

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Кафедра химической технологии топлива и химической кибернетики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Моделирование процесса риформинга бензинов со стационарным слоем катализатора

УДК 665.73.092.81-047.58

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К31	Фролова Кристина Александровна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к. эк. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК	Немцова Ольга Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ХТТ и ХК	Юрьев Егор Михайлович	к. т. н.		

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки (специальность) Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Кафедра химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись)(Дата)(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2К31	Фроловой Кристине Александровне

Тема работы:

Моделирование процесса риформинга бензинов со стационарным слоем катализатора
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Установка каталитического риформинга бензиновой фракции со стационарным слоем катализатора ООО «КИНЕФ».</p>
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Введение</p> <p>1 Теоретические основы процесса каталитического риформинга</p> <p>2 Литературный обзор</p> <p>3 Объект и метод исследования</p> <p>4 Экспериментальная часть</p> <p>5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>6 Социальная ответственность</p> <p>Заключение</p> <p>Список использованных источников</p>
--	--

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Доцент кафедры менеджмента, к.э.н., Рыжакина Татьяна Гавриловна
«Социальная ответственность»	Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК, Немцова Ольга Александровна

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	21.02.2017
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент.каф. ХТТ и ХК	Чернякова Екатерина Сергеевна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К31	Фролова Кристина Александровна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2К31	Фроловой Кристине Александровне

Институт	ИПР	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах; опрос.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Составление календарного плана проекта.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Проведение оценки экономической эффективности влияния различных технологических режимов на работу установки каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>График проведения НИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>
6. <i>Сравнительная эффективность разработки</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2017
---	------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К31	Фролова Кристина Александровна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
2К31		Фроловой Кристине Александровне	
Институт	ИПР	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:			
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения		<p>Объект исследования – установка каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора ЛЧ-35-11/1000 ООО «КИНЕФ»</p> <p>Рабочая зона – технологическая зона</p> <p>Область применения – нефтехимическая промышленность</p>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:			
<p>Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – 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, 		<p>Анализ выявленных вредных факторов при разработке научного исследования (технологическая зона):</p> <ul style="list-style-type: none"> - утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу (сероводород, бензин, дизельное топливо, пропан, бутан, водород, аммиак, диметилсульфид, оксид алюминия, платина, рений) [ГОСТ 12.1.007-76]; -производственный шум [СН 2.2.4/2.1.8.562-96]; -вибрация [СН 2.2.4/2.1.8.566-96]; <p>Анализ выявленных опасных факторов при эксплуатации научного исследования (технологическая зона):</p> <ul style="list-style-type: none"> -пожаровзрывобезопасность[ГОСТ 12.1.002–84] 	

<p>средства защиты);</p> <ul style="list-style-type: none"> - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования [ГОСТ 12.1.002–84]</p> <p>-электробезопасность [ГОСТ 12.1.002–84];</p>
<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>- вредные вещества (сероводород, бензин, дизельное топливо, пропан, бутан, водород, аммиак, диметилсульфид, оксид алюминия, платина, рений), которые выделяются или используются в течение производства;</p> <p>- разработаны решения по обеспечению экологической безопасности;</p> <p>- твердых и жидких отходов не образуется.</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>Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения: взрыв парогазового облака, образованного при разгерметизации технологического оборудования; пожар в форме огненного шара при мгновенном разрушении технологического аппарата, содержащего углеводороды в перегретом состоянии; пожар пролива, при разгерметизации аппарата, содержащего жидкие углеводородные фракции с температурой кипения выше температуры окружающей среды.</p> <p>Меры по предупреждению ЧС: применение защитного оборудования; своевременный ремонт и замена старого оборудования; допуск к работе только квалифицированных рабочих.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные при 	<p>- "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ</p>

эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	(ред. от 31.12.2014) -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: технический перерыв, проветривание, полная изоляция от производственных источников шума и вибрации.
---	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2017
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К31	Фролова Кристина Александровна		

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки (специальность) Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Уровень образования бакалавр
Кафедра ХТТ и ХК
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
07.03.2016	Анализ и обзор периодической и патентной литературы по исследуемой теме.	20 балл
04.04.2016	Обработка данных анализа сырья и катализатора.	20 балл
18.04.2016	Расчет работы установки риформинга со стационарным слоем катализатора.	20 балл
04.05.2016	Анализ степени влияния технологических параметров процесса на работу установки. Подбор оптимального технологического режима работы установки риформинга со стационарным слоем катализатора.	20 балл
18.05.2016	Обсуждение законченного варианта ВКР бакалавра.	20 балл

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ХТТ и ХК	Чернякова Екатерина Сергеевна	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ООП 18.03.02)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,14,16,17,18), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
Р2	Применять знания в области энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
Р3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ПК-4,5,8,11 ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
Р4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-1,4,5,19-22, ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,7,10,12,13,14,17 ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
Р7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
Р8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)

Р9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
Р10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 84 с., 15 рис., 26 табл., 30 источников.

Ключевые слова: риформинг, катализатор, регенерация, октановое число.

Объект исследования – установка каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора ЛЧ-35-11/1000.

Цель работы – анализ факторов, которые влияют на выход и качество целевого продукта процесса, оптимизация режимов работы действующей установки и прогнозирование с использованием компьютерной моделирующей системы.

В процессе исследования проводилась оценка влияния технологических параметров на работу промышленной установки риформинга.

В результате исследования подобрали оптимальный режим работы установки каталитического риформинга.

Основные технологические и технико-эксплуатационные характеристики представлены в разделе 4.

Область применения: нефтеперерабатывающая промышленность.

Экономическая эффективность: в данной работе проводится оценка проведения данного проекта на основе ресурсоэффективности и ресурсосбережения, планирование и формирование бюджета научных исследований.

В будущем планируется исследование других важных показателей, которые влияют на работу установки риформинга.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	13
1 Теоретические основы процесса каталитического риформинга.....	15
1.1 Катализаторы риформинга	16
1.2 Влияние технологических параметров на протекание процесса каталитического риформинга	18
1.3 Установка каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора.....	20
2 Литературный обзор	24
2.1 Исследование дезактивации катализаторов риформинга.....	24
2.2 Факторы, влияющие на эффективность процесса регенерации катализатора.....	26
2.3 Контроль октанового числа бензинов.....	28
3 Объект и метод исследования.....	32
4 Экспериментальная часть.....	35
4.1 Мониторинг работы промышленной установки риформинга	35
4.2 Исследование влияния состава сырья.....	38
4.3 Исследование влияния режимов	40
4.4 Прогноз активности катализатора.....	42
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 44	
5.1. Потенциальные потребители результатов исследования	44
5.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	44
5.2.1 Анализ конкурентных технических решений	44

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	57
5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	57
5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	60
5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	62
5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	63
5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	64
5.3.6 Накладные расходы	64
5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	65
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	66
6 Социальная ответственность	69
6.1 Анализ вредных факторов	69
6.2 Анализ опасных факторов	72
6.3 Экологическая безопасность	73
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	74
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	78
Заключение	80
Список использованных источников	81

Введение

Риформинг бензинов считается одним из важным процессов в нефтепереработке и нефтехимии. С его помощью получают высокооктановый компонент автомобильных бензинов, ароматические углеводороды и водородосодержащий газ (ВСТ).

В нашей стране большое количество запасов нефти и газа, поэтому на сегодняшний день развитие данной промышленности является актуальной проблемой. Процесс каталитического риформинга - один из ключевых вторичных процессов в нефтепереработке. Продукт - рифомат, который служит компонентом для получения высокооктанового автомобильного бензина. Поэтому очень важным является развитие и совершенствование данного процесса. Целью работы является оценка влияния различных технологических параметров на процесс риформинга при помощи компьютерной моделирующей системы «Activ». Для ее достижения необходимо выполнить следующие задачи:

- Ознакомиться с данной моделирующей системой и изучить методику расчета;
- Провести оценку влияния активности катализатора на процесс риформинга;
- Исследовать влияние состава сырья и различных технологических режимов на проведение процесса;
- Провести прогнозирование активности катализатора;
- Проанализировать сводные таблицы, построить графики и сделать вывод о работе установки в определенном режиме.

Объектом исследования в данной работе является установка каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора ООО «КИНЕФ».

1 Теоретические основы процесса каталитического риформинга

Риформинг - это промышленный процесс переработки бензиновых и лигроиновых фракций нефти с целью получения высококачественных бензинов и ароматических углеводородов. Данный процесс уже более полувека является важнейшим процессом современной нефтепереработки и нефтехимии. В результате риформинга бензиновая фракция насыщается ароматическими соединениями и ее октановое число достигает примерно 95 пунктов. Полученный продукт используется как компонент для производства автобензинов и сырье для извлечения ароматических углеводородов[1].

