

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

Институт электронного обучения
Направление подготовки - Химическая технология природных энергоносителей и
углеродных материалов
Кафедра химической технологии топлива и химической кибернетики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование работы катализаторов риформинга методом математического моделирования

УДК 665.64.092.097.001.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д11	Будько С.С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТТ и ХК	Чернякова Е.С.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭПР	Сечина А.А.	к.х.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Чулков Н.А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ХТТ и ХК	Юрьев Е.М.	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

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

Институт Природных ресурсов
Специальность 240100 Химическая технология
Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. Кафедрой

Юрьев Е.М.

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломной работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д11	Будько Сергею Сергеевичу

Тема работы:

Исследование работы катализаторов риформинга методом математического моделирования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

15 мая 2016 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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</i>	Объект исследования – промышленная установка каталитического риформинга бензинов ЛЧ-35-11/1000 ООО «КИНЕФ»; Производительность установки, составы технологических потоков и технологические режимы установки риформинга бензинов.
---	--

<i>особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т.д.)</i>	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выявления 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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Введение; 2. Основные теоретические положения: физико-химические особенности процесса (химизм процесса, условия проведения, описание технологической схемы, катализаторы риформинга); 3. Литературный обзор; 4. Экспериментальная часть; 5. Обсуждение результатов; 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 7. Социальная ответственность; 8. Заключение и выводы; 9. Список используемой литературы;
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Характеристика исходного сырья и продуктов; 2. Общая технологическая схема установки; 3. Основные результаты расчетов;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старший преподаватель кафедры ЭПР, к.х.н. Сечина А.А.
Социальная ответственность	Доцент кафедры ЭБЖ Чулков Н.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	20 января 2016 г.
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д11	Будько Сергей Сергеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д11	Будько Сергею Сергеевичу

Институт	электронного обучения	Кафедра	Химической технологии топлива и химической кибернетики
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Составить оценочную карту для сравнения конкурентных технических решений. Составить SWOT-анализ используемого комплекса методик.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет затрат на оборудование, сырье и материалы для проведения научного исследования. Расчет заработной платы исполнителей НИ. Расчет общих затрат на НИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения НИ
4. Расчет заработной платы исполнителей НИ
5. Расчет бюджета затрат НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.04.16
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечина Ася Александровна	к.х.н., доцент		14.04.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д11	Будько Сергей Сергеевич		14.04.16

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д11	Будько Сергей Сергеевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ХТФ и ХК
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Химическая технология топлива

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования, программа управления процессом с целью исключения ошибок оператора.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</p> <ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Недостаточное освещение рабочего места; – Повышенный уровень электромагнитных излучений. <p>Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Нестабильная подача электрического тока; – Пожароопасность.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Данная информационная система не влияет на окружающую природную среду.</p>

<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>К чрезвычайной ситуации относится:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Конфликты в сфере социальных отношений.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" 28.12.2013 Федеральный закон о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ в связи с принятием Федерального закона "О специальной оценке условий труда" N 421-ФЗ 28.12.2013</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Чулков Н.А.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д11	Будько Сергей Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 83 с ,17 рис,23 табл
23 источников, 2 прил.

Ключевые слова: Каталитический риформинг, октановое число, оптимизация, катализатор, математическое моделирование.

Объектом исследования является промышленная установка каталитического риформинга бензинов ЛЧ-35-11/1000 Киришского НПЗ.

Цель работы – анализ параметров эффективности работы установки каталитического риформинга бензинов.

В процессе исследования проводились анализ литературы, расчет параметров процесса каталитического риформинга бензинов с использованием компьютерных моделирующих систем, анализ влияния изменения сырья и технологических параметров на процесс, прогнозирование эффективности работы промышленной установки.

В результате исследования определены оптимальные параметры работы промышленной установки и сформулированы основные рекомендации.

Ключевые полезные, научно-технические и технико-эксплуатационные свойства характеристики представлены в четвертом разделе.

Область применения: нефтеперерабатывающие предприятия.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА.....	7
1.1 Характеристика сырья каталитического риформинга.....	7
1.2 Теоретические основы процесса.....	7
1.3 Катализаторы процесса риформинга.....	9
1.4 Влияние основных технологических параметров на конечные результаты процесса.....	13
1.5 Технологическая схема каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора.....	18
1.6 Характеристика продуктов процесса и их применение.....	19
1.7 Основное оборудование процесса риформинга.....	20
1.8 Расчет реакторного блока.....	24
1.8.2 Основные размеры реактора.....	32
2 СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА РИФОРМИНГА.....	34
2.1 Выбор и обоснование параметров автоматического контроля, регулирования, управления и сигнализации.....	34
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	38
3.1 Исследование текущей и оптимальной активности катализатора.....	38
3.2 Исследование влияния технологических режимов.....	42
3.3 Исследование влияния состава сырья.....	44
3.4 Прогноз активности катализатора.....	46
3.5 Сравнительный анализ работы Pt-катализаторов.....	48
3.6 Обсуждение результатов.....	53
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	56

4.1 Предпроектный анализ. Потенциальные потребители результатов исследования.....	56
4.2 Планирование управления научно-техническим проектом.....	59
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	59
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	59
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	61
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	61
4.3.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	62
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	66
5.1 Профессиональная социальная ответственность.....	67
5.1.1 Недостаточное освещение рабочего места.....	67
5.1.2 Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	69
5.1.3 Опасные факторы производственной среды.....	70
5.1.3.1 Электробезопасность.....	70
5.1.3.2 Пожарная безопасность.....	72
5.2 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	73
5.2.1 Конфликты в сфере социальных отношений.....	74
5.3 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	77
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	78
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	80
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	81

ВВЕДЕНИЕ

Каталитический риформинг бензинов считается важным процессом современной нефтепереработки и нефтехимии. Он предназначен для одновременного извлечения высокооктанового базового компонента автомобильных бензинов, ароматических углеводородов – материала для нефтехимического синтеза и водородосодержащего газа – технического водорода, используемого в гидрогенизационных процессах нефтепереработки. Каталитический риформинг считается в наше время наиболее популярным способом каталитического облагораживания прямогонных бензинов. Установки каталитического риформинга имеются практически на всех российских и иностранных нефтеперерабатывающих заводах.

Крупнейшим достижением в развитии технологии стало внедрение Pt-Re полиметаллических катализаторов. В настоящее время продолжается совершенствование данных катализаторов, равно как и путем выбора оптимального соотношения металлов, таким образом модификаций носителя – оксида алюминия. Однако возможности данных катализаторов в существенной степени исчерпаны, и в последние годы четко обозначилось снижение темпа повышения их эффективности. Подобным образом, последующее совершенствование технологии производства бензинов напрямую связано с повышением уровня эксплуатации и верным выбором типа катализатора, который существенно находится в зависимости от технологии и углеводородного состава перерабатываемого материала [1].

Сегодня, в связи с активным внедрением компьютерной техники и информационных технологий во все области науки и производства, появляется возможность проводить текущие анализы и с учётом базы знания осуществлять прогнозирование процессов на предмет их оптимизации. Это стало возможным в связи с появлением интеллектуальных информационных

систем, в основе которых лежит методика системного анализа и метод математического моделирования [2].

На кафедре химической технологии топлива и химической кибернетики разработана современная технологическая моделирующая система, которая позволяет контролировать и прогнозировать работу катализаторов на установках каталитического риформинга бензинов, а именно рассчитать текущую и оптимальную активность катализатора, провести исследование влияния состава сырья на процесс и рассчитать скорость дезактивации катализатора. Прогноз активности катализатора обеспечивает расчет активности катализатора при заданном значении октанового числа, и таким образом, сделать предположение о сроке службы катализатора [2].

Таким образом, данная работа по исследованию параметров эффективности работы установки каталитического риформинга бензинов на Киришском НПЗ в настоящее время является актуальной.

Целью работы стал анализ параметров эффективности работы установки каталитического риформинга бензинов.

В процессе исследования рассчитали основные параметры процесса с использованием компьютерной моделирующей системы, провели анализ влияния изменения сырья и технологических параметров на процесс, а также спрогнозировали эффективность работы промышленной установки.

1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

1.1 Характеристика сырья каталитического риформинга

В свойстве материала с целью каталитического риформинга обычно используют бензиновые фракции основной перегонки нефти. Пределы выкипания данных фракций колеблются в широком интервале – от 60 до 210 °С. Для извлечения ароматических углеводородов в огромной доли используют фракции, выкипающие при 60-105 °С либо при 60-140 °С, а для получения высокооктановых автомобильных бензинов – фракции 85-180 °С.

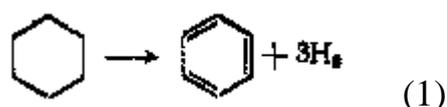
1.2 Теоретические основы процесса

Каталитический риформинг – непростой химический процесс, включающий различные реакции, которые дают возможность коренным образом преобразовать углеводородный состав бензиновых фракций и тем самым значительно усовершенствовать их антидетонационные свойства.

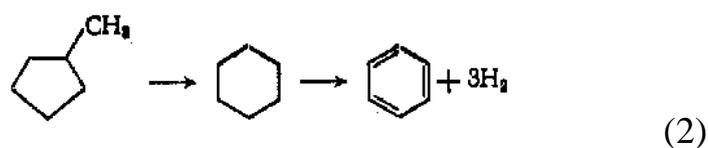
Основой процесса служат три вида реакций. Более важны перечисленные ниже реакции, приводящие к формированию ароматических углеводородов.

1 тип реакций.

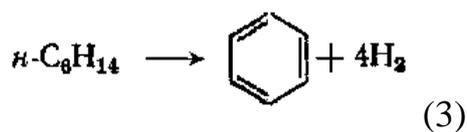
- Дегидрирование шестичленных нафтенов:



- Дегидроизомеризация пятичленных нафтенов:

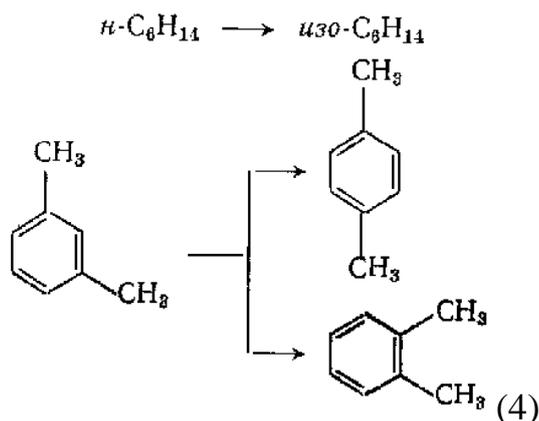


- Ароматизация (дегидроциклизация) парафинов:



2 типа реакций.

- Изомеризация углеводородов. Наравне с изомеризацией пятичленных и шестичленных нафтенов, изомеризации подвергаются rovnа как парафины, таким образом и ароматические углеводороды.



3 тип реакций.

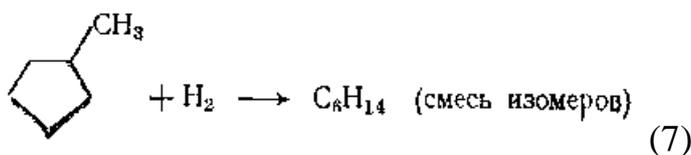
- Гидрокрекинг. Значительную роль в процессе представляют также реакции гидрокрекинга. Гидрокрекинг парафинов, содержащихся, в бензиновых фракциях, сопровождается газообразованием что ухудшает селективность процесса.



С другой стороны, подобной реакция гидродеалкилирования алкилбензолов дает возможность повысить выход низкомолекулярных гомологов бензола, которые предполагают максимальный практический интерес



Протекают кроме того реакции, приводящие к раскрытию циклопентанового кольца и к обращению пятичленных нафтенов в парафины



Элементарные стадии ряда приведенных реакций предопределяются бифункциональным характером катализаторов рифрминга. С одной стороны, они содержат единственный металл (платину) либо ряд металлов (к примеру, платину и рений, либо платину и иридий), которые катализируют реакции гидрирования и дегидрирования. С другой стороны, носителем предназначается промотированный галогенами оксид алюминия, владеющий кислотными свойствами и катализирующий реакции, свойственные катализаторам кислотного вида. Поэтому разные элементарные стадии реакции могут протекать на различных участках поверхности катализатора: металлических или кислотных. В качестве образа можно сослаться на реакцию изомеризации стандартного парафина. Сначала такой углеводород дегидрируется до стандартного олефина на металлическом участке, далее нормальный олефин изомеризуется на кислотном месте в изоолефин, который далее подвергается гидрированию на металлическом участке, превращаясь в изопарафин. Не только в данной, но и в ряде иных реакций каталитического риформинга, основные элементарные стадии - гидрирование и дегидрирование углеводородов.

1.3 Катализаторы процесса риформинга

Более обширное распространение получили бифункциональные алюмоплатиновые катализаторы, в каковых платина в тонкодисперсном состоянии нанесена на оксид алюминия. Платина активна в реакциях гидрирования и дегидрирования. Она способствует оформлению аренов и гидрированию промежуточных алкенов. Содержание платины в катализаторе составляет обычно 0,3-0,65%. Повышение концентрации платины повышает активность катализатора и октановое число бензина. Но чрезмерно высокое содержание платины нежелательно, так как при этом повышается роль

реакции деметилирования ароматических углеводородов и расщепления циклоалканов уменьшающих выход бензина. Главным фактором дезактивации катализатора является его закоксовывание, по этой причине увеличение стабильности достигается в основном введением модифицирующих добавок, влияющих на коксообразование

Прогресс каталитического риформинга в минувшие годы связан с разработкой платинорениевых катализаторов включающих 0,3-0,6 % платины и 0,3-0,4 % рения. Рений образует сплав с платиной и мешает ее дезактивации, снижая коксообразование путем гидрирования алкенов. Применение биметаллических катализаторов разрешило уменьшить давление риформинга от 3,5 до 1,5-2,0 МПа и увеличить выход топлива с октановым числом 95 пунктов (по экспериментальному способу) примерно на 6 %.

Кислотную функцию в промышленных катализаторах риформинга выполняет оксид алюминия, в качестве которого применяют оксид алюминия. Для усиления и регулировки кислотной функции носителя в состав катализатора вводят галоген: фтор или хлор. В наше время применяют только хлорсодержащие катализаторы. Содержание хлора является от 0,4-0,5 до 2,0 % масс.

Бифункциональная система доказана на примере использования катализаторов, включающих только лишь кислотные центры либо только металлические центры, которые оказались исключительно малоактивными, в то время как даже механическая их смесь была достаточно активна. Благодаря бифункциональному катализу удается коренным образом преобразовать углеводородный состав исходного бензина и повысить его октановую характеристику на 40-50 пунктов.

Платина на катализаторе риформинга не только ускоряет реакции гидрирования-дегидрирования, но и замедляет образование кокса на его поверхности. Обуславливается данное этим, то что адсорбированный на

платине водород сначала диссоциируется, затем активный (атомарный) водород диффундирует на поверхности катализатора к кислотным центрам, ответственным за образование коксовых отложений. Коксогены гидрируются и десорбируются с поверхности. В данной взаимосвязи скорость образования кокса при прочих равных условиях симбатно зависит от давления водорода. Поэтому минимальная концентрация платины в катализаторах риформинга определяется необходимостью прежде всего поддерживать их поверхность в «чистом» виде, а не только с целью образования достаточного числа активных металлических центров на поверхности носителя.

В монометаллических алюмоплатиновых катализаторах риформинга содержание платины составляет 0,3-0,8 % масс. Очень важно, чтобы платина была достаточно хорошо диспергирована на поверхности носителя. С увеличением дисперсности платины повышается активность катализатора.

Прогресс каталитического риформинга в последние годы был связан с разработкой и применением сначала биметаллических и затем полиметаллических катализаторов, обладающих увеличенной активностью, селективностью и устойчивостью.

