

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 18.03.01. Химическая технология
 Отделение школы Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование работы промышленной установки каталитического риформинга методом математического моделирования

УДК 665.644.4:519.876

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Шалина В.В.		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01. «Химическая технология»
(Химическая технология подготовки и переработки нефти и газа)
 Отделение школы Отделение химической инженерии

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д7Г	Шалиной Виктории Валерьевне

Тема работы:

Исследование работы промышленной установки каталитического риформинга методом математического моделирования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.01.2022 г., №28-91/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2022 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – промышленная установка каталитического риформинга бензинов, производительность 1000 тыс.тонн/год. Технологические режимы, составы сырья и риформата.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Теоретические основы процесса каталитического риформинга бензинов. Обзор катализаторов процесса. Обзор вариантов технологического и реакторного оформления процесса. Современные методы и пути повышения эффективности процесса каталитического риформинга бензинов. 2 Объект и метод исследования. 3 Экспериментальная часть. Мониторинг активности промышленного катализатора процесса риформинга. Исследование состава перерабатываемого сырья и технологических параметров на качественные и количественные показатели производимого риформата. Прогнозные исследования активности катализатора.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Кашук Ирина Вадимовна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>14.04.2022 г.</p>
--	----------------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-2Д7Г	В.В. Шалина		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 109 с., 19 рис., 33 табл., 30 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: каталитический риформинг, катализатор, активность, математическое моделирование, оптимизация, прогнозирование.

Объектом исследования является промышленный процесс каталитического риформинга.

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

В ходе работы проводился мониторинг работы промышленной установки каталитического риформинга, оценка влияния технологического режима и состава перерабатываемого сырья. Выполнены расчеты по оптимизации работы промышленной установки с учетом качественных и количественных характеристик риформата, а также прогнозные исследования активности катализатора.

В результате проведенных исследований были сформулированы рекомендации по оптимизации промышленного процесса, которые помогут технологам повысить эксплуатационные характеристики, а также могут быть применены и на других крупнотоннажных установках риформинга на различных НПЗ.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА БЕНЗИНОВ	
1.1. Понятие каталитического риформинга бензиновых фракций.....	9
1.2 Типы установок риформинга бензиновых фракций.....	15
1.3 Катализаторы риформинга бензинов.....	21
ГЛАВА 2. ПРАКТИКА РИФОРМИНГА БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ	
2.1. Пути повышения эффективности катализаторов риформинга.....	28
2.2. Моделирование процесса каталитического риформинга.....	40
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
3.1 Оптимизация процесса риформинга на основе математического моделирования.....	49
3.1.1 Мониторинг сырьевого цикла работы промышленной установки.....	51
3.1.2 Исследование влияния состава сырья.....	53
3.1.3 Исследование влияния режимов.....	55
3.1.4 Прогнозирование работы установки риформинга.....	56
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	60
4.1 Анализ конкурентных технических решений.....	60
4.2 Планирование научно–исследовательских работ Структура работ в рамках научного исследования.....	66
4.3 Бюджет научно–технической разработки.....	72
4.3.3 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	73
4.3. 4 Основная заработная плата исполнителей работы.....	74
4.3.5 Дополнительная заработная плата исполнителей работы.....	75
4.3.6 Накладные расходы.....	76
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной,	77

социальной и экономической эффективности исследования.....	
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	83
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	85
5.2 Производственная безопасность.....	86
5.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	87
5.4 Основные мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных производственных факторов.....	90
5.5 Пожароопасность.....	95
5.6 Экологическая безопасность.....	96
5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	101
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	103
Приложения.....	106

ВВЕДЕНИЕ

Каталитический риформинг является ключевой технологией в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. В последние годы в риформинге со стационарным слоем катализатора была выдвинута и реализована новая концепция согласования активности катализатора со сложностью реакции.

На основе уравнения-ориентированного метода построена стационарная модель реакторно-регенераторного участка противоточного непрерывного риформинга, включающая модуль реактора, модуль регенератора, модель компрессора, модель теплообменника, модель нагревательной печи и модель свойств нефти.

Проблема оптимизации процесса каталитического риформинга бензина с целью увеличения выхода целевого продукта более чем актуальна в России, где доля риформатов в общем объеме бензинового фонда превышает 50%об

Совершенствование каталитического риформинга включает несколько основных направлений:

- разработка более активных и селективных катализаторов;
- модернизация промышленного оборудования;
- оптимизация технологического режима процесса.

В последнее время в научной литературе вопросы каталитического риформинга методом математического моделирования обсуждаются достаточно часто. Эти и другие важные положения будут рассмотрены в данной работе.

Объект исследования – процесс каталитического риформинга бензиновых фракций.

Предметом исследования являются направления совершенствования процесса каталитического риформинга бензинов варианты повышения его эффективности.

Цель исследования – исследование и оптимизация промышленного

процесса каталитического риформинга бензинов с применением компьютерной моделирующей системы.

Для достижения обозначенной цели были поставлены следующие задачи исследования:

1. Определить понятие каталитического риформинга и типы установок риформинга бензиновых фракций;
2. Рассмотреть варианты технологий процесса каталитического риформинга бензинов и основное технологическое оборудование промышленных установок данного процесса;
3. Исследовать оптимизацию процесса риформинга на основе математического моделирования;
4. Сформулировать направления совершенствования процесса риформинга бензинов, варианты повышения его эффективности для конкретной промышленной установки ЛЧ-35-11/1000.

В процессе исследования были применены следующие общенаучные и специальные методы исследования:

- метод системного анализа;
- сравнительный метод;
- метод математического моделирования.

Работа, в соответствии с выделенными задачами исследования, структурно состоит из трех глав: «Теоретические основы процесса каталитического риформинга бензинов», «Практика риформинга бензиновых фракций» и «Исследование работы промышленной установки каталитического риформинга методом математического моделирования», введения, заключения и библиографического списка, а также содержит разделы «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение».

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА БЕНЗИНОВ

1.1. Понятие каталитического риформинга бензиновых фракций

Процессы переработки нефти и нефтяных фракций являются ключевыми процессами для нефтеперерабатывающих заводов за счет производства продуктов, которые интенсивно востребованы в нашей современной жизни. Каталитический крекинг, гидрокрекинг, висбрекинг и многие другие процессы позволяют производить высококачественные продукты и сырьё, которое используется в дальнейшем для получения важных соединений. В зависимости от типа сырья каталитический риформинг делят на: риформинг, в котором используют легкие фракции нефти (углеводороды C5 и C6), кипящие от 30 °C до 90 °C и риформинг тяжелой фракции нефти (углеводороды C7-C9), которые кипят при температуре от 90 °C до 200 °C [1-2].

Процесс риформинга хорошо известен в нефтяной промышленности и относится к обработке бензиновых фракций для улучшения характеристик антидетонации. Она представляет собой фракцию, кипящую в промежутках 85-180 °C. Эта сложная смесь состоит из молекул углеводородов с 5-12 атомами углерода, в основном включающих парафины, олефины, нафтены и ароматические соединения. Каталитический риформинг идет при повышенной температуре (450-520 °C) и умеренном давлении (4-30 бар). Парафины также подвергаются дегидроциклизации с образованием ароматических соединений. Другими важными реакциями являются гидрогенолиз и гидрокрекинг, которые приводят к образованию низкомолекулярных парафинов и кокса, которые в конечном итоге дезактивируют катализатор [2].

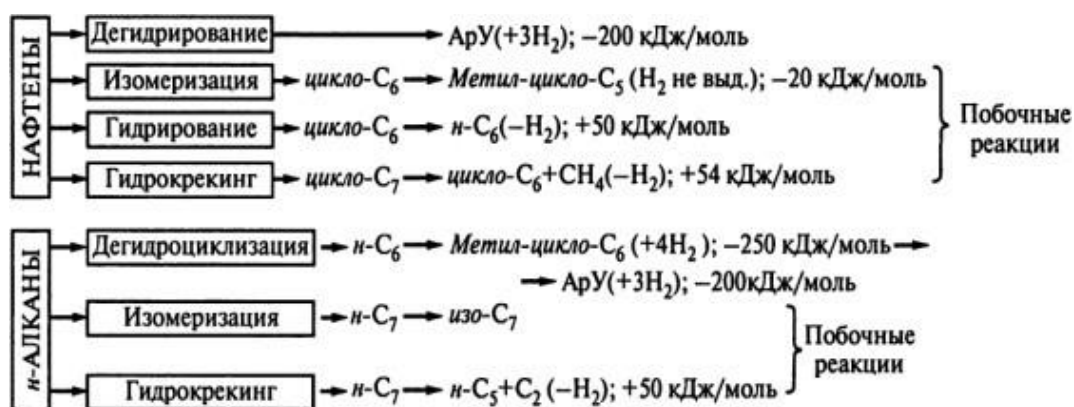


Рисунок 1 - Реакции, протекающие во время риформинга [7]

В блоке реакции-регенерации противоточного непрерывного процесса риформинга имеется четыре реактора, регенератор, компрессор, теплообменник, четыре нагревательные печи, разделительный бак риформинга и система очистки водорода. Рециркулируемый водород из резервуара сепаратора высокого давления сжимается компрессором рециркуляционного водорода и смешивается с сырьем для риформинга из секции предварительной обработки в качестве сырья для риформинга. Сырье обменивается теплом с продуктами в теплообменнике, а затем по очереди поступает в каждый реактор риформинга. Перед подачей в каждый реактор материал необходимо нагреть в нагревательной печи перед реактором, чтобы достичь определенной температуры реакции. Высокотемпературная нефть и газ из четвертого реактора обмениваются теплом с сырьем для риформинга, затем охлаждаются воздушным охладителем, и, наконец, войдите в резервуар разделения пара и жидкости.

Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность важны, потому что они обеспечивают энергию и химикаты, особенно транспортное топливо и сырье, органические химические материалы. Разработка моделирования процессов для этих процессов, связанных с нефтью,

обеспечит лучшее управление работой завода и приведет к большей экономической выгоде. Технология моделирования процессов возникла на основе первой системы моделирования процессов Flexible Flowsheet, успешно разработанной Kellogg. На сегодняшний день система моделирования процессов прошла четыре поколения развития, от исходного объекта моделирования в основном для переработки легких углеводородов до постепенного развития объекта моделирования для двухфазного процесса газ-жидкость и трехфазного процесса газ-жидкость-твердое тело. В 1990-х годах моделирование объединило стационарные и динамические технологии и широко использовалось в конструкторских, исследовательских и производственных отделах. Типичное коммерческое программное обеспечение для моделирования технологических процессов включает Aspen plus, PRO/II, ChemCAD, Petro-Sim и VMG-Sim[2, с. 61].

Вход и выход каждого модуля соединены в соответствии с реальным технологическим процессом, а модель соответствует требованиям оптимизации в реальном времени (RTO). Модель калибруется, чтобы расчетное значение больше соответствовало фактическому значению. Моделирование модели показало тенденцию реакции риформинга и разницу между противоточным риформингом и прямоточным риформингом[25, с. 129]. Наконец, модель процесса была оптимизирована для различных целей, таких как выход ароматических углеводородов, выход высокооктанового бензина и выход углерода. Эти результаты показывают, что созданная модель может имитировать реальный промышленный процесс, который может соответствовать требованиям RTO, и получать значительную прибыль для различных целей оптимизации.

Для сравнения также был смоделирован прямоточный процесс риформинга. Направление потока катализатора было изменено, чтобы соответствовать направлению потока материала, без изменения количества

загрузки катализатора в каждый реактор, и было получено отложение кокса на катализаторе при прямоточном каталитическом риформинге.

В процессе прямоточного риформинга катализаторы в первом и втором реакторах обладают высокой активностью из-за меньшего отложения кокса на катализаторах, чем в процессе противоточного риформинга, и легко протекают основные реакции риформинга, такие как циклизация дегидрирования алкана и дегидрирование циклоалканов, ароматизация.

В третьем и четвертом реакторах из-за снижения активности катализатора и увеличения отложения кокса нагарообразование катализатора на выходе из четвертого реактора больше, чем в противоточном процессе. Однако в реальном прямоточном процессе риформинга первый реактор имеет наименьшую загрузку катализатора, а четвертый реактор имеет наибольшую загрузку катализатора, что приведет к большей разнице в отложении каталитического кокса между четырьмя реакторами. В результате противоточный непрерывный процесс риформинга может сделать активность катализатора и сложность реакции более подходящими.

В модуле регенератора реакция горения в основном происходит на первой ступени регенератора, а оставшиеся отложения кокса на катализаторе удаляются на второй ступени регенератора для обеспечения полного восстановления активности катализатора. Из-за избыточной мощности конструкции регенератора коксовые отложения, образующиеся в результате либо противоточного непрерывного риформинга, либо прямоточного непрерывного риформинга, могут быть полностью сожжены.

Для промышленных процессов оптимизация в основном включает повышение селективности или выхода продукта и достижение максимальных экономических выгод, основанных на составе сырья и рыночном спросе, при условии соблюдения показателей продукта. Оптимизацию можно разделить на офлайн-оптимизацию и онлайн-оптимизацию [41]. Особенность онлайн-

оптимизации заключается в том, что устройство можно поддерживать в оптимальном состоянии длительное время для достижения более глубокой оптимизации.

Важной целью процесса непрерывного риформинга является получение основных органических материалов, таких как бензол, толуол и ксилол. При этом в качестве целевой функции оптимизации задается выход ароматических соединений. Еще одним важным целевым продуктом непрерывного риформинга является получение высокооктановых бензинов. При этом в качестве целевой функции оптимизации задается выход высокооктанового бензина.

В реальных операциях противоточного риформинга рабочими параметрами, которые могут быть изменены, в основном являются температура на входе в четыре реактора, молярное соотношение Н/С, а также температура на входе и содержание кислорода в газе регенерации. Ограничения включают отложение кокса на катализаторе на выходе из первого реактора, отложение кокса на катализаторе на выходе из регенератора, содержание кислорода в газе на входе в регенератор, количество пара, потребляемого компрессором, и тепловую нагрузку нагревательных печей.