Основными показателями, которые определяют пригодность и качество сырья, являются углеводородный и фракционный состав, и содержание в нем вредных веществ, которые могут вызвать дезактивацию катализаторов.

Одной из ключевых реакций процесса является дегидрирование нафтеновых углеводородов, поэтому сырьем каталитического риформинга служат бензиновые фракции с их высоким содержанием.

При риформинге фракций с высоким содержанием парафиновых углеводородов преобладающими реакциями являются дегидроциклизация алканов и гидрокрекинг, которые позволяют из низкооктанового парафинистого сырья получать катализаты для производства высокооктановых автомобильных бензинов.

Присутствие в сырье риформинга алифатических непредельных соединений нежелательно, потому что резко возрастает скорость дезактивации катализатора, а водород циркулирующего водородсодержащего газа (ВСГ) расходуется нерационально на гидрирование непредельных углеводородов. Поэтому для каталитического риформинга применяют бензиновые фракции прямогонного происхождения. Фракционный состав сырья определяется целевым назначением процесса. Если его целью является

получение катализаторов для производства высокооктановых бензинов, наилучшим сырьем для этого служат фракции, выкипающие в пределах 85-180 °С. Применение сырья с температурой начала кипения ниже 85 °С нежелательно, так как при этом будет иметь место повышенное газообразование за счет гидрокрекинга. Наличие в сырье фракций с температурой кипения выше 180 °С, тоже не приветствуется, потому что увеличивается отложение кокса на катализаторе. Это приводит к быстрой потере его активности.

Сернистые соединения являются одним из основных ядов катализаторов риформинга, так как они переводят платину в неактивное состояние. Содержание серы в сырье этого процесса должно быть минимальным. Для удаления сернистых соединений сырье риформинга подвергается гидроочистке[1].

1.1 Катализаторы риформинга

Для процесса риформинга применяют полиметаллические катализаторы. Первым из них был алюмомолибденовый, однако в связи с низкой селективностью в реакциях изомеризации, высокой склонностью к закоксовыванию он не получил широкого распространения и был заменен на более эффективный.

Затем большое значение приобрели процессы риформинга с использованием алюмоплатиновых катализаторов и биметаллических платинорениевых. Полиметаллические включают наряду с платиной еще несколько металлов. Одна из групп металлов (рений, иридий, хром и др.) усиливает дегидроциклирующие свойства платинового катализатора, а вторая группа (цинк, кадмий, титан, родий, рутений) повышают устойчивость к ядам и снижает гидрокрекирующие свойства.

Реакции гидрокрекинга, дегидроциклизации протекают на металлических и кислотных центрах, дегидрирования – на металлических.

Главными критериями эффективности действия катализаторов служат:

- Октановое число риформата;
- Выход стабильного риформата;
- Выход ароматических углеводородов;
- Содержание легких фракций в риформате;
- Выход и состав газа в процессе;
- Срок службы катализатора;
- Чувствительность к закоксовыванию.

Основными характеристиками функциональных свойств катализатора являются активность, селективность и стабильность. Под активностью понимают количество продукта, который образуется в единицу времени на единицу объема катализатора. Селективностью называют долю сырья, которая прореагировала с образованием целевых продуктов. Стабильность катализатора - способность сохранять активность во времени.

Алюмоплатинорениевые катализаторы отличаются от алюмоплатиновых большей стабильностью и пониженной чувствительностью к закоксовыванию. С их помощью можно проводить процесс при пониженных давлениях и повышенных температурах.

В процессе промышленной эксплуатации установки риформинга производится активация катализатора для обеспечения наиболее высокой его активности и понижения скорости закоксовывания путем подачи в сырье хлорорганического соединения (дихлорэтан, четыреххлористый углерод и т.д.) из расчета 0,001-0,002 % масс. на сырье.

Важнейшей характеристикой катализаторов наряду с их активностью является селективность, определяющая выход риформата и водорода. При

низкой селективности катализатора интенсивно протекают реакции гидрокрекинга, которые снижают выход целевого продукта[8].

Применение современных катализаторов с высокой селективностью и активностью являются главным компонентом в развитии каталитического риформинга. Они при определенных режимах могут обеспечивать получение риформата с октановым числом равным 97-103 пунктов. Их совершенствование продолжается с целью увеличения выхода стабильного риформата и водорода.

Полиметаллические современные катализаторы представляют собой сбалансированную композицию платины и рения, которая равномерно распределена на поверхности носителя – активного оксида алюминия и включает в свой состав модификаторы. Процесс риформинга с этими катализаторами проводится при повышенном давлении[9].

1.2 Влияние технологических параметров на протекание процесса каталитического риформинга

Температура

Основным регулируемым параметром процесса является температура на входе в реактор. Процесс риформирования проводят в интервале температур 480–530 °С. С повышением температуры увеличивается жесткость процесса и ускоряются все основные реакции. Образование ароматических углеводородов из нефтяных при минимальной температуре процесса 470 °С близко к максимальному значению. Селективность превращения парафиновых углеводородов в ароматические мало зависит от температуры[1].

Кратность циркуляции ВСТ

С увеличением мольного отношения водород:сырье снижается скорость дезактивации катализаторов риформинга, следовательно, возрастает регенерационный период. Выбор значения этого параметра производится с

учетом стабильности катализатора, качества сырья и продуктов, жесткости процесса и заданной продолжительности регенерационного периода.

Влияние кратности циркуляции водородсодержащего газа на выход ароматических углеводородов зависит от температуры процесса: если при температуре выше 470 °С на выход ароматических углеводородов не оказывает влияние изменение циркуляции газа, то при температуре 460 °С с уменьшением кратности циркуляции газа выход ароматических углеводородов возрастает[1].

Давление

Давление – основной наряду с температурой, регулирующий параметр, который оказывают существенное влияние на выход качество продуктов риформинга.

Парциальное давление водорода при риформинге существенно влияет на результаты процесса. Снижение рабочего давления приводит к значительному увеличению глубины ароматизации парафиновых углеводородов. Однако при снижении давления процесса увеличивается скорость дезактивации катализатора за счет его закоксовывания.

Появление полиметаллических платиновых катализаторов позволило увеличить продолжительность пробега установок риформинга между регенерациями и понизить рабочее давление до 1,4-1,5 МПа[1].

Объемная скорость подачи сырья

Объемная скорость – это отношение объема сырья, который подается в реактор в течении 1 ч к объему катализатора ($\text{м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$ или ч). Обычно объемная скорость в процессе риформирования составляет 1,0-1,5 ч. С увеличением объемной скорости возрастает выход стабильного продукта и содержание водорода в циркулирующем газе. Выход ароматических углеводородов также будет падать, поэтому октановое число катализата уменьшится. Это связано с тем, что при увеличении объемной скорости преобладающую роль в процессе начинают играть реакции, протекающие

быстрее: дегидрирование нафтеновых углеводородов, гидрокрекинг тяжелых парафиновых углеводородов и изомеризации C4 и C5[1].

1.3 Установка каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора

Установки данного типа получили наибольшее распространение. Они могут непрерывно работать без регенерации в течение 1 года и более. Окислительная регенерация катализатора производится одновременно во всех реакторах. Сырье установки подвергается предварительной глубокой гидроочистке от сернистых, азотистых и других соединений.

Установки каталитического риформинга всех типов включают следующие блоки: гидроочистки сырья, очистки водородсодержащего газа, реакторный блок, сепарации газа и стабилизации катализата.

Принципиальная технологическая схема установки риформинга (без блока гидроочистки сырья) со стационарным слоем катализатора приведена на рисунке 1.

