

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»
Кафедра химическая технология топлива и химической кибернетики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ работы установки каталитического риформинга бензинов с применение компьютерной моделирующей системы

УДК 665.644.001.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д11	Агафонова 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
Доцент кафедры МЕН	Сечина А.А.	к.х.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 76 с., содержит 21 табл., 13 рис., 50 литературных источников, 2 приложения.

Объектом исследования является промышленная установка каталитического риформинга бензинов ЛЧ-35-11/1000 ООО «КИНЕФ».

Целью работы является анализ эксплуатационных параметров работы промышленной установки каталитического риформинга бензинов методом математического моделирования.

В процессе исследования была проведена оценка работы катализатора на установке каталитического риформинга с использованием компьютерной моделирующей системы. Выполнены расчеты по влиянию на производительность, составов технологических потоков и режимов эксплуатации установки каталитического риформинга бензинов. Выявлена прямая зависимость эффективности работы установки от режима функционирования катализатора.

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

Метод математического моделирования, как метод исследования, в настоящее время является инновационным. Применять его можно на нефтеперерабатывающих предприятиях. Преимуществом данного метода являются минимальные затраты, что является выгодным экономически.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	7
1.1 Физико-химические характеристики процесса каталитического рифор- минга бензинов	7
1.2 Условия проведения процесса.....	10
1.3 Катализаторы процесса риформинга бензинов.....	12
1.4 Технологическая схема установки и ее описание.....	15
2 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	19
2.1 Варианты оптимизации технологической схемы процесса риформинга.....	19
2.3 Повышение эффективности оборудования.....	23
2.4 Катализаторы процесса.....	24
2.5 Замена катализатора риформинга для увеличения эффективности процес- са риформинга.....	26
2.6 Разработка моделирующих систем для мониторинга установок.....	27
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	29
3.1 Мониторинг работы промышленной установки.....	29
3.2 Исследование эффективности промышленного катализатора.....	33
3.3 Исследование влияния состава сырья на работу катализатора.....	37
3.4 Прогнозное исследование.....	41
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ- РЕЖЕНИЕ.....	43
4.1 Анализ конкурентных решений.....	43
4.1.2 Технология QuaD.....	44
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	46
4.2.1 Структура работ в рамках исследования.....	46
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	47
4.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	48

4.4 Бюджет научно-технического исследования.....	51
4.5 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	52
4.6 Основная заработная плата исполнителей темы.....	52
4.6.1 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	54
4.7 Отчисления во внебюджетные фонды.....	55
4.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	56
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	57
5.1 Общая характеристика объекта.....	57
5.2 Производственная безопасность.....	58
5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	58
5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	58
5.3 Экологическая безопасность.....	61
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	64
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	71

ВВЕДЕНИЕ

Нефть – один из востребованных энергетических источников. Из нее производят топливо для различных двигателей, например автотранспорта. Существует множество способов переработки нефти. А один из часто встречаемых является каталитический риформинг.

Процесс каталитического риформинга был открыт в начале XX века Зелинским Николаем Дмитриевичем. С использованием платинового и палладиевого катализаторов, он первым провел гладкую дегидрогенизацию циклогексана с его гомологами в ароматических углеводородах. [1]

В течение долгого времени процесс не получал должного внимания. Только в середине 1950-х годов были запущены первые опытные установки в Советском союзе. А только в 1962 введены в работу первые промышленные установки. Дальнейшее направление развития заключалось в проектировании первичной гидроочистке сырья, что позволяло уменьшить влияние примесей на катализаторы. [2]

Для развития экономики страны важно перейти к глубокой очистке нефтепродуктов. Это необходимо для конкурентоспособности на мировом рынке. Приоритетными задачами являются модернизация всего процесса нефтепереработки и получение продукта, удовлетворяющего экологическим стандартам. [3] Дополнительным стимулом для развития каталитического риформинга является ежегодное ужесточение требований к качеству и химическому составу моторных, дизельных и авиационных топлив. Одно из основных направлений развития риформинга – усовершенствование катализаторов. Замена дорогих на более дешевые материалы, при их производстве. Эти аналоги не хуже оригиналов по своим свойствам. Но основным компонентом неизменно остается платина. [4]

Промышленные исследования не способны целиком учесть всех факторов влияния на процесс. А сами эти исследования очень дорогие, а требуют постоянного контроля со стороны. Именно поэтому одним из путей решения

ресурсоэффективности будет метод математического моделирования, основанный на физико-химических свойствах процесса и катализатора. Это выражено компьютерным моделированием, разработкой профессиональных программ. Использование компьютерной моделирующей системы можно назвать инновационным направлением в нефтехимическом производстве.