В пределах верхнего и нижнего пределов рабочих условий температура на входе в реактор не должна быть слишком высокой из-за предела отложения кокса, температура на входе не должна быть слишком низкой, чтобы обеспечить определенную конверсию, а верхний предел Н/ Мольное соотношение С должно учитывать верхний предел потребления пара компрессором. Верхний предел температуры газа на входе и содержания кислорода в регенераторе должен обеспечивать, чтобы температура горячей точки в регенераторе не была слишком высокой.

В существующих условиях эксплуатации выход ароматических

углеводородов увеличивается на 0,99%, когда целевой функцией является выход ароматических углеводородов, а выход бензина увеличивается на 1,63%, когда целевой функцией является выход бензина с высоким октановым числом. Приняв в качестве цели выход ароматических соединений C 7 + , выход увеличился на 0,74%, в то время как выход ароматических соединений также увеличился на 0,94%. Таким образом, экономическая выгода от улучшения значительна.

По результатам оптимизации изменение рабочих условий для улучшения выхода ароматических соединений в основном связано с повышением температуры на входе в реактор. В соответствии с механизмом реакции образования ароматических соединений повышение температуры благоприятно для реакции дегидроциклизации алкана и реакции дегидрирования циклоалкана, что может улучшить выход ароматических соединений.

Ограничивающим условием при оптимизации выхода бензина является в основном октановое число, так как большая часть прироста выхода бензина приходится на фракции C 10+ и вклад этих компонентов в октановое число не очень велик, что приведет к падению октанового числа бензина. количество.

На основе метода ЭО построена модель реакционно-регенерационного участка противоточного непрерывного риформинга, включающая модуль реактора и модуль регенератора, связанные с моделью газожидкостной сепарации, моделью нагревательной печи, моделью компрессора и Модель теплообменника.

1) В зависимости от времени, необходимого для калибровки модели, расчета моделирования и оптимизации процесса, установленная модель процесса может соответствовать требованиям RTO.

2) Калибровка модели может привести рассчитанные значения модели в

лучшее соответствие с фактическими значениями.

3) Результаты оптимизационных расчетов показывают, что задание разных целевых функций может привести к разным результатам оптимизации. Полученные результаты оптимизации соответствуют механизму реакции риформинга, который может быть установлен для различных производственных планов в соответствии с рыночным спросом.

1.2. Типы установок риформинга бензиновых фракций

Технологическое оформление процесса каталитического риформинга определяется по способу проведения регенерации катализатора. Подавляющее большинство установок риформинга описывают тремя разновидностями технологий: полурегенеративный, циклический и процесс с непрерывной регенерацией катализатора.

Технологические параметры работы установок риформинга по полурегенеративному варианту: давление- от 1.3 до 3.0 МПа, температура- от 480 до 530°C, октановое число (ИОЧ) колеблется от 94 до 100, выход риформата от 80 до 88% масс. Межрегенерационный цикл работы катализатора составляет от года до трех лет.

Первая установка запущена по лицензии фирмы ЮОП в 1971 году, в 1983 году эксплуатировалось 35 установок, а в настоящее время работает 163 установки (в том числе 40 с давлением 0,35 МПа) по лицензии ЮОП и 56 установок по лицензии Французского института нефти.

Таблица 1 – Классификация промышленных установок риформинга

Периодическая регенерация	Циклическая регенерация	Непрерывная регенерация
Платформинг (ЮОП)-600 установок Магнаформинг (Энгельгард) – 150 Ренийформинг (Шеврон) – 70 ФИН – 60 Ленгипронефтехим – 100	Пауэрформинг (Эксон) – 100 Ультраформинг – 151	CCR-ЮОП – 163 CCR- ФИН – 56
P = 1,3-3,0 МПа ИОЧ = 94-100 Цикл - 1-3 года	P = 0,9-2,1 МПа ИОЧ = 95-103 Цикл – 5-40 суток количество регенераций – до 600	P = 0,35-0,9 МПа ИОЧ = 102-104 количество регенераций – свыше 500

Нефть и газ вносят жизненно важный вклад в удовлетворение мировых энергетических потребностей. Сегодня на них приходится более половины общемирового потребления первичной энергии. Существует ограниченное количество практических альтернатив топливу на основе нефти для транспорта — самого быстрорастущего энергетического сектора. Во многих случаях нефть и природный газ являются самыми дешевыми видами топлива в промышленности, жилищном секторе и секторе услуг, а также в производстве электроэнергии и являются важным сырьем для широкого спектра промышленных и потребительских товаров.

Спрос на нефть и газ, а также на все другие источники энергии будет продолжать расти. В своем последнем обзоре мировой энергетики Международное энергетическое агентство прогнозирует, что глобальный спрос на первичную энергию вырастет более чем наполовину в период с 2004 по 2030 год в Базовом сценарии, предполагающем отсутствие изменений в государственной политике. Нефть и газ по-прежнему доминируют в мировом энергетическом балансе, их доля в общем объеме потребления первичной

энергии несколько снизилась с 56 до 55 процентов. Использование современных возобновляемых технологий, включая гидро-, солнечную, геотермальную и ветровую энергию, быстро расширяется, но их совокупная доля в мировом спросе на энергию достигает лишь 5 процентов в 2030 году, поскольку они начинаются с низкой базы. Более 70 процентов прогнозируемого увеличения общего спроса на энергию приходится на развивающиеся страны, где экономическая активность и население растут быстрее всего.

Углеводороды будут оставаться важными для глобального экономического развития и процветания в ближайшие десятилетия. Удовлетворение растущего спроса на энергию необходимо согласовать с целями энергетической безопасности и защиты окружающей среды, однако нефтегазовая промышленность продолжает вкладывать значительные средства в дальнейшее повышение энергоэффективности своих собственных операций, сокращение отходов и помощь конечным потребителям в использовании меньшего количества топлива. Остается значительный потенциал для повышения эффективности. Это демонстрирует Альтернативный сценарий политики МЭА, который предполагает, что все политики в области энергетической безопасности и климата, которые в настоящее время рассматривают правительства во всем мире, полностью реализованы. Глобальные выбросы CO₂ сократятся на 16 % в 2030 году по сравнению с Базовым сценарием, при этом повышение энергоэффективности обеспечит почти 80 % предотвращенных выбросов.

Повышение энергоэффективности — это не то же самое, что энергосбережение, которое, строго говоря, относится к меньшему потреблению данной энергетической услуги и, следовательно, к меньшему потреблению энергии, необходимой для ее предоставления. Примеры включают в себя выключение света при выходе из комнаты или ходьбу на

короткие расстояния вместо вождения. В тех случаях, когда энергетическая услуга тратится впустую или представляет небольшую ценность для человека или бизнеса, получающего от нее выгоду, ее сохранение может принести реальные экономические и социальные выгоды. Но отказ от энергетических услуг, которые имеют решающее значение для экономической деятельности или уровня жизни, может сдерживать экономическое развитие и снижать социальное благосостояние.

Нефтегазовая промышленность имеет сильный финансовый стимул к экономии энергии из-за большой доли энергии в общих затратах на эксплуатацию ее объектов. Промышленность также стремится вести себя социально ответственно, особенно в отношении воздействия использования энергии на окружающую среду, и стратегически заинтересована в продлении срока службы своих крупных, но ограниченных ресурсов. Однако эти инвестиции не всегда в полной мере отражаются в тенденциях энергоемкости поставок нефти и газа, измеряемой количеством энергии, необходимой для поставки данного количества нефти или газа потребителям.

Нефтепереработка является наиболее энергоемким звеном цепочки создания стоимости, на нее приходится около половины всей энергии, потребляемой нефтегазовой отраслью в целом. Нефтеперерабатывающий газ (побочный продукт процессов нефтепереработки), мазут и природный газ являются основными видами топлива, используемыми на нефтеперерабатывающих заводах.

Несколько факторов способствуют более высокой энергоемкости нефтепереработки, компенсируя часть повышения эффективности за счет новых инвестиций. Более строгие стандарты нефтепродуктов, таких как дизельное топливо с низким содержанием серы, растущий спрос на более легкие продукты и более тяжелые нефтяные сланцы ⁸ вынуждают нефтепереработчиков увеличивать вторичную переработку и конверсию

тяжелых остатков. Внедрение улавливания и хранения углерода на нефтеперерабатывающих заводах, помогая компенсировать увеличение выбросов, также значительно повысит потребление энергии.

Сырая нефть сегодня является основным источником энергии для транспортных средств во всем мире, а также источником для производства широкого спектра химических продуктов. Ежедневно на нефтеперерабатывающих заводах перерабатывается более 85 миллионов баррелей сырой нефти. Сырая нефть представляет собой сложную смесь углеводородов, основными компонентами которой являются углерод (С) и водород (Н). Состав С и Н варьируется между 83-87 мас.% в С и 10-14 мас.% в Н соответственно. В сырой нефти присутствуют сотни углеводородных соединений, начиная от простейших, метана, и заканчивая тяжелыми соединениями, содержащими 300 и более атомов углерода. Основными типами углеводородов в сырой нефти являются парафиновые, нафтеновые и ароматические. Помимо углерода и водорода, сырая нефть также содержит низкие концентрации серы (0-5 мас.%), азота (0-1 мас.%), кислорода (0-2 мас.%) и металлов (0-0,1 мас.%), в основном железа, никель, хром и ванадий. Состав и свойства сильно зависят от происхождения сырой нефти.

Сырая нефть после перекачки транспортируется на нефтеперерабатывающий завод, технологический завод по производству топлива, такого как бензин и дизельное топливо, и химических промежуточных продуктов, таких как пропилен. Сырая нефть сначала подвергается дистилляции при атмосферном или пониженном давлении, чтобы разделить ее на потоки и получить нефтяные фракции, используемые в последующих процессах переработки. На нефтеперерабатывающем заводе помимо ректификационных колонн используется множество каталитических процессов, направленных на повышение выхода и свойств продукта.

К ним относятся: риформинг, изомеризация, гидропереработка,

алкилирование и каталитический крекинг. Основными продуктами переработки являются бензин и дизельное топливо. Бензин, представляющий собой смесь многих нефтеперерабатывающих заводов, представляет собой легкое топливо с высоким октановым числом, соответствующей летучестью и диапазоном перегонки, что облегчает его сгорание в двигателе внутреннего сгорания. Дизельное топливо представляет собой среднестиллятное топливо с соответствующими свойствами (например, высоким цетановым числом) для использования в двигателях внутреннего сгорания. Помимо автомобильного топлива, на НПЗ также производятся другие виды топлива, такие как топливо для бытовых нужд и промышленное топливо со стандартными характеристиками.

Катализ играет решающую роль на нескольких этапах производства топлива. Многие каталитические процессы необходимы для преобразования сырой нефти в конечные коммерческие продукты со строго определенными спецификациями. Около 30 % общего количества катализаторов, производимых промышленностью, расходуется в процессах нефтепереработки.

Сырая нефть сначала обрабатывается для удаления растворенных солей (в основном хлорида натрия), а затем предварительно нагревается в печи при заданной температуре от 370 до 400°C. Горячая и частично испарившаяся нефть «испаряется» в тарельчатой дистилляционной колонне, где она разделяется на более легкие фракции и остаток.

Физическое разделение нефтеперегонки осуществляется при атмосферном давлении или, точнее, при несколько более высоком давлении, чем атмосферное (1,3 бар). Нижняя часть атмосферной колонны далее перерабатывается в вакуумной дистилляционной колонне, работающей при пониженном давлении (5-10 мм рт. ст.) для облегчения выделения более тяжелых соединений без нагревания при высоких температурах,

вызывающих термическое разложение углеводородов. Обычно получают одну дополнительную побочную фракцию и остаток вакуумной колонны.

Продукты, полученные из атмосферно-вакуумных башен, не обладают соответствующими свойствами и характеристиками, как моторные топлива или отопительные топлива. Продукты перегонки подвергаются ряду последовательных процессов, направленных на улучшение свойств топлива и увеличение выхода продуктов, пользующихся высоким спросом на рынке. Основными процессами конверсии и фракциями, используемыми в качестве исходного сырья, это:

- Легкая нефтя, самая легкая жидкая фракция атмосферного столба, подвергается обработке для повышения октанового числа путем изомеризации.

- Тяжелая нефтя, второй побочный поток атмосферной колонны, подается на установку каталитического риформинга, где подвергается обработке для улучшения ее характеристик сгорания в двигателе.

- Атмосферный тяжелый газойль и вакуумный газойль составляют основное сырье установки каталитического крекинга.

- Еще одним важным блоком нефтеперерабатывающего завода является блок алкилирования, который производит бензин с использованием изобутена и смеси олефинов с 3-4 атомами углерода в качестве сырья.

- Практически все фракции либо перед их окончательной утилизацией, либо перед подачей на другие конверсионные установки подвергаются гидропереработке для удаления экологически вредных гетероатомов и улучшения их свойств.

1.3. Катализаторы риформинга бензинов

В процессе каталитического риформинга используются катализаторы, основой которых является платина, равномерно распределенная на носителе

– оксиде алюминия, промотированном хлором (в редких случаях фтором). Природа активной поверхности катализаторов риформинга базируется на модели бифункционального их действия, предложенной в 1953г. Маилсом. Диспергированная на поверхности носителя платина является катализатором реакций гидрирования-дегидрирования, а носитель – галоидированный оксид алюминия – катализатором реакций кислотно-основного типа – изомеризации, циклизации, крекинга.

Технология радиального подвижного слоя обычно используется для каталитического риформинга. В этом типе реактора частицы катализатора движутся вниз под действием силы тяжести в канале между двумя коаксиальными цилиндрами, в то время как газообразное сырье впрыскивается радиально через слой, обычно внутрь. На работу таких реакторов могут влиять возмущения, влияющие на течение твердого тела: кавитация на входе газа и заклинивание (перестает двигаться зернистый слой) на выходе газа. Основным последствием является ограничение общего перепада давления в зернистом слое. Эти явления широко обсуждались в открытой литературе [1-4]. Недавно было предложено изменить технологию реактора, чтобы упростить эксплуатацию блока и, прежде всего, увеличить мощность реактора [5]. Как следствие, для этой новой технологии необходимо пересмотреть правила проектирования реакторов. В частности, необходимо изучить движение твердого тела в этом новом типе реактора, что означает как экспериментальную характеристику, так и моделирование с помощью вычислительной гидродинамики (CFD).