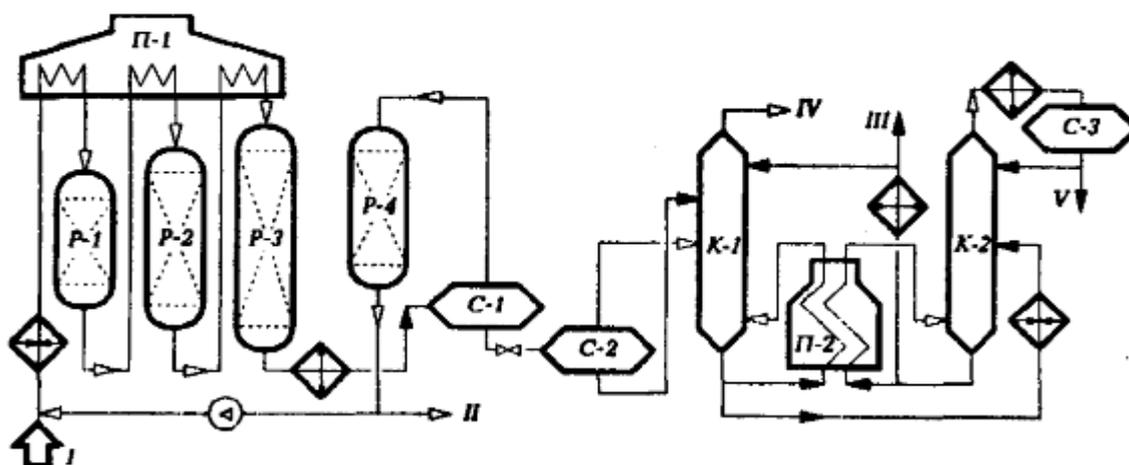


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема установки каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора: I- гидроочищенное сырье; II - ВСГ; III - стабильный катализат; IV - сухой газ; V

- головная фракция, П-1 и П-2 – печи; Р-1-3 – реакторы риформинга, Р-4 – абсорбер, С-1 – сепаратор высокого давления, С-2 – сепаратор низкого давления, С-3 – приемник, К-1 – фракционирующий абсорбер, К-2 – колонна стабилизации

Гидроочищенное сырье смешивается с циркулирующим ВСГ, подогревается в теплообменнике, в секции печи П-1 и поступает в реактор первой ступени Р-1. На установке имеется 3-4 адиабатических реактора и соответствующее число секций многокамерной печи П-1 для межступенчатого подогрева реакционной смеси.

На выходе из последнего реактора смесь охлаждается в теплообменнике и холодильнике до 20–40⁰С и поступает в сепаратор высокого давления С-1 для отделения циркулирующего ВСГ от катализата. Часть ВСГ после осушки цеолитами в адсорбере Р-4 поступает на прием циркуляционного компрессора, а избыток выводится на блок предварительной гидроочистки бензина и передается другим потребителям водорода. Нестабильный катализат из С-1 поступает в сепаратор низкого давления С-2, где отделяются легкие углеводороды. Выделившиеся в сепараторе С-2 газовая и жидкая фазы поступают во фракционирующий абсорбер К-1. Абсорбентом служит стабильный катализат (бензин). Низ абсорбера подогревается горячей струей через печь П-2. В абсорбере при давлении 1,4 МПа и температуре внизу 165 °С и вверху 40 °С отделяется сухой газ. Нестабильный катализат, который выводится с низа К-1, после подогрева в теплообменнике поступает в колонну стабилизации К-2. Тепло вниз К-2 подводится циркуляцией и подогревом в печи П-2 части стабильного конденсата. Стабилизационная фракция после конденсации и охлаждения поступает в приемник С-3, откуда частично возвращается в К-2 на орошение, а избыток выводится с установки.

Часть стабильного катализата после охлаждения в теплообменнике подается во фракционирующий абсорбер К-1, а балансовый его избыток выводится с установки.

Основными реакционными аппаратами установок (или секций) каталитического риформинга с неподвижным слоем катализатора являются адиабатические реакторы шахтного типа. На установках раннего поколения применялись реакторы аксиального типа с нисходящим или восходящим потоком реакционной смеси. На современных высокопроизводительных установках применяются реакторы только с радиальным движением потоков преимущественно от периферии к центру.

Радиальные реакторы обеспечивают меньшее гидравлическое сопротивление.

На рисунке 2 показана конструкция радиального реактора.

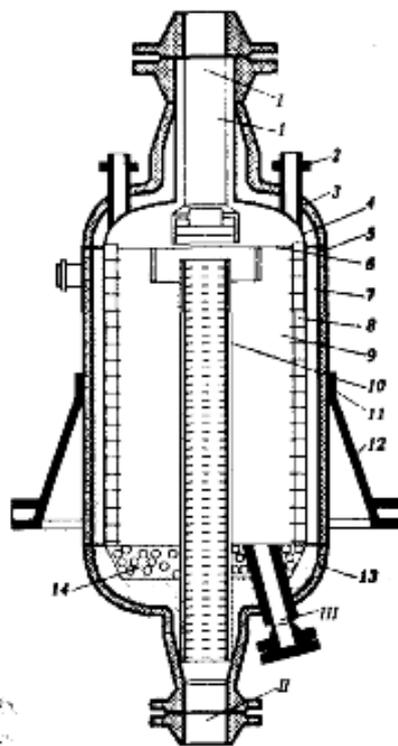


Рисунок 2 – Реактор риформинга: 1- распределитель; 2 - штуцер для термопары; 3 - днище верхнее; 4 - кожух; 5 - корпус; 6 - тарелка; 7 - футеровка; 8 - желоб; 9 - катализатор; 10 - труба центральная; 11 - пояс опорный; 12 - опора; 13 - днище нижнее; 14 - шары фарфоровые; I - ввод сырья; II - вывод продукта; III - вывод катализатора

Газофазный поток сырья и водорода проходит по периферийным желобам через слой катализатора к центральной трубе и затем выводится из

аппарата. Катализатор расположен в виде одного слоя с равномерной плотностью засыпки. В верхней части расположена тарелка, которая предотвращает прямое попадание потока сырья в слой катализатора[9].

2 Литературный обзор

2.1 Исследование дезактивации катализаторов риформинга

Катализаторы играют главную роль в процессе риформинга бензинов. Существует большое их разнообразие, они имеют различную форму, размер и структуру и определяются содержанием Pt и Re.

В статье [2] говорится об изучении состава катализаторов риформинга и их свойств в ходе промышленной эксплуатации установки. Авторы проводили исследования по накоплению кокса на поверхности катализатора. Результаты показали, что его образование приводит к уменьшению на поверхности катализатора числа активных центров. В процессе адсорбции углеводородов на поверхности катализатора образуется обратимый кокс – соединение с высоким содержанием водорода. А с ростом температуры образуется соединение с низким содержанием водорода – графитовый кокс. Из данных исследований сделан вывод о том, что смещение равновесия в сторону образования графитового кокса уменьшает активность катализатора и его дальнейшая эксплуатация становится практически невозможна. Также авторы статьи проводили исследования образцов Pt-Re катализатора для определения динамики отложения кокса различной структуры. В результате проведенных анализов было выявлено, что на поверхности катализатора образуется остаточный кокс различных структур. Также было обнаружено, что при температуре выше 400 °С начинается экзотермический процесс удаления аморфного кокса. Дальнейшее повышение температуры оказывает влияние на наличие высокоструктурированных и графитизированных образцов кокса на поверхности контакта при температуре выгорания выше 800 °С. Таким образом, проведенный анализ установил образование графитизированного кокса. Для эффективной эксплуатации промышленного катализатора минимальное образование данного вида кокса может происходить при условии равновесия в реакции гидрирования.

Автор статьи [6] проводили анализ пробы платино-рениевого катализатора с промышленной установки Л35-11/600. Термический анализ осуществляли на дериватографе. Ступенчатый выжиг кокса проводили в условиях динамического нагрева со скоростью 8,5 °С/мин. В таблицах приведены характеристики проб и результаты определения содержания углерода и водорода в составе образцов катализаторов.

Таблица 1 – Характеристика исследуемых проб платино-рениевого катализатора

Номер пробы	Наименование пробы	Примечание
1	Катализатор после 6 мес. эксплуатации	Первичные пробы
2	Катализатор после 16 мес. эксплуатации	
3	Катализатор после 26 мес. эксплуатации	
4	Катализатор после 6 мес. эксплуатации	Пробы 4,5,6 соответствуют пробам 1,2,3, нагретым в атмосферном воздухе
5	Катализатор после 16мес. эксплуатации	
6	Катализатор после 26 мес. эксплуатации	

Таблица 2 – Содержание углерода и водорода в составе образцов катализаторов

Номер пробы	Содержание, масс. %		Мольное соотношение С/Н
	Углерод	Водород	
1	7,18±0,12	0,73±0,04	0,83±0,06
2	15,39±0,1	0,78±0,03	1,66±0,07
3	22,36±0,21	0,86±0,02	2,2±0,1
4	5,53±0,06	0,61±0,02	0,76±0,03
5	13,19±0,03	0,73±0,06	1,53±0,13
6	20,4±0,06	0,81±0,02	2,12±0,04

Таким образом, авторы статьи с помощью исследований показали, что при увеличении времени использования платино-рениевого катализатора, кокс становится более обогащен углеродом (растет соотношение С/Н). Также

результаты эксперимента стали основой для объяснения двухэтапного окисления продуктов коксообразования.