Применяемые с целью для промотирования металлы можно поделить на две группы. К первой из них относятся металлы VIII ряда: рений и иридий, известные равно как катализаторы гидро-дегидрогенизации и гидрогенолиза. К другой группе модификаторов принадлежат металлы, почти неактивные в реакциях риформинга, подобные, как германий, олово и свинец (IV группа), галлий, индий и редкоземельные элементы (III группа) и кадмий (из II группы). К биметаллическим катализаторам относятся платино-рениевые и платино-иридиевые, содержащие 0,3-0,4 % масс., платины и примерно столько же Re и Ir. Рений или иридий образуют с платиной биметаллический сплав, точнее кластер, типа Pt-Re-Re-Pt-, который препятствует рекристаллизации - укрупнению кристаллов платины при длительной эксплуатации процесса. Биметаллические кластерные

кристаллизаторы (получаемые как правило нанесением металлов, обладающих каталитической активностью, особенно благородных, на носитель с высокоразвитой поверхностью) характеризуются, кроме высокой термостойкости, еще одним важным достоинством - повышенной активностью по отношению к диссоциации молекулярного водорода и миграции атомарного водорода (спилловеру). В результате отложение кокса происходит на более удаленных от биметаллических центров катализатора, что способствует сохранению активности при высокой его закоксованности (до 20 % масс, кокса на катализаторе). Из биметаллических катализаторов платино-иридиевый превосходит по стабильности и активности в реакциях дегидроциклизации парафинов не только монометаллический, но и платино-рениевый катализатор. Применение биметаллических катализаторов позволило снизить давление риформинга (от 3,5 до 2-1,5 МПа) и увеличить выход бензина с октановым числом по исследовательскому методу до 95 пунктов примерно на 6 %.

Полиметаллические кластерные катализаторы обладают стабильностью биметаллических, но характеризуются повышенной активностью, лучшей селективностью и обеспечивают более высокий выход риформата. Срок их службы составляет 6-7 лет. Эти достоинства их обуславливаются, по-видимому, тем, что модификаторы образуют с платиной (и промоторами) поверхностные тонкодиспергированные кластеры с кристаллическими структурами, геометрически более соответствующими и энергетически более выгодными для протекания реакций ароматизации через мультиплетную хемосорбцию. Среди других преимуществ полиметаллических катализаторов следует отметить возможность работы при пониженном содержании платины и хорошую регенерируемость.

Успешная эксплуатация полиметаллических катализаторов возможна лишь при выполнении определенных условий:

- содержание серы в сырье риформинга не должно превышать 10^{-4} % масс., что требует глубокого гидрооблагораживания сырья в блоке предварительной гидроочистки;

- содержание влаги в циркулирующем газе не должно превышать $2 \cdot 10^{-3}$ - $3 \cdot 10^{-3}$ % мольных;

- пуск установки на свежем и отрегенерированном катализаторе требует использования в качестве инертного газа чистого азота (полученного, например, ректификацией жидкого воздуха);

- для восстановления катализатора предпочтительно использование электролитического водорода.

В настоящее время отечественной промышленностью вырабатываются три типа катализаторов риформинга: монометаллические (АП-56 и АП-64), биметаллические (КР-101 и КР-102) и полиметаллические (КР-104, КР-106, КР-108 и платиноэрионитовый СГ-3П).

1.4 Влияние основных технологических параметров на конечные результаты процесса

Основные технологические параметры процесса риформинга: температура на входе в реакторы, давление, объемная скорость подачи сырья и кратность циркуляции водородосодержащего газа.

Выбор большинства параметров производится в зависимости от фракционного состава сырья и заданной жесткости режима при проектировании установки. Температура на входе в реакторы является основным регулируемым параметром процесса. Эта температура должна поддерживаться на минимально возможном уровне, обеспечивавшем получение катализата заданного качества (с заданным октановым числом или заданной массовой долей ароматических углеводородов).

Постепенным повышением входных температур компенсируется естественное снижение активности катализатора в реакционном цикле и длительность последнего определяется темпом (скоростью) повышения температуры.

Температуру на входе в реакторы за один раз не следует повышать более чем на 2°C. При изменении загрузки установки по сырью входные температуры должны корректироваться – уменьшаться при снижении загрузки и увеличиваться при ее повышении. Прежде чем уменьшить загрузку установки сырьем, следует снизить температуру на входе в реакторы. Повышение температуры следует производить лишь после увеличения загрузки. При повышении температуры на входе в реакторы увеличивается жесткость процесса и ускоряются все основные реакции, однако, наиболее чувствительны к повышению температуры реакции гидрокрекинга. Повышение температуры ускоряет образование кокса на катализаторе, снижает выход катализата и массовую долю водорода в циркуляционном газе риформинга.

Температура на входе в реакторы при проведении любых операций на блоке риформинга никогда не должна превышать 530°C (для катализатора СГ-3П максимум до 490 °C). Перепад температуры в реакторах риформинга определяется, главным образом, тепловым эффектом процесса.

Температурный перепад, особенно в первой ступени риформинга, может служить характеристикой активности катализатора. По мере отработки катализатора, накопления кокса на нем и понижения массовой доли водорода в циркулирующем газе, перепады температур в отдельных реакторах и суммарный перепад температуры понижается. Понижение перепада температуры в реакторах при работе на хлорированных катализаторах в некоторых случаях свидетельствует о чрезмерной массовой доле хлора в катализаторе.

Абсолютная величина температурного перепада в реакторах зависит от химического состава сырья и селективности процесса: чем выше содержание нафтеновых углеводородов, тем выше, при прочих равных условиях, величина температурного перепада: при снижении селективности процесса, вследствие развития реакций гидрокрекинга, происходит снижение температурного перепада.

Распределение температур на входе в реакторы мало влияет на селективность процесса риформинга. При нисходящем распределении температур (например 500°C, 495°C, 490°C) более равномерно обрабатывается (закоксовывается) катализатор.

При выборе температурного режима (нисходящего, с одинаковыми температурами на входе, восходящего) следует принимать во внимание тепловую нагрузку секций печей, состояние катализатора в реакторах и т.п. Разность между входными температурами в соседних ступенях не рекомендуется увеличивать более чем на 10°C. Чувствительность к изменению температуры повышается от I ступени к IV и зависит от состава сырья и распределения катализатора.

Так, на установке с распределением катализатора по ступеням реакции 1:2:4 при переработке фракции 85-180°C и получении катализатора с октановым числом в пределах 78-85 пунктов (моторный метод) для увеличения октанового числа на 1 пункт повышение температуры на входе составляет:

I ступень – 15-20 °C

II ступень – 4-8 °C

III ступень – 2-4 °C

Давление в системе риформинга выбирается на стадии проектирования в зависимости от фракционного состава перерабатываемого сырья и свойств применяемого катализатора. В ходе эксплуатации давление может варьироваться в незначительных пределах, однако и сравнительно

небольшое изменение давления оказывает определенное влияние на процесс. Повышение давления снижает коксообразование, но одновременно усиливает гидрокрекинг и подавляет образование ароматических углеводородов.

Снижение давления усиливает коксообразование, но повышает степень ароматизации. При снижении давления уменьшается подача циркуляционных компрессоров и снижается кратность циркуляции водородсодержащего газа. Изменение давления может использоваться для регулирования процесса лишь в редких случаях, например, при переходе от переработки широкой фракции (85-180°C) к переработке более узкой фракции (105-140°C).

Средняя объемная скорость подачи сырья может корректироваться путем изменения загрузки катализатора и изменения средней производительности установки. Нижний предел производительности установки и соответствующая объемная скорость колеблется в относительно широких пределах под влиянием тех или иных производственных факторов. Уменьшение объемной скорости мало сказывается на протекании реакций ароматизации, но благоприятствует течению реакций гидрокрекинга, что приводит при неизменной температуре к снижению выхода катализата и повышению его октанового числа за счет концентрирования ароматических углеводородов. При этом возрастает и коксообразование. При снижении объемной скорости подачи сырья температура на входе в реакторы должна быть понижена. При увеличении средней объемной скорости повышаются эксплуатационные температуры, и сокращается длительность межрегенерационного цикла.

Кратность циркуляции водородсодержащего газа выбирается в зависимости от фракционного состава перерабатываемого сырья, давления в системе риформинга, вида катализатора и задаваемой жесткости процесса при проектировании установки.

Заданная кратность циркуляции, а также массовая доля водорода в циркуляционном газе риформинга определяет мольное отношение "водород-сырье". От величины этого параметра зависит интенсивность коксообразования, а, следовательно, стабильность и срок службы катализатора как межрегенерационный, так и общий. Минимальная кратность циркуляции, заданная в проекте установки и зафиксированная в технологической карте, должна выдерживаться при любых изменениях режима блока риформинга.

Качество сырья (его химический и фракционный состав) оказывает существенное влияние на работу установок риформинга. Ценность сырья для риформирования тем выше, чем выше массовая доля в нем нафтеновых и ароматических углеводородов. При увеличении массовой доли нафтеновых и ароматических углеводородов в сырье катализатор заданного качества может быть получен либо:

- при более низкой средней температуре в реакторах;
- при более высокой объемной скорости подачи сырья.

При этом увеличивается выход катализатора и возрастает массовая доля водорода в циркуляционном газе. Качество сырья определяет также стабильность и срок службы катализатора: чем выше массовая доля нафтеновых и ароматических углеводородов в сырье, тем мягче режим работы установки, тем больше срок службы катализатора.

Для получения компонента высокооктанового бензина наиболее ценными является четкие фракции 85-180°C или 105-180°C. Чем выше начальная температура кипения сырья (в указанных пределах), тем мягче может быть режим риформирования.

1.5 Технологическая схема каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора

Технологическая схема установки риформинга со стационарным слоем катализа приведена в Приложении А.

Установка включает следующие блоки: очистки циркуляционного газа, каталитического риформинга, сепарации газов и стабилизации бензина.

Сырье насосом под давлением (4,7 МПа) подается на смешение с избыточным водородсодержащим газом риформинга.

Газосырьевая смесь подогревается вначале в теплообменнике, затем в соответствующей секции печи и температурой 500-520°C поступает в реактор. Последующий ход смеси-реакторы, причем перед каждым из реакторов она подогревается в змеевиках печи. Наконец, из последнего реактора газопродуктовая смесь направляется в теплообменник и холодильник, где охлаждается до 30°C, и поступает в сепаратор высокого давления (3,2-3,6 МПа) для отделения циркуляционного газа от катализатора.

Циркуляционный газ под давлением 5 МПа компрессором возвращается в систему платформинга. Нестабильный катализат из сепаратора поступает в сепаратор низкого давления (давление 1,9 МПа). Выделившийся из катализата углеводородный газ выходит с верха сепаратора и входит в фракционирующий абсорбер. В этот же абсорбер насосом подается и жидкая фаза из сепаратора. Абсорбентом служит стабильный катализат (бензин). В абсорбере при давлении 1,4 МПа и температуре внизу 165°C и вверху 40°C отделяется сухой газ.

Нестабильный катализат насосом прокачивается через теплообменник и подается в колонну, где и происходит его стабилизация. Часть продукта для поддержания температуры низа в аппаратах и циркулирует через соответствующие секции печи. Головная фракция стабилизации после охлаждения и конденсации в аппарате поступает в приемник, откуда насосом частично возвращается в колонну на орошение, а избыток выводится с

установки. Стабильный бензин с низа колонны после охлаждения в теплообменниках и насосом подается во фракционирующий абсорбер, избыток его выводится с установки.

1.6 Характеристика продуктов процесса и их применение

В процессе каталитического риформинга образуются газы и жидкие продукты (риформат). Риформат можно использовать как высокооктановый компонент автомобильных и авиационных бензинов или направлять на выделение ароматических углеводородов, а газ, образующийся при риформинге, подвергают разделению.

Высвобождаемый при этом водород частично используют для пополнения потерь циркулирующего водородсодержащего газа и для гидроочистки исходного сырья (если она есть), но большую же часть водорода с установки выводят. Такой водород значительно дешевле специально получаемого водорода. Именно этим объясняется его широкое применение в процессах, потребляющих водород, особенно при гидроочистке нефтяных дистиллятов. Кроме водородсодержащего газа из газов каталитического риформинга выделяют сухой газ (C1-C2 или C1-C3) и сжиженные газы (C3-C4); в результате получают стабильный дебутанизированный бензин.

В ряде случаев на установке (в стабилизационной ее секции) получают стабильный бензин с заданным давлением насыщенных паров. Это имеет значение для производства высокооктановых компонентов автомобильного или авиационного бензина. Для получения товарных автомобильных бензинов бензин риформинга смешивают с другими компонентами (компаундируют). Смешение вызвано тем, что бензины каталитического риформинга содержат 60-70% ароматических

углеводородов и имеют утяжеленный состав, поэтому в чистом виде они непригодны для использования. В качестве компаундирующих компонентов могут применяться легкие бензиновые фракции (н.к.-62 °С) прямой перегонки нефти, изомеризаты и алкилаты.

1.7 Основное оборудование процесса риформинга

Современная нефтеперерабатывающая промышленность оснащена сложным оборудованием, предназначенным для осуществления разнообразных процессов – нагрева, охлаждения, конденсации, массопередачи, перекачки, фильтрации и ряда других операций с нефтью и продуктами ее переработки.

По функциональному назначению это оборудование делится на следующие основные группы:

- реакторное– реакторы, регенераторы;
- массообменное–ректификационные колонны, абсорберы, десорберы;
- нагревательное– трубчатые печи, теплообменники;
- охладительное– холодильники-конденсаторы, аппараты воздушного охлаждения;
- оборудование для разделения эмульсий и суспензий – фильтры, центрифуги;
- оборудование для транспортировки жидких и газообразных сред – насосы, компрессоры;
- оборудование для отключения аппаратов и участков трубопроводов – запорная арматура (задвижки, вентили и др.).

Выбор типа основных аппаратов.

Основными аппаратами установок каталитического риформинга являются реакторы, печи, стабилизационные колонны, теплообменные аппараты, сепараторы и емкости.

Реакторы. Основой для классификации реакционных аппаратов являются термодинамические и физико-химические характеристики процессов, направление движения газосырьевых потоков и особенности материального и конструктивного исполнения.

По термодинамическому признаку реакторы риформинга относятся к реакторам адиабатического типа, работающим без подвода или отвода тепла. В них катализатор загружают сплошным слоем. Для лучшего распределения паров выше и ниже слоя насыпают фарфоровые шары.

По направлению потока газовой смеси реакторы риформинга бывают с аксиальным (осевым) вводом и движением по центральной трубе сверху вниз и с радиальным вводом от периферии к центру. По материальному оформлению реакторы бывают двух типов:

1. с наружной тепловой изоляцией, когда металл корпуса подвергается воздействию рабочих температур;
2. с внутренней защитной футеровкой торкрет-бетоном, предохраняющий металл от непосредственного контакта с продуктами реакции.

Реакторы первого типа требуют применения высоколегированных сталей или двухслойного изготовления: наружный слой из углеродистой стали, внутренний (плакирующий) – из нержавеющей.

Реакторы второго типа выполняют однослойными из углеродистой стали, торкрет-бетон накладывается на стальную стенку реактора под давлением «торкрет-пушкой». Толщина защитного слоя обычно составляет 150 мм.

Теплообменники. Теплообменная аппаратура в реакторных блоках установок каталитического риформинга служит для подогрева газосырьевой смеси продуктами реакции перед входом ее в нагревательную

печь. Количество тепла, передаваемое газосырьевой смеси, зависит от схемы регенерации тепла, глубины охлаждения продуктов реакции и поверхности нагрева или охлаждения.

Тепло, уносимое парогазовой смесью из последнего реактора, используют в теплообменных аппаратах кожухотрубчатого типа. На практике для теплообменников каталитического риформинга величина коэффициента теплопередачи составляет 500-630 кДж/(м • ч • К), т.е. не ниже, чем для других установок, использующих светлые нефтепродукты. Для теплообменников установок риформинга характерно, что сырье проходит по межтрубному пространству, а горячая парогазовая смесь – по трубкам, которые легче предохранить от коррозии.

Теплообменники для установок риформинга ставятся без резерва и без байпасов на трубопроводах. Это делается в целях сокращения затрат при строительстве установок.

На установках каталитического риформинга нашли применение два типа теплообменников:

1. Унифицированные одноходовые противоточные теплообменники кожухотрубчатого типа с плавающей головкой, поверхностью нагрева 350 м. Корпус теплообменника имеет диаметр 800 мм, длина трубного пучка 12 м. Наружный диаметр трубок 25 мм, толщина стенки трубок 3 мм. Количество трубок 376 штук с коридорным расположением по углам квадрата с шагом 32 мм. Эти теплообменники применяются для установок малой мощности.