Реакторы с радиальным каталитическим слоем имеют форму вертикального цилиндрического кольца, ограниченного с внутренней стороны (выход газа) внутренним экраном, удерживающим катализатор, а с внешней стороны (вход газа) либо экраном того же типа, либо устройством, состоящим из сборки экранных элементов (гребешков). Инжекция газового

сырья в новой реакторной технологии переосмыслена: множество распределительных трубок расположены внутри каталитического слоя вблизи стенки реактора. При новом типе вдувания газа можно также представить возмущения В/ между инжекционными трубами и корпусом реактора и С/ между двумя инжекционными трубами. Специальное экспериментальное устройство (девятиметровой высоты) использовалось с целью изучения трех возможных режимов возмущения, влияющих на течение твердого тела. Частицы катализатора сначала поднимаются в отстойник в верхней части макета для отделения мелкодисперсного материала. Затем твердое тело с малой скоростью ($< 10 \text{ см.с}^{-1}$) движется вниз сначала в «псевдореактор», затем в подъемную операцию для следующего циркуляционного движения. Такой макет, очевидно, идеален для оценки механической прочности твердых катализаторов (испытания на истирание).

Каталитический риформинг является ключевой технологией в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. В последние годы в противоточном непрерывном риформинге была выдвинута и реализована новая концепция согласования активности катализатора со сложностью реакции.

Для идентификации и определения улучшенных спецификаций топлива для снижения выбросов выхлопных газов были реализованы крупные проекты в США (CAAA Phase I and II) и ЕС (AUTO-OIL I и II) в сотрудничестве между автомобильной промышленностью и нефтеперерабатывающими заводами. Основным результатом этих проектов стала разработка математических моделей для прогнозирования выбросов загрязняющих веществ в зависимости от характеристик топлива (например, содержание ароматических соединений и серы, T90, давление паров и т. д.). Среди прочего, проекты США показали, что выбросы бензола связаны с общим содержанием ароматических соединений и исходным содержанием

бензола, в то время как два проекта AUTO-OIL в ЕС продемонстрировали линейную корреляцию выбросов HC и NOx с содержанием серы в топливе.

На основании всех предыдущих замечаний в последние годы были установлены новые, более жесткие требования к автомобильным топливам. Изменения начались с уменьшения содержания серы и ароматических соединений. Несомненно, уровни спецификаций топлива постоянно определяются доступной технологией на нефтеперерабатывающих заводах, которая может соответствовать этим спецификациям.

Необходимость снижения выбросов CO₂ в атмосферу становится все более актуальной. Биомасса (лигноцеллюлозное сырье, например, древесина) рассматривается в качестве альтернативного сырья для производства энергии, поскольку она является возобновляемой и нейтральной по отношению к CO₂. Топливо, полученное из биомассы (биотопливо), является альтернативным топливом для транспортного сектора. Директивы ЕС предлагают вывести на рынок топлива до 5,75% биотоплива до 2010 года. Следует отметить, что считается, что использование биодизеля способствует снижению выбросов парниковых газов не менее чем на 3,2 кг эквивалента CO₂ на каждый кг биодизеля. Другими преимуществами биотоплива (кроме того, что оно не способствует выбросу CO₂ и не содержит серы) является то, что оно ограничивает энергетическую зависимость от ископаемого топлива, одновременно помогая сельской экономике. В настоящее время продвигаются новые культивации, направленные исключительно на производство биотоплива.

Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность важны, потому что они обеспечивают энергию и химикаты, особенно транспортное топливо и сырые органические химические материалы. Разработка моделирования процессов для этих процессов, связанных с нефтью, обеспечит лучшее руководство для работы завода и приведет к большей

экономической выгоде. Технология моделирования процессов возникла на основе первой системы моделирования процессов Flexible Flowsheet, успешно разработанной Kellogg. На сегодняшний день система моделирования процесса прошла четыре поколения развития, от исходного объекта моделирования в основном для переработки легких углеводородов до постепенного развития объекта моделирования для двухфазного процесса газ-жидкость и трехфазного процесса газ-жидкость-твердое вещество.

В 1990-х годах моделирование объединило стационарные и динамические технологии и широко использовалось в конструкторских, исследовательских и производственных отделах. Типичное коммерческое программное обеспечение для моделирования технологических процессов включает Aspen plus, PRO/II, ChemCAD, Petro-Sim и VMG-Sim.

В процессе непрерывного противоточного риформинга рециркулируемый водород из системы разделения риформинга поступает в компрессор рециркуляционного водорода, который является ключевым энергетическим оборудованием процесса риформинга. Под действием компрессора переработанный водород нагнетается до заданного давления и поступает в теплообменник для повышения температуры. Чтобы точно рассчитать потребление пара компрессором и температуру рециркулируемого водорода на выходе, необходимо установить стационарную модель компрессора.

Процесс, происходящий в компрессоре рециркуляционного водорода, можно рассматривать как политропный процесс, в котором показатель адиабаты каждого вещества можно найти по справочнику термодинамических данных.

В соответствии с фактическим расходом на входе можно получить соответствующий политропический КПД и степень сжатия, если известны входное и выходное давления. Показатель политропы m h рассчитывается

исходя из соответствующей эффективности политропы и показателя адиабаты.

Температура рециркулируемого водорода на выходе из компрессора рассчитывается с учетом индекса политропы и степени сжатия. После расчета температуры на выходе индекс политропы можно откалибровать в соответствии с фактической температурой на выходе. С калиброванным индексом политропы теоретическую мощность компрессора можно рассчитать по уравнению.

Мощность на валу равна теоретической мощности, деленной на механический КПД и КПД трансмиссии. При расчете величины расхода пара необходимо рассчитать разницу его энтальпий до и после сжатия.

Температура водорода из компрессора составляет около 80 °С, а температура нефтяного сырья из раздачи предварительной обработки — около 110 °С, при этом температура газомазутной смеси на входе в нагревательную печь составляет более 400°С. Для точного расчета теплоты реакции риформинга и тепловой нагрузки нагревательной печи необходимо оценить температуру потока сырья для риформинга на входе в первую нагревательную печь. Это основная причина создания стационарной модели теплообменника.

В процессе риформинга используется пластинчатый теплообменник. Поскольку основной целью оценки является температура на выходе, предполагается, что этот процесс представляет собой противоточный процесс теплопередачи без фазового перехода. Модель построена с помощью макроскопического уравнения баланса энергии и уравнения полного теплообмена теплообменника.

Среди них значение K брутто получается путем подгонки фактической температуры на выходе из теплообменника. Октановое число является важнейшим показателем качества автомобильного бензина, а октановое

число бензинов тесно связано с его составом. Октановое число смешанных компонентов рассчитывается по уравнению.

Результаты сравнения показывают, что абсолютная ошибка предсказания модели меньше 1, а это означает, что точное октановое число может быть получено без корректировки эффективного октанового числа каждого компонента или изменения математической модели из-за большой разницы в составе масел.

Поскольку давление не слишком велико, газовую и жидкую фазы можно рассматривать как идеальный газ и идеальную жидкость соответственно. Можно сделать вывод, что погрешности между расчетным давлением пара и фактическим значением в большинстве случаев не превышают 1 кПа, что означает возможность использования оценочной модели для расчета давления пара.

Температура, при которой исчезает последняя капля пробы масла в колбе, называется точкой высыхания или точкой конца кипения фракции. Конечная точка кипения, как правило, связана только с содержанием наиболее тяжелых компонентов во фракции. Относительные погрешности между расчетной температурой конца кипения и фактическим значением составляют менее 1%.

ГЛАВА 2. ПРАКТИКА РИФОРМИНГА БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ

2.1. Пути повышения эффективности катализаторов риформинга

Катализатор риформинга нефти представляет собой бифункциональный катализатор, состоящий из металлической функции, главным образом платины, и кислотной функции, обычно хлорид алюминия. Металлическая функция катализирует реакции гидрирования и дегидрирования и активирует кислотную функцию реакции изомеризации и реакции циклизации. Для достижения оптимальной производительности катализатора риформинга нефти необходим необходимый баланс между этими функциями.

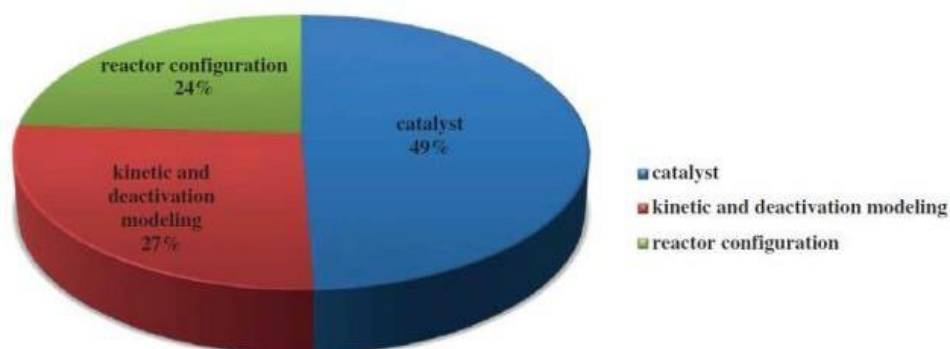


Рисунок 2 – Процент проведенных исследований в разных категориях с 1949 года по настоящее время [4](reactor configuration – конфигурация реактора, kinetic and deactivation modeling - кинетическое и дезактивационное моделирование, catalyst – катализатор)

Первый катализатор риформинга нефти, который был введен в 1949 году (рис. 2), состоял из монометаллической платины, нанесенной на оксид алюминия (Pt/Al_2O_3). Чтобы замедлить коксование для данного типа катализатора, использовалось высокое давление водорода, которое по

термодинамическим параметрам было не благоприятно. Разработка биметаллических катализаторов позволила значительно улучшить каталитическую эффективность металла. В течение 1950-х и 1960-х годов платина на катализаторах на основе оксида алюминия использовалась почти исключительно в коммерческих единицах риформинга.

Более разумным решением для моделирования и оптимизации риформинга является применение математического моделирования и проведения имитационного расчета всего процесса.

Методы последовательного математического моделирования в настоящее время являются основными алгоритмами оптимизации модели, построенной методом уравнений. Все уравнения, которые могут решать эти алгоритмы, должны быть алгебраическими уравнениями, поэтому для дискретизации дифференциальных уравнений, таких как кинетические уравнения, выбирается метод ортогональной конфигурации или метод ортогональной конфигурации конечных элементов. После создания всей модели процесса методом ЭО необходимо откалибровать модель. Основная стратегия калибровки модели заключается в калибровке кинетических параметров, чтобы расчетные значения больше соответствовали фактическим значениям. После калибровки рабочие условия процесса непрерывного противоточного риформинга могут быть оптимизированы для конкретного сырья для достижения максимальной прибыли или других целей.

На рисунке 3 представлена принципиальная схема реакционно-регенерационного участка процесса непрерывного противоточного риформинга по зарубежной технологии[11].

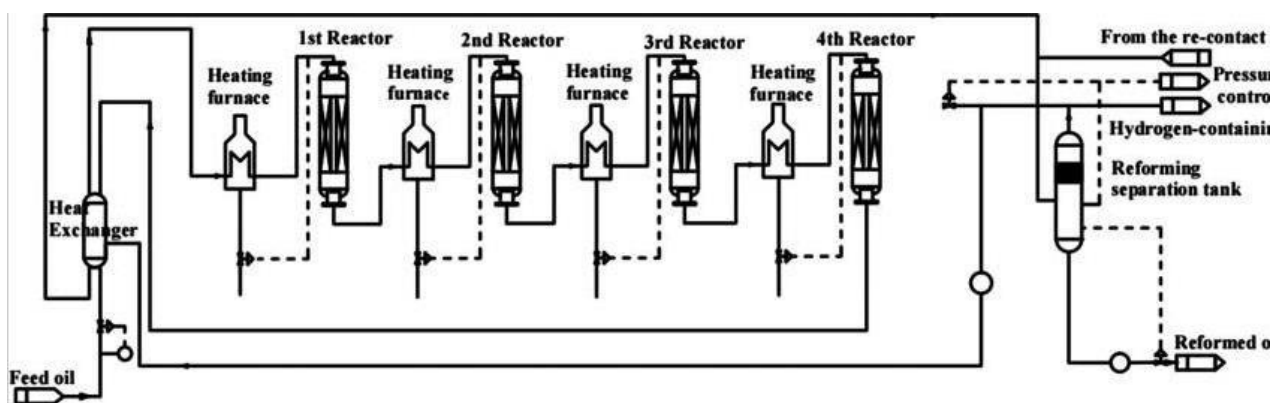


Рисунок 3 – Принципиальная схема реакционно-регенерационного участка процесса непрерывного противоточного риформинга по зарубежной технологии

Часть отделенного водородосодержащего газа, а также герметичный и повышенный водород используют в качестве рециклируемого водорода. Другая часть очищается системой очистки водорода и отправляется в качестве побочного продукта из процесса риформинга.

Противоточный непрерывный риформинг представляет собой крупномасштабный промышленный процесс. В дополнение к моделированию каждого из блоков, участвующих в упомянутом выше процессе, важно установить связь между каждым блоком. Связь между модулем реактора и модулем регенератора задается уравнением, связанным с отложением кокса на катализаторе. Отложение кокса на выходе из первого реактора такое же, как отложение кокса на входе в регенератор, а отложение кокса на выходе из регенератора такое же, как отложение кокса на входе в четвертый реактор. Вспомогательный модуль использует температуру в качестве связи между моделями, чтобы температура на выходе компрессора была такой же, как температура на входе теплообменника. и температура на выходе из теплообменника такая же, как температура на входе в нагревательную печь для первого реактора.