2.2 Факторы, влияющие на эффективность процесса регенерации катализатора

Основные показатели по качеству выпускаемой продукции зависят от свойств катализатора. Он является дорогим компонентом, поэтому большое значение имеет стадия его регенерации между циклами. Данный процесс состоит из трёх стадий: на первом этапе происходит удаление кокса посредством его выжигания с поверхности, на втором – посредством окислительного хлорирования восстанавливают дисперсность катализатора, на третьем – введением малого количества сернистых соединений добиваются снижения избыточной активности металлических центров.

Авторы статьи [3] проводят анализ процесса регенерации катализатора на основании полученных экспериментальных данных. Они разработали компьютерную моделирующую систему «Регенерация», которая позволяет рассчитать показатели в стадии выжигания кокса, осернения и оксихлорирования катализаторов. В стадии выжигания определяется перепад температур в реакторе. Таким способом оценивается динамика горения кокса. Чем выше будет перепад температур, тем лучше и активнее идет горение, т.к. выделяется большее количество тепла. При помощи расчета процесса осернения определяется необходимое количество подаваемой серы, при котором снижается избыточная активность металлических центров и скорость реакций гидрогенолиза. В расчете стадии окислительного хлорирования определяется необходимая подача хлорагента в реактор с учетом температуры и давления в системе. Также рассчитывается конверсия хлороводорода и водно-хлорное отношение.

Авторы статьи [4] составили прогноз для режима регенерации катализатора RG-582 для Стрежевского НПЗ с использованием той же моделирующей системы.

При расчёте были предложены условия отложения кокса с перепадом температур равном 35 °С. В результате анализа данных выявлено, что приемлемое значение конверсии лежит в интервале 30-35 %.

Ниже представлен график расчетного значения конверсии HCl в Cl₂. Результаты показывают, что при проведении процесса она должна быть на уровне примерно 20-30 %.

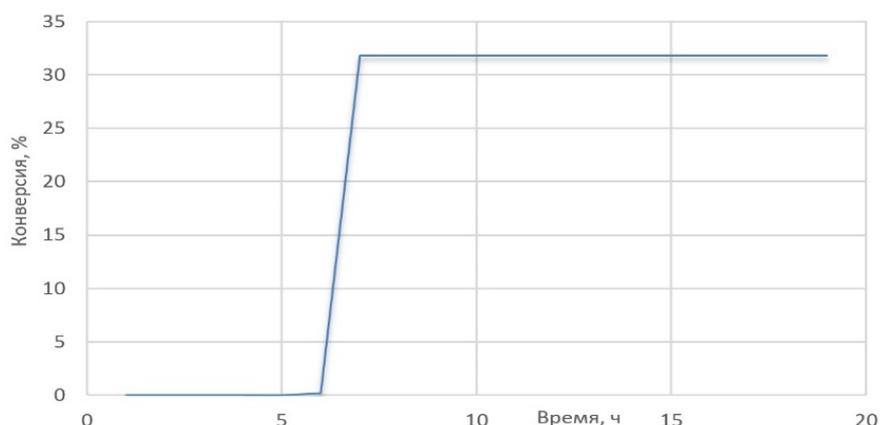


Рисунок 3 – Теоретическое значение конверсии HCl в Cl₂ (давление 6 атм. и температура в сепараторе – 25 °С)

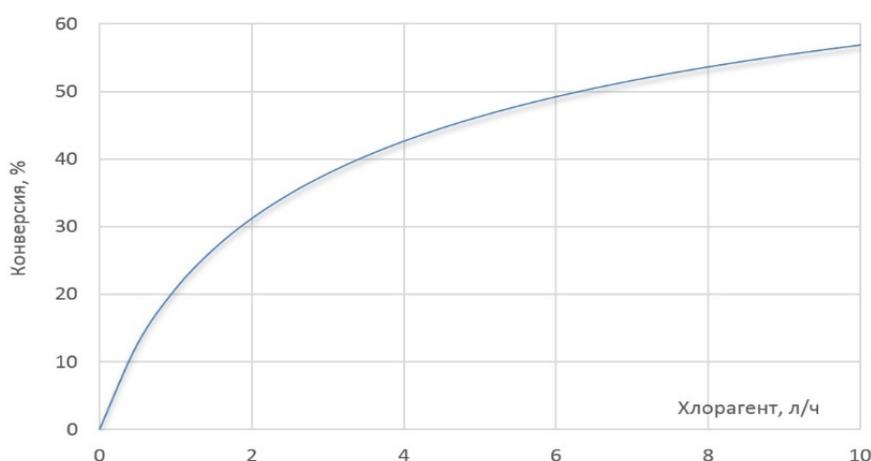
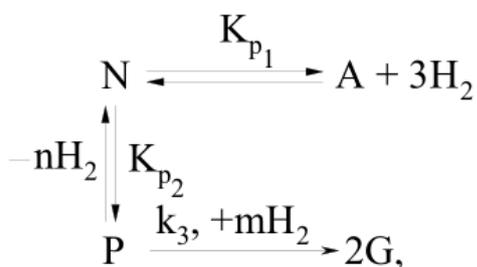


Рисунок 4 – Конверсия хлороводорода в хлор в зависимости от количества хлорагента (P=12 атм., T= 510 °С, концентрация кислорода в циркулирующем газе – 12 % об.)

Из приведенных исследований влияния концентрации кислорода в регенерационном газе на степень превращения хлороводорода в хлор при различном давлении в системе, можно сделать вывод, что при снижении давления в системе происходит уменьшение величины степени конверсии хлороводорода в хлор. Поэтому необходимо повышенное содержание кислорода в регенерационном газе, чтобы компенсировать снижение конверсии. В ходе всех проведенных исследований авторы сделали вывод о том, что с помощью моделирующей системы можно не только определить структуру кокса, но и контролировать процесс регенерации катализаторов. Это позволяет провести объективную оценку качества регенерации и вывести прогноз ресурса катализатора в новом сырьевом цикле.

2.3 Контроль октанового числа бензинов

В статье [5] показана необходимость контроля углеводородного состава стабильного катализата (СК), в частности содержания ароматических углеводородов (АУВ), в том числе бензола, для организации управляемого процесса, который направлен на обеспечение экологических требований выпускаемой продукции – товарного бензина, на минимизацию производственных издержек, связанных с энергоэффективностью. Автор статьи рассматривал параллельно-последовательную схему, включающую наиболее значимые стадии процесса.



где N – нафтены, P – парафины (суммарные), A – ароматика, G – газ (C₁÷C₄).

Рисунок 5 – Параллельно-последовательная схема стадии процесса

При определенных парциальных давлениях водорода и температурах смеси модельных УВ разных классов содержание ароматических УВ в продуктах реакции достигает практического максимума. Из этого можно сделать вывод, что и при риформинге сложной смеси УВ, представленной нафтенами, парафинами и ароматикой, максимальный выход будет достигнут у ароматических УВ. Следовательно, октановое число (по исследовательскому методу) стабильного катализата (ОЧИМ СК) будет функционально связано с содержанием АУВ. На рисунке представлен график зависимости октанового числа от содержания ароматических углеводородов.

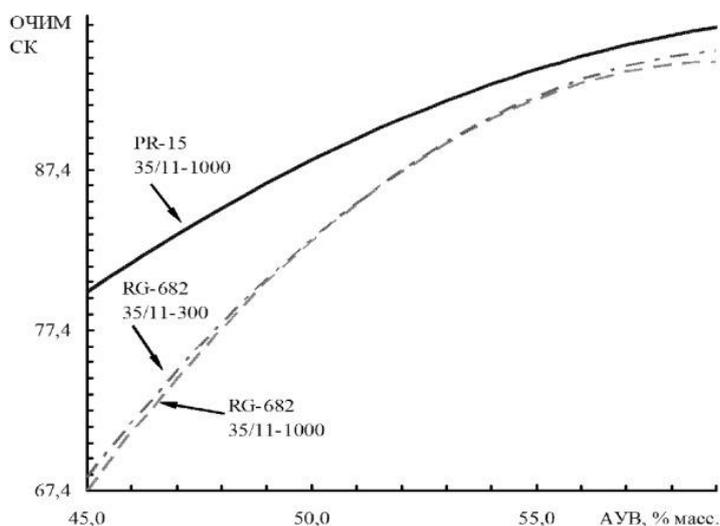


Рисунок 6 – Зависимость ОЧИМ стабильного катализата от ароматических углеводородов

Из проведенных исследований автор статьи сделал вывод, что октановое число стабильного катализата, получаемого на промышленных установках, практически полностью определяется содержанием в нем ароматических углеводородов, что позволяет организовать достаточной простой анализ катализата в производственных условиях.