2. Для установок большой мощности разработаны и применяются двухходовые по трубному пучку и одноходовые по межтрубному пространству теплообменники с поверхностью нагрева 900 м с U-образными трубками в пучке. Они имеют диаметр 1200 мм и длину 11 м. В трубном пучке устанавливаются трубки наружным диаметром 20 мм и толщиной 2 мм, выполненные из стали X8 или X5M.

Абсорберы. Абсорберы служат для удаления из циркулирующего водородсодержащего газа сероводорода и водяных паров абсорбцией 15%-ным раствором моноэтаноламина (МЭА). Абсорбция проходит при пониженных температурах, десорбция при температуре несколько выше 100°C. Абсорберы для очистки от сероводорода оборудованы тарелками с желобчатыми или S-образными элементами.

Газосепараторы. Основное назначение газосепараторов – разделение газопродуктовых потоков на газовую и жидкую фазы. Например, в блоке риформинга в газосепараторе высокого давления водородсодержащий газ отделяется от нестабильного катализата.

Трубчатые печи установок каталитического риформинга. Особенностью теплового режима работы трубчатых печей установок каталитического риформинга являются высокие начальные температуры потоков, поступающих в печь, в связи с тем, что от 60 до 80% тепла для нагрева сырья или продуктов реакции используется за счет утилизации тепла в теплообменниках. Вторая характерная особенность – высокая температура дымовых газов, покидающих камеру радиации. В этой связи для печей установок риформинга и гидроочистки используют различные методы утилизации тепла (воздухонагреватели, котлы-утилизаторы для выработки пара и др.). Еще одной особенностью трубчатых печей установок риформинга является низкая теплонапряженность радиантных труб 105-125 кДж/м • ч.

Жесткие условия эксплуатации трубчатых печей вынуждают к применению дорогих легированных сталей для изготовления змеевиков, в связи с чем стоимость изготовления составляет значительную долю от стоимости всей установки.

На отечественных установках риформинга применяются типовые многокамерные печи с вертикальными трубами, разработанные институтом «Ленгипрогаз».

Конструкция печей позволяет размещать их в непосредственной близости от реакторов, что дает возможность сократить расход высоколегированных труб для связей реакторов с печью и снизить теплопотери.

1.8 Расчет реакторного блока

Исходными данными для расчёта являются производительность реактора по сырью, углеводородный состав сырья, температура реакции, давление в начале процесса (на входе в реактор). Кроме того на основе промышленных или лабораторных данных должны быть приняты: объёмная скорость подачи сырья, количество циркулирующего водородсодержащего газа, число последовательных реакторов, количество катализатора и его распределение между реакторами.

Углеводородный состав сырья, поступающего на риформинг, приведён в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Углеводородный состав сырья

Относительная плотность, ρ_{204}	Фракционный состав					Углеводородный состав, % мас.		
	н. к.	10 %	50 %	90 %	к. к.	ароматические	нафтеновые	парафиновые
0,7759	95,0	108,0	138,0	170,0	180,0	15,0	43,0	42,0

Над платиновым катализатором при риформинге протекают следующие реакции:

– превращение нафтеновых углеводородов в ароматические:



– превращение нафтеновых углеводородов в парафиновые:



–гидрокрекинг нафтеновых углеводородов:



–гидрокрекинг парафиновых углеводородов:



где n – углеродное число (число углеродных атомов в молекуле углеводорода).

Для указанных реакций можно записать четыре дифференциальных уравнения, описывающих уменьшение количества углеводородов в результате химических превращений:

$$-\frac{dN_H}{dV_R} = k_1 p - \frac{k_1}{k_{P1}} p_A p_{H_2}^3, \quad (12)$$

$$-\frac{dN_H}{dV_R} = k_2 p_n p_{H_2} - \frac{k_2}{k_{P2}} p_n, \quad (13)$$

$$-\frac{dN_H}{dV_R} = k_3 - \frac{P_H}{\pi}, \quad (14)$$

$$-\frac{dN_H}{dV_R} = k_4 - \frac{P_H}{\pi}, \quad (15)$$

где N_H , N_n – доля нафтеновых и парафиновых углеводородов в питании, подвергнутых химическому превращению, кмоль/кмоль;

V_R – величина, обратная объёмной скорости питания, кг катализатора/(кмоль/час) сырья;

k_1 – константа скорости реакции, определяемая из графика 1.1, кмоль/(ч•Па•кг катализатора);

P_H , P_A , P_n , P_{H_2} – парциальные давления нафтеновых, ароматических, парафиновых углеводородов и водорода, Па;

k_{P1} – константа химического равновесия, Па;

k_2 – константа скорости реакции, определяемая из графика 1.2, кмоль/(ч•Па²•кг катализатора);

k_{P2} – константа химического равновесия, Па;

k_3 , k_4 – константы скорости реакции, определяемые из графика 1.3, кмоль/(ч·кг катализатора);

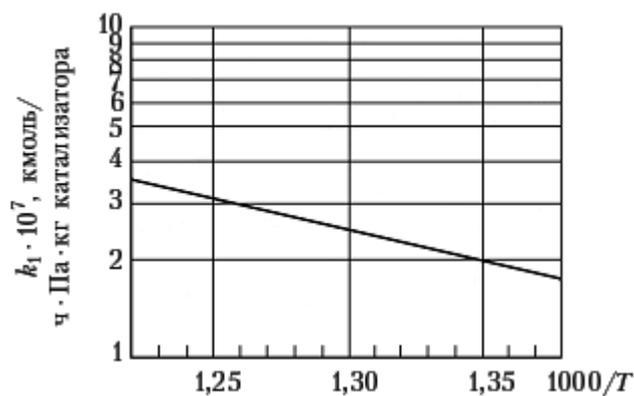


Рисунок 1.1 – График для определения константы k_1

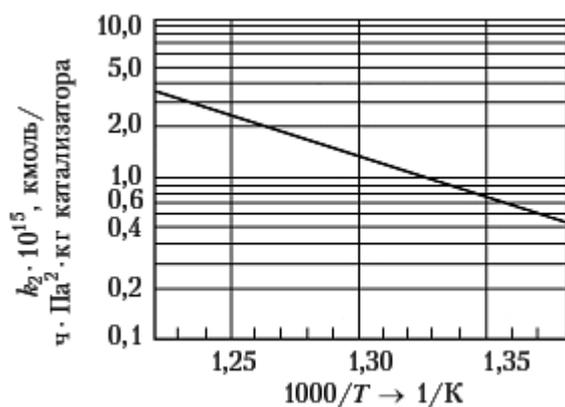


Рисунок 1.2 – График для определения константы k_2

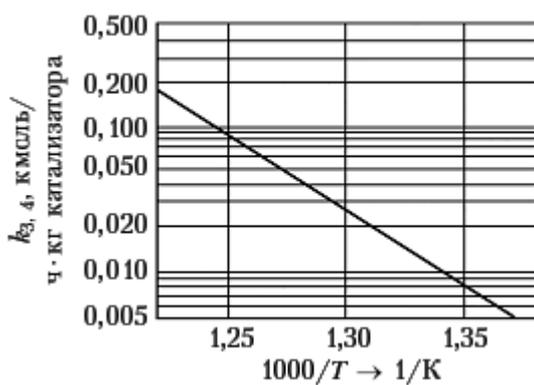


Рисунок 1.3 – График для определения константы k_3 и k_4

Константы химического равновесия рассчитываются по уравнениям:

$$k_{p1} = 9,81^3 * 10^{12} \ell^{46.15 - \frac{25600}{T}}, \quad (16)$$

$$k_{p2} = 9,81^{-1} * 10^{-3} * \ell^{\frac{4450}{T} - 7.12} \quad (17)$$

где T – температура в реакторе, К.

Уравнения (14-16) не учитывают состояние катализатора. Однако, ввиду отсутствия в литературе сведений о зависимости степени химических превращений при риформинге от состояния катализатора, из-за малого (всего 0,5-0,7 %) содержания платины в катализаторе и возможности компенсации снижения активности катализатора некоторым повышением температуры процесса, указанные уравнения обеспечивают достаточную точность при проектировании.

Для уменьшения коксовых отложений риформинг осуществляют при избытке водорода. С этой целью в блоке циркулирует водородсодержащий газ.

Основные реакции риформинга (10) и (12), (13) сопровождаются значительным увеличением объёма, поэтому процесс протекает под повышенным давлением в интервале (2 – 4)•10⁶ Па.

Примем давление в начале процесса (в первом реакторе блока) $p_n = 3,43 \cdot 10^6$ Па (35 ат.). Риформинг бензиновых фракций проводят в интервале температур 740-810 К. По мере отработки катализатора температуру повышают до 800-810 К.

Примем в расчёте температуру подачи сырья и циркулирующего газа в первый реактор $T_{вх1} = 803$ К.

В промышленных реакторах объёмная скорость подачи сырья равна 1-3 ч⁻¹. В расчёте используем числовое значение объёмной скорости подачи сырья $v_0 = 1,5$ ч⁻¹. Циркуляцию водородсодержащего газа поддерживают в интервале 900 – 1850 м³ (при нормальных условиях) на 1 м³ сырья. Примем кратность циркуляции газа по данным производства равной $n_{г} = 1500$ м³/м³.

Содержание водорода в водородсодержащем газе достигает 85-93 объёмных %.

Примерный состав циркулирующего газа приведён в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Состав циркулирующего водород содержащего газа

Компоненты	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂
Содержание, % об.	86,0	4,0	5,0	3,0	1,0	1,0

В уравнениях (14-17) уменьшение количества углеводородов в питании в результате химических превращений выражено в мольных долях, а состав питания задан в массовых долях. Для пересчёта состава питания воспользуемся формулой:

$$M_{cyi} = M_i u_i' \quad (20)$$

где M_c – средняя молекулярная масса сырья;

M_i – средняя молекулярная масса i -го компонента (фракции) сырья;

u_i – содержание i -го компонента в питании в массовых долях;

u_i' – то же в мольных долях.

Среднюю молекулярную массу сырья рассчитаем по формуле:

$$M_c = 0,4T_{50} - 45 \quad (21)$$

где T_{50} – температура выкипания 50 % бензина, К.

При температуре $T_{50} = 411$ К (табл. 1.1.) средняя молекулярная масса сырья равна:

$$M_c = 0,4 \cdot 411 - 45 = 119$$

Средние молекулярные массы ароматических, нафтеновых и парафиновых углеводородов питания можно рассчитать, исходя из условия, что число атомов n углерода в них будет одно и то же. Формулы для расчёта молекулярных масс углеводородов питания даны в таблице 1.3.

Графическое решение величины $n = 8,52$.

Числовые значения молекулярных масс углеводородов:

$$M_a = 14n - 6 = 14 \cdot 8,52 - 6 = 113,28,$$

$$M_n = 14n = 14 \cdot 8,52 = 119,28,$$

$$M_p = 14n + 2 = 14 \cdot 8,52 + 2 = 121,28,$$

Таблица 1.3 – Формулы для расчета молекулярных масс углеводородов питания

Углеводороды (компоненты)	Формула углеводорода	Формула для расчёта молекулярной массы по углеродному числу
Ароматические	C_nH_{2n-6}	$M_a = 12n + 1(2n - 6) = 14n - 6$
Нафthenовые	C_nH_{2n}	$M_n = 12n + 1 \cdot 2n = 14n$
Парафиновые	C_nH_{2n+2}	$M_p = 12n + 1(2n + 2) = 14n + 2$

Пересчёт состава сырья сделан в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Состав сырья в массовых и мольных долях

Компоненты	Молекулярная масса, M_i	Содержание в сырье	
		y_i , масс.доли	$y'_i = y_i M_c / M_i$
C_nH_{2n-6}	113,28	0,15	0,158
C_nH_{2n}	119,28	0,43	0,429
C_nH_{2n+2}	121,28	0,42	0,412
Сумма	—	1,00	1,000

Парциальные давления компонентов в сырье ввиду не очень высокого давления и значительного разбавлением водородом рассчитаем по формуле:

$$p_i = \pi y_i, \quad (22)$$

где π – общее давление в аппарате, Па;

y'_i – содержание i -го компонента в смеси газов, мол.доли;

Количество сырья (в кмоль) равно:

$$n_{c1} = G_c / M_c, \quad (23)$$

где G_c – количество сырья, кг/ч.

Величину G_c выразим в кг/ч, тогда $G_c = 161691,5$ кг/ч.

Подставив числовое значение величины G_c в формулу (23) получим:

$$n_{c1} = 161691,5 / 119 = 1358,75 \text{ кмоль/ч,}$$

Расчётные данные по количеству и составу сырья приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Данные по количеству и составу сырья

Компоненты	Мольная доля	Количество $n_{c1i} = n_{c_{с1}i}$, кмоль/ч
C_nH_{2n-6}	0,158	214,7
C_nH_{2n}	0,429	582,9
C_nH_{2n+2}	0,412	559,8
Сумма	1,000	1358,8

Количество водородсодержащего газа:

$$G_g = G_{cng} / \rho_c, \quad (24)$$

где n_g – кратность циркуляции газа, м³/м³;

ρ_c – плотность сырья в жидком виде (при нормальных условиях), кг/м³.

Плотность сырья в кг/м³ равна 775,9 кг/м³.

Подставив в формулу (23) числовые значения величин, найдём:

$$G_g = 161691,5 \cdot 1500 / 775,9 = 312588,3 \text{ м}^3/\text{ч,}$$

Количество циркулирующего газа в кмольях равно:

$$n'_g = G_g / 22,4 = 312588,3 / 22,4 = 13954,8 \text{ кмоль/ч,} \quad (25)$$

Данные по составу циркулирующего газа приведены в таблице 1.6.

Общее количество парафиновых углеводородов в циркулирующем газе (табл. 1.6) равно:

$$13954,8 - 12001,1 = 1953,7 \text{ кмоль/ч} \quad (26)$$

Данные расчёта по определению состава смеси сырья и водорода и парциальных давлений её компонентов приведены в таблице 1.7.

Количество катализатора, необходимое для проведения реакции:

$$v_k = G_c / \rho_c v_0 = 161691,5 / 775,9 \cdot 1,5 = 138,9 \text{ м}^3 \quad (27)$$

Насыпная масса алюмоплатинового катализатора равна $\rho_k = 550 - 650$ кг/м³. Приняв насыпную массу катализатора $\rho_k = 600$ кг/м³, найдём количество катализатора:

$$G_k = v_k \cdot \rho_k = 138,9 \cdot 600 = 83357 \text{ кг} \quad (28)$$

Таблица 1.6 – Состав циркулирующего газа

Компоненты	Молекулярная масса M_i	Содержание y'_i , мол.доли	$M_i y'_i$	Количество $n_i = n' y'_i$, кмоль/ч
H ₂	2	0.86	1.72	12001,1
CH ₄	16	0.04	0.64	558,2
C ₂ H ₆	30	0.05	1.50	697,7
C ₃ H ₈	44	0.03	1.32	418,6
C ₄ H ₁₀	58	0.01	0.58	139,5
C ₅ H ₁₂	72	0.01	0.72	139,5
Сумма	–	1.00	$M_{г} = 6.48 \approx 6.5$	13954,8

Таблица 1.7 – Состав смеси сырья и водорода

Компоненты	Количество, n_i , кмоль/ч	Содержание $y'_i = \frac{n_i}{\sum n_{zi}}$, мол.доли.	Парциальное давление $p_i = \pi y'_i = 3.43 \cdot 10^6 y'_i$, 103 Па

C_nH_{2n-6}	214,7	0,014	48,02
C_nH_{2n}	582,9	0,038	130,34
C_nH_{2n+2}	559,8	0,037	126,91
H_2	12001,1	0,784	2689,12
$C_nH_{2n+2}^*$	1953,7	0,127	435,61
Сумма	15312,2	1,000	3430

Риформинг бензиновых фракций осуществляют в блоке из трёх или четырёх последовательно соединённых реакторов. Примем число реакторов $n=3$. Катализатор между реакторами распределяют в соотношении 1:2:4. Общее количество катализатора первоначально распределим между тремя реакторами в указанном соотношении (табл.1.8) последующим расчётом уточним распределение катализатора между реакторами.

Таблица 1.8 – Распределение катализатора по реакторам

Номер реактора	Количество катализатора	
	υкi, м3	Gкi, кг
1	19,84	11908,2
2	39,69	23816,3
3	79,37	47632,5
Сумма	138,9	83357

1.8.2 Основные размеры реактора

Диаметр реактора рассчитаем так, чтобы перепад давления в слое катализатора не превышал допустимого значения

На укрупнённых установках применяют реакторы с радиальным вводом сырья. Схема к расчёту размеров реактора с радиальным вводом дана на рис. 1.4.