После соединения модулей между собой участок реакции-регенерации

процесса можно моделировать методом ЭО. Метод SQP принят для решения модели EO, поскольку он может удовлетворить требования RTO без дальнейшего ввода громоздких условий входа для каждой единицы. Между тем, используя созданную модель свойств нефти, можно оценить физические свойства риформированной нефти, такие как октановое число, давление паров, конец кипения, диапазон перегонки и плотность.

Радиальные реакторы используются для снижения перепада давления в противоточном непрерывном риформинге. Кинетическая стационарная модель с 45 кусками, разработанная Jiang et al. нашей группы был использован для моделирования реакции риформинга [29]. При нормальных рабочих условиях реакции риформинга изменение концентрации и температуры в основном происходит в радиальном направлении, а в осевом направлении мало изменений. Для удовлетворения требований оптимизации в реальном времени модель реактора упрощена до одномерной радиальной модели, поскольку скорость отложения кокса на катализаторе относительно низкая в водородной среде, а двумерная модель реактора будет заметно увеличиваться. время имитационного расчета. При построении ЭО-модели реакционного модуля необходимо смоделировать каждый радиальный реактор и определить связи между реакторами.

Катализатор течет в осевом направлении в каждом реакторе под действием силы тяжести, в то время как реагенты текут радиально в радиальном направлении. Между реакторами противоточного каталитического риформинга материал течет в направлении, противоположном направлению движения катализатора. В каждом реакторе необходимо учитывать материальный баланс, баланс количества движения и баланс тепла, поскольку реактор упрощен до адиабатической системы без тепловых потерь.

1) Материальный баланс: предполагается, что температура, давление и

молярный расход каждого компонента равномерно распределяются в определенном радиальном положении каждого реактора. Изменение молярной скорости потока в зависимости от положения показано в уравнении 1.

$$dF(j) / dr = 2\pi r L \rho_b \sum r(j) \quad (1)$$

2) Баланс импульса: без учета перепада давления в коллекторе для расчета перепада давления в реакторе используется формула Ойгена.

$$dP / dr \cdot g = 150 \cdot \frac{1 - \varepsilon^2}{\varepsilon^3} \cdot \frac{\mu U}{\Phi d_p^2} + 1.75 \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \cdot \frac{\rho_f U^2}{\Phi d_p} \quad (2)$$

3) Тепловой баланс: общее тепло реакции и удельная теплоемкость получают путем расчета соответствующих термодинамических свойств.

$$dT / dr = \frac{2\pi L \rho_b \sum r(j) H(j)}{\sum C_p(i) F(i)} \quad (3)$$

Рассмотрено влияние скорости реакции каталитической дезактивации на реакцию, и отложение кокса в реакции риформинга в основном происходит за счет дегидрирования алканов и конденсации ароматических соединений и циклоалканов.

$$r_{\text{coke}} = \exp\left(k_{0,\text{coke},N} - \frac{E_N}{RT}\right) \frac{P_N P_A}{P_H^2} + \exp\left(k_{0,\text{coke},P} - \frac{E_P}{RT}\right) \frac{P_P}{P_H} \quad (4)$$

В методе ортогональных коллокаций в качестве пробной функции функции аппроксимации используется интерполяционный полином

Лагранжа, а в качестве точки коллокации используется корень полинома Лежандра. Поскольку внутренняя невязка $R(\tau)$ равна нулю в точке коллокации или граничной точке, дифференциальные уравнения и граничные условия преобразуются в алгебраические уравнения с параметрами, а затем решаются алгоритмом SQP.

$$R(\tau) = \sum_{i=0}^K Z_i \delta_i - f(x, Z_{K+1}(\tau)) \quad (5)$$

Регенератор процесса каталитического риформинга фактически представляет собой радиальный реактор. Катализатор поступает из верхней части, постепенно скользит вниз в осевом направлении и после окислительного сжигания выходит из регенератора для удаления отложений кокса на катализаторе; газ течет в радиальном направлении, и кислород в газе реагирует с отложениями кокса с образованием углекислого газа и водяного пара. Модель регенератора, используемая в модели процесса, представляет собой стационарную модель регенератора противоточного риформинга.

Кокс состоит из углеродных и водородных элементов. Хотя можно проанализировать высокое отношение углерода к водороду в коксе, и кокс может быть представлен конкретной молекулярной формулой, соответствующей этому соотношению, соотношение будет меняться по мере того, как кокс реагирует с кислородом, поскольку водород в коксе выгорает с большей скоростью, чем углерод в коксе. Таким образом, реакции, протекающие в регенераторе, можно описать двумя уравнениями модели.



Поскольку регенерация катализатора является экзотермическим

процессом, требуется как осевой, так и радиальный тепловой баланс, и необходимо установить двумерную модель для описания регенератора. Для моделирования регенератор разделен на несколько секций, а осевое положение z и радиальное положение x точек конфигурации в каждой секции преобразуются в безразмерные числа от 0 до 1. Также необходимо учитывать материальный баланс, баланс количества движения и баланс тепла. в учетную запись.

1) Материальный баланс

$$\frac{\partial C_c}{\partial z} = -\frac{(-r_c) \cdot \rho_b \cdot S \cdot L}{F_g} \quad (8)$$

$$\frac{\partial H_H}{\partial z} = -\frac{(-r_H) \cdot \rho_b \cdot S \cdot L}{F_g} \quad (9)$$

$$\frac{\partial F_{O_2}}{\partial x} = -(-r_{O_2}) \cdot \rho_b \cdot 2\pi L \times (r_0 - (r_0 - r_4)x) \times (r_0 - r_4) \quad (10)$$

$$\frac{\partial F_{CO_2}}{\partial x} = -(-r_{CO_2}) \cdot \rho_b \cdot 2\pi L \times (r_0 - (r_0 - r_4)x) \times (r_0 - r_4) \quad (11)$$

$$\frac{\partial F_{H_2O}}{\partial x} = -(-r_{H_2O}) \cdot \rho_b \cdot 2\pi L \times (r_0 - (r_0 - r_4)x) \times (r_0 - r_4) \quad (12)$$

2) Тепловой баланс

$$\frac{G_s C_{ps}}{L} \cdot \frac{dT}{dz} + \frac{G_g \cdot C_{pg}}{(r_0 - r_4)} \cdot \frac{dT}{dx} = \rho_b ((-\Delta H_c) \cdot (-r_c) + (-\Delta H_H) \cdot (-r_H)) \quad (13)$$

3) Баланс момента

$$\frac{1}{-(r_0 - r_4)} \frac{dP}{dx} g = 150 \cdot \frac{1 - \varepsilon^2}{\varepsilon^3} \cdot \frac{\mu U}{d_p^2} + 1.75 \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \cdot \frac{\rho_f U^2}{d_p} \quad (14)$$

В точке конфигурации устанавливаются выражения значения частной производной в аксиальном направлении и радиальном направлении, а также устанавливается ограничение уравнением по принципу метода ортогональной конфигурации, что невязка равна нулю. Форма остатков показана на уравнения 15 и 16 .

Остатки в радиальном направлении:

$$R_x(z, x) = \sum_{j=1}^{N+2} y(z_j, x_j) B_{jk} - f_x(z, x) \quad (15)$$

Остатки в осевом направлении:

$$R_z(z, x) = \sum_{i=1}^{N+2} D_{ik} y(z_i, x_k) - f_z(z, x) \quad (16)$$

После дискретизации дифференциальных уравнений для получения ряда ограничений равенства алгоритм SQP также используется для решения модели. После того, как преобразованный газ выходит из последнего реактора, он проходит через воздухоохладитель и, наконец, поступает в разделительный резервуар высокого давления для разделения пара и жидкости. Выход газовой фазы представляет собой смешанный газ, богатый водородом.

Поскольку разделение пара и жидкости, как правило, проводят в условиях среднего или низкого давления (0,3–1,0 МПа) и низкой

температуры (30–60,6 °С), считается, что газовая фаза является идеальным состоянием, а жидкая – тоже идеальная жидкость. Согласно принципу материального баланса и многокомпонентного парожидкостного равновесия стационарная модель системы разделения может быть выражена следующими уравнениями

1) Материальный баланс:

$$F = L_F + V_F \quad (17)$$

$$Fz_{Fi} = L_F x_{Fi} + V_F y_{Fi} \quad (18)$$

2) Нормализованное уравнение

$$\sum_{i=1}^{44} z_{Fi} = 1 \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^{44} x_{Fi} = 1 \quad (20)$$

$$\sum_{i=1}^{44} y_{Fi} = 1 \quad (21)$$

3) Фазовое равновесие компонентов смеси

$$\frac{y_{Fi}}{x_{Fi}} = \frac{P_{Fi}^0}{P_s} = k_{Fi} \quad (22)$$

Формула Антуана используется для расчета давления насыщенного пара каждого компонента. P_{Fi}^0 для уравнения 22, поскольку температура и давление в разделительном баке риформинга не очень высоки.

$$P_{Fi}^0 = 10^{[(A-B)/(T+C)]} \quad (23)$$

Согласно уравнениям 24 можно получить 44 уравнения ограничений. Алгоритм SQP также используется для решения уравнений ограничений.

$$y_{Fi} - k_{Fi} \cdot x_{Fi} = 0 \quad (24)$$

В процессе непрерывного риформинга падение температуры нефти и газа на выходе из первого реактора может достигать примерно 100 °С, а падение температуры нефти и газа на выходе из второго, третьего и четвертого реакторов может достигать также достигают 75, 58 и 45 °С соответственно. Поэтому перед входом в каждый реактор установлена нагревательная печь для повышения температуры реагентов для обеспечения необходимой температуры реакции риформинга.

При моделировании процесса необходимо точно рассчитать тепловую эффективность печи, чтобы получить тепловую нагрузку, которая должна быть меньше ее верхнего предела в оптимизационном расчете. Тепловой КПД равен проценту полезного тепла, деленному на подведенное тепло.

В процессе непрерывного противоточного риформинга рециркулируемый водород из системы разделения риформинга поступает в компрессор рециркуляционного водорода, который является ключевым энергетическим оборудованием процесса риформинга [36]. Под действием компрессора переработанный водород нагнетается до заданного давления и поступает в теплообменник для повышения температуры. Чтобы точно рассчитать потребление пара компрессором и температуру рециркулируемого водорода на выходе, необходимо установить стационарную модель компрессора.

В соответствии с фактическим расходом на входе можно получить соответствующий политропический КПД и степень сжатия, если известны входное и выходное давления. Показатель политропы n рассчитывается исходя из соответствующей эффективности политропы и показателя адиабаты.

Температура рециркулируемого водорода на выходе из компрессора рассчитывается с учетом индекса политропы и степени сжатия.

После расчета температуры на выходе индекс политропы можно откалибровать в соответствии с фактической температурой на выходе.

В процессе риформинга используется пластинчатый теплообменник. Поскольку основной целью оценки является температура на выходе, предполагается, что этот процесс представляет собой противоточный процесс теплопередачи без фазового перехода.

Таблица 2 - Результаты оценки диапазона перегонки

количество	фактические данные (°C)			данные модели (°C)			относительная ошибка (%)
	ASTM (10 масс. %)	ASTM (50 масс. %)	ASTM (90 масс. %)	ASTM (10 масс. %)	ASTM (50 масс. %)	ASTM (90 масс. %)	
1	83.5	127	170.5	85.47	126.85	166.97	1.49
2	85	123.5	164.5	85.41	123.05	165.68	0.52
3	85.5	123.5	164.5	84.50	120.79	166	1.42

Относительные погрешности расчетных и фактических данных по дистиллятам невелики, что означает возможность применения модели оценки дальности дистилляции в этом процессе.

Оптимизированные коэффициенты калибровки показаны в таблице 3. В целом расчет коэффициентов калиброванной модели в MATLAB (CPU = 2,20 ГГц) занимает 15 минут. Скорость сходимости зависит от начальных настроек и требований к точности.

Таблица 3 - Калибровочные коэффициенты

реакция	калибровочный коэффициент
дегидрирование, $N \rightleftharpoons A$	1.005
дегидрирование, $P \rightleftharpoons O$	0.995
дегидроциклизация, $P \rightleftharpoons N$	1.000
изомеризация, $i P \rightleftharpoons n P$	1.004
изомеризация, $5N6 \rightleftharpoons 6N6$	1.100
трансалкилирование, $2A \rightleftharpoons A + A$	0.947
гидрокрекинг, $n P \rightarrow P$	1.005
гидрокрекинг, $i П \rightarrow П$	0.999
гидродеалкилирование, $A \rightarrow A + P$	1.003
аддуктивная реакция, $P + O \rightarrow P$	1.068
аддуктивная реакция, $A + O \rightarrow A$	1.100
$A + N \rightarrow \text{Кокс}$	0.922
$P \rightarrow \text{Кокс}$	0.998

Температура водорода из компрессора составляет около 80°C, а температура нефтяного сырья из раздачи предварительной очистки – около 110°C, при этом температура газомазутной смеси на входе в нагревательную печь выше 400°C. °C. Для точного расчета теплоты реакции риформинга и тепловой нагрузки нагревательной печи необходимо оценить температуру потока сырья для риформинга на входе в первую нагревательную печь. Это основная причина создания стационарной модели теплообменника.

Расчетная температура до и после калибровки, а также фактическая температура сравниваются, как показано в таблице 4.

Таблица 4 - Разность температуры до и после калибровки

количество наборов данных	до калибровки (К)	после калибровки (К)	фактическое значение (К)	абсолютная ошибка1	абсолютная ошибка2
1	688.14	684.70	683.05	0.75	0.24
	711.41	710.29	708.07	0.47	0.31
	725.48	725.58	726.40	0.13	0.11
	729.01	730.20	730.23	0.17	0.00
2	685.86	682.49	683.95	0.28	0.21
	709.46	708.33	708.42	0.15	0.01
	724.17	724.23	726.97	0.39	0.38
	728.79	729.97	730.84	0.28	0.12
3	683.03	679.65	684.45	0.21	0.70

	707.43	706.28	708.17	0.10	0.27
	722.46	722.51	725.86	0.47	0.46
	727.63	728.78	728.64	0.14	0.02

Можно сделать вывод, что абсолютная ошибка между фактической температурой и температурой калибровки значительно снижается, а средняя абсолютная ошибка уменьшается на 19,26%.