Авторы статьи [7] проводили контроль октанового числа бензинов при помощи метода дифференциального обратного рассеяния. Принципиальная схема установки приведена на рисунке.

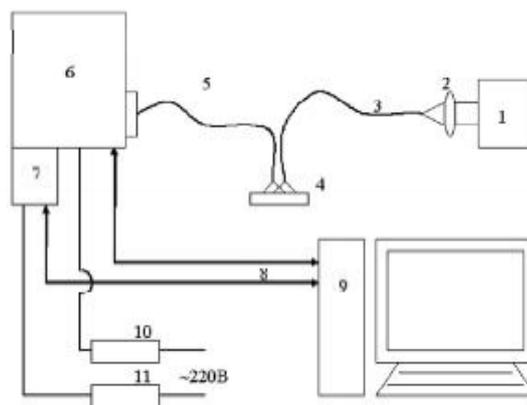


Рисунок 7 – Экспериментальный стенд для проведения анализа:

1– галогенная лампа, 2– объектив, 3– диагностирующий волоконный узел, 4– объект исследования, 5– приемный волоконный узел, 6– спектрограф, 7– цифровая камера, 8– USB соединение, 9– компьютер, 10 и 11– блоки питания спектрографа и камеры

В качестве объектов были использованы бензиновые смеси с различными октановыми числами. Варьирование октанового числа осуществлялось при помощи смешивания бензина двух марок в разных пропорциях объёмов V_1 и V_2 . Измерения проводились на основе фиксирования трех различных значений спектра обратного рассеяния для каждой смеси.

Таблица 3 – Параметры бензиновых смесей

Смесь №	АИ-92		АИ-76		Октановое число (по моторному методу)
	мл	%	мл	%	
1	0	0	18	100	76
2	2	11,1	16	88,9	76,78
3	4	22,2	14	77,8	77,56
4	6	33,3	12	66,7	78,33
5	8	44,4	10	55,6	79,11
6	10	55,6	8	44,4	79,89
7	12	66,7	6	33,3	80,67
8	14	77,8	4	22,2	81,44
9	16	88,9	2	11,1	82,22
10	18	100	0	0	83

В ходе проделанных исследований, авторы статьи сделали вывод, что данный способ позволяет регистрировать отклонение октанового числа с точностью до 0,3 пунктов. Главное достоинство метода - возможность работать в режиме реального времени и отсутствие ограничений на скорость движения исследуемых жидкостей.

3 Объект и метод исследования

Объектом исследования данной работы является установка каталитического риформинга ЛЧ-35-11/1000, которая входит в состав Киришского нефтеперерабатывающего завода. Данное предприятие является основным поставщиком нефтепродуктов для Санкт-Петербурга, Ленинградской, Новгородской и Псковской областей. Завод выпускает неэтилированные автомобильные бензины, дизельное топливо, мазуты, нефтяные битумы, углеводородные сжиженные газы, нефтяную ароматику и т.д.. На экспорт уходит около 80 процентов продукции.

Установка ЛЧ-35-11/1000 используется для риформинга бензиновой фракции с пределом выкипания 85-180 °С при пониженном давлении на высокостабильном катализаторе RG-682. Основной продукцией является риформат с октановым числом до 96 пунктов. Состав установки включает в себя блок гидроочистки, узел отпарки гидрогенизата, блок риформинга и блок стабилизации риформата.

Для совершенствования технологии процесса и повышения его эффективности применяется метод математического моделирования. Актуальной задачей для этого является создание и внедрение компьютерных систем на основе данной модели в нефтепереработку.

В процессе риформинга одновременно протекает несколько разнотипных реакций с участием множества индивидуальных углеводородов.

При помощи компьютерной моделирующей программы «Activ» проводится расчет и мониторинг процесса риформинга с неподвижным слоем катализатора. Она основана на нестационарной кинетической модели, в которой учитываются физико-химические закономерности превращения углеводородов и изменение состава сырья.

Модель включает в себя следующие допущения:

- за основу выбирают модель идеального вытеснения;

- адиабатический тепловой режим в реакторе;
- формализованный механизм превращения углеводородов;
- углеводороды объединяются в группы.

С учетом перечисленных пунктов можно записать модель реактора риформинга, которая представлена уравнениями материального и теплового баланса:

$$\frac{\partial C_i}{\partial z} G + G \frac{\partial C_i}{\partial v} = \sum_{j=1}^m W_{ij}$$

$$\frac{\partial T}{\partial z} G + G \frac{\partial T}{\partial v} = - \frac{1}{C_p} \sum_{j=1}^m Q_{ij}$$

При $Z=0$, $C_i=0$; при $V=0$, $C_i=C$ (на входе в реактор).

Данная модель лежит в основе компьютерной системы «Activ», основные блоки которой представлены на рисунках ниже.

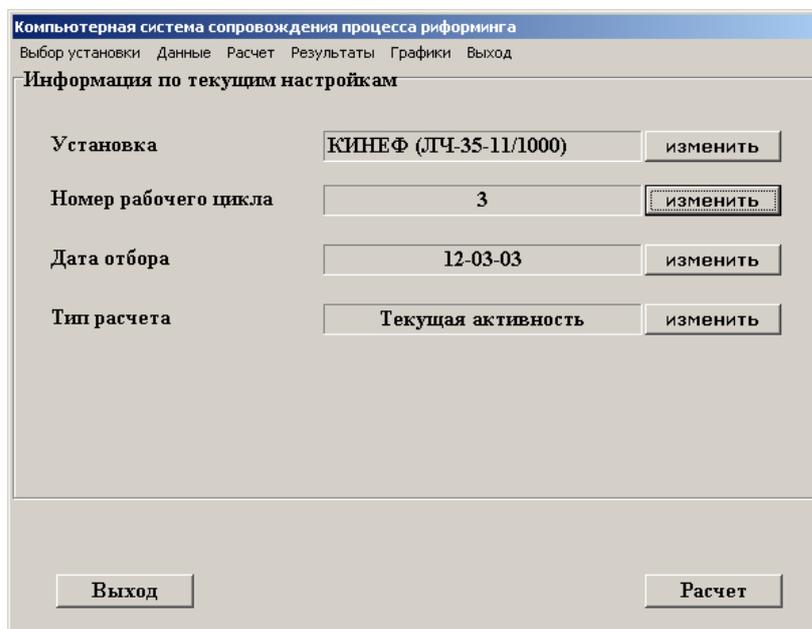


Рисунок 8 – Главное окно компьютерной моделирующей системы

Технологические параметры процесса риформинга

Дата отбора: 04.08.2008

Дата регенерации катализатора: 13.12.2005

Объем переработанного сырья, т.: 177727

Расход ВСГ, м.куб/час: 194000,0

Влажность ВСГ, ppm: 23,0

Серы в гидрогенизате, ppm: 0,07

Расход сырья, м.куб/час: 155,0

P-2

Давление, атм: 14,70

Температура, °C: 488,0

Перепад темп., °C: 73,0

P-3

Давление, атм: 14,33

Температура, °C: 488,0

Перепад темп., °C: 37,0

P-4

Давление, атм: 14,03

Температура, °C: 488,0

Перепад темп., °C: 18,0

Печь

Гидрогенизат → Катализат

Состав ВСГ	H1	C1	C2	C3	n-C4	изо-C4	n-C5	изо-C5	C6	
	84,70	5,36	4,11	3,44	0,79	1,00	0,19	0,20	0,21	(100,0%)

Рисунок 9 – Окно ввода технологических параметров процесса

Результаты расчета

Расчет проведен успешно.

На текущую дату 03.02.2006 переработанно 215791 тонн сырья.
 Выход риформата: 82,97% вес.
 Расчетная концентрация ароматики в катализате: 79,05 % вес.
 Октановое число катализата: 94,5 (М.М.), 103 (И.М.).

Подробнее

Просмотр файла результатов

Сравнение результатов

Металлич. и кислотн. активность

Рекомендации

Информация о сырье

Заккрыть

Рисунок 10 – Результаты расчета процесса риформинга на компьютерной моделирующей системе

В дальнейших разделах проведены исследования работы установки ЛЧ-35-11/1000 Киришского НПЗ за период работы с 19.01.2016 по 03.10.2016. Также изучено влияние технологических параметров и определены оптимальные режимы эксплуатации.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В рамках данного раздела ВКР необходимо провести оценку коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения данного проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Будет проведено планирование и формирование бюджета научных исследований. А так же попытаемся определить ресурсную, социальную и экономическую или иную эффективность проводимого исследования.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целевой рынок – нефтехимическая промышленность.