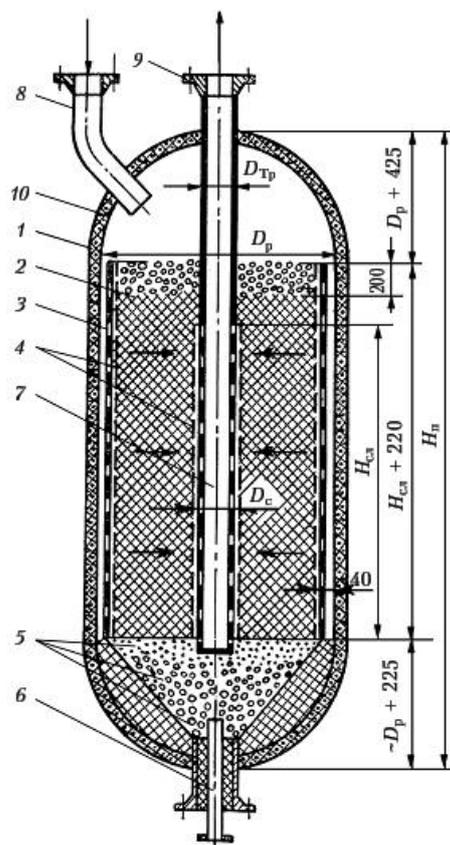


Рисунок 1.4 – Схема к расчету основных размеров реактора

1-корпус; 2-катализатор;3-перфорированный стакан с сеткой;4-сетка;5-шарики форфоровые;6-штуцер для эжекции газов;7-перфорированная трубка;8-штуцер для выхода сырья;9-штуцер для выхода продуктов реакции;10-футоровка.

Аппарат представляет собой сосуд с внутренним перфорированным стаканом, куда загружают катализатор. Газосырьевая смесь поступает через ввод в кольцевой зазор между футеровкой и стаканом, проходит в радиальном направлении через слой катализатора и выводится через перфорированную трубу.

2 СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

2.1 Выбор и обоснование параметров автоматического контроля, регулирования, управления и сигнализации

Автоматизация производственных процессов дает возможность улучшать технико-экономические показатели производства в результате более эффективного использования оборудования, улучшить качество вырабатываемой продукции. Управление техническим процессом установки каталитического риформинга вследствие его сложности, быстроты и непрерывности протекания, взрывоопасности, высокой температуры и высокого давления, а также вследствие повышения требований к качеству выпускаемых продуктов невозможно осуществить без постоянного контроля и автоматического регулирования. При помощи контрольно-измерительных приборов ведется измерение основных факторов процесса: температуры, давления, расхода, уровня. Контролирование и регулирование этих параметров позволяет правильно и стабильно поддерживать технологический режим.

Основными параметрами процесса являются: температура в трубопроводе на входе в печь, температура в трубопроводе на выходе из печи, температура в реакторах, температура в трубопроводе на выходе из реакторов; давление в трубопроводе на выходе из реакторов; расход в трубопроводе на входе в печь, расход в трубопроводе на выходе из печи.

Прямогонная бензиновая фракция насосами подается в печь П-1 с температурой 422 °С. Нагретая в печи до температуры 468 °С смесь бензиновой фракции и водородсодержащего газа поступает в первый реактор риформинга Р-1, где на полиметаллическом катализаторе протекают реакции, ведущие к повышению октановой характеристики продукта. Далее газопродуктовая смесь после реактора Р-1 с температурой 400°С нагревается во второй ступени печи П-1 до 438 °С и поступает во второй реактор Р-2.

После реактора Р-2 газопродуктовая смесь (440 °С) нагревается в третьей секции печи П-1 до 465 °С и поступает в реактор 3-ей ступени риформинга Р-3. После чего охлажденная до 421°С смесь подается в колонну стабилизации.

Парциальное давление водорода в зоне реакции оказывает существенное влияние на процесс ароматизации. По мере возрастания давления водорода степень превращения исходного углеводорода падает. Для достижения заданного содержания в продуктах реакции ароматических углеводородов при увеличении давления потребуется соответствующее повышение температуры реакции. Увеличение давления замедляет реакцию, приводящую к коксоотложению. Во всех случаях при повышении парциального давления водорода снижается содержание непредельных углеводородов в жидких продуктах реакции. Газообразование всегда возрастает и, следовательно, снижается выход катализата.

Для нормального ведения технологического процесса и максимального использования катализатора необходимо знать расход смеси стабилизационного гидрогенизата и водородсодержащего газа от сырьевых насосов, который должен составлять 71,5 м³/ч.

Для соблюдения температурного режима подаваемого сырья в реакторный блок риформинга необходимо осуществлять контроль и регулирование расхода топочного мазута для печи П-1. Он составляет 2239,4 м³/ч. Для нормального ведения технологического процесса необходимо осуществлять контроль и регулирование атмосферного воздуха в печи П-1. Его расход составляет 150 м³/ч.

В процессе риформинга целесообразно использовать приборы и устройства во взрывобезопасном и искробезопасном исполнении.

Средства автоматизации должны выбираться согласно принятым решениям по контролю, регулированию и сигнализации параметров процесса, а также с учетом обеспечения автоматической защиты и блокировки. При выборе средств автоматизации следует также стремиться к

применению однотипных технических средств (иметь небольшой перечень заводов-изготовителей), предпочтительно унифицированных комплексов, характеризующихся простотой сочетания, взаимозаменяемостью и удобством компоновки на щитах автоматики. Использование однотипных средств дает значительные эксплуатационные преимущества как с точки зрения их настройки, так и при техническом обслуживании, ремонте.

На приборы и средства автоматизации отрицательное воздействие оказывают: загазованность воздуха, высокие температура и давление, агрессивность среды. Учитывая, что процесс пожаро- и взрывоопасен следует использовать пневматические приборы. По месту необходимо устанавливать бесшкальные, герметичные, взрывозащищённые приборы, а всю информацию, для удобства и эффективного управления процессом, отображать на щите в операторной.

Для измерения температур выше 100 °С выбран термопреобразователь платиновый ТСПУ Метран-276-Ех взрывозащищенного исполнения с унифицированным выходом 4-20 мА, поскольку эти приборы обеспечивают необходимую точность измерения в требуемом диапазоне температур, просты по конструкции, и значительно дешевле своих зарубежных аналогов.

Для измерения давления используем датчики Метран-100-ДИ искробезопасного исполнения, которые хорошо зарекомендовали себя в работе, имеют относительно низкую стоимость и обеспечивают достаточную точность измерений.

Первичным прибором для измерения расхода в трубопроводе на входе в печь и расхода в трубопроводе на выходе из печи служит кориолисный расходомер Метран-360. Применяется в агрессивных средах, имеет высокую точность измерений параметров в течение длительного времени и возможность работы от разных источников питания с помощью

самопереключающегося встроенного блока питания. Выполнен во взрывозащищенном исполнении с аналоговым токовым сигналом 4-20 мА.

Вторичные приборы служат для преобразования контролируемых параметров в информацию и представления ее оператору.

Применяется вторичный прибор для измерения унифицированных сигналов тока, преобразует в унифицированный пропорциональный пневматический сигнал, с искробезопасной исполнительной схемой Диск-250И.

Регуляторы выбираем приборного типа, встроенные в Диск-250И с ЭП 1324, работающие по ПИ-закону регулирования с преобразованием сигнала в пневматический сигнал, что обеспечивает плавное перемещение регулирующего органа исполнительного устройства.

Применяем регулирующие клапаны – двухседельные, регулирующие, с пневматическим, исполнительным мембранным механизмом. Они предназначены для регулирования расходов потока жидкостей, паров и газов. Применимы к агрессивным средам.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Экспериментальная часть данной работы посвящена исследованию промышленной установки каталитического риформинга бензинов ЛЧ-35-11/1000 Киришского НПЗ методом математического моделирования. А именно расчету текущей и оптимальной активности, исследованию влияния технологических режимов и состава сырья на показатели работы промышленной установки, а так же прогнозированию оптимальной активности катализатора и его срока службы при использовании метода математического моделирования.

Исходными данными для расчета являются данные о составе сырья и о технологическом режиме с промышленной установки.

3.1 Исследование текущей и оптимальной активности катализатора

Зависимость текущей активности катализатора от объема переработанного сырья приведена на рисунке 3.1.

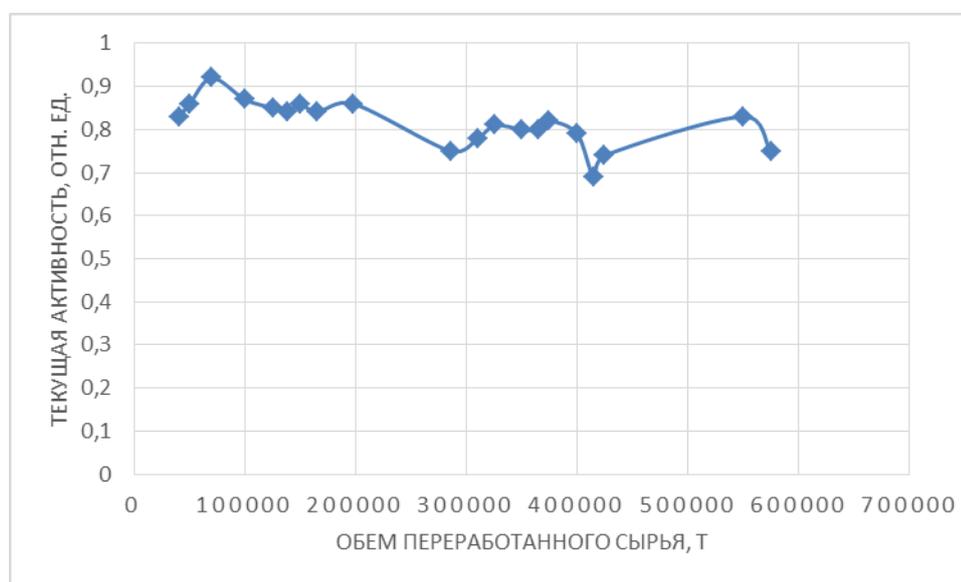


Рисунок 3.1– Изменение текущей активности от объема переработанного сырья

Неравномерность значений текущей активности вызвана переработкой сырья, различного состава, а так же с неравномерностью нагрузки по сырью. В течение рабочего цикла нагрузка изменяется с 123,8 до 167,6 м³/ч (рисунок 3.2).

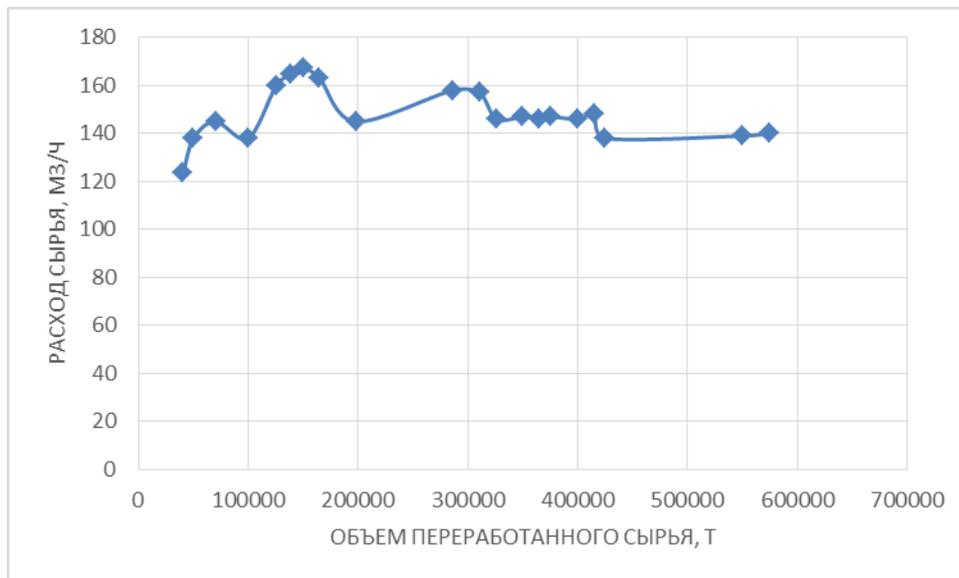


Рисунок 3.2– Изменение расхода сырья в течение рабочего цикла



Рисунок 3.3– Изменение текущей и оптимальной активности от объема переработанного сырья

Активность катализатора в течение рабочего цикла колеблется в широком интервале (от 0,68 до 0,99). Это связано с тем, что данная величина зависит от многих параметров системы, таких как технологические условия,

состав сырья число активных центров на поверхности катализатора. Основным возмущающим фактором является сырье, состав которого сильно изменяется на протяжении всего периода работы.

В целом заметна тенденция к снижению активности катализатора со временем (с увеличением объема переработанного сырья), ввиду постепенной дезактивации катализатора (старение, отравление и коксообразование).

Работа при «оптимальной» активности обеспечивает максимальную длительность рабочего цикла катализатора.

Из зависимости, приведенной на рисунке 3.3 видно, что установка работает в режиме, в котором текущая активность катализатора отличается от оптимальной. Следовательно, на катализаторе происходит более интенсивное коксообразование и приходится чаще проводить регенерации.

Это еще раз доказывает, что необходимо использовать компьютерные моделирующие системы для контроля над процессом.

Одним из важнейших параметров, влияющих на длину межрегенерационного цикла и на процесс риформинга в целом, является содержание кокса, зависимость которого от объема переработанного сырья приведена на рисунок 3.4.

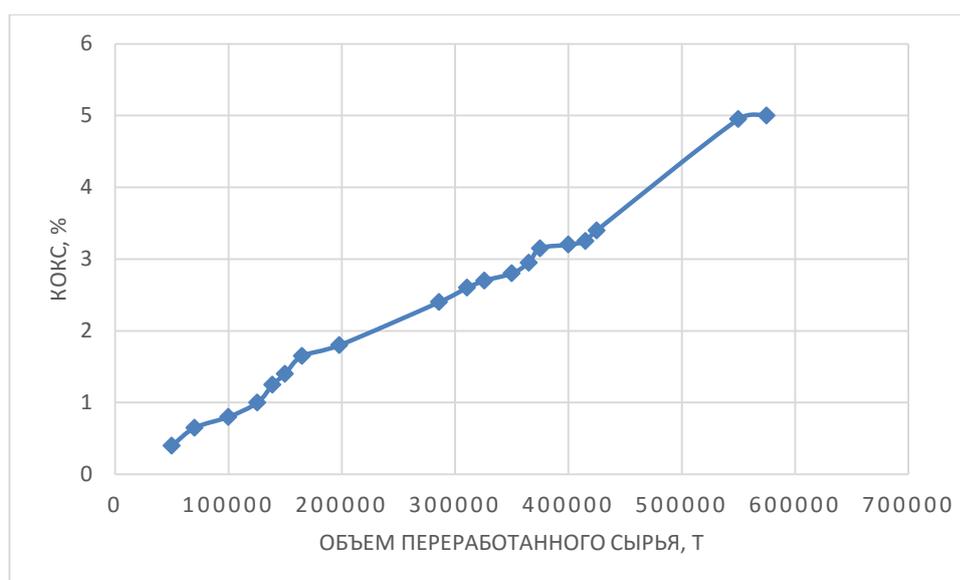


Рисунок 3.4 – Зависимость содержание кокса от объема переработанного сырья

Из данного рисунка видно, что кокс растет достаточно интенсивно. Это явление объясняется, прежде всего, тем, что при проведении процесса риформинга протекают химические реакции, в том числе реакции поликонденсации ароматических углеводородов, в результате которых образуется кокс. Кокс откладывается и с течением времени накапливается на поверхности катализатора, блокируя его активные центры, тем самым, снижая активность и выход риформата.

Снижение выхода риформата компенсируется повышением входной температуры, данная зависимость представлена на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 - Изменение входной температуры от объема переработанного сырья

Деактивация катализатора приводит к уменьшению скорости протекания целевых реакций, которые протекают с поглощением тепла, следовательно, при увеличении температуры данные реакции протекают более интенсивно.