Расчетное отложение кокса до и после калибровки, а также фактическое отложение кокса сравниваются, как показано в Таблице 5 .

Таблица 5 – Погрешность отложения кокса до и после калибровки

количество	до калибровки (%)	после калибровки (%)	реальная стоимость (%)	Абсолютная ошибка1 (%)	абсолютная ошибка2 (%)
1	0.0257	0.0268	0.0293	0.0036	0.0025
2	0.0280	0.0293	0.0287	0.0007	0.0005
3	0.0227	0.0237	0.0245	0.0018	0.0008

Можно сделать вывод, что абсолютная погрешность между фактическим отложением кокса и калибровочным отложением кокса значительно снижается, а средняя абсолютная погрешность уменьшается на 37,07%.

2.2. Моделирование процесса каталитического риформинга

В настоящее время алгоритмы моделирования химических процессов в основном делятся на две категории: последовательный модульный метод (SM) и метод, ориентированный на уравнения (EO). В настоящее время широко используется метод последовательных модулей, но он имеет определенные ограничения. Когда время итерации расчета модели велико или вовлеченный процесс теплообмена сложен, расчет модели занимает много времени и его трудно сойтись. В отличие от метода последовательных модулей, метод EO объединяет все уравнения процесса в набор нелинейных уравнений и одновременно решает задействованные переменные, что более эффективно и экономит время.

Во время реакции риформинга катализатор и реагент текут противотоком, то есть регенерированный катализатор проходит через четвертый реактор, третий реактор, второй реактор и первый реактор, а затем возвращается в регенератор для регенерации. Катализаторы с наибольшей активностью в третьем и четвертом реакторах используются для катализа сложных реакций, таких как алкановая дегидроциклизация парафинов, а катализаторы с более низкой активностью в первом и втором реакторах используются для легких реакций, таких как дегидроароматизация нафта. Согласование активности катализатора со сложностью реакции является значительным преимуществом процесса непрерывного риформинга в противоточном режиме.

Схематическая блок-схема процесса платформинга с непрерывной регенерацией катализатора представлена на рисунке 4 [21].

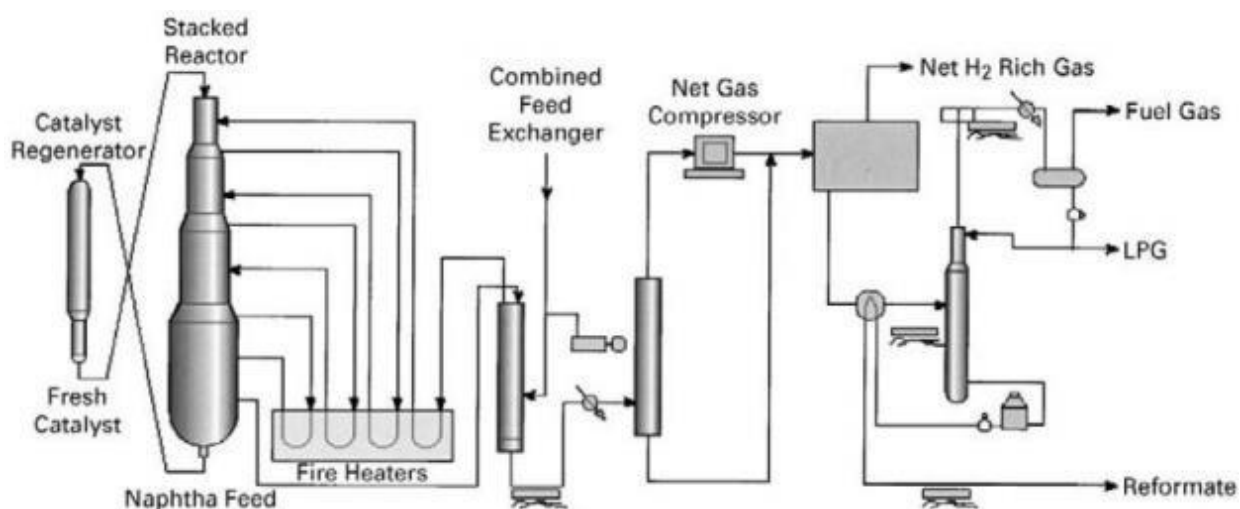


Рисунок 4 - Схема процесса платформинга с непрерывной регенерацией катализатора

(catalyst regenerator – регенератор катализатора, fresh catalyst – свежий катализатор, stacked reactor – сложенный реактор, naphtha feed – нефть, fire heaters – нагревательный печи, combined feed exchanger – комбинированный теплообменник, net gas compressor – чистый газовый компрессор, net H2 rich gas – чистый богатый водородом газ, fuel gas – топливный газ, LPG –

сжиженные углеводородные газы, reformatе – риформат).

На рисунке 5 показано устройство для реализации способа согласно изобретению, включающего реактор 1 гидрирования и последующий экстрагирующий блок 2. Реактор гидрирования 1 содержит первую подающую трубу 3, которая осуществляет подачу реформированного бензина. Реформированная часть, образованная фракционной перегонкой из реформированного бензина, проходит через подающую трубу 3 в реактор гидрирования 1. Реактор гидрирования 1 содержит вторую подающую трубу 4, подающую водород. Реакция гидрогенизации 1 содержит, кроме того, неподвижный слой, состоящий из катализатора гидрирования. В качестве катализаторов используют никель или палладий на носителе из оксида алюминия.

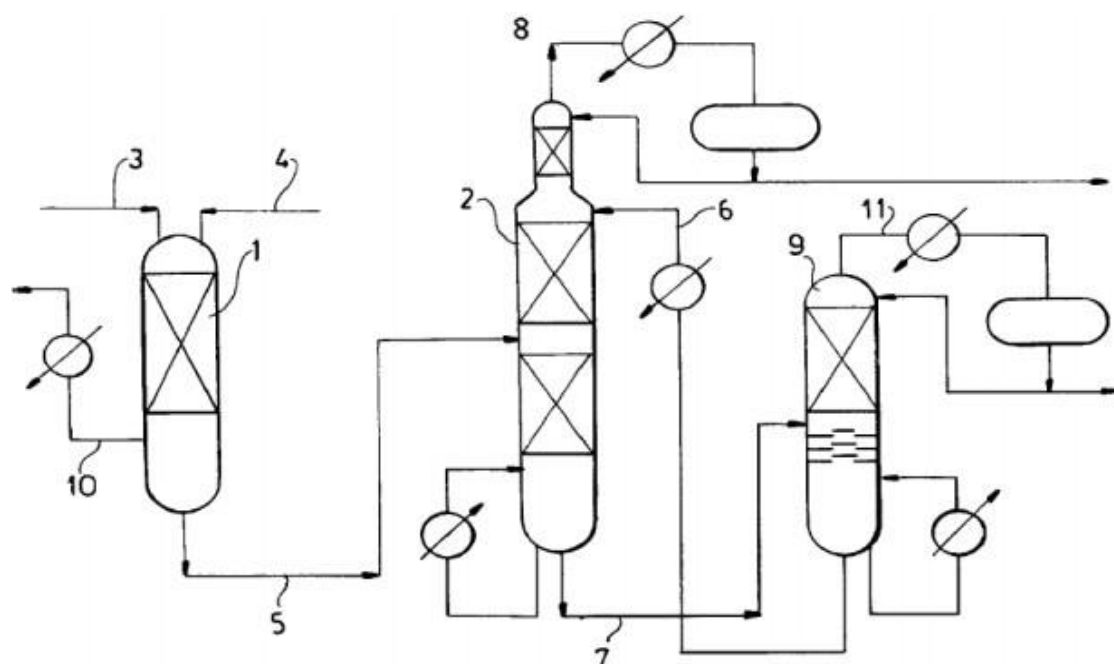


Рисунок 5 - Принципиальная схема устройства

Метод измерения диапазона дистилляции, обычно используемый в реальной промышленности, - это ASTM D86, но кривая дистилляции, основанная на температуре кипения и процентном содержании отдельных

компонентов, ближе к смоделированной кривой дистилляции. Имитация перегонки, основанная на программировании температуры газовой хроматографии, требует меньше времени для анализа, чем реальная перегонка при температуре кипения.

Относительные погрешности расчетных и фактических данных по дистиллятам невелики, что означает возможность применения модели оценки дальности дистилляции в этом процессе.

В реальной промышленности характеристики катализатора и рабочее состояние немного меняются со временем, поэтому необходимо откалибровать модель реактора, чтобы отразить текущую производительность катализатора и рабочее состояние процесса.

Во время калибровки необходимо калибровать не каждый кинетический параметр, а калибровать предэкспоненциальные факторы различных реакций риформинга. Для каждого типа реакции предэкспоненциальные факторы умножаются на коэффициент, где начальное значение коэффициента установлено равным 1, а его диапазон составляет от 0,9 до 1,1 для оптимизации с помощью алгоритма SQP. В качестве целевой функции оптимизации принимается сумма квадратов разностей между расчетными и фактическими значениями, включая температуру, отложение кокса на катализаторе и молярный расход каждого компонента.

В целом расчет коэффициентов калиброванной модели в MATLAB (CPU = 2,20 ГГц) занимает 15 минут. Скорость сходимости зависит от начальных настроек и требований к точности.

На основе моделирования калиброванной модели можно получить температурный профиль и изменения молярного расхода различных фракций в процессе. Четвертый набор данных в таблицах S10–S14 и данные регенератора в таблице S15 были выбраны в качестве состава сырья и условий работы для моделирования. Метод SQP имеет преимущества

высокой точности и быстрой сходимости. В целом для моделирования участка реакции-регенерации противоточного непрерывного процесса риформинга в MATLAB (CPU = 2,20 ГГц) требуется всего 25 с.

Во всей модели процесса отложение кокса на катализаторе является важным параметром, поскольку катализатор циркулирует между реакторами и регенератором. В то же время использование метода ЭО для моделирования процесса также подходит для других процессов, таких как прямоточный процесс непрерывного риформинга.

Для процесса противоточного риформинга увеличение отложений кокса на катализаторе является самым большим в четвертом реакторе, и это увеличение происходит относительно медленно в первом, втором и третьем реакторах. Это связано с тем, что регенерированный катализатор поступает в четвертый реактор первым в противоточном непрерывном риформинге, конденсация ароматических соединений будет интенсифицироваться из-за высокой активности катализатора и высокого содержания ароматических углеводородов и олефинов в четвертом реакторе.

Для сравнения также был смоделирован прямоточный процесс риформинга. Направление потока катализатора было изменено, чтобы соответствовать направлению потока материала, без изменения количества загрузки катализатора в каждый реактор, и было получено отложение кокса на катализаторе при прямоточном каталитическом риформинге.

В процессе прямоточного риформинга катализаторы в первом и втором реакторах обладают высокой активностью из-за меньшего отложения кокса на катализаторах, чем в процессе противоточного риформинга, и легко протекают основные реакции риформинга, такие как циклизация дегидрирования алкана и дегидрирование циклоалканов, ароматизация.

В третьем и четвертом реакторах из-за снижения активности катализатора и увеличения отложения кокса нагариобразование катализатора

на выходе из четвертого реактора больше, чем в противоточном процессе. Однако в реальном прямоточном процессе риформинга первый реактор имеет наименьшую загрузку катализатора, а четвертый реактор имеет наибольшую загрузку катализатора, что приведет к большей разнице в отложении каталитического кокса между четырьмя реакторами. В результате противоточный непрерывный процесс риформинга может сделать активность катализатора и сложность реакции более подходящими.

В модуле регенератора реакция горения в основном происходит на первой ступени регенератора, а оставшиеся отложения кокса на катализаторе удаляются на второй ступени регенератора для обеспечения полного восстановления активности катализатора. Из-за избыточной мощности конструкции регенератора коксовые отложения, образующиеся в результате либо противоточного непрерывного риформинга, либо прямоточного непрерывного риформинга, могут быть полностью сожжены.

Тепловая нагрузка теплообменника является самой большой за весь процесс риформинга. Для противоточного непрерывного риформинга падение температуры в первом реакторе составляет 98,59 °С, а во втором, третьем и четвертом реакторах — 74,31, 58,85 и 48,91 °С соответственно. Для прямоточного непрерывного процесса риформинга падение температуры в первом реакторе составляет 120,79 °С, а во втором, третьем и четвертом реакторах — 74,59, 44,51 и 35,7 °С соответственно. Разница температур между реакторами при противоточном непрерывном риформинге больше, чем при противоточном непрерывном риформинге. В реальном прямоточном процессе риформинга количество катализатора, загруженного в каждый реактор, будет изменено, чтобы уменьшить разницу температур между четырьмя реакторами.

Результаты моделирования показывают, что модель противоточного непрерывного риформинга может быть создана методом ЭО, и модель может

быть легко модифицирована для моделирования прямоточного непрерывного риформинга. Метод ЭО эффективен для моделирования нефтехимических процессов со сложной системой реакций.

Для промышленных процессов оптимизация в основном включает повышение селективности или выхода продукта и достижение максимальных экономических выгод, основанных на составе сырья и рыночном спросе, при условии соблюдения показателей продукта. Оптимизацию можно разделить на офлайн-оптимизацию и онлайн-оптимизацию. Особенность онлайн-оптимизации заключается в том, что устройство можно поддерживать в оптимальном состоянии длительное время для достижения более глубокой оптимизации.

Алгоритм также можно использовать для решения задачи нелинейного программирования с ограничениями, и можно выбрать оптимальные рабочие условия для достижения экономии энергии и снижения потребления, а также увеличения выхода реформированного бензина/ароматических соединений для максимизации прибыли процесса.

Важной целью процесса непрерывного риформинга является получение основных органических материалов, таких как бензол, толуол и ксилол. При этом в качестве целевой функции оптимизации задается выход ароматических соединений. Еще одним важным целевым продуктом непрерывного риформинга является получение высокооктановых бензинов. При этом в качестве целевой функции оптимизации задается выход высокооктанового бензина.