Сегментирование – вторичная переработка углеводородного сырья.

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

5.2.1 Анализ конкурентных технических решений

Данная дипломная работа посвящена исследованию влияния различных технологических режимов на работу установки процесса каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора. В настоящее время каталитический риформинг занимает ведущее место в получении высокооктановых компонентов автомобильных бензинов, а также индивидуальных моноциклических ароматических углеводородов. Помимо каталитического риформинга с периодической регенерацией катализатора существует также риформинг с непрерывной регенерацией катализатора (НРК) и с полунепрерывной регенерацией катализатора (дуалформинг).

Поэтому необходимо провести анализ конкурентных технических решений с целью убедиться в том, что проектируемая разработка не уступает по качеству конкурентным и после реализации проекта будет отвечать всем требованиям эффективности и надежности при эксплуатации. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок. В качестве последних будем рассматривать следующие:

1) Процесс риформинга с ПРК характеризуется простой технологической схемой, небольшими капиталовложениями и эксплуатационными затратами и относительно легкой управляемостью.

2) Технология риформинга с НРК позволяет эксплуатировать установки в непрерывной режиме, исключить необходимость в периодических остановках процесса для проведения регенерации катализатора.

3) Особенностью технологии дуалформинга является применение неподвижного слоя катализатора в первых трех реакторах, а в последнем реакторе – движущегося слоя катализатора.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum_i V_i \cdot B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Производительность по сырью	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
2. Выход стабильного риформата	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
3. Соотношение ВСГ: сырье	0,056	3	5	4	0,168	0,28	0,224
4. Среднее давление в системе	0,042	4	3	3	0,168	0,126	0,126
5. Производственный цикл эксплуатации	0,042	3	5	4	0,126	0,21	0,168
6. Выход водорода	0,056	4	4	3	0,224	0,224	0,168
7. Октановое число	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,28
8. Выход ароматических углеводородов	0,056	4	4	4	0,224	0,224	0,224
9. Энергозатраты	0,056	4	3	4	0,224	0,168	0,224
10. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,056	5	4	4	0,28	0,224	0,224
11. Простота обслуживания	0,056	5	3	4	0,28	0,168	0,224
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
2. Капиталовложения	0,056	5	4	5	0,28	0,224	0,28
3. Цена	0,056	4	4	4	0,224	0,224	0,224
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,056	3	4	4	0,168	0,224	0,224
5. Обслуживание установки	0,056	5	4	5	0,28	0,224	0,28
6. Экономическая эффективность	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
Итого	1				4,186	4,13	4,06

Конкурентоспособность исследуемого в данной работе риформинга со стационарным слоем катализатора составила 4,186, в то время как двух других аналогов 4,13 и 4,06 соответственно. Результаты показывают, что данная технология риформинга с ПРК является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как удобство эксплуатации для потребителей, надежность, функциональная мощность, большая производительность по сырью с высоким октановым числом.

SWOT-анализ

Проведем комплексный анализ научно-исследовательского проекта – SWOT-анализ. Для этого исследуем исследования внешнюю и внутреннюю среды проекта.

Таблица 10 – Анализ факторов макросреды

Группа факторов	Факторы	Характер влияния на организацию «+», «-»	Действия организации
Экономический	1.Снижение покупательской способности потребителя	«-» уменьшение выручки от продажи	Наработка ценового конкурентного преимущества
	2.Повышение уровня инфляции	«-» снижение покупательской способности потребителя	
	3. Увеличение налоговых ставок	«-»снижение чистой прибыли	Проведение оптимальной налоговой политики
Научно-технический	1. Появление современного оборудования	«+» увеличение чистого денежного потока (повышение стоимости предприятия)	Внедрение новых технологий (модернизация оборудования) с целью наработки конкурентных преимуществ продукта
		«-» сокращение чистого денежного потока в случае внедрения НТП конкурентами	Внедрение новых технологий (модернизация оборудования) с целью наработки конкурентных преимуществ продукта
Социо-культурные	1.Повышение уровня образования	«+» появление на рынке труда квалифицированных кадров	Прием на работу персонала высокой квалификации Разработка программы мотивации и стимулирования для работников

Таблица 11 – Анализ факторов микроокружения

Группа факторов	Факторы	Характер влияния на организацию «+», «-»	Действия Организации
Потребители	Увеличение покупательской способности	«+» возможность увеличения объемов производимой продукции, увеличение прибыли	Модернизация производства
	Снижение покупательской способности	«-» снижение объемов производимой продукции	Поиск путей дифференциации хозяйственного портфеля в целях 100% загрузки производственных мощностей
Поставщики	Увеличение стоимости сырья, комплектующих	«-» перебои в поставках «-» повышение цены готового продукта	Рассмотрение новых форм сотрудничества, заключение долгосрочных договоров Поиск новых, более выгодных поставщиков
	Несоблюдение сроков и условий поставки	«-» сбои в работе предприятия	Введение штрафных санкций за несоблюдение обязательств. Смена поставщика
	Предоставление скидок в зависимости от объемов партии сырья	«+» возможность снижения себестоимости готового продукта, увеличение выручки от продаж	Разработка эффективной программы продвижения продукта. Увеличение доли рынка. Повышение стоимости предприятия
Конкуренты	Ужесточение конкуренции	«-» угроза снижения доли рынка, снижения объемов производства и реализации, уменьшение прибыли	Удержание позиций предприятия: наработка и укрепление конкурентных преимуществ, разработка программы продвижения продукта предприятия
	Наличие высоких входных барьеров	«+» отсутствие возможности появления новых конкурентов	Создание входных барьеров для потенциальных конкурентов

Проанализируем внутреннюю среду по следующим направлениям: финансы, маркетинг, менеджмент, кадры, производство, НИОКР, корпоративная культура.

Таблица 12 – Анализ внутренней среды предприятия

Факторы среды	Сильные стороны	Слабые стороны
Маркетинг	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие эффективных каналов распределения готового продукта 2. Достаточная доля рынка 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкий уровень маркетинговых исследований 2. Наличие неэффективной программы продвижения готового продукта
Менеджмент	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие высококвалифицированных управленческих кадров 2. Четко поставленные цели 3. Наличие стратегии развития предприятия 4. Наличие эффективной программы реализации стратегии 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неэффективный менеджмент 2. Отсутствие четкой стратегии развития предприятия
Кадры	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокий уровень квалификации кадров 2. Отсутствие текучести кадров 3. Высокая рентабельность персонала 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие эффективной системы мотивации и стимулирования
Производство	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие современной технологии 2. Наличие современного оборудование 3. Проведение научно-технических разработок 4. Низкая себестоимость готовой продукции 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недогрузка производственных мощностей 2. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых в производстве 3. Появление продукта-заменителя
Корпоративная культура	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокий уровень корпоративной культуры 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкий уровень корпоративной культуры

Таблица 13 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1 Высокое качество продукции; С2 Ведущий процесс нефтепереработки и нефтехимической отрасли; С3 Использование отечественного оборудования. С4Получаемый в процессе каталитического риформинга водородсодержащий газ значительно дешевле специально получаемого водорода; его используют в других процессах нефтепереработки, таких, как гидроочистка и гидрокрекинг; С5 Относительно низкая себестоимость получаемого риформата; С6 Доступность сырья.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1 Назначение процесса каталитического риформинга, а также требования, предъявляемые к целевому продукту, требуют гибкой в эксплуатации установки; Сл2 При каталитическом риформинге сырья со значительным содержанием серы или бензинов вторичного происхождения, в которых есть непредельные углеводороды, катализатор быстро отравляется; Сл3 Отсутствие стимулов для внедрения современных технологий.</p>
<p>Возможности: В1 Совершенствование процесса и оборудования для нее; В2 Разработка новых высокопрочных и устойчивых к отравлению катализаторов; В3 Переход нефтехимической отрасли на ресурсосберегающие технологии;</p>	<p>1. Четкая стратегия развития позволит активизировать приоритетные направления инвестиционных вложений; 2. Внедрение новых инновационных разработок позволит увеличить эффективность получения продукта.</p>	<p>1.Увеличение объемов переработки нефти позволит повысить качество нефтепродуктов; 2.Развитие новых нефтедобывающих центров обусловит строительство установок на базе отечественного оборудования, отвечающего всем тенденциям развития риформинга.</p>
<p>Угрозы: У1 Низкая эффективность государственного регулирования отрасли; У2 Препятствия со стороны иностранных государств; У3 Упущение технических новинок; У5 Наступление техногенной аварии; У6 Снижение инвестиционной активности.</p>	<p>1. Применение отечественного оборудования позволяет осуществлять своевременную замену вышедших из строя частей оборудования, что уменьшает угрозу наступления техногенной аварии, а также устранение влияния со стороны иностранных государств. 2. Тенденция к использованию высокооктановых компонентов обуславливает значимость процесса, в связи с этим инвестиционная активность не может быть снижена.</p>	<p>1.Продвижение новой технологии с целью появления спроса. 2. Применение технологии к альтернативным источникам. 3. Необходима разработка концепции по стимулированию инвестиционной активности для нефтеперерабатывающей отрасли. 4. Своевременное обновление оборудования по современным технологиям устраняет риск наступления техногенной аварии</p>

Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Для получения риформата в производственных условиях формируется рабочая группа, в состав которой входят руководитель проекта и инженер (дипломник).