К задачам моделирования можно отнести:

1. Оценка и пути совершенствования технологий и оборудования.
2. Определение ошибки выбора используемого катализатора.

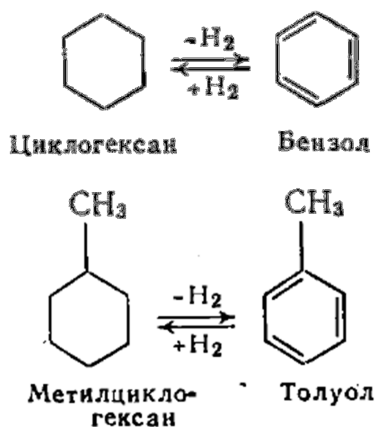
А к преимуществу новой технологии можно отнести прогнозирование всего процесса риформинга, работы реактора, и срок службы катализатора.

[5]

1 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

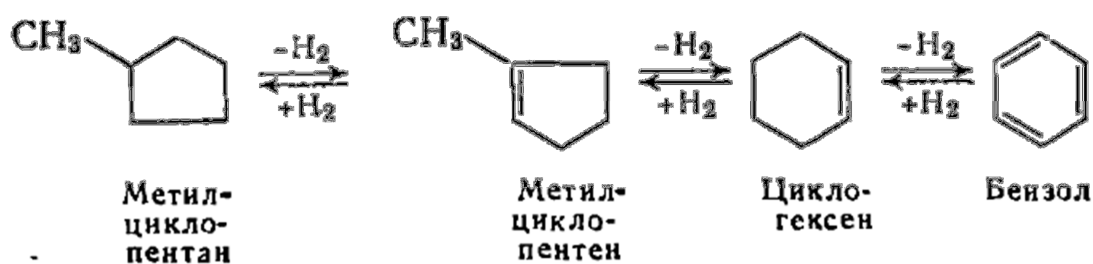
1.1 Физико-химические характеристики процесса каталитического риформинга бензинов

Каталитический риформинг – сложный процесс, включающий разнообразные превращения углеводородов. Прямогонные бензиновые фракции, служащие сырьем каталитического риформинга, содержат парафиновые нафтеновые и ароматические углеводороды C_6-C_{10} . В результате реакций протекающих на катализаторах риформинга, происходят глубокие изменения углеводородного состава. Ароматизация углеводородов является основным и важнейшим направлением процесса. Перед тем как рассмотреть основные реакции, протекающие при каталитическом риформинге, необходимо отметить, что катализаторы процесса отличаются наличием двух видов активных центров: дегидрирующих-гидрирующих центров на платине и изомеризирующих и расщепляющих кислотных центров на носителе.

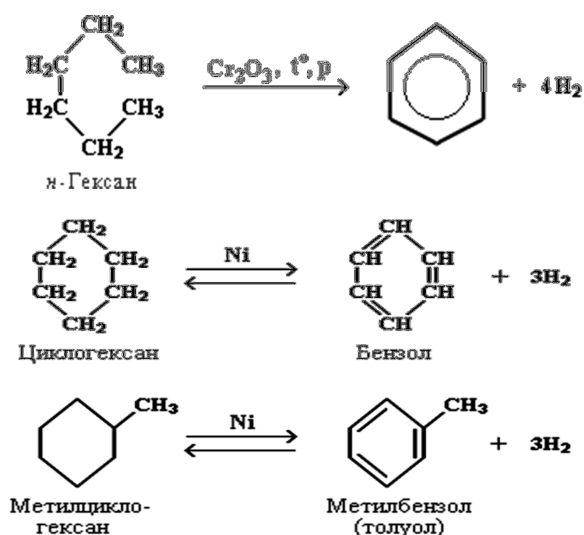


Одна из основных реакций процесса – *дегидрирование* нафтеновых углеводородов.