При эксплуатации катализатора, повышение температуры в реакторах, вследствие постепенной закоксованности катализатора должно происходить

постепенно, т. к. резкое увеличение температуры приведет к спеканию каталитической системы. В результате чего происходит укрупнение кристаллитов металлов и снижается количество активных центров. Сбалансированность кислотной и металлической активности катализатора позволяет стабилизировать его уровень активности. Это может быть достигнуто путем дополнительной подачи в систему хлорорганики, которая выравнивает количество кислотных и металлических центров на поверхности катализатора.

Таким образом, данные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Отложение кокса на активных центрах катализатора зависит от обратимости реакций поликонденсации.
2. На дезактивацию выбранного типа катализатора в процессе эксплуатации в значительной степени влияет отклонение его текущей активности от расчетной величины оптимальной активности Pt- контакта.
3. Значение оптимальной активности катализатора определяется параметрами технологического режима на промышленной установке и составом перерабатываемого сырья.

3.2 Исследование влияния технологических режимов

В работе проводилось исследование влияния различных технологических режимов на процесс риформинга: температуры. Результаты расчета представлены в приложении Б.

Повышение температуры приводит к увеличению основных показателей процесса, таких как октанового числа, степени ароматизации и

изомеризации, так же происходит увеличение содержания кокса на поверхности катализатора.

Изменение октанового числа риформата от температуры изображено на рисунке 3.6.

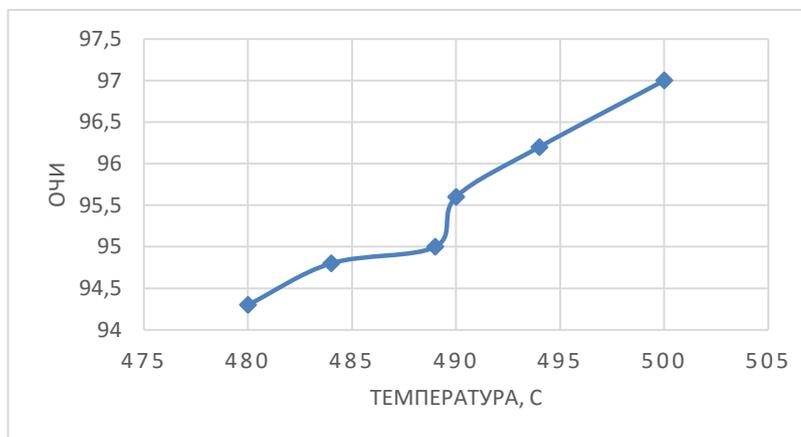


Рисунок 3.6– Изменение октанового числа от температуры

Повышение температуры увеличивает реакции образования ароматических углеводородов, следовательно, и их содержание в продуктовом потоке от 56,73 до 64,26 % вес, что приводит к увеличению октанового числа бензина.

Явление повышения степени ароматизации можно объяснить химизмом процесса риформинга. Реакции дегидроциклизации углеводородов являются эндотермическими, поэтому повышение температуры по принципу Ле-Шателье сдвигает равновесие реакции в сторону образования продуктов.

Так же происходит повышение степени изомеризации на три единицы при увеличении температуры на 20 °С, что тоже приводит к увеличению октанового числа риформата.

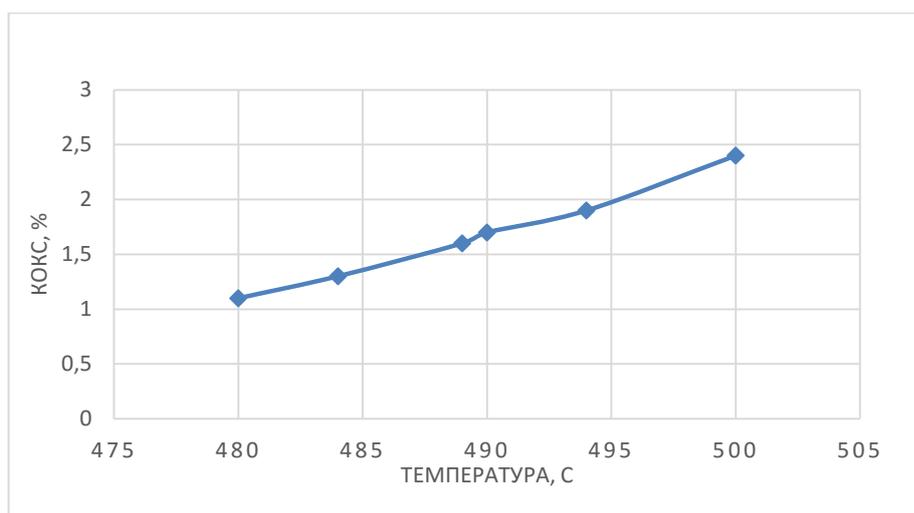


Рисунок 3.7– Зависимость содержания кокса от температуры

Из данного рисунка видно, что при повышении температуры от 480 до 500 °С содержание кокса на поверхности катализатора увеличивается с 1,12 до 2,38 % вес. Данное явление объясняется, прежде всего, тем, что с повышением температуры увеличивается скорость всех химических реакций риформинга, в том числе реакции поликонденсации ароматических углеводородов, в результате которой образуется кокс.

3.3 Исследование влияния состава сырья

Известно, что на процесс риформинга значительно влияет сырье, поступающее на переработку, а именно, его покомпонентный состав.

Следовательно, необходимо изучить содержание каких компонентов наиболее сильно влияет на изменение ОЧ получаемого бензина.

При исследовании процесса риформинга с использованием компьютерной моделирующей системы, сырье характеризуется двумя соотношениями:

Пар/(Нафт + Аром) и н-Пар/и-Пар,

где Пар – сумма парафиновых углеводородов нормального и изо-строения в сырье;

н-Пар – сумма парафиновых углеводородов нормального строения в сырье;

и-Пар – сумма парафиновых углеводородов изо-строения в сырье;

Нафт – сумма нафтеновых углеводородов в сырье;

Аром – сумма ароматических углеводородов в сырье.

На рисунке 3.1 представлена зависимость изменения ОЧ от отношения Пар/(Нафт+Аром) при заданном соотношении н-Пар/и-Пар, равным 0,92.

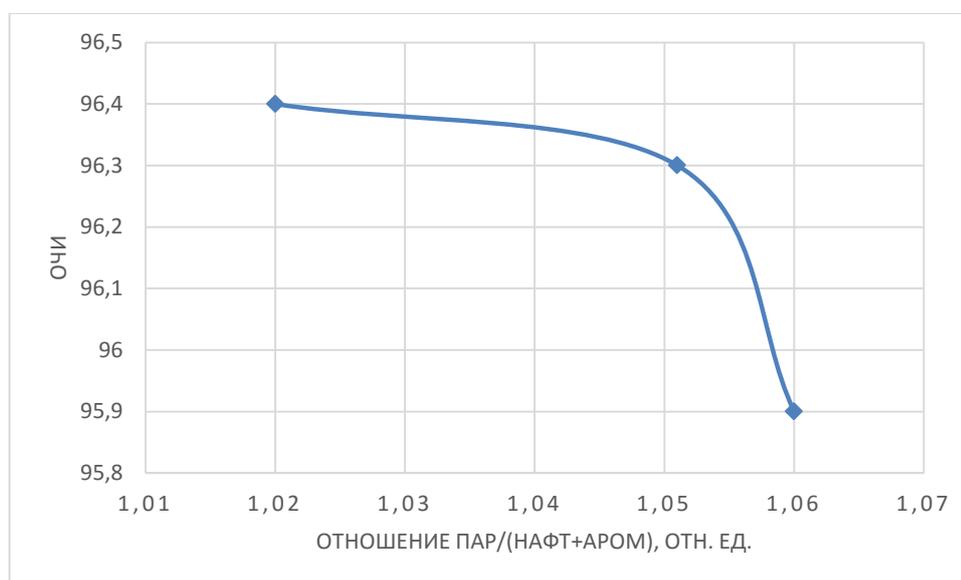


Рисунок 3.8 – Изменение ОЧ от отношения Пар/(Нафт +Аром)

На рисунке 3.9 представлена зависимость изменения ОЧ от отношения н-Пар/и-Пар при заданном соотношении Пар/(Нафт +Аром), равным 1,06.

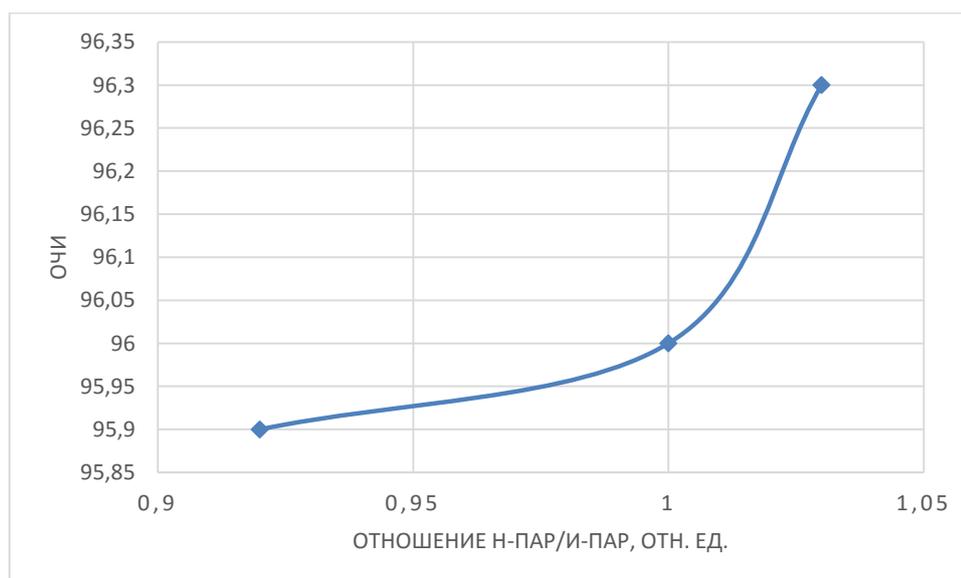


Рисунок 3.9– Изменение октанового числа от отношения н-Пар/и-Пар

Из представленных выше зависимостей следует, что при незначительном уменьшении содержания в сырье нафтеновых и ароматических углеводородов ОЧ продукта падает. Образование ароматических углеводородов, повышающих ОЧ, происходит по реакции дегидрирования нафтеновых углеводородов, следовательно, при уменьшении нафтеновых углеводородов в сырье происходит уменьшение содержания ароматических углеводородов в продуктовом потоке и тем самым снижение ОЧ.

3.4 Прогноз активности катализатора

Применение высокоинтеллектуальных компьютерных моделирующих систем, обладающих прогнозирующей способностью, позволяет прогнозировать работу промышленной установки с целью выявления наиболее эффективного режима эксплуатации реакторного блока.

Для производства бензина с более высоким ОЧ требуется более жесткий температурный режим, который обуславливает более интенсивное

коксообразование, а, следовательно, уменьшение межрегенерационного цикла (рисунок 3.10).

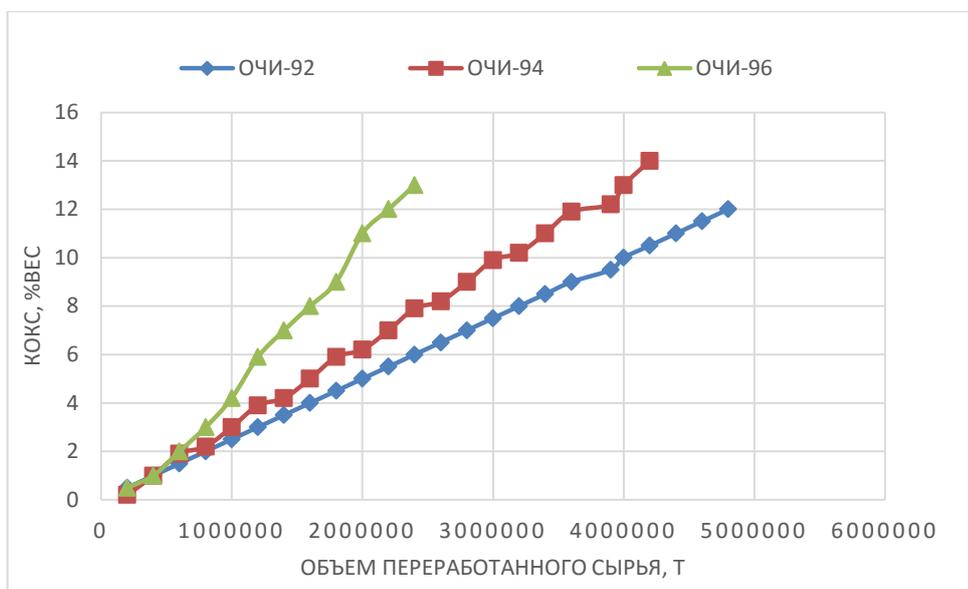


Рисунок 3.10– Изменение содержания кокса от объема переработанного сырья

На рисунке 3.10 изображено изменение содержания кокса на поверхности катализатора в зависимости от объема переработанного сырья.

Деактивация катализатора в течение рабочего цикла компенсируется повышением входной температуры сырьевого потока. Изменение входной температуры изображено на рисунке 3.11.

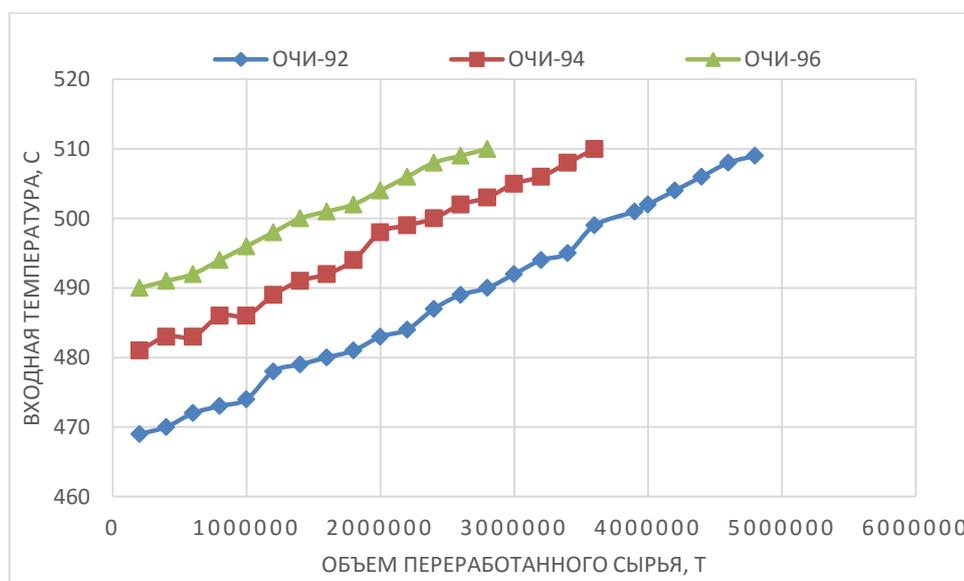


Рисунок 3.11– Изменение входной температуры от объема переработанного сырья

Из представленной зависимости видно, что при выпуске риформата с ОЧИ равным 96 наблюдается наиболее жесткий температурный режим, который обуславливает более интенсивное коксоотложение и как следствие наименьший цикл работы катализатора. Наибольший рабочий цикл катализатора наблюдается при выпуске риформата с ОЧИ, равным 92, так как установка работает при более мягком температурном режиме, при котором коксообразование минимально.

3.5 Сравнительный анализ работы Pt-катализаторов

Для оптимизации работы промышленной установки была проведена сравнительную оценку работы катализаторов различных марок (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Характеристики исследуемых катализаторов риформинга

Марка катализатора	Характеристика	Содержание, мас.%		Насыпная плотность, кг/м ³
		платины	Других металлов	
Катализатор 1	Несбалансированный	0,23-0,27	Re 0,38-0,42	620-660
Катализатор 2	Pt-Re катализатор			
	Сбалансированный	0,25	Re 0,25, X	720
Катализатор 3	Pt-Re катализатор	0,25	Re 0,25	721

X – дополнительный промотор, названия которого производители не указывают

Для того чтобы выбрать оптимальный каталитический контакт для конкретной промышленной установки необходимо исследовать следующие

параметры, которые оказывают наибольшее влияние на эффективность работы Pt-контактов:

- изменение текущей активности с увеличением объема переработанного сырья;
- изменение оптимальной активности с увеличением объема переработанного сырья;
- отклонение текущей активности от оптимальной;
- изменение содержания кокса от объема переработанного сырья;
- изменение величины октанового числа и выхода риформата.