В реальных операциях противоточного риформинга рабочими параметрами, которые могут быть изменены, в основном являются температура на входе в четыре реактора, молярное соотношение Н/С, а также температура на входе и содержание кислорода в газе регенерации. Ограничения включают отложение кокса на катализаторе на выходе из

первого реактора, отложение кокса на катализаторе на выходе из регенератора, содержание кислорода в газе на входе в регенератор, количество пара, потребляемого компрессором, и тепловую нагрузку нагревательных печей.

В пределах верхнего и нижнего пределов рабочих условий температура на входе в реактор не должна быть слишком высокой из-за предела отложения кокса, температура на входе не должна быть слишком низкой, чтобы обеспечить определенную конверсию, а верхний предел H/C мольное соотношение C должно учитывать верхний предел потребления пара компрессором. Верхний предел температуры газа на входе и содержания кислорода в регенераторе должен обеспечивать, чтобы температура горячей точки в регенераторе не была слишком высокой. Когда целевой функцией является выход высокооктанового бензина, другим ограничением является то, что октановое число не должно быть меньше 98.

В существующих условиях эксплуатации выход ароматических углеводородов увеличивается на 0,99%, когда целевой функцией является выход ароматических углеводородов, а выход бензина увеличивается на 1,63%, когда целевой функцией является выход бензина с высоким октановым числом. Приняв в качестве цели выход ароматических соединений C_{7+} , выход увеличился на 0,74%, в то время как выход ароматических соединений также увеличился на 0,94%. Таким образом, экономическая выгода от улучшения значительна.

По результатам оптимизации изменение рабочих условий для улучшения выхода ароматических соединений в основном связано с повышением температуры на входе в реактор. В соответствии с механизмом реакции образования ароматических соединений повышение температуры благоприятно для реакции дегидроциклизации алкана и реакции дегидрирования циклоалкана, что может улучшить выход ароматических

соединений.

Ограничивающим условием при оптимизации выхода бензина является в основном октановое число, так как большая часть прироста выхода бензина приходится на фракции C 10+ и вклад этих компонентов в октановое число не очень велик, что приведет к падению октанового числа бензина.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д7Г	Шалина Виктория Валерьевна

Школа	ИШПР	Отделение Школа	ИШПР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01. «Химическая технология»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Гомска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.
Перечень графического материала	
Оценка конкурентоспособности ИП Матрица SWOT Диаграмма Ганта Бюджет НИ Основные показатели эффективности НИ	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н, доцент		23.04.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
32Б7В	Шалина В.В.		23.04.2022

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

В настоящее время каталитический риформинг стал одним из ведущих процессов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. С его помощью удается 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 Анализ конкурентных технических решений

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-95;
- целевой рынок: автозаправочные станции (АЗС).

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

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единиц);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 4.1 – 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

Б_ф – продукт проведенной исследовательской работы;

Б_{к1} – ПАО «Газпром нефть»;

Б_{к2} – ПАО «Сургутнефтегаз»;

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.

В таблице 4.3 описаны сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT – анализа:

Таблица 4.3 – Матрица SWOT

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

альтернатив разработки.		
-------------------------	--	--

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. Вторым этапом является выявление соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 3, таблице 4.3, таблице 4.4, таблице 4.5.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	+	-
	B2	-	-	+	+	+
	B3	0	-	+	+	+
	B4	+	-	0	+	+
	B5	+	-	+	+	+

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	-
	B2	-	-	+
	B3	+	-	+
	B4	+	+	+
	B5	-	-	-

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	+	-	-
	У2	-	+	+	-	-
	У3	-	+	+	-	-

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

В таблице 4.5 представлена итоговая матрица SWOT-анализа

Таблица 4.5 – Итоговый SWOT анализ

	Сильные стороны научно-технологического решения: С1. Сбор информации с	Слабые стороны технологического решения: Сл1. Низкий уровень
--	---	---

Таблица 4.5 – Итоговый SWOT анализ

	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.	заработной платы для молодых специалистов; Сл2. Устаревшее оборудование; Сл3. Высокий уровень цен на выпускаемую продукцию
Возможности: 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.	Эффективное использование ресурсов производства; Поддержание увеличения спроса и выхода на новые рынки сбыта товара за счет высокого качества продукции	Повышение цен на выпускаемую продукцию; Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.
Угрозы: У1. Низкий спрос на данное техническое решение; У2. Развитая конкуренция на рынке; У3. Существование большого количества альтернатив разработки.	Отсутствие спроса на новые технологии Сложность реализации проекта.	Ведение постоянного мониторинга технических решений в области каталитического риформинга топлив.

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.

4.2 Планирование научно–исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор темы исследования	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Руководитель
	2	Выбор алгоритма исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Исполнитель
Разработка технического задания	4	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретического анализа существующих технических решений	Исполнитель
	6	Проведение расчетов и обоснование	Исполнитель
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, исполнитель
Оформление отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, исполнитель

Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{min_i} + 2 \cdot t_{max_i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

t_{min_i} – минимальная возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предложении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни;

t_{max_i} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предложении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность i -ой работы, раб. дн.;

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

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

Для расчета длительности работ в календарных днях, используется формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность i -ой работы, раб. дней;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

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

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

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

Округлим до целого числа количество календарных дней по каждой работе T_{ki} и сведем рассчитанные значения в одну таблицу (таблица 4.8).

В качестве примера расчета рассмотрим руководителя (6 дневная рабочая неделя) – составление и утверждение технического задания:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}_i} + 2 \cdot t_{\text{max}_i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней}$$

$$T_{\text{р}} = \frac{t_{\text{ож}}}{\text{ч}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня}$$

В 2021 году – $T_{\text{кал}} = 365$ дней, $T_{\text{вых}} = 118$ дней,

Подставим численные значения в формулу:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

$$T_k = T_{\text{р}} \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,48 = 2,96 \approx 3 \text{ дня}$$

Инженер (5 дневная рабочая неделя) – подбор и изучение материалов:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}_i} + 2 \cdot t_{\text{max}_i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней}$$

$$T_{\text{р}} = \frac{t_{\text{ож}}}{\text{ч}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня}$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

$$T_k = T_{\text{р}} \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,48 = 2,96 \approx 3 \text{ дня}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе, округляют до целого числа и заносят в таблицу.

Таблица 4.8 – Временные показатели проведения научной разработки

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , человек а дни	t_{max} , человек а дни	$t_{ожі}$, человек а дни			
Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	3	6	4,3	Руководитель, Исполнитель	2	3
Выбор алгоритма исследований	1	3	1,8	Руководитель	2	3
Подбор и изучение литературы по теме	10	15	12	Исполнитель	12	16
Составление и утверждение тех. задания	5	8	6,2	Руководитель	6	8
Проведение теоретического анализа существующих технических решений	6	18	11,0	Исполнитель	10	13
Проведение расчетов и обоснование	3	12	6,6	Исполнитель	7	9
Оценка результатов исследования	3	5	3,8	Руководитель, Исполнитель	2	3
Составление пояснительной записки	7	16	11,4	Руководитель, Исполнитель	6	8

На основе таблицы 4.8 строим план график, представленный в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Календарный план график проведения НИР по теме

№	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ												
				Январь			Февраль			Март			Апрель			
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Р, И	3	■												
2	Выбор алгоритма исследований	Р	3		■	■										
3	Подбор и изучение литературы по теме	И	16													
4	Составление и утверждение тех. задания	Р	8													
5	Проведение теоретического анализа существующих технических решений	И	13													
6	Проведение расчетов и обоснование	И	9													
7	Оценка результатов исследования	Р, И	3													
8	Составление пояснительной записки	Р, И	8													

■ - руководитель

■ - исполнитель

■

4.3 Бюджет научно–технической разработки

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.

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат НТР включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_M) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i}$$

где k_M – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

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

C_i – цена приобретения i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования, руб.;

$N_{\text{расх } i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.).

Таблица 4.10 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, З ^м , руб.	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Картридж	шт.	1	1	2500	3000	2500	3000
Бумага	шт.	1	1	800	1000	800	1000
Итого:						3300	4000

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot И}{12} \cdot t$$

где $И$ – итоговая сумма, тыс. руб.;

t – время использования, мес.

4.3.3 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Сюда включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (программного обеспечения), необходимого для проведения работ по конкретной теме (таблица 6). Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 4.11 – Расчет затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	НА, %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	Реактор	1	5	2	20	600 000	20 000
2	Ректификационная колонна	1	5	2	20	5 000 000	166 667
3	Сепаратор	1	5	2	20	300 000	10 000
4	Принтер	1	4	2	25	20000	833
5	Компьютер	1	5	2	20	90000	3000
Итого:						6 010 000	200 500

4.3. 4 Основная заработная плата исполнителей работы

Расчет заработной платы произведен на основе тарифных ставок предприятия, которое занимается проектирование автоматизированных систем управления. Расчет осуществляется по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.;

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником в рабочие дни.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дней $M=11,2$ месяцев, 5 – дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала в рабочие дни.

Месячный должностной оклад работника определяется по формуле:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (k_p + k_{пр} + k_d) + Z_{тс}$$

где $Z_{тс}$ - заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ - премиальный коэффициент ($k_{пр} = 0,3$, т. е. 30% от $Z_{тс}$);

k_d - коэффициент доплат и надбавок ($k_d = 0,2$, т. е. 20% от $Z_{тс}$);

k_p - районный коэффициент (для Томска $k_p = 0,3$, т. е. 30%).

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$, %	k_d , %	k_p , %	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель проекта	70000	30	20	30	126000	4200	18	75600
Исполнитель	25000	30	20	30	45000	1500	29	43500
Итого, $Z_{осн}$:								119100

4.3.5 Дополнительная заработная плата исполнителей работы

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{доп}$$

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

Таблица 4.13 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{доп}$	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	0,15	75600	11340
Исполнитель	0,15	43500	6525
Итого:		119100	17865

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 по формуле:

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

где $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, принимается равным $k_{\text{внеб}} = 0,302$ (30.2%).

Таблица 4.14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	75600	11340
Исполнитель	43500	6525
Итого без отчислений	136965	
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30.2%	
Итого:	41636	

4.3.6 Накладные расходы

В статью накладных расходов входят прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата электроэнергии, печать и ксерокопирование, почтовые расходы и т.д.

Накладные расходы определяются по формуле:

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

где $k_{\text{нр}}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимается равным $k_{\text{нр}} = 16\%$.

$$Z_{\text{накл1}} = (3300 + 200500 + 119100 + 17865 + 41636) \cdot 0,16 = 61184 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат научно–исследовательской работы

Таблица 4.15 – Расчет бюджета затрат НИ

Статьи							
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
200500	3300	119100	17865	41636	382401	61184	443585

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется НИ «Выбор технологического решения для строительства разведочной вертикальной скважины глубиной 2840 метров на газовом месторождении (Тюменская область)» по форме, приведенной в таблице 4.15. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 4.15 – Расчет бюджета затрат НИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НИ	3300	4000	15000	Пункт 4.3.1
2. Затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	200500	440000	550000	Пункт 4.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	119100	119100	119100	Пункт 4.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17865	17865	17865	Пункт 4.3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	41636	41636	41636	Пункт 4.3.5
6. Накладные расходы	61184	99616,2	118976,2	Пункт 4.3.6
7. Бюджет затрат НИ	443585	722217,2	862577,2	Сумма ст. 4.3.1–4.3.6

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Для 1-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}1} = \frac{443585}{862577,2} = 0,51$$

Для 2-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}2} = \frac{722217,2}{862577,2} = 0,83$$

Для 3-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}3} = \frac{862577,2}{862577,2} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее

численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля)

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

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 4.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Критерии				
1. Выход продукта	0.2	5	3	2
2. Качество продукта	0.3	5	3	4
3. Энергоемкость процессов	0.1	3	4	4
4. Конкурентоспособность продукта	0.08	4	4	2
5. Уровень проникновения на рынок	0.02	3	4	5
6. Цена	0.05	2	3	4
7. Предполагаемый срок эксплуатации	0.04	5	3	4
8. Послепродажное обслуживание	0.04	5	4	4
9. Объем гарантийного обслуживания	0.06	4	4	2
10. Срок выхода на рынок	0.05	3	4	4
11. Наличие сертификации разработки	0.06	4	5	5
Итого	1	43	41	40

$$I_{p-исп1} = \sum a_i \cdot b_{p-исп1} = 4,31$$

$$I_{p-исп2} = \sum a_i \cdot b_{p-исп2} = 3,47$$

$$I_{p-исп3} = \sum a_i \cdot b_{p-исп3} = 3,4$$

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

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{\text{р-исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} = \frac{4,31}{0,51} = 8,45;$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_{\text{р-исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп2}}} = \frac{3,47}{0,83} = 4,2;$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{\text{р-исп3}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп3}}} = \frac{3,4}{1} = 3,4;$$

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

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

$$\mathcal{E}_{\text{ср}i} = \frac{I_{\text{исп}i}}{I_{\text{min}}}$$

Таблица 4.17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,51	0,83	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,31	3,47	3,4
3	Интегральный показатель эффективности	8,45	4,2	3,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,48	1,24	1

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и

оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 63 дня; общее количество рабочих дней, в течение которых работал инженер, составляет 39 дней; общее количество рабочих дней, в течение которых работал руководитель, составляет 18 дня;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 443585 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,51, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,31, по сравнению с 3,47 и 3,4;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 8,45 по сравнению с 4,2 и 3,4, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
3-2Д7Г		Шалина Виктория Валерьевна	
Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	18.03.01. «Химическая технология»

Тема ВКР:

Исследование работы промышленной установки каталитического риформинга методом математического моделирования	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <p>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p>Объект исследования – промышленная установка каталитического риформинга бензинов, производительность 1000 тыс.тонн/год.</p> <p>Область применения: производство бензина на НПЗ.</p> <p>Рабочая зона: заводское помещение</p> <p>Размеры помещения: 20*20 м</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: 1 печь, 5 реакторов</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: гидроочистка, изомеризация, гидрокрекинг</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <p>специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Поправками)</p> <p>СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.</p> <p>ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»</p> <p>СП 51.13330.2011 Защита от шума;</p> <p>ГОСТ 31192.1-2004 Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека</p> <p>ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты – эти документы относятся к эргономике или к правовым нормам?</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <p>Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p>Вредные производственные факторы:</p> <p>Недостаточная освещенность на рабочем месте;</p> <p>Климатические и погодные условия на рабочем месте;</p> <p>Взвешенные или растворенные в воздухе (либо способные перейти в газообразное или аэрозольное состояние) и являющиеся его компонентой</p> <p>Повышенный уровень шума;</p> <p>Повышенный уровень локальной вибрации.</p> <p>Опасные производственные факторы:</p> <p>Факторы, связанные с электрическим током.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты</p>

	от выявленных факторов: Искусственное освещение: Переносные газоанализаторы; Защитные беруши, звуко- и виброизолирующие кожухи, Измерительные штанги, изолирующие клещи, электроизмерительные инструменты, диэлектрические перчатки.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	Воздействие на селитебную зону: НПЗ располагаются в отдаленных от жилых зон регионах, влияние отсутствует. Воздействие на литосферу: накапливаются такие выбросы, как углеводороды, тяжелые металлы, сырая нефть. Воздействие на гидросферу: Попадание в гидросферу нефти и нефтепродуктов, сбрасываемые со сточными водами: сырая нефть, бензин, бензол, ксилол. Воздействие на атмосферу: выброс в атмосферу углеводородов и сернистого газа, оксидов азота.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:	Возможные ЧС: возникновение лесного пожара, пожар на газовой скважине Наиболее типичная ЧС: возникновение лесного пожара.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Шалина Виктория Валерьевна		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной выпускной квалификационной работе производится исследование работы установки каталитического риформинга. Поэтому объектом исследования для выполнения задания по разделу «Социальная ответственность» была выбрана промышленная установка каталитического риформинга бензинов, предмет исследования – проведение расчетных работ.