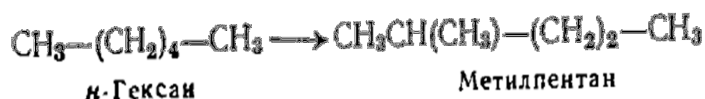
Дегидрирование пятичленных нафтеновых углеводородов идет через образование циклоолефиновых углеводородов с перестройкой кольца и может быть представлено следующим образом:



Второй основной реакцией является дегидроциклизация парафиновых углеводородов. Механизм этой реакции еще не совсем ясен. Ароматизация парафиновых углеводородов возможна как через образование нафтеновых, так и через образование олефиновых и циклоолефиновых углеводородов. Например:



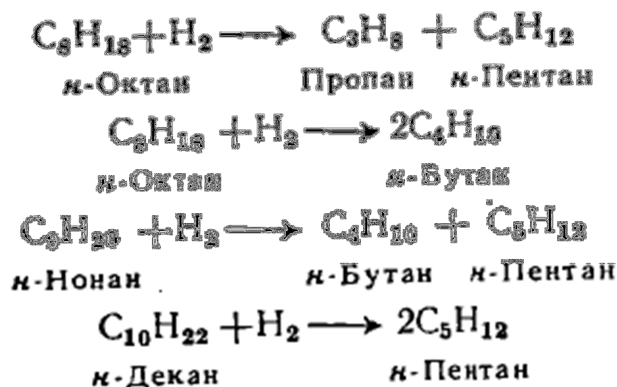
К основным реакциям процесса также относится изомеризация парафиновых углеводородов, которая протекает через промежуточную стадию образования ионов карбония. В условиях риформинга изомеризация приводит к образованию малоразветвленных изомеров:



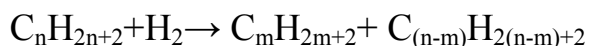
Параллельно с этими реакциями на катализаторах риформинга идут реакции гидрокрекинга. Гидрокрекингу подвергаются парафиновые углеводороды и, в меньшей степени, нафтеновые. Гидрокрекинг парафинов идет в несколько стадий через образование и распад карбониевых ионов. Среди

продуктов реакции превалирует пропан и более высокомолекулярные углеводороды. Гидрокрекинг протекает на кислотных центрах катализатора, однако начальная и конечная стадия процесса – образование олефинов и гидрирование продуктов распада – протекают на металлических участках катализатора, которым свойственна функция «гидрирования-дегидрирования».

Гидрокрекинг парафиновых углеводородов приводит к образованию двух и более углеводородов с меньшей молекулярной массой:

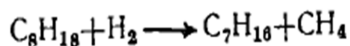


Также в процессе гидрокрекинга идут побочные реакции под высоким давлением, данные реакции можно описать уравнением:



Побочные реакции вредят работе катализатора, поэтому очень важно подавлять их. Это возможно повышением давления водорода.

В некоторых случаях заметное развитие в процессе риформинга получает реакция гидрогенолиза, протекающая на металлических участках катализатора. В отличие от гидрокрекинга гидрогенолиз ведет к преимущественному образованию газообразных углеводородов, особенно метана [6]:



Гидрогенолиз циклопарафинов до соответствующих парафинов линейного строения экзотермичен. С повышением температуры равновесия сдвигается в сторону образования циклопарафинов. Повышение давления и концентрации водорода увеличивает термодинамически возможную глубину гидрогенолиза. [7]

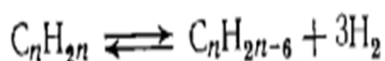
1.2 Условия проведения процесса

Рассмотрим параметры, влияющие на протекание процесса каталитического риформинга. Основное влияние оказывают условия, такие как сырье, объемная скорость подачи сырья, парциальное давление водорода и температура на входе в реактор.

Сырьем каталитического риформинга служат бензиновые фракции с началом кипения не ниже 60-62 °С поскольку в самых легких фракциях бензина не содержатся углеводороды с шестью атомами углерода и присутствие легких фракций в сырье вызывает ненужное газообразование. Обычно риформингу подвергают фракцию, выкипающую в пределах 85-180 °С. Повышение конца кипения способствует коксообразованию и потому нежелательно. С повышением начала кипения растет выход бензина, так как более тяжелые нафтеновые и парафиновые углеводороды легче подвергаются ароматизации. Однако фракции с началом кипения 105 или 140 °С применяют обычно в тех случаях, когда более легкие фракции (62-105 °С) направляют на отдельную установку риформинга для получения индивидуальных ароматических углеводородов. [8]