Составим перечень этапов и работ в рамках проектируемого узла и проведем распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность Исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер (бакалавр)
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер (бакалавр)
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер (бакалавр)
	6	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер (бакалавр)
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	8	Определение целесообразности проведения процесса	Руководитель, инженер (бакалавр)
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер(бакалавр)
	10	Выбор и расчет конструкции	Инженер(бакалавр)
	11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель, инженер (бакалавр)
Оформление отчета по проведенным расчетам	12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер (бакалавр)
	13	Составление принятых к проекту чертежей основного и вспомогательного оборудования	Инженер (бакалавр), руководитель

Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость проектирования узла получения циклогексана оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{\text{ож}i}$ используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Разработка графика проектирования узла

Для разработки графика проектирования узла, построим диаграмму Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней приведем в календарные дни по формуле:

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

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

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,5$$

Все рассчитанные значения сведем в таблицу (табл. 15).

Таблица 15 – Календарный план-график проведения проектирования узла

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} дн.	Февр.		Март			Апрель			Май		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
				1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	5	■						
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер (бакалавр)	8		■									
3	Выбор направления исследований	Инженер (бакалавр)	6			■								
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	8			■								
5	Обработка данных хроматографического анализа сырья риформинга	Инженер (бакалавр)	6				■							
6	Расчет работы установки риформинга с периодической регенераций катализатора в моделирующей программе «Activ»	Инженер (бакалавр)	11					■						
7	Анализ степени влияния технологических параметров процесса на работу установки	Инженер (бакалавр)	13						■					
8	Выбор оптимального технологического режима работы установки риформинга с периодической регенерацией	Инженер (бакалавр)	3							■				
9	Анализ полученных результатов	Руководитель, инженер	5								■			
10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер	8									■		
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	14										■	

Таблица 16 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях, t_{pi}		Длительность работ в календарных днях, t_{ki}	
	T_{min} , чел-дни		T_{max} , чел-дни		T_i , чел-дни		Рук-ль	Инж.	Рук-ль	Инж.
	Рук-ль	Инж.	Рук-ль	Инж.	Рук-ль	Инж.				
Составление и утверждение ТЗ	2		5		3		3		5	
Подбор и изучение материалов по теме		4		7		5		5		8
Выбор направления исследований		3		5		4		4		6
Календарное планирование работ по теме	4		6		5		5		8	
Обработка данных хроматографического анализа сырья риформинга		2		7		4		4		6
Расчет работы установки риформинга в моделирующей программе «Activ»		5		10		7		7		11
Анализ степени влияния технологических параметров процесса на работу установки		6		12		8		8		13
Выбор оптимального технологического режима работы установки риформинга с периодической регенерацией		1		3		2		2		3
Анализ полученных результатов	3	4	5	6	4	5	2	3	3	5
Оценка эффективности полученных результатов	6	7	10	11	8	9	4	5	6	8
Составление отчета по НИР		8		10		9		9		14

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ будем использовать следующую группировку затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расхи}}$$

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

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

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Результаты представлены в таблице ниже.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
I. Сырье и основные материалы										
Фракция 70-140 °С с ЭЛОУ-АВТ-11	т	500000	400000	450000	15000	15000	15000	7500000000	6000000000	6750000000
Фракция 140-180 °С сЭЛОУ-АВТ-11	т	300000	250000	280000	15000	15000	15000	4500000000	3750000000	4200000000
Стабильный бензин с АВТ-4	т	270000	230000	260000	15000	15000	15000	4050000000	3450000000	3900000000
Бензин УЗК	т	150000	130000	135000	10000	10000	10000	1500000000	1300000000	1350000000
Бензин-отгон с установки ГО ДТ	т	70000	80000	75000	10000	10000	10000	700000000	800000000	750000000
Бензин-отгон с установки "Парекс"	т	20000	15000	19000	10000	10000	10000	200000000	150000000	190000000
II. Вспомогательные материалы										
Катализатор гидроочистки	т	1000	1000	1000	13000	13000	13000	13000000	13000000	13000000
Катализатор риформинга	т	45	70	55	25000	25000	25000	1125000	1750000	1375000
Активированный глинозем	т	200000	200000	200000	10000	10000	10000	2000000000	2000000000	2000000000

Продолжение таблицы 17

1,2-Дихлорэтан	т	156000	156000	156000	7000	7000	7000	1092000000	1092000000	1092000000
III. Энергетические затраты										
Топливо	т	870500	870500	870500	680	680	680	591940000	591940000	591940000
Электроэнергия	кВт/ч	123100000	123100000	123100000	3,55	3,55	3,55	437005000	437005000	437005000
Пар	т	26280	26280	26280	200	200	200	5256000	5256000	5256000
Сжатый воздух	м3	3960000	3960000	3960000	0,50	0,50	0,50	1980000	1980000	1980000
Вода обратная	м3	24835867	24835867	24835867	0,80	0,80	0,80	19868693,6	19868693,6	19868693,6
Вода химочищенная	м3	188198	188198	188198	2,0	2,0	2,0	376396	376396	376396
Итого								22612551090	19613176090	21302801090

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

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу, которая представлена ниже.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования			Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс.руб.			Общая стоимость оборудования, тыс.руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	реактор	реактор	реактор	3	3	4	3450000	300000	3400000	10350000	9000000	13600000
2	колонный аппарат	колонный аппарат	колонный аппарат	3	3	3	2950000	2950000	2950000	8850000	8850000	8850000
3	компрессор	компрессор	компрессор	5	5	5	700000	700000	700000	3500000	3500000	3500000
4	адсорбер	адсорбер	адсорбер	2	2	2	400000	400000	400000	800000	800000	800000
5	теплообменник	теплообменник	теплообменник	5	5	5	60000	60000	60000	300000	300000	300000
6	конденсатор- холодильник	конденсатор- холодильник	конденсатор- холодильник	2	2	2	75000	75000	75000	150000	150000	150000
7	холодильник	холодильник	холодильник	1	1	1	90000	90000	90000	90000	90000	90000
8	насос	насос	насос	7	7	7	90000	90000	90000	630000	630000	630000
9	трубчатая печь	трубчатая печь	трубчатая печь	1	1	1	2950000	2950000	2950000	2950000	2950000	2950000
10	сепаратор	сепаратор	сепаратор	3	3	3	100000	100000	100000	300000	300000	300000
11	емкость	емкость	емкость	2	2	2	230000	230000	230000	460000	460000	460000
12	КИПиА	КИПиА	КИПиА	1	1	1	450000	450000	450000	450000	450000	450000
13	вычислительная техника	вычислительная техника	вычислительная техника	1	1	1	30000	30000	30000	30000	30000	30000
Затраты по монтажу и доставке оборудования										4329000	4126500	4816500
Итого:										33189000	31636500	36926500

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

Месячный должностной оклад работников:

- Руководитель:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 16751,29 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 32665 \text{ руб.},$$

- Инженер:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 15000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29250 \text{ руб.},$$

где Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{tc}); k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от Z_{tc}); k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
• Выходные дни	51	51
• Праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени:		
• Отпуск	48	48
• Невыходы по болезни	7	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	245

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

- Руководитель:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1385,6 \cdot 26 = 36025,6 \text{ руб}$$

- Инженер:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1241,6 \cdot 102 = 126643,3 \text{ руб}$$

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 20 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб
Руководитель	16751,29	0,3	0,2	1,3	32665	1385,6	26	36025,6
Инженер	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1241,6	102	126643,3
Итого								162668,9

5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

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

- Руководитель:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,14 \cdot 36025,6 = 5043,6 \text{ руб};$$

- Инженер:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,14 \cdot 126643,3 = 17730 \text{ руб};$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, равный 0,14.