Воздействие опасных и вредных факторов учитывается при проведении работ на установке каталитического риформинга. Эти факторы вполне могут причинить вред на окружающую среду, вследствие чего может возникнуть чрезвычайная ситуация, которая имеет вид техногенного характера. Целью данного раздела является анализ опасных и вредных факторов, которые могут повлиять на работников нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) при производстве бензинов на установке каталитического риформинга. Также поднимаются вопросы пожарной профилактики, техники безопасности и защиты окружающей среды. По тематике даются рекомендации по повышению оптимальных условий труда.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Нормальная продолжительность рабочего времени на НПЗ – 40 часов в неделю, для рабочих и служащих в возрасте от 16 до 18 лет - 36 часов в неделю, в возрасте от 15 до 16 лет, а также учащихся в возрасте от 14 до 15 лет - 24 часа в неделю.

Нормальная продолжительность рабочего времени на работах с вредными условиями труда - 36 часов в неделю. Сокращение нормальной продолжительности рабочего времени вводится в тех случаях, когда время ежедневной работы во вредных условиях составляет не менее 50 % рабочего времени.

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

При размещении на производственной территории санитарно-бытовых и производственных помещений, мест отдыха, проходов для людей, рабочих мест должны располагаться за пределами опасных зон. На границах зон, постоянно действующих опасных производственных факторов должны быть установлены защитные ограждения, а зон потенциально опасных производственных факторов – сигнальные ограждения и знаки безопасности.

Находясь на территории производственной площадки, в производственных и бытовых помещениях, на участках работ и рабочих местах, работники, а также представители других организаций обязаны выполнять правила внутреннего трудового распорядка, принятые в данной организации. Территориально обособленные помещения, площадки, участки работ, рабочие места должны быть обеспечены телефонной связью или радиосвязью.

5.2 Производственная безопасность

Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) проводится с использованием ГОСТ 12.0.003–2015 [2]. Название вредных и опасных производственных факторов в работе соответствуют приведенной классификации. Определены название характерных видов работ и вредных производственных факторов (ОВПФ).

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Геологическая документация горных выработок и скважин	Буровые работы	Обработка результатов работ	
Недостаточная освещенность на рабочем месте	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. [1]
Климатические и погодные условия на рабочем месте	+	+	-	ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». [2]
Взвешенные или растворенные в воздухе (либо способные перейти в газообразное или аэрозольное состояние) и являющиеся его компонентой	+	+	+	ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. [3]
Повышенный уровень шума и вибрации	+	+	+	СП 51.13330.2011 Защита от шума; ГОСТ 31192.1-2004 Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека [5], [6].
Факторы, связанные с электрическим током	+	-	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [4]
Факторы, связанные пожароопасностью	+	+	+	Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [7]

5.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

При эксплуатации установки каталитического риформинга, работники НПЗ подвергаются следующим вредным производственным факторам:

Недостаточная освещенность на рабочем месте.

Рациональное производственное освещение имеет большое значение для создания благоприятных условий труда на предприятиях. Неудовлетворительное освещение затрудняет работу, снижает производительность труда, приводит к заболеваниям органов зрения и несчастным случаям. Световое излучение оказывает воздействие на органы зрения и весь организм, изменяя частоту пульса, нарушая процессы обмена и нервно-психическое состояние.

Для производственных помещений и прилегающих территорий НПЗ необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 2 лк независимо от применяемых источников света, за исключением автодорог. При подъеме или перемещении грузов должна быть освещенность места работ не менее 5 лк при работе вручную и не менее 10 лк при работе с помощью машин и механизмов.

2. Климатические и погодные условия на рабочем месте.

В настоящее время для оценки допустимости проведения работ и их нормирования на открытом воздухе в условиях крайнего севера (а также районах приравненных к районам крайнего Севера) используется понятие предельной жесткости погоды (эквивалентная температура, численно равная сумме отрицательной температуре воздуха в градусах Цельсия и удвоенной скорости ветра в м/с), устанавливаемая для каждого района решением местных региональных органов управления.

Предельная жесткость погоды, ниже которой не могут выполняться работы на открытом воздухе, колеблется в пределах от -40 до -45 °С.

3. Взвешенные или растворенные в воздухе (либо способные перейти в газообразное или аэрозольное состояние) и являющиеся его компонентой

Загазованность в производственных цехах НПЗ и на установках переработки нефти способствует появлению взрывоопасных смесей при достижении высокой концентрации.

Пределно допустимая концентрация природного газа в воздухе составлять 300 согласно ГОСТ 5542-2014 [6].

4. Повышенный уровень шума и вибрации.

Повышенный уровень шума может исходить от технологического оборудования – газотурбинные двигатели, компрессоры, нагревательные печи, насосы и др. Исследования показывают, что повышенный уровень шума отрицательно сказывается на условия труда, а также оказывает вредное воздействие на организм человека. Повышается утомляемость, а также влечет необратимые изменения в органах слуха. Длительное воздействие шума снижает остроту слуха, нарушает координацию движений, а также негативно сказывается на сердечно-сосудистую и нервную систему.

Вибрация в ходе работы на НПЗ возникает при эксплуатации заводского оборудования от работающих компрессоров, насосов, газотурбинных двигателей. Под действием вибрации у человека возникает вибрационная болезнь. При всех видах вибрационной болезни нередко наблюдаются изменения со стороны центральной нервной системы. У рабочих виброопасных профессий с большим стажем возникают невриты слуховых нервов и даже понижение слуха.

При эксплуатации установки каталитического риформинга, работники НПЗ подвергаются следующим опасным производственным факторам:

Факторы, связанные с электрическим током.

Наибольшую опасность для жизни и здоровья человека оказывают повышенные значения напряжения в электрической цепи, замыкание которых может произойти через тело человека при приближении на расстояние менее допустимого к не изолированным токоведущим частям и элементам оборудования, находящимся под напряжением, а также при перемещении и работе в зонах растекания тока замыкания на землю, влияния электрического поля и наведенного напряжения.

Факторы, связанные пожароопасностью.

Основные причины возникновения пожаров на НПЗ – это износ трубопроводов, насосов, разгерметизация резервуаров, курение в запрещенных местах); неисправное электрооборудование и неправильная его эксплуатация; разряды молний при отсутствии громоотводов и заземлений; неисправность производственного оборудования и нарушения технологических процессов.

Также при длительном хранении у всех горючих, легковоспламеняющихся и токсичных веществ возникает риск образования пиррофорных соединений, которые склонны к самовозгоранию.

Ответственность за соблюдение пожарной безопасности в организации, за своевременное выполнение противопожарных мероприятий и исправное содержание средств пожаротушения несет начальник подрядной организации и его заместитель по хозяйственной части.

5. 4 Основные мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных производственных факторов

Недостаточная освещённость на рабочем месте

На рабочих местах, где отсутствует естественное освещение и условия освещения в целом оценены классом 3.2., можно снизить или устранить «вредность» за счет выполнения следующих мероприятий:

защита временем (в случае пребывания работника в помещении без естественного освещения менее 25% рабочей смены, условия труда по естественному освещению оцениваются как допустимые (класс 2), а от 25% до 75% - как вредные 1-й степени (класс 3.1);

улучшение условий, создаваемых искусственным освещением.

При строительных работах в условиях плохой видимости рекомендуется применение искусственного освещения. Рекомендуется

комбинированное освещение согласно СНиП 23-05-95 (таблица 2) [4].

Таблица 5.2 – Рекомендуемые источники света при системе комбинированного освещения

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность при системе комбинированного освещения, лк	Минимальный индекс цветопередачи источников света,		Диапазон цветовой температуры источников света, °К		Примерные типы источников света для освещения	
		общего	местного	общего	местного	общего	местного
Различие цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению	500	50	50	3500-5500	3500-5500	ЛБ (ЛХБ), МГЛ, НЛВД+МГЛ	ЛБ (ЛХБ)
	300, 400	40	50	3200-5000	3500-5000	ЛБ (ЛХБ), МГЛ (ДРЛ), НЛВД+МГЛ	ЛБ (ЛХБ)
	150, 200	35	50	3000-4500	3500-5000	ЛБ (ЛХБ), НЛВД+МГЛ, МГЛ (ДРЛ)	ЛБ (ЛХБ)
	300, 400	35	50	3200-5000	2800-5000	ЛБ (ЛХБ), МГЛ (ДРЛ), НЛВД+МГЛ	ЛБ (ЛХБ)
	150, 200	25	50	2400-4500	2800-4500	ЛБ (ЛХБ), НЛВД, МГЛ (ДРЛ)	ЛБ (ЛХБ)

Климатические и погодные условия на рабочем месте.

Для предотвращения локального охлаждения работающие обеспечиваются головными уборами, перчатками, обувью. При температуре воздуха ниже – 40°С следует предусматривать защиту лица и верхних дыхательных путей. В целях более быстрой нормализации теплового состояния и меньшей скорости охлаждения организма в последующий период пребывания на холоде в помещении для обогрева следует снимать

верхнюю утепленную одежду.

Работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены в зимнее время спецодеждой и спецобувью с повышенным суммарным тепловым сопротивлением, а также защитными масками для лица.

Загазованность воздуха рабочей зоны

Требуется постоянный контроль за концентрацией природного газа в воздухе, недопущение утечек газа из установок. Для периодических замеров работнику следует применять переносной газоанализатор. На установках должны предусматриваться мероприятия по предотвращению влияния токсичности газов на работающих (герметизация установок, газоулавливание и отвод газа для утилизации). Отбор проб воздуха к датчику газоанализатора следует производить на рабочих местах помещений и открытых площадках на наиболее опасных и возможных (в смысле выделения газов) уровнях. Необходимо устанавливать не менее 1 датчика на каждые 100 площади помещения согласно ОСТ 51-45-76 [7].

Факторы, связанные с электрическим током.

Во избежание поражения электрическим током сотрудник НПЗ должен придерживаться правил Постановления, утвержденных Министерством труда и социального развития Российской Федерации от 12 мая 2003 г. №27 [8].

Требования охраны труда при эксплуатации электрических приборов в процессе на НПЗ [9]:

Электрические питающие линии необходимо располагать в местах, не используемых для передвижения и работы людей. Расположение питающих линий должно быть известно заместителю подрядной организации по промышленной безопасности. При выводе из операторского помещения кабель питающей линии необходимо закрепить и поместить в защитную трубку, исключая возможность его повреждения. Прикасаться к кабелю питающей линии или производить его подключение (переключение) следует

при отсутствии в этой линии напряжения.

Электроустановки (электрооборудование) на НПЗ должны быть закрытыми, защищенными от атмосферных осадков и морской воды.

Перед подключением кабеля к питающему щитку необходимо проверить отсутствие напряжения на всех выходных клеммах. Подключение одного из полюсов источника тока к корпусу судна запрещается.

Замеры сопротивления изоляции генераторов должны осуществляться непосредственно перед началом электроразведочных работ на профиле и фиксироваться в "Журнале осмотра электрооборудования". Замеры сопротивления изоляции силовых кабельных питающих линий должны производиться не реже чем один раз в 10 дней и заноситься в "Журнал осмотра и измерения заземления".

Состояние шлангового покрытия силовой кабельной питающей линии должно контролироваться в процессе травления и выборки линии и фиксироваться в журнале оператора; в случае обнаружения повреждения оно должно быть устранено, а кабель дополнительно проверен на утечку с дополнительной отметкой в журнале оператора.

Основные операции при производстве электроразведочных работ (пуск лебедки, подача напряжения на пульт управления электроразведочной станцией, включение тока, травление, выборка и перемотка кабельных кос) должны осуществляться по указанию руководителя работ или лица, его заменяющего, с разрешения и под непосредственным контролем вахтенного помощника капитана.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации регламентируются ГОСТ Р 12.1.019-2009 [10].

Повышенный уровень шума и вибрации

Уровень шума регламентируется согласно СП 51.13330.2011.