Следующая характеристика, которую рассмотрим объемная скорость. Объемной скоростью подачи сырья называют отношение объемного количества сырья, подаваемого в реактор в 1 час к объему катализатора, находящегося в реакторе (ч^{-1}). С увеличением объемной скорости уменьшается содержание ароматических углеводородов в бензине риформинга, а также снижается его октановое число. Меняя объемную скорость подачи сырья, можно регулировать качество получаемых бензинов. Для риформинга обычно предусматривается объемная скорость подачи сырья от 1,4 до 1,65 ч^{-1} . [9]

Существенным фактором процесса риформинга является парциальное давление водорода. В обратимой реакции дегидрогенизации нафтен равновесие сдвигается вправо с повышением температуры и снижением давления.



В то же время повышение парциального давления водорода способствует подавлению побочных реакций уплотнения образующихся непредельных углеводородов, приводящих в итоге к отложениям кокса на катализаторе и падению активности последнего. Исходя из этих соображений, для всех модификаций промышленных установок риформинга предусматривалось повышенное давление более 4МПа, которое определялось в первую очередь активностью катализатора. [8]

Температура на входе в реактор является одним из основных условий обычно она составляет 480-520⁰С. Она должна быть поддержана на минимальном возможном уровне, обеспечивающем получение катализата заданного качества. Постепенное увеличение температуры на входе в реактор компенсирует снижение активности катализатора.

Нагрузка установки по сырью влияет на температуру на входе в реактор. Уменьшают температуру для снижения количества сырья, а увеличивают температуру для повышения производительности. Повышение температуры повышает жесткость процесса с ускорением основных реакций, особенно реакции гидрокрекинга. Также рост температуры способствует коксообразованию, уменьшению выхода катализата и концентрацию водорода в циркулирующем газе риформинга. [3]

Реакции дегидрирования и дегидроциклизации в процессе риформинга протекают с поглощением тепла. Тепловой эффект всего процесса возрастает с увеличением количества образующихся ароматических углеводородов и снижается с увеличением степени газообразования. Суммарный тепловой эффект реакций риформинга отрицательный, то есть процесс идет с выделением количества тепла в окружающую среду. [9]

Отслеживание и контроль всех условий процесса позволяет регулировать качество итоговой продукции.

1.3 Катализаторы процесса риформинга бензинов

Каталитические композиции, используемые в процессе риформинга, относятся к классу оксидно-металлических систем, синтезированных нанесением небольшого количества металла на носитель – оксид алюминия.

В катализаторах риформинга гидрирующую-дегидрирующую функции выполняют металлы VIII группы Периодической системы элементов Д.И. Менделеева (платина, палладий, никель). Наибольшими дегидрирующими свойствами обладает платиновый компонент, функцией которого является ускорение реакций гидрирования и дегидрирования. Это способствует образованию ароматических углеводородов, непрерывному гидрированию и частичному удалению промежуточных продуктов реакций, ведущих к коксообразованию. Содержание платины в катализаторах риформинга колеблется в пределах 0,3-0,7 %. Снижение содержания этого металла может привести к уменьшению устойчивости катализатора против каталитических ядов. При увеличении его содержания наблюдается усиление реакций деметилирования, а также реакций, ведущих к раскрытию кольца нафтеновых углеводородов. К тому же, увеличение содержания платины приводит к удорожанию катализатора и делает его не конкурентоспособным. [3]

Активность катализатора должна обеспечивать необходимую глубину превращения сырья при заданных объемных скоростях его пропускания через катализатор. Показателем активности при выбранных условиях процесса служит октановое число катализата или содержание в нем ароматических углеводородов.

Требования максимальной селективности применительно к катализатору риформинга сводятся к обеспечению наибольших выходов жидких продуктов и водорода. Это значит, что с максимальной глубиной должны протекать реакции ароматизации и минимальной должна быть активность катализатора в реакциях гидрокрекинга и гидрогенолиза, приводящих к увеличению со-

держания газообразных углеводородов и уменьшающих выход целевых продуктов.

Стабильность катализатора характеризуется способностью сохранять первоначальную активность и селективность во времени), т. е. иметь достаточную продолжительность межрегенерационного цикла и общий срок службы. [6]

В настоящее время из часто применяющихся катализаторов являются марки ПР-81А, ПР-81F и ШПР-81, РБ-35ЮКА, РБ-33У, RG-482, RG-492, RG-582 и RG-682 предназначенные для процесса каталитического риформинга с целью получения компонентов автобензинов и ароматических углеводородов. Катализаторы представляют собой платину, промотированную рением, равномерно распределённую на внешней и внутренней поверхности гранул оксида алюминия. Но у них есть и различия.