В ходе исследования технологические параметры и состав перерабатываемого сырья были постоянными. Это является необходимым условием для того, чтобы провести сравнительную оценку работы катализаторов на промышленной установке.

Зависимость изменения текущей и оптимальной активности от объема переработанного сырья представлена на рисунках 3.12 и 3.13.

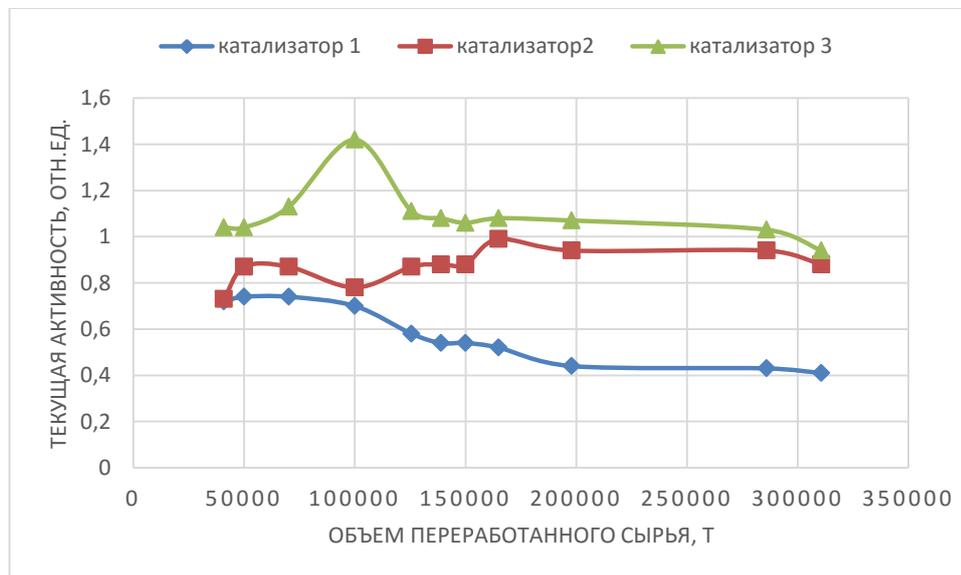


Рисунок 3.12– Изменение текущей активности катализаторов в зависимости от объема переработанного сырья

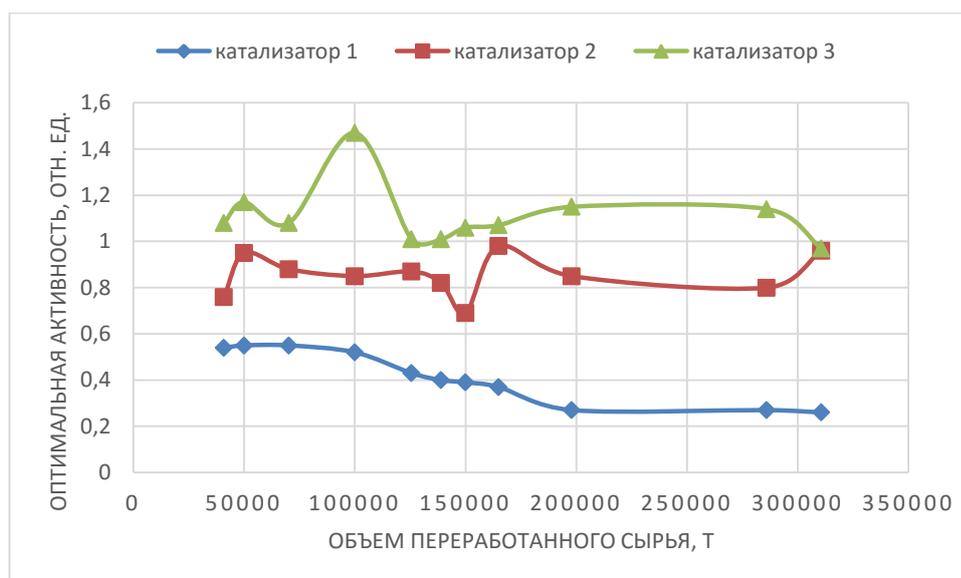


Рисунок 3.13– Изменение оптимальной активности катализаторов в зависимости от объема переработанного сырья

Для оценки эффективности работы катализаторов различных марок необходимо исследовать отклонение текущей активности от оптимальной (рис. 3.12,3.13, табл. 3.2).

Таблица 3.2 - Оценка эффективности работы катализаторов

Катализатор 1			Катализатор 2			Катализатор 3		
Текущая	Оптим.		Текущая	Оптим.		Текущая	Оптим.	
0,72	0,54	0,18	0,73	0,76	0,03	1,04	1,08	0,04
0,74	0,55	0,19	0,87	0,95	0,08	1,04	1,17	0,13
0,74	0,55	0,19	0,87	0,88	0,01	1,13	1,08	0,05
0,7	0,52	0,18	0,78	0,85	0,07	1,42	1,47	0,05
0,58	0,43	0,15	0,87	0,87	0	1,11	1,01	0,1
0,54	0,4	0,14	0,88	0,82	0,06	1,08	1,01	0,07
0,54	0,39	0,15	0,88	0,69	0,19	1,06	1,06	0
0,52	0,37	0,15	0,99	0,98	0,01	1,08	1,07	0,01
0,44	0,27	0,17	0,94	0,85	0,09	1,07	1,15	0,08
0,43	0,27	0,16	0,94	0,8	0,14	1,03	1,14	0,11
0,41	0,26	0,15	0,88	0,96	0,08	0,94	0,97	0,03

Из данных полученных в ходе исследования видно, что отклонение текущей активности от оптимальной составило для катализатора 1-0,16 отн. ед., для катализатора 2-0,069 отн. ед., катализатора 3-0,061 отн. ед., соответственно (табл. 9). Следует отметить, что основным требованием, которое предъявляется к эксплуатации катализаторов в промышленных условиях, является проведение технологического процесса в условиях близких к оптимальным. Таким образом, при работе данных катализаторов отклонение ведения технологического процесса от оптимальных условий незначительно. На основании этого для промышленной установки подходят все три марки катализаторов (табл. 3.2).

Для того чтобы более полно оценить эффективность работы Pt-контактов также необходимо исследовать интенсивность коксонакопления на их поверхности.

На рисунке 3.14 представлена зависимость изменения содержания кокса на поверхности исследуемых катализаторов от объема переработанного сырья.

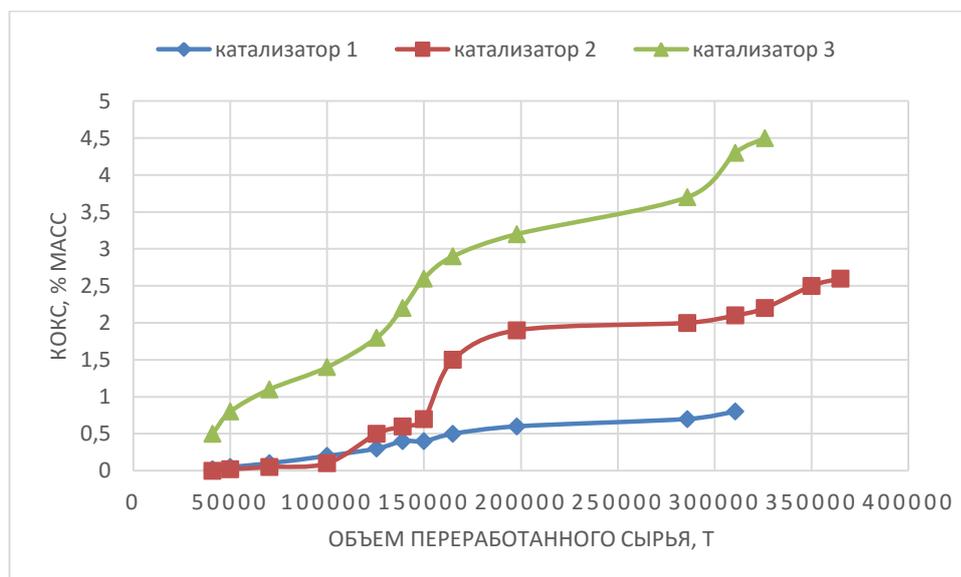


Рисунок 3.14– Зависимость изменения содержания кокса на поверхности катализаторов от объема переработанного сырья

Расчеты показали, что содержание кокса увеличивается с увеличением объема переработанного сырья с 0,06 до 0,68 % вес. для катализатора 1, для катализатора 2 содержание кокса увеличивается с 0 до 2,58 % вес, для 3 – с 0,6 до 4,5 % вес. (рис 3.14).

Таким образом, выполненные исследования показали, что наиболее эффективная работа промышленной установки будет обеспечена в том случае, если будет использован катализатор 1, так как накопление кокса на его поверхности оказалось минимальным (рис. 3.14), что сможет обеспечить более длительную его эксплуатацию.

Также в данной работе были проведены исследования величины октанового числа и выхода риформата. Результаты проведенного исследования представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Оценка октанового числа и выхода риформата при работе на разных марках каталитических контактов

Катализатор 1		Катализатор 2		Катализатор 3	
Октановое число	Выход риформата	Октановое число	Выход риформата	Октановое число	Выход риформата
99,6	89	94,5	88,2	94,2	85,71
99,6	89,24	93,6	88,06	92,6	87,43
99,6	89,25	94,8	87,44	96	86,68
99,5	88,75	94	88,77	94,3	87,91
98,4	90,59	95,1	86,53	96,4	86,9
98,4	90,47	95,9	88,63	96,2	86,74
98,4	90,49	97,1	90,17	95	87,98
98,4	90,43	95,1	89,36	95,2	87,51
98,5	90,99	94,9	90,38	93,6	87,96
98,5	90,98	97,1	90,27	93,1	87,93
98,5	90,95	96,8	88,92	94,7	88,7

При работе катализатора 1 величина октанового числа в течение рабочего цикла изменяется с 99,6-98,5 пунктов по И.М., выход риформата составляет 89-90,95 (табл. 3.3). При работе катализатора 2 октановое число изменяется в интервале 94,5-96,8 пунктов по И.М., выход целевого продукта составляет 88,2-88,92 (табл. 3.3). Для катализатора 3 величина октанового числа изменяется с 94,2-94,7 пунктов по И.М., выход риформата находится в интервале 85,71-88,7 (табл. 3.3).

Следовательно, при эксплуатации катализатора 1 на промышленной установке будет получен наибольший выход риформата с наиболее высоким октановым числом, по сравнению с катализаторами 2 и 3. (табл. 3.3). Необходимо отметить то, что катализатор 1 является высокоактивным, так как позволяет получать риформат с октановым числом 99 пунктов по И.М. (табл. 3.3) при работе на относительно невысокой активности, по сравнению с катализаторами 2 и 3 (рис. 3.12).

Также, при эксплуатации катализатора 1 технологический процесс будет протекать в условиях близких к оптимальным, так как отклонение текущей активности от оптимальной незначительно и составляет 0,16 отн. ед. (рис. 3.6, рис. 3.7, табл. 3.2).

3.6 Обсуждение результатов

Проведены расчеты по исследованию работы промышленной установки риформинга КИНЕФ (ЛЧ-35-11/1000). Так как данная установка еще не запущена в эксплуатацию, то все расчеты были выполнены на основе проектных данных.

Любой набор данных, проектных или полученных и накопленных в заводских лабораториях, еще не является результатом. Эта информация должна быть проанализирована. Анализ выполняется в два этапа:

- 1) решение прямой задачи;
- 2) решение обратной задачи.

Результатом первого этапа является построение таблиц, в которых представлены основные показатели работы установки. На втором этапе необходимо смоделировать работу промышленной установки и выяснить причину снижения активности катализатора с учетом технологических условий и углеводородного состава перерабатываемого сырья.

Исследование процесса каталитического риформинга на КИНЕФ (ЛЧ-35-11/1000) с помощью компьютерной моделирующей системы представлены на рисунках 3.1-3.14 и в таблицах 3.2-3.3. По данным зависимостям можно проследить динамику изменения активности на установках риформинга. Прослеживается снижение активности катализатора по мере отложения кокса на катализаторе.

Анализ результатов работы установки показывает, что режимы работы установки близки к оптимальным. Так же полученные результаты позволяют судить об эффективности использования катализатора.

Исследование влияния температуры в реакторах на процесс риформинга показало, что повышение температуры в целом способствует образованию ароматических углеводородов, а, следовательно, и повышению октанового числа, однако, коксоотложение в результате повышения температуры также растет достаточно интенсивно, поэтому повышение температуры в данном процессе приведет к значительному сокращению срока службы катализатора (рис. 3.6, 3.7)

Прогнозный расчет активности катализатора с течением времени показал, что межрегенерационный цикл уменьшается при выпуске риформата с более высоким октановым числом (так при заданном ОЧИ 96 пунктов пробег катализатора составит 24 месяца, при ОЧИ 94 пунктов 37 месяцев, в то время как при ОЧИ 92 пункта рабочий цикл катализатора составляет 53 месяца), что объясняется увеличением входной температуры,

которая приводит к увеличению образования кока на поверхности катализатора (рис. 3.10).

Далее были проведены сравнительные исследования эффективности различных марок каталитических контактов. Катализатор 1 позволит проводить технологический процесс в условиях близких к оптимальным (отклонение текущей активности от оптимальной незначительно – 0,16 отн. ед., минимальное коксонакопление за весь рабочий цикл – 0,68 % вес, а также высокий выход риформата и октановое число 99,6-98,5 пунктов по И.М.). Это, несомненно, приведет к улучшению качества целевого продукта.

Использование современных компьютерных моделирующих систем помогает осуществить правильный выбор марки каталитического контакта, а также определить и поддерживать оптимальный уровень его активности, а следовательно, и увеличить общую производительность всей установки.

**4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**
**4.1 Предпроектный анализ. Потенциальные потребители
результатов исследования**

Продукт: групповой и структурно-групповой состав нефтяных фракций Южно-Чкаловского месторождения для определения общих свойств нефти, для паспортизации месторождения и подсчета запасов.

Целевой рынок: предприятия нефтехимической и топливной отраслей промышленности.

Технология QuaD

Для гибкого измерения характеристик, которые описывают качество новой разработки и ее перспективность на рынке, воспользуемся технологией QUalityADvisor. В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценим экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений по технологии QuaD представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Повышение производительности и труда пользователя	0,05	50	100	0,50	0,025
2. Удобство в эксплуатации (соответствует	0,09	80	100	0,8	0,072

требованиям потребителей)					
3. Надежность	0,08	85	100	0,85	0,068
4. Безопасность	0,04	70	100	0,7	0,028
5. Потребность в ресурсах памяти	0,02	80	100	0,8	0,016
6. Адаптация к компаниям разного вида деятельности	0,03	65	100	0,65	0,195
7. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,19	50	100	0,5	0,095
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	50	100	0,5	0,025
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	60	100	0,6	0,03
3. Цена	0,15	95	100	0,95	0,1425
4. Послепродажное обслуживание	0,1	80	100	0,8	0,08
Итого	1				0,813

Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности рассчитаем по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i$$

где V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

В результате расчета получили значение $P_{cp} = 81,3\%$, следовательно, разработка считается перспективной.

SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Таблица 4.2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Актуальность промышленной технологии.</p> <p>С2. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Квалифицированный персонал.</p> <p>С5. Экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С6. Экологичность технологии.</p>	<p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров</p> <p>Сл2. Высокая степень износа оборудования.</p> <p>Сл3. Повышение цен у поставщиков.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях.</p>	<p>1. Данные исследования используются для выбора наиболее оптимальных катализаторов риформинга.</p> <p>2. Невысокая затратность исследования может привлечь больше исполнителей.</p>	<p>1. Привлечение новых заказчиков.</p> <p>2. Повышение квалификации кадров у потребителя.</p> <p>3. Приобретение научного оборудования для проведения данного вида исследований.</p> <p>4. Разработка научного исследования.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>1. Продвижение новой технологии с целью проявления спроса.</p> <p>2. Изучение законодательной базы для выхода технологии на экспорт</p> <p>3. Применение технологии к альтернативным топливам.</p>	<p>1. Разработка научного исследования.</p> <p>2. Повышение квалификации кадров у потребителя.</p> <p>3. Продвижение новой технологии с целью проявления спроса.</p> <p>4. Изучение законодательной базы для выхода технологии на экспорт.</p>

4.2 Планирование управления научно-техническим проектом

4.2.1 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 4.3 – Перечень этапов и распределение исполнителей

Название	Состав участников
Составление задания, изучение литературы	Студент Руководитель
Исследование	Студент
Обсуждение результатов	Студент Руководитель
Обсуждение выводов	Студент
Оформление пояснительной записки	Студент

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Ожидаемое значение трудоемкости

$$t_{ож} = 3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max} / 5$$

Продолжительность каждой работы в рабочих днях

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч}$$

Продолжительность выполнения работы в календарных днях

$$T_k = \frac{T_p}{k_{\text{кал}}}$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{праз}}} = 1,3$$

Сводим все рассчитанные данные в таблицу.