Мероприятия по борьбе с шумом:

- устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике;
- ослабление шума на путях передачи (например, звукоизолирующий кожух);
- непосредственная защита работающего или группы рабочих от воздействия шума.
- использование средств индивидуальной защиты органа слуха (антифоны, заглушки).
- проведение предварительных и периодических медицинских осмотров, с обязательным обследованием 1 раз в год у отоларинголога с проведением аудиометрии, невролога, офтальмолога.

Уровень вибрации регламентируется согласно ГОСТ 31192.1-2004. Наиболее действенным средством защиты человека от вибрации является устранение непосредственного его контакта с вибрирующим оборудованием. Замена и усовершенствование технологических операций, конструктивные усовершенствования, применение средств внешней виброзащиты упругодемпфирующими материалами и устройствами, которые размещаются между источником вибрации и руками человека, а также постоянный контроль за исправностью оборудования и своевременным планово-предупредительным его ремонтом, так как, в процессе его эксплуатации и износа, особенно для ручного механизированного оборудования, происходит выраженное усиление вибрации. В целях профилактики, работающие должны использовать средства индивидуальной защиты: рукавицы или перчатки, спецобувь. Запрещается проведение сверхурочных работ с вибрирующим оборудованием.

5.5 Пожароопасность

Исходя из норм пожарной безопасности НПБ 105-03, некоторые помещения нефтеперерабатывающих предприятий имеют категорию Б. В эту группу входят помещения, где имеются горючие и ЛВ жидкости с температурой вспышки более 280С, горючая пыль и волокна.

Помещения, в которых хранятся горючие или трудногорючие жидкости, вещества и материалы, способные гореть только при взаимодействии с воздухом, водой или между собой (но не относятся к категориям А или Б), имеют категорию В1-В4.

. Ответственность за соблюдение пожарной безопасности в организации, за своевременное выполнение противопожарных мероприятий и исправное содержание средств пожаротушения несет начальник экспедиции и его заместитель по хозяйственной части.

Ответственные за пожарную безопасность обязаны:

- Не допускать к работе лиц, не прошедших инструктаж по соблюдению требований пожарной безопасности;
- обучать подчиненный персонал правилам пожарной безопасности и разъяснять порядок действий в случае загорания или пожара;
- осуществлять постоянный контроль за соблюдением всеми рабочими противопожарного режима, а также своевременным выполнением противопожарных мероприятий;
- обеспечить исправное содержание и постоянную готовность к действию средств пожаротушения;
- при возникновении пожара применять меры по его ликвидации.

Места расположения первичных средств пожаротушения должны указываться в планах эвакуации, разработанные согласно ГОСТ 12.1.004-91. Внешнее оформление и указательные знаки для определения мест расположения первичных средств пожаротушения должны соответствовать

требованиям ГОСТ 12.4.009-83.

Огнетушители должны размещаться в легкодоступных и заметных местах, где исключено попадание на них прямых солнечных лучей и непосредственное (без заградительных щитков) воздействие отопительных и нагревательных приборов. Ручные огнетушители должны размещаться:

- навеской на вертикальные конструкции на высоте не более 1,5 м от уровня пола до нижнего торца огнетушителя и на расстоянии от двери, достаточном для ее полного открывания;
- установкой в пожарные шкафы совместно с пожарными кранами, в специальные тумбы или на пожарные щиты и стенды.

5.6 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это система мер, направленная на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей средой, обеспечивающая сохранение и восстановление природных богатств, разумное использование природных ресурсов, предупреждающая вредное влияние результатов деятельности общества на природу и здоровье человека.

Для организации охраны окружающей среды от негативного воздействия при строительных работах первоочередной задачей является определение конкретных источников негативного воздействия на основной элемент окружающей природной среды рассматриваемой территории – на земельные и лесные ресурсы.

В таблице 5.3 представлены источники негативного воздействия и природоохранные мероприятия.

Таблица 5.3 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при геологоразведочных работах

Природные ресурсы и компоненты ОС	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Литосфера	Накопление токсичных для почвы выбросов таких как углеводороды, тяжелые металлы, сырая нефть	Рациональное планирование мест и сроков проведения работ. Соблюдение нормативов отвода земель. Рекультивация земель
Атмосфера	Выброс в атмосферу токсичных газов в ходе работы НПЗ (углеводороды, оксиды серы, азота), а также от стационарных источников, такие как склад ГСМ, спецтехника.	Проверка оборудования на прочность и герметичность. Соблюдение правил эксплуатации Оснащение системой контроля загазованности.
Гидросфера	Попадание в гидросферу нефти и нефтепродуктов, сбрасываемые со сточными водами: сырая нефть, бензин, бензол, ксилол.	Для приема и утилизации хозяйственно – бытовых сточных вод в пределах участка поисковых работ предусматривается использование септиков и надворных туалетов, которые будут располагаться за пределами водоохранных зон поверхностных водотоков.

В целях охраны и рационального использования земельных ресурсов при работе НПЗ должны соблюдаться следующие основные требования к их проведению:

недопущение захламления заводской зоны мусором, отходами изоляционных покрытий и других материалов, а также загрязнение ее горюче-смазочными материалами;

использование парка строительных машин и механизмов, имеющих минимально возможное удельное давление ходовой части на подстилающие грунты, в целях снижения техногенного воздействия;

своевременное и качественное выполнение всех природоохранных мероприятий, таких как противоэрозионные мероприятия и техническая рекультивация;

использование природо- и ресурсосберегающих технологий в ходе работ на НПЗ, позволяющих сократить потребность в древесине, песчано-гравийном грунте и др.;

рациональное использование материальных ресурсов, снижение объема отходов производства с их последующей утилизацией или обезвреживанием.

По окончании реконструкции земли подлежат рекультивации, которая заключается в приведении земель в состояние, пригодное для их дальнейшего использования по назначению. Рекультивация земель является одной из важнейших составляющих комплекса мероприятий по восстановлению природных ресурсов [12].

5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при работе на НПЗ является возникновение пожара и взрыва. При выполнении полевых работ, для предотвращения пожаров и их последствий, должны соблюдаться требования пожарной безопасности, изложенные в «Правилах пожарной безопасности в лесах», установленные постановлением правительства РФ от 30.06.2007 N 417 (с изменениями на 14.04.2014).

Производственные здания, сооружения и установки в зависимости количества пожаровзрывоопасных свойств, находящихся в них веществ и материалов и с учетом особенностей технологических процессов, размещенных в них производств, подразделяются на ряд категорий по взрывопожарной и пожарной опасности.

По санитарной характеристике в соответствии со СНиП 2.09.04-87 производственные процессы гидроочистки и каталитического риформинга относятся к группе 3б.

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов – совокупность свойств, характеризующих их способность к образованию горючей (пожароопасной или взрывоопасной) среды, характеризуемая их физико-химическими свойствами и (или) поведением в условиях пожара. Следствием горения, в зависимости от его скорости и условий протекания, могут быть

пожар (диффузионное горение) или взрыв (дефлаграционное горение предварительно перемешанной смеси горючего с окислителем) (ГОСТ 12.1.044-89).

Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов определяют с целью получения исходных данных для разработки систем по обеспечению пожарной безопасности и взрывобезопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.1.010-76, строительных норм и правил, правил устройства электроустановок; при классификации опасных грузов по ГОСТ 19433-88; для выбора категории помещений и зданий в соответствии с требованиями норм технологического проектирования; для технического надзора за изготовлением материалов и изделий при постройке и ремонте судов.

Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий

Во всех помещениях на производстве предусмотрена пожарная сигнализация. Сигналы от датчиков пожарной сигнализации подаются на щиты управления. В качестве датчиков используются пожарные извещатели взрывозащищенные. Для тушения пожаров или возгораний на установке применяются следующие средства пожаротушения [40]:

ручные порошковые огнетушители ОП-5, ОП-10, ОП-50;

углекислотные огнетушители ОУ-6;

пожарные ящики с песком в комплекте;

пожарные рукава.

На территории установки установлены пожарные щиты, укомплектованные огнетушителями ОП-5, ОП-10, ОУ-6, кошмой, лопатами.

В соответствии с «Требованиями к установке сигнализаторов и газоанализаторов» (ТУ-ГАЗ-86) [45] на наружной площадке и в помещениях устанавливаются стационарные автоматические сигнализаторы до

взрывоопасных концентраций, кроме того, в помещениях – сигнализаторы предельных токсических концентраций.

Вывод

В ходе выполнения задания по разделу «Социальная ответственность» были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, которые могут оказать влияние на организм человека при работе на нефтеперерабатывающем заводе. Был сделан вывод, что основным опасным фактором при работе на НПЗ является пожара и взрыв газа при работе с технологическим оборудованием. Основной вредный производственный фактор – это воздействие шума; опасный производственный фактор – возникновение пожара, взрыва. Наиболее типичная чрезвычайная ситуация – возникновение пожара и взрыва нефтепродуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ciapetta F, Wallace D, Catalytic naphtha reforming. *Catal. Rev.* 1972, 5(1), 67- 158.
2. George J. Antos, Abdullah M. Aitani, Jose' M. Parera, *Catalytic Naphtha Reforming: Science and Technology.* MarcelDekker. 1995, 61.
3. Meyers RA, *Handbook of petroleum refining processes.* New York: McGrawHill. 1986, 847.
4. Dachos N., Kelly A., Felch D. *Reis Handbook of Petroleum Refining Processes* Meyers, R. ed., McGraw-Hill: New York. 2017, 43.
5. Badiea S. Babaqi, Mohd S., Takriff, Siti K. Kamarudin, Nur Tantiyani A. Othman *Mathematical modeling, simulation, and analysis for predicting improvement opportunities in the continuous catalytic regeneration reforming process,* *Chemical Engineering Research and Design.* 2018, №132, P.235-251.
6. Ancheyta-Juarez J, Villafuerte-Macias E *Kinetic modeling of naphtha catalytic reforming reactions,* *Energy Fuels.* 2015, V.103, №14, P.2–7.
7. Rodriguez MA, Ancheyta J *Detailed description of kinetic and reactor modeling for naphtha catalytic reforming,* *Fuel.* 2014, V.90, №3, P.492–508.
8. Rossini F.D., Pitzer K.S., Arnett R.L., Braum R.M., Pimentel G.C *Selected Values of Physical and Thermodynamic Properties of Hydrocarbons and Related Compounds,* API Res. Project 44, 2013.
9. Wojciechowski B.W., Corma A *Catalytic Cracking Catalysts,* *Chemistry and Kinetics,* Marcel Dekker: New York, 2016, P.34.
10. Benitez VM, Pieck CL *Influence of indium content on the properties of Pt–Re/ Al₂O₃ naphtha reforming catalysts,* *Catal Lett,* 2018, №136, P.45–51.

11. J.L. Carter, G.B. McVicker, W. Weissman, W.S. Kmak, J.H. Sinfelta, Bimetallic catalysts: Application in catalytic reforming, *Applied Catalysis*, 2012, P.321-346.
12. Epron F, Carnevillier C, Marecot P, Catalytic properties in n-heptane reforming of Pt–Sn and Pt–Ir–Sn/Al₂O₃ catalysts prepared by surface redox reaction, *Appl Catal A Gen*, 2015, P.57–69.
13. Viviana Benitez MB, Mazzieri VA, Especel C, Epron F, Vera CR, Marecot P, Preparation of trimetallic Pt–Re–Ge/Al₂O₃ and Pt–Ir–Ge/Al₂O₃ naphtha reforming catalysts by surface redox reaction, *Appl. Catal.*, 2017.
14. Lee JW, Ko YC, Jung YK, Lee KS, Yoon ES A modeling and simulation study on a naphtha reforming unit with a catalyst circulation and regeneration system, *Comput Chem Eng*, 2014.
15. Catalytic reforming of petroleum hydrocarbons with an alumina-chromium oxide catalyst comprising boron oxide US Patent 2,967,822, 2015.
16. Reforming process US Patent 2,478,916, 1949.
17. Meyers RA Handbook of petroleum refining processes, New York: McGrawHill, 1986, №3.
18. Bell L, Worldwide refining, *Oil Gas J*, 2012, №46.
19. Mahdavian M, Ftemi S, Fazeliz A, Modeling and simulation of industrial continuous naphtha catalytic reformer accompanied with delumping the naphtha feed, *Int. J Chem. React. Eng.*, 2020.
20. Srinivasan R, Davis BH The structure of platinum–tin reforming catalysts, *Platinum Metals Rm*, 1992.
21. Haensel V. US Patent 2,479,101, UOP, 1949.
22. Hill JM, Cortright RD, Dumesic JA, Silica- and L-zeolite-supported Pt, Pt/Sn and Pt/Sn/K catalysts for isobutane dehydrogenation, *Appl. Catal.* 1998, P.21.
23. Process for generating pure benzene from reformed gasoline, US Patent 6,124,514, 2018.

24. Постоянный технологический регламент ТР установки риформинга цеха №15 установки ЛЧ-11-35/600 АО “Сызранский НПЗ”
25. О.Ф.Глаголевой и В.М.Капустина Технология переработки нефти. В двух частях. Ч.1. Первичная переработка нефти.// М.: Химия, Колосс. - 2015. – С.400.
26. Мирошникова Д.А., Леденёв С.М. Совершенствование процесса каталитического риформинга бензиновой Успехи современного естествознания. – 2018. – № 1. – С. 162-162;URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=>
27. Гуреев А. А. Производство высокооктановых бензинов / А. А. Гуреев – М.: Химия, 1981. с. 256–264 2.
28. Кондрашева Н. К., Абдульминев К. Г., Кондрашев Д. О. «Процесс каталитического риформинга бензина» учебное пособие. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 2016. С.5–14 3.
29. Суханов В. П. «Каталитические процессы в нефтепереработке». — 3-изд., перераб. И доп. — М.: Химия, 2014. С. 113–140
30. Хатмуллина, Д. Д. Каталитический риформинг / Д. Д. Хатмуллина. — Текст : непосредственный // Технические науки: теория и практика : материалы II Междунар. науч. конф. (г. Чита, январь 2014 г.). — Т. 0.
31. — Чита : Издательство Молодой ученый, 2014. — С. 106-109.