Особенность катализаторов ПР-81А, ПР-81F и ШПР-81 представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели катализаторов серии ПР и ШПР

Показатель	ПР-81А	ПР-81F	ШПР-81
Содержание, мас. %			
платина	0,25	0,35	0,25
рений	0,3		0,3
хлор	1		1
фтор		0,3	1
железо	менее 0,01	менее 0,01	менее 0,01
оксид натрия	0,01	0,01	0,01
Диаметр, мм	1,6	1,6	1,7
Коэффициент прочности, кг/мм (кг/см ²)	1,8-2,1	1,8-2,1	(240-270)
Насыпная масса, кг/м ³	720-730	720-730	610-620

Для этих катализаторов, при сохранении температуры на входе равной 460⁰С, свойственно октановое число на уровне 95-96 исследовательского метода (ИМ), а выход риформата 89-92 мас. %.

Катализаторы РБ-35ЮКА и РБ-33У предназначен для установки риформинга со стационарным слоем катализатора. А катализатор РБ-33У включает в свой состав модификаторы. Для наглядности данные содержания катализаторов занесены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические показатели катализаторов серии РБ

Показатель	РБ-35ЮКА	РБ-33У
Содержание, мас. %		
платина	0,3	0,35
рений	0,3	0,35
Диаметр, мм	1,5	1,6
Насыпная масса, кг/м ³	750-810	750-810

И в последней таблице 3, предоставлена информация по содержанию платины у катализаторов RG-482, RG-492, RG-582 и RG-682.

Таблица 3 – Физико-химические показатели катализаторов серии RG

Содержание, % мас.	RG-482	RG-492	RG-582	RG-682
платина	0,3	0,3	0,3	0,3
рений	0,3	0,62	0,3	0,44
Насыпная масса, кг/м ³	0,59	0,59	0,67	0,67

В зависимости от температуры, которая меняется диапазоне 480-500⁰С, процесса октановое число варьируется от 94 до 100.

Оптимальный состав катализаторов обеспечивает наивысшую селективность риформинга, также наивысшее октановое число, препятствующее самовозгоранию. [10]

1.4 Технологическая схема установки и ее описание

Установка ЛЧ-35-11/1000 предназначена для риформинга бензиновой фракции 85-180 °С при низком давлении (1,5 МПа на выходе из реактора III ступени) на высокостабильном полиметаллическом катализаторе. Основная продукция установки – риформат с октановым числом до 95 (и. м.). Установка включает блок гидроочистки с узлом отпарки гидрогенизата и блок риформинга с отделением стабилизации риформата (рисунок 1).

Сырье забирается насосом 33 и смешивается с водородсодержащим газом риформинга, подаваемым дожимным компрессором 31. Газосырьевая смесь подогревается в теплообменнике 9, трубчатой печи 5 и поступает в реактор гидроочистки 1. Газопродуктовая смесь охлаждается в теплообменнике 9, воздушном и водяном холодильнике 17 и 22 и поступает в сепаратор 27.

ВСГ сбрасывается с установки, а стабильный гидрогенизат через теплообменник 10 направляется в отпарную колонну 13.

Для поддержания постоянного расхода ВСГ на гидроочистку предусмотрена возможность возврата части газа на прием дожимного компрессора 31 (на схеме линия возврата не указана). Отпарная колонна 13 обогревается циркуляцией гидрогенизата через печь 6.

Наличие специальной печи для обогрева отпарной колонны позволяет осуществлять независимый пуск узла отпарки, что особенно важно при эксплуатации чувствительного к ядам (сера, влага) полиметаллического катализатора риформинга.

Верхний погон отпарной колонны охлаждается в холодильниках-конденсаторах 18 и 23 и поступает в емкость орошения 29. Углеводородный газ, содержащий сероводород, направляется на очистку в колонну 14 и сбрасывается в топливную сеть, отпаренная влага скапливается в нижней части емкости 29 и выводится периодически, отогнанная легкая часть гидрогенизата полностью возвращается в колонну 13 в качестве орошения. При перера-

ботке сырья облегченного фракционного состава избыток флегмы отпарной колонны выводится на сторону, чаще всего передается в колонну стабилизации 15.

