левинбук М.И., Каминский Э.Ф. «О некоторых проблемах российской переработки» // Химия и технология топлив и масел. – 2000. – №2. – с.6-11.
19. А.В. Кравцов, Э.Д. Иванчина, Е.С. Шарова, Н.В. Чеканцев, Д.С. Полубоярцев «Компьютерное прогнозирование работы промышленных

катализаторов процессов риформинга и изомеризации углеродов бензиновой фракции» Издательство Томский политехнический университет 2010г. 59-70с.

20. Гаврикова Н.А., Тухватулина Л.Р., Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Шаповалова Н.В. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

21. Рыжакина Т.Г. Экономика и управление производством. Расчет экономической части дипломного проекта: методические указания для студентов, обучающихся по химическим специальностям Института дистанционного образования. Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 22 с.

22. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

23. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

24. ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

25. ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества.

26. СанПиН 2.24/2.1.8.562-93. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территориях жилой застройки.

27. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

28. ГОСТ 12.4.034-85. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка.

29. ГОСТ 12.4.124- 83 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические

требования" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 27 января 1983 г. N 428).

30. ГОСТ 22.0.04-97 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Биолого-социальные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.

Биолого-социальные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.