Таблица 4.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Названиеработы	Трудоемкостьработ						Длительност ь работ в рабочих днях, T _{pi}		Длительност ь работ в календарны х днях, T _{ki}	
	t _{min} , чел -дни		t _{max} , чел -дни		t _{ожi} , чел -дни					
	Бакалавр	Руководит	Бакалавр	Руководит	Бакалавр	Руководит	Бакалавр	Руководит ель	Бакалавр	Руководит ель
Изучение литературы, составление литературного обзора	58		62		60		30		39	
Проведениеисследования	6 2	-	6 6	-	6 4	-	64	-	83	-
Обсуждениеполученныхрезультатов	38		42		40		20		26	
Оформлениевыводов	6	-	1 0	-	8	-	8	-	10	-
Оформлениепояснительнойзаписки	2 8	-	3 2	-	3 0	-	30	-	45	-

Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Таблица 4.5– Календарный план-график проведения НТИ

Вид работ	Исполн.	Т _к , кал, дн	Продолжительность выполнения работ																				
			ноя			дек			янв			фев			март			апр			май		
			3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Изучение литературы, составление литературного обзора	Студент Руков-ль	39	[Grid pattern]																				
Проведение исследования	Студент	83										[Diagonal lines]											
Обсуждение полученных результатов	Студент, руков-ль	26										[Grid pattern]											
Оформление выводов	Студент	10										[Diagonal lines]											
Оформление пояснительной записки	Студент	45										[Diagonal lines]											

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

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

$k_T = 0,2$

Таблица 4.6– Материальные затраты

Наименование	Единицы измерения	Количество	Цена за единицу	к _Т	Материальные затраты, руб.
Бумага	уп.	1	300		360
Ручка	шт.	10	15		180

Тетрадь	шт.	2	30	0.	72
Картридж для принтера	шт.	1	1200	2	1440
Итого:	2052				

4.3.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Стоимость оборудования, имеющегося в данной научно-технической лаборатории, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений 15%.

Таблица 4.7– Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена за единицу оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования (с учетом амортизации), тыс. руб.
1	Персональный компьютер	1	35000	40250
2	Принтер Epson	1	6000	6900
Итого:				47150

Основная заработная плата

Месячный оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{оклад}} \cdot K_p$$

где $Z_{\text{оклад}}$ – заработная плата по окладу, руб.;

K_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}} = Z_m \cdot M / F_d$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

Основная заработная плата:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p$$

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

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

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

Таблица 4.8– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавриат
Календарное число дней	203	203
Количество нерабочих дней	32	45
- выходные дни	27	38
- праздничные дни	5	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	171	158

Таблица 4.9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Должность, степень	$Z_{\text{оклад}}$, руб	K_p	Z_m , руб	$Z_{\text{дн}}$, руб	T_p , раб.дни
Руководитель	доцент	23264,86	1,3	30244,30	1839,5	50
Бакалавр	мл. науч. сотрудник	14877,45	1,3	19340,70	1273,1	152
Итого $Z_{\text{осн}}$, руб						
Руководитель	91975					
Бакалавр	193511,2					

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1 %.

Таблица 5.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	$Z_{\text{осн}}$,руб	$k_{\text{внеб}}$	$Z_{\text{внеб}}$,руб
Руководитель	91975	0,271	24925,2
Бакалавр	193511,2	0,271	52441,5

Накладные расходы

$$Z_{\text{наклад}} = (\text{сумма статей 1-4}) \cdot k_{\text{нр}}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %.

$$k_{\text{нр}} = 0,16$$

$$Z_{\text{наклад}} = (\text{сумма статей 1-4}) \cdot k_{\text{нр}}$$

Таблица 4.11 – Расчет накладных расходов

Исполнение	Затраты, руб			Отчисления во внебюджетные фонды
	Материальные затраты НТИ	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	
Исследование	2052	47150	285486,2	77366,7
$k_{\text{нр}}$	0,16			
Итого, руб	65928,8			

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 4.12– Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статей	Сумма, руб
1. Материальные затраты НИИ	2052
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	47150
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	285486,2
4. Отчисления во внебюджетные фонды	77366,7
5. Накладные расходы	65928,8
6. Бюджет затрат НИИ	477983,7

Выводы: в результате проведения исследования по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» определены показатели затрат научно-исследовательской работы. Бюджет затрат НИИ составил 477983,7.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является одним из национальных приоритетов в целях сохранения человеческого капитала.

Обеспечение совершенствования нормативной правовой базы, в целях повышения эффективности систем оценки условий труда и улучшения здоровья работающих, выявления и оценки профессиональных рисков.

Совершенствование обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, формированию страховых тарифов в зависимости от состояния условий и охраны труда на рабочих местах.

Разработка комплексных мер, направленных на экономическое стимулирование технического перевооружения и модернизацию производства в целях улучшения условий труда, последовательное снижение доли производственного оборудования с выработанным ресурсом и сроком службы в общем объеме основных производственных фондов.

Совершенствование системы и методов, проведения предварительных при поступлении на работу и периодических медицинских осмотров работников, занятых во вредных и опасных условиях труда.

Совершенствование системы подготовки и переподготовки специалистов в сфере охраны труда с учетом соответствующих профессиональных стандартов и с использованием современных технологий.

Содействие развитию системы после сменной реабилитации работников, занятых во вредных и опасных условиях труда, включая профилактику стресса на работе.

Совершенствование системы обеспечения работающих современными средствами индивидуальной защиты.

5.1 Профессиональная социальная ответственность

Вредные производственные факторы – это неблагоприятные факторы трудового процесса, которые могут оказать вредное воздействие на здоровье и работоспособность человека. Длительное влияние на человека вредного производственного фактора может привести к различным заболеваниям. При постоянной работе с ПК, не соблюдая условия производственной среды, пользователь ощущает зрительную нагрузку, головную боль, а также боль в спине, мышцах из-за малоподвижности.

К вредным производственным факторам, при работе с компьютером следует отнести:

- Недостаточное освещение рабочего места;
- Повышенный уровень электромагнитных излучений.

5.1.1 Недостаточное освещение рабочего места

Недостаточное освещение рабочих мест влияет на организм человека, что вызывает быструю утомляемость, снижение производительности труда, нарушение зрения. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности. Существует санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 “Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий”, по которым следует проводить оценку помещения и своего рабочего места [7].

В правилах сказано, что работа должна выполняться при естественном освещении. Освещение подразделяется на следующие виды: боковое, верхнее, комбинированное. Но если естественного освещения

недостаточно, то в помещениях применяется искусственное освещение, которое должно быть равномерно распределено по рабочему месту.

На поверхности экрана компьютера не должно наблюдаться бликов (не более 40 кд/м²) и освещенность экрана не должна превышать более 300лк. Прямую блескость от источников освещения следует ограничить. Яркость настольных ламп, находящихся на столе, должна быть не более 200 кд/м².

Необходимо правильно расположить рабочее место по отношению к естественному месту и подобрать настольную лампу. Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в помещениях должен быть не более 20, показатель дискомфорта в административно-общественных помещениях не более 40. Соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 – 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

Лампы располагаются как сплошные или прерывистые линии сбоку от рабочего стола параллельно линии зрения пользователя в зависимости расположения компьютеров. Для обеспечения нормативных значений освещенности в помещении следует проводить чистку стекол окон и ламп не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп. Освещение не должно быть слишком ярким и в то же время слабым, поэтому для оптимальной работы с компьютером свет выбираем рассеянный и слегка приглушенный. Компьютер не следует устанавливать так, чтобы окно находилось за монитором или за спиной человека. Наилучший вариант, когда монитор установлен перпендикулярно к окну.

Рекомендуемые правила положения человека перед компьютером:

- сидеть нужно прямо или слегка наклонившись вперед;
- расстояние от глаз до экрана монитора – не менее 55-60 см;

- центр экрана – на уровне глаз или чуть ниже;
- регулярно выполнять гимнастику для глаз;
- совмещение работы с отдыхом (10-ый перерыв);
- ежедневная влажная уборка и проветривание помещения.

5.1.2 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Человек не ощущает и не видит электромагнитное излучение, он только может наблюдать отдаленные последствия его влияния на организм. У персонального компьютера есть два источника электромагнитного излучения – монитор и системный блок. Так как пользователь ПК практически не имеет возможности работать на расстоянии, и много времени проводит за компьютером, электромагнитное излучение усугубляет здоровье человека. После длительной работы за компьютером человек чувствует себя уставшим, становится крайне раздражительным. Для защиты человека были разработаны специальные санитарные нормы ГОСТ 12.1.006-84 “Электромагнитные поля радиочастот, допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля” [5].

Боковые и задние стенки монитора являются мощным источником электромагнитного излучения. Компьютер излучает до 100 мкТл. Человек, находясь в непосредственной близости к компьютеру, подвергается электромагнитному излучению, которое в 500 раз превышает допустимое значение. Допустимое значение напряженности электростатического поля для взрослого человека не должно превышать 20 кВ/м. Излучательные характеристики монитора:

- электромагнитное поле монитора в диапазоне частот 20 Гц- 1000 МГц;
- статический электрический заряд на экране монитора;

- ультрафиолетовое излучение в диапазоне 200-400 нм;
- инфракрасное излучение в диапазоне 1050 нм – 1 мм;
- рентгеновское излучение > 1,2 кэВ.

Для защиты от излучения рекомендуется выбирать монитор с низким уровнем радиации, максимально уменьшить длину проводов питания. При наличии возможности, делать перерывы и выходить из помещения, тем самым сокращая время пребывания в зоне электромагнитного излучения. По окончании работы с компьютером следует его выключать.

5.1.3 Опасные факторы производственной среды

Эксплуатирующий средства вычислительной техники и периферийное оборудование персонал может подвергаться опасным воздействиям, которые по природе действия подразделяются на следующие группы: механические опасности, термические опасности, электробезопасность, пожаровзрывобезопасность.

К опасным факторам при работе с компьютером можно отнести:

- электробезопасность;
- пожарная безопасность.

5.1.3.1 Электробезопасность

В помещении поражением электрическим током возможно при прикосновении пользователей к любому из элементов компьютера, находящемуся под напряжением, не менее чем в двух точках. Замыкание электрической цепи происходит через тело человека, что является опасным фактором.

Причинами электропоражения являются: провода с поврежденной изоляцией, приближение к токоведущим частям, розетки сети без предохранительных кожухов, несогласованность действий, перегрузка розеток по мощности.

Несоблюдение данных правил носит разносторонний характер и оказывает поражения на ткань человека:

- термическое действие (ожоги отдельных участков тела, нагрев до
- высоких температур кровеносных сосудов);
- электролитическое действие (распад молекул крови);
- механическое действие тока (расслоение и разрыв тканей организма);
- биологическое действие (судорожное сокращение и нарушение внутренних биоэлектрических процессов).

Для избежания поражений электрическим током при работе с ПК следует установить дополнительные оградительные устройства, обеспечивающие недоступность токоведущих частей для прикосновения. Для качественной работы компьютеров создается отдельный заземляющий контур.

Изоляция проводов не должна быть повреждена, поэтому запрещается навешивать посторонние предметы на провода, замазывать провода и кабели различными красящими веществами, укладывать провода сзади батарей систем отопления, вытаскивать вилку из розетки дергая за шнур провода. Чистка компьютера от пыли и грязи и его ремонт должны проводиться только при выключенном питании. Перед началом выполнения работы необходимо проверить, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголенных токоведущих частей. Если обнаружены неисправности, то сообщить об этом ответственному лицу за оборудование. К организационно-техническим мероприятиям относится первичный инструктаж по технике безопасности. Данный инструктаж является обязательным условием для допуска к работе в помещении.

5.1.3.2 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность – защищённость личности, имущества, общества и государства от пожаров, комплекс организационных и технических мероприятий по предотвращению пожара. Применение или хранение на производстве взрывающихся и воспламеняющихся, при определенных условиях, веществ определяет их категорию по взрыво- и пожароопасности. По функциональной пожарной опасности здания подразделяются на классы в зависимости от способа их использования. Всего выделяют пять классов пожароопасности: Ф1, Ф2, Ф3, Ф4, Ф5. Помещения, в которых сотрудник находится в течение суток некоторое время, относятся к классу Ф4.

Главными причинами возникновения пожаров в организации на рабочем месте являются:

- неправильный монтаж электроустановок и сетей, что приводит к повышенному нагреву или короткому замыканию;
- неисправность оборудования;
- курение в пожароопасных зонах.

В СНиП 21 – 01 – 97 "Пожарная безопасность зданий и сооружений" прописаны следующие основные положения. В случае пожара в зданиях должны быть предусмотрены:

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

- возможность доступа личного состава пожарных подразделений подачи средств пожаротушения к очагу пожара;
- проведение мероприятий по спасению людей и материальных ценностей;
- нераспространение пожара на рядом расположенные здания, в том числе при обрушении горящего здания [8].

Предотвращение пожара - это совокупность мероприятий, которые направлены на исключение возможности возникновения пожара. Для предотвращения пожара в кабинете нужно воспользоваться первичными средствами пожаротушения. К ним относятся огнетушители, внутренние пожарные краны, пожарные щиты с инвентарем и ящиками с песком. Использование этих средств для тушения пожара допускается только при знании и соблюдении инструкций по пожарной безопасности. Помимо этого, помещение оборудовано пожарной сигнализацией, которая выведена на центральный пульт офиса. При возникновении пожаров эвакуация проводится согласно плану эвакуации, который располагается на каждом этаже здания.

5.2 Защита в чрезвычайных ситуациях

В законе «О защите населения и территорий от чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера» дается следующее определение чрезвычайной ситуации. Это – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного бедствия, которые могут повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей, значительные материальные потери [11].

В условиях чрезвычайных ситуаций общество, движимое естественным стремлением к самосохранению, предпринимает осознанные меры, направленные на обеспечение безопасности жизнедеятельности. В предыдущих пунктах работы были подробно описаны чрезвычайные ситуации, такие как пожары, опасные и вредные факторы. Также в данном пункте рассмотрим конфликты в сфере социальных отношений.

5.2.1 Конфликты в сфере социальных отношений

В любой социальной структуре конфликты неизбежны. Они являются необходимым условием общественного развития. Все процессы развития общества состоят из множества конфликтов и согласия. Даже в самой сложной социальной системе существует большое количество возможностей для успешного решения конфликтов. Проблема любого общества состоит в том, чтобы максимально снизить негативные последствия конфликта и использовать его для позитивного решения возникших проблем. Информационная система сможет избежать различные проблемы, конфликты, связанные с рисками компании. Это позволит снизить конфликты между сотрудниками при обсуждении вопросов о рисках компании. Причинами столкновений могут быть самые разные проблемы. Например, конфликт по поводу доставки материалов в компанию и т. д.

Доставка материалов более удобно будет отслеживаться менеджером через информационную систему, чем по телефонным переговорам. Телефонные переговоры могут быть причиной социального конфликта.

На этапе возникновения конфликтов выделяют:

- стихийные (возникают сами по себе, без соответствующей подготовительной деятельности со стороны отдельных субъектов или групп субъектов);
- запланированные (спровоцированные);
- инициативные.

На этапе развития конфликтов выделяют: кратковременные, продолжительные, затяжные. На этапе устранения конфликтов выделяют: управляемые, ограничено управляемые, неуправляемые.

На этапе затухания конфликтов выделяют:

- спонтанно прекращающиеся;
- прекращающиеся под действием средств, найденных противоборствующими сторонами;
- разрешаются посредством вмешательства внешних сил.

Конфликты в организациях по составу участников разделяются на категории: межличностные, межгрупповые и личность – группа.

Таким образом, конфликты охватывают все сферы жизнедеятельности людей, всю совокупность социальных отношений, социального взаимодействия.