5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды являются обязательными по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. 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 2014 году водится пониженная ставка – 30%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице .

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	36025,6	5043,6
Инженер	126643,3	17730
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
Руководитель	11129,7	
Инженер	39125,2	

5.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и

телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 = \\ = (2940 + 162668,9 + 22773,6 + 50254,9) \cdot 0,16 = 38182 \text{ руб}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице .

Таблица 22 – Расчет бюджета НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты НТИ	22612551090	19613176090	21302801090
Затраты на специальное оборудование для научных работ	33189000	31636500	36926500
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	162669	162669	162669
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22774	22774	22774
Отчисления во внебюджетные фонды	50255	50255	50255
Накладные расходы	38182	38182	38182
Бюджет затрат НТИ	22646013970	19645086470	21340001470

Таким образом, было рассчитано минимальное количество денежных средств, необходимых для исследования влияния различных

технологических режимов на работу установки процесса каталитического риформинга с периодической регенерацией катализатора. Полученная сумма составляет 22646013970 рублей. Большая часть затрат приходится на материальные затраты НИИ.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

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

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

$$I_{ri} = \sum a_i \cdot b_i$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы.

В качестве возможных исполнений проекта условно были приняты: исполнение 1 – риформинг с ПРК, исполнение 2 – риформинг с НРК, исполнение 3 – дуалформинг.

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Выход целевого продукта	0,179	4	5	4
Энергоемкость	0,143	3	4	3
Эксплуатационные затраты	0,143	4	4	3
Срок службы катализатора	0,143	3	5	4
Надежность	0,179	5	4	4
Материалоемкость	0,107	5	3	2
Затраты на послепродажное обслуживание	0,107	4	3	3
Итого	1	4,433	3,325	3,254

$$I_{\text{р исп1}} = 5 \cdot 0,179 + 4 \cdot 0,143 + 4 \cdot 0,143 + 5 \cdot 0,143 + 4 \cdot 0,179 + 5 \cdot 0,107 + 4 \cdot 0,107 = 4,433;$$

$$I_{\text{р исп2}} = 4 \cdot 0,179 + 3 \cdot 0,143 + 4 \cdot 0,143 + 3 \cdot 0,143 + 3 \cdot 0,179 + 3 \cdot 0,107 + 3 \cdot 0,107 = 3,325;$$

$$I_{\text{р исп3}} = 4 \cdot 0,179 + 3 \cdot 0,143 + 3 \cdot 0,143 + 3 \cdot 0,143 + 4 \cdot 0,179 + 2 \cdot 0,107 + 3 \cdot 0,107 = 3,254.$$

Сравнив значения интегральных показателей ресурсоэффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом для проектирования с позиции ресурсосбережения.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}} \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}}$$

Сравнительная эффективность проекта:

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

Таблица 24 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,87	0,94
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,43	3,33	3,26
3	Интегральный показатель эффективности	4,43	3,83	3,45
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,16	0,86	0,78

Заключение

В данной работе проводился расчет и мониторинг процесса каталитического риформинга с неподвижным слоем катализатора с помощью компьютерной моделирующей программы «Activ». Объектом исследования являлась промышленная установка ЛЧ-35-11/1000 Киришского НПЗ.

Исследования эксплуатации установки за период времени с 19.01.16 по 03.10.16 показали, что отклонение текущей активности от оптимальной составила 0,02 отн. ед. Отсюда следует вывод, что установка работает в режиме, близком к оптимальному.

Оценено влияние технологических параметров (температуры и расхода сырья) и состава входного сырья на эксплуатационные характеристики установки в целом. С ростом температуры на 40 °С октановое число увеличивается на 5,6 пунктов, что связано с образованием ароматических углеводородов. Увеличение расхода сырья на 40 м³/ч отрицательно влияет на качество целевого продукта, так как выход ароматических углеводородов уменьшается на 4,1 % вес., и октановое число уменьшается на 1,8 пунктов.

Непрерывный мониторинг и работа промышленной установки в оптимальном режиме снижает скорость дезактивации катализатора при получении продукта с заданным качеством. Коксообразование в оптимальных условиях эксплуатации промышленной установки на 0,5 % масс. ниже при получении продукта с ОЧ=96 пунктов.

При проведении оценки конкурентоспособности процесса риформинга был построен календарный план-график, который показывает, что время для подготовки к защите ВКР составляет около 20 дней.

Также в данной работе был проведен анализ вредных и опасных факторов на производства и рассмотрены различные способы охраны окружающей среды.

Список использованных источников

1. Сулимов А.Д. Каталитический риформинг бензинов. – М.: Химия, 1973. – С. 8-23.
2. Исследование состава и свойств рт–катализаторов промышленного процесса риформинга бензинов / Э. Д. Иванчина, С.А. Фалеев, А.В. Кравцов //Известия Томского политехнического университета/ Томский политехнический университет(ТПУ). — 2012. —Т. 320, № 3 : Химия. — [С. 89-92].
3. Моделирование процесса регенерации рт-катализаторов риформинга бензинов и дегидрирования высших парафинов / Э. Д. Иванчина, А.В. Кравцов, И. К. Занин, Е.Н. Ивашкина //Известия Томского политехнического университета/ Томский политехнический университет(ТПУ). — 2012. —Т. 319, № 3 : Химия. — [С. 96-99].
4. Математическое моделирование процесса регенерации катализатора риформинга / Э. Д. Иванчина, В.А. Чузлов, Н.В. Чеканцев //Известия Томского политехнического университета/ Томский политехнический университет(ТПУ). — 2013. — № 3 : Химия. — [С. 60-62].
5. Контроль октанового числа бензинов риформинга по содержанию ароматических углеводородов в стабильном катализате /А.Т. Касимов, Т.В. Бухаркина //Успехи в химии и химической технологии / Российский химико-технологический университет. — 2012. —Т. 26, № 5 : Химия. — [С. 50-52].
6. Исследование состава кокса платино-рениевого катализатора риформинга / Н.Б. Ходяшев, А.В. Кудинов //Вестник ПНИПУ / Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ). — 2015. — № 2 : Химия. — [С. 33-40].
7. Контроль октанового числа бензинов методом дифференциального обратного рассеяния / П.Е. Тимченко, Е.В. Тимченко, В.П. Захаров

- //Известия Самарского научного центра Российской академии наук/
Самарский государственный аэрокосмический университет. — 2012. —
Т. 12, № 4 : Химия. — [С. 104-107].
8. Маслянский Г.Н., Шапиро Р.Н. Каталитический риформинг бензинов: Химия и технология. – Л.: Химия, 1985. – 224 с.
 9. Каталитический риформинг бензинов [Электронный ресурс: <http://nefthim.ru>]
 10. Е.С. Шарова, Н.В. Чеканцев, Е.Н. Ивашкина, Э.Д. Иванчина. Мониторинг и прогнозирование работы промышленных установок каталитического риформинга бензинов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 32 с.
 11. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
 12. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
 13. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
 14. ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества.
 15. СанПиН 2.24/2.1.8.562-93. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территориях жилой застройки.
 16. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
 17. ГОСТ 12.4.034-85. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка.
 18. ГОСТ 12.4.124-83. Система стандартов безопасности труда. Средства

- защиты от статического электричества. Общие технические требования.
19. СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания.
 20. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
 21. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
 22. ГОСТ 12.1.010-76. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования.
 23. ГОСТ 19433-88 Грузы опасные. Классификация и маркировка.
 24. ТУ-ГАЗ-86 Требования к установке сигнализаторов и газоанализаторов.
 25. ВУПП-88. Ведомственные указания проектирования предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.
 26. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учебное пособие для вузов / С. А. Ахметов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Недра, 2013. — 541 с.: ил. — Для высшей школы. —Библиогр.: с. 541. — ISBN 978-5-905153-44-2.
 27. Капустин В.М.. Химия и технология переработки нефти : учебник / В. М. Капустин, М. Г. Рудин; Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина (РГУ Нефти и Газа). — Москва: Химия, 2013. — 496 с.
 28. Колесников С.И. Научные основы производства высокооктановых бензинов с присадками и каталитическими процессами. – М.: Нефть и газ, 2007. – 540 с.
 29. Кравцов А.В. Компьютерное прогнозирование и оптимизация производства бензинов. Физико-химические и технологические основы / Иванчина Э.Д. – Томск: STT – 2000. – 192 с.

30. Туманян Б.П. Каталитический риформинг: технологические аспекты и расчет основного оборудования / Петрухина Н.Н., Колесников И.М. — М.: Издательство «Техника», ТУМА ГРУПП, 2012. – 176 с.