5.3 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Под безопасностью понимаются защитные мероприятия и средства, обеспечивающие снижение опасности до минимальной степени риска, когда негативные факторы не превышают допустимой величины. Для реализации защитных мероприятий и средств в настоящее время используются различные системы безопасности.

Санитарные нормы и правила содержат санитарно-гигиенические нормативы по концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и воде, предельные уровни физического воздействия различных негативных факторов на человека и окружающую среду, а также порядок проведения медицинских мероприятий по обеспечению безопасности жизнедеятельности населения.

Требования санитарных правил направлены на предотвращение неблагоприятного влияния, на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ [11].

Данные правила определяют санитарно-эпидемиологические требования к: проектированию, изготовлению и эксплуатации ПК, используемых на производстве; организации рабочих мест с ПК, производственным оборудованием.

Общие требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ: При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м. Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться с организованным воздухообменом.

Рабочее место сотрудника, требующее значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0 м. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ позволять изменять позу с целью снижения напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

Вывод: в данном разделе провели анализ вредных факторов: недостаточное освещение рабочего места, повышенный

уровень электромагнитных излучений. Выявили опасные факторы: нестабильная подача электрического тока, пожароопасность. К чрезвычайной ситуации отнесли конфликты в сфере социальных отношений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы был проведен анализ параметров эффективности работы установки каталитического риформинга бензинов Л-35-11/1000 Киришского НПЗ. Все расчеты выполнены с использованием компьютерной моделирующей системы с элементами искусственного интеллекта.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Приведены основные реакции каталитического риформинга, протекающие на платиносодержащих катализаторах, схема установки процесса а также основные параметры управления и их влияние.
2. Проведены текущий и прогнозный расчеты работы установки каталитического риформинга Л-35-11/1000 Киришского НПЗ.
3. Выполнен анализ полученных результатов для оценки эффективности работы установки.
4. Проведен экономический анализ целесообразности выполнения НИР и расчет экономической эффективности проведения научно исследовательской работы по этой теме и ее конкурентоспособность.
5. В работе рассмотрены вопросы безопасности и экологичности проекта, позволяющие обеспечить безопасную работу оператора установки риформинга.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

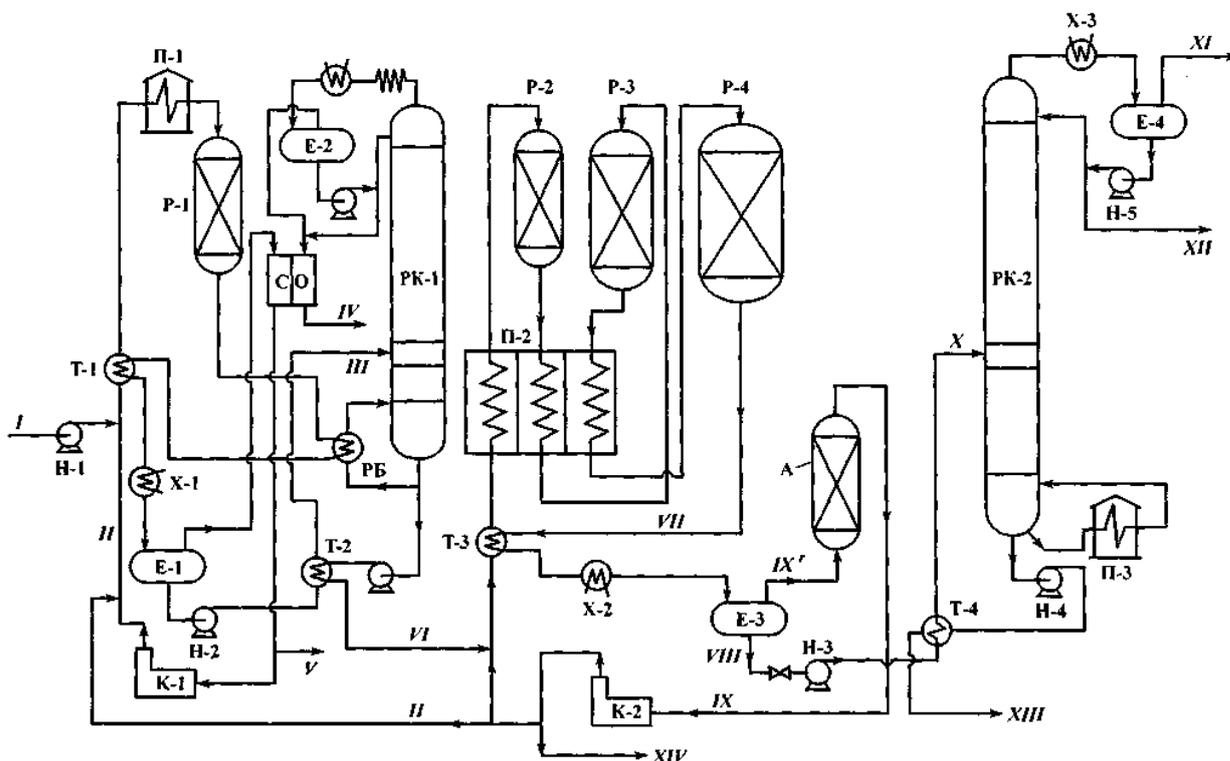
- 1 Кравцов А.В., Иванчина Э.Д., Галушин С.А., Полубоярцев Д.С. Компьютерный анализ и тестирование Pt-катализаторов риформинга применительно к условиям нефтеперерабатывающих заводов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – С. 104-108.
- 2 Кравцов А.В., Иванчина Э.Д. Компьютерное прогнозирование и оптимизация производства бензинов. Физико-химические и технологические основы.– Томск: STT, 2000. – 192 с.
- 3 ГОСТ 12.1.003– 2014.ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Шум.
- 4 ГОСТ ISO 9612-2015* Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах.
- 5 Федеральный закон РФ от 28 декабря 2013 года N426-ФЗ(О специальной оценке условий труда)
- 6 ГОСТ 12.1.019- 2009 ССБТ . Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 7 Пожарная безопасность. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности N 123-ФЗ.
- 8 Охрана окружающей среды: Учеб. Пособие для студентов вузов / Под ред. Белова С.В. – М.: Высш. Школа, 1983. – 264 с.
- 9 ГОСТ 17.2.3.02—78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.
- 10 Федеральный закон об охране окружающей среды от 10.01.2002 (с изменением на 29 декабря 2015 года) введенной в действие с 1 января 2015 года Федеральным законом от 21 июля 2014 года N 219-ФЗ.
- 11 ГОСТ Р 22.0.02 – 94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

- 12 Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ № 45н «Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов»
- 13 Правительством российской федерации постановление от 24 декабря 2009 г. N 1213 об утверждении технического регламента о безопасности средств индивидуальной защиты.
- 14.Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. - 672 с
- 15 Кузнецов А.А. и др. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. Л., "Химия", 1974 – 333 с
- 16 Гуреев А. А. Производство высокооктановых бензинов / А. А. Гуреев – М.: Химия, 1981. –357 с.
- 17 Маслянский Г. Н. Каталитический риформинг бензинов / Г. Н. Маслянский – Санкт-Петербург: Химия , 1985. – 951 с.
- 18 Емельянов В. Е. Автомобильные бензины с улучшенными экологическими / В. Е. Емельянов – Санкт-Петербург: Химия и технология топлив и масел, 1995. – 634 с.
- 19 Травень В.Ф. Органическая химия: Учебник для вузов в 2-х томах / В.Ф. Травень – М.: Академкнига, 2004. – 777 с.
- 20 Белый А.С. Совершенствование катализаторов риформинга и технологии процесса. Новые разработки института катализа / А.С. Белый, М.Д. Смоликов, Д.И. Кирьянов, А.Г. Проскура, И.Е. Удрас, В.К. Дуплякин, А.И. Луговской, С.А. Логинов, П.М. Ващенко // Катализ в промышленности. – 2003. – № 6. – С. 7–17.
- 21 Баннов П.Г. Процесс переработки нефти / П.Г. Баннов. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2000. – 230 с.

22. Белый А.С. Каталитический риформинг. Современное состояние в отечественной и зарубежной нефтепереработке / А.С. Белый // Катализ в промышленности. – 2003. – № 2. – С. 11–21.

23. Кравцов А.В. Компьютерный анализ технологических процессов / А.В. Кравцов, А.А. Новиков, П.И. Коваль. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, – 1998. – 237 с __

ПРИЛОЖЕНИЕ А



Принципиальная схема установки каталитического риформинга для получения высокооктанового бензина на стационарном катализаторе:

P-1 -реактор гидроочистки; P-2, -3, -4-реакторы риформинга; П-1, -2, -3 -трубчатые печи; РК-1, -2 - ректификационные колонны; А -адсорбер; СО -секция очистки газов; E-1, -3 - сепараторы высокого давления; E-2, -4 -сепарационные емкости колонн; Т - теплообменники; X -холодильники; Н -насосы; К-1, -2 - компрессоры;

потоки: 1- бензин 85-180 °С; II- ВСГ; III- гидроочищенный катализат; IV, XI-углеводородные газы; V - отдув ВСГ; VI - гидроочищенный бензин на риформинг; VII - риформированный катализат; VIII - жидкая фаза; IX - ВСГ на очистку; X -нестабильный катализат риформинга; XII - сжиженный газ; XIII - стабильный высокооктановый бензин; XIV - товарный ВСГ.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Расчет текущей активности

Перераб. сырьё т.	41726	75234	92437	111600	131647	151966	172537	192613	287683	307091	326091	362443	380958	420194	454466	542116	576813
Активность	0,84	0,93	0,88	0,9	0,88	0,87	0,89	0,87	0,76	0,72	0,77	0,8	0,8	0,78	0,7	0,99	0,73
Температура входа	480	486	476	487	492	489	491	483	489	490	488	487	488	490	493	488	487
Расход сырья м3/ч	123,8	146,7	135,3	158,2	161,4	167,6	164,2	146,6	156,1	155,2	148,6	145,2	150,3	148,9	152	135,7	138,4
Пар/(Нафт+Аром)	1,11	1,1	1,1	1,12	1,08	1,04	1,06	1,06	1,08	1,07	1,12	1,06	1,05	1,02	1,17	1,13	1,15
н-Пар/и-Пар сырьё	0,97	0,95	1,01	1,01	0,99	1	1,03	1	0,94	0,96	0,95	0,92	0,97	0,92	0,9	0,88	0,88
Водород, %	79,4	80,9	79,3	80,9	80,8	83,4	82	82,1	83,8	83,4	83,6	83,8	84	82,8	81,8	84,8	83,7
Выход водорода, %	2,2	2,36	2	2,13	2,37	2,17	2,22	2,08	2	1,95	1,99	2,14	2,16	2,22	2	2,72	2,19
Кратн. цирк. м3/м3	1681	1280	1323	1287,4	1212,3	1113,9	1233,3	1355,9	1258,4	1336,5	1398,2	1422,4	1309,4	1430,8	1342,8	1526	1490,1
Степень изомеризации	47	53	55	55	53	53	60	55	46	46	47	46	50	45	42	37	35
Степень ароматизации	19,76	21,6	17,46	20,2	21,38	16,76	16,36	14,97	13,04	12,65	14,18	13,2	14,06	12,86	13,73	30,5	16,63
Ароматика, %вес.	59,92	61,47	56,44	59,01	62	58,01	57,66	55,94	54,07	53,79	54,35	55,61	56,18	56,32	53	70,06	57,13
Кокс, %вес.	0,32	0,64	0,75	0,95	1,18	1,35	1,58	1,74	2,29	2,39	2,51	2,76	2,89	3,19	3,37	4,8	4,95
Выход формата	84,42	85,13	86,37	85,4	85,27	86,65	86,04	86,48	87,38	87,32	86,62	86,78	86,87	86,6	86,8	82,9	86,07
Октановое число о.ч.и.	93,9	95,6	94,1	96,2	95,9	94,8	94,9	93,3	94,6	94,4	94,6	93,4	94,2	94,2	94,7	95,3	93,7

Расчет оптимальной активности

Перераб. сырьё т.	41726	75234	92437	111600	131647	151966	172537	192613	287683	307091	326091	362443	380958	420194	454466	542116	576813
Активность	0,81	0,92	0,89	0,99	0,92	0,92	0,89	0,81	0,88	0,85	0,86	0,77	0,84	0,8	0,82	0,88	0,78
Температура в хлада	480	486	475	487	492	489	491	483	489	490	488	487	488	490	493	488	487
Расход сырья м3/ч	123,8	146,7	135,3	158,2	161,4	167,6	164,2	146,6	156,1	155,2	148,6	145,2	150,3	148,9	152	135,7	138,4
Пар/(Нафт+Аром)	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
н-Пар/и-Пар сырьё	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Водород, %	79,4	80,9	79,3	80,9	80,8	83,4	82	82,1	83,8	83,4	83,6	83,8	84	82,8	81,8	84,8	83,7
Выход водорода, %	1,98	2,29	2,11	2,39	2,35	2,22	2,22	1,97	2,16	2,12	2,13	1,96	2,09	2,08	2,15	2,18	2
Кратн. цирк. м3/м3	1681	1280	1323	1287,4	1212,3	1113,9	1233,3	1355,9	1258,4	1336,5	1398,2	1422,4	1309,4	1430,8	1342,8	1526	1490,1
Степень изомеризации	57	61	58	62	62	60	60	56	59	58	58	56	58	58	59	59	57
Степень ароматизации	13,7	18,09	13,73	19,91	19,23	15,96	16,37	11,66	15,58	15,08	15,63	12,06	14,42	14,39	15,93	17,74	12,84
Ароматика, %вес.	55,14	59,43	55,3	61,15	60,45	57,32	57,67	53,12	56,93	56,43	56,97	53,52	55,83	55,78	57,26	58,99	54,35
Кокс, %вес.	0,3	0,57	0,68	0,96	1,24	1,46	1,69	1,81	2,8	2,99	3,18	3,45	3,61	4,04	4,29	5,33	5,58
Выход riformата	85,73	85,51	87,05	85,05	85,17	86,42	86,03	87,27	85,98	85,99	85,6	86,72	86,18	86,05	85,6	84,59	86,59
Октановое число о.ч.и.	93,9	95,6	94,1	96,2	95,9	94,8	94,9	93,3	94,6	94,4	94,6	93,4	94,2	94,2	94,7	95,3	93,7

Исследование влияния состава сырья

Пар/(Нафт+Аром)	1,11	1,09	1,1	1,1	1,12	1,08	1,04	1,06	1,06	1,09	1,08	1,07	1,12	1,06	1,05	1,02	1,17	1,13	1,15
н-Пар/и-Пар сырьё	0,97	0,99	0,95	1,01	1,01	0,99	1	1,03	1	0,96	0,94	0,96	0,95	0,92	0,97	0,92	0,9	0,88	0,88
Выход водорода, %	2,54	2,53	2,44	2,3	2,32	2,49	2,44	2,4	2,4	2,47	2,48	2,48	2,46	2,54	2,55	2,59	2,49	2,7	2,69
Степень изомеризации	51	53	53	58	57	54	56	62	59	53	52	52	53	51	55	50	48	40	39
Степень ароматизации	24,24	24,16	23	24,31	24,15	23,96	22,89	20,15	21,14	22,33	22,33	22,89	22,58	20,19	21,29	19,27	22,84	27,72	25,45
Ароматика, %вес.	64,42	64,5	62,79	62,87	62,83	64,53	63,97	61,38	61,89	62,99	63,16	63,86	62,51	62,45	63,25	62,65	61,9	67,61	65,91
Кокс, %вес.	1,5	1,55	1,6	1,75	1,65	1,56	1,62	1,66	1,67	1,58	1,56	1,56	1,58	1,49	1,53	1,46	1,55	1,41	1,36
Выход riformата	84,44	84,49	84,81	84,13	84,29	84,64	84,68	84,96	84,9	84,92	85,04	84,86	84,88	85,45	85,28	85,43	84,8	84,59	84,47
Октановое число о.ч.и.	95,9	95,2	96,1	96,5	97,6	96,9	96,9	96,3	95,7	95,7	97,6	97,7	97,4	95,9	96,8	96,4	97,4	94,1	97,3

Технологический режим

Перераб. сырьё т.	111600
Активность	0,99
Температура входа	487
Расход сырья м3/ч	158,2
Водород, %	80,9
Кратн. цирк. м3/м3	1287,4