Стабильный гидрогенизат с низа колонны 13 охлаждается в теплообменнике 10, забирается насосом и после смешения с циркулирующим, ВСГ, подаваемым центробежным компрессором 32, через теплообменник 11 поступает в первую секцию печи 7. Далее реакционная смесь проходит реакторы риформинга 2, 3 и 4 с межступенчатым перегревом в соответствующих секциях печи 7.

После реактора III ступени 4 газопродуктовая смесь охлаждается в теплообменнике 11, холодильниках 19, 24 и направляется в сепаратор 28, откуда ВСГ поступает на прием компрессора 32, а катализат с растворенными газами забирается насосом и через теплообменник подается в колонну стабилизации 15. Стабилизационная колонна обогревается путем циркуляции риформата через печь 8. Углеводородные газы с верха колонны через холодильники-конденсаторы 20 и 25 поступают в емкость 30. Сжиженный газ из 30 частично возвращается на орошение колонны, балансовый избыток выводится на газофракционирование. Неконденсирующиеся газы выводятся в топливную сеть. Стабильный риформат охлаждается в теплообменнике 12, холодильниках 21, 26 и выводится в товарный парк. Все трубчатые печи установки скомпонованы в единый блок с котлом-утилизатором.

Регенерация катализаторов на установке ЛЧ-35-11/1000 производится поршневыми компрессорами 31: катализатор гидроочистки – при работе одного компрессора, катализатор риформинга – при одновременной работе двух компрессоров.

На установке имеются дозировочные насосы для подачи реагентов (хлорорганических соединений, сероорганических соединений, воды) в циклах реакции и регенерации, а также адсорберы-осушители 26. [11]

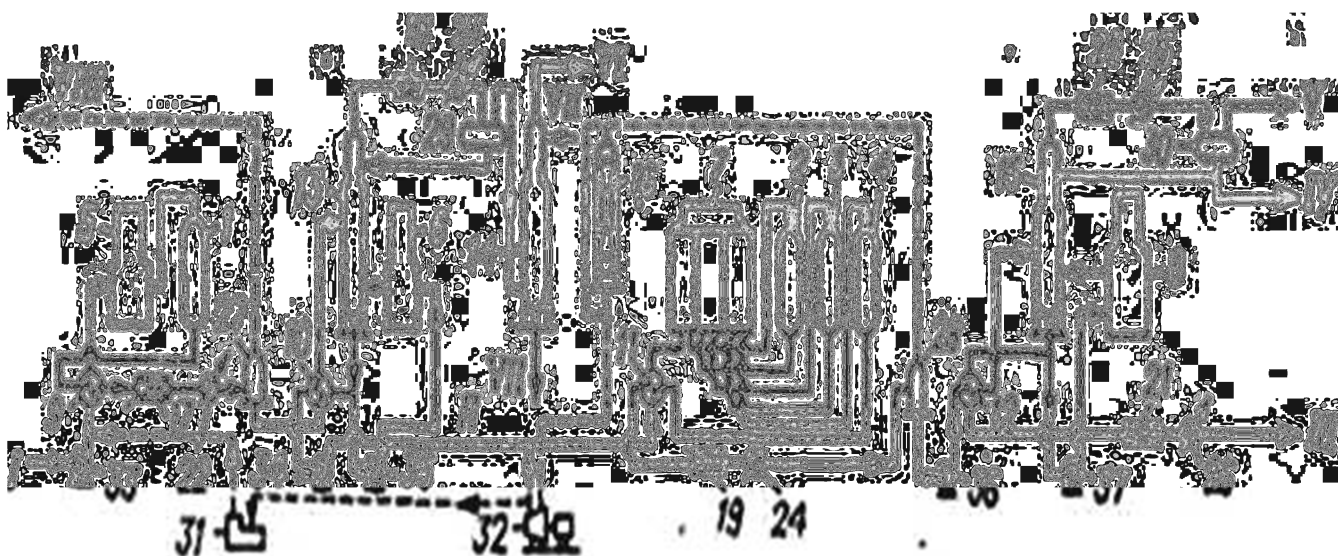


Рисунок 1 - Схема установки каталитического риформинга ЛЧ-35-11/1000:

1 — реактор гидроочистки; 2,3,4 — реакторы риформинга; 5, 6, 7, 8 — печи; 9, 10, 11, 12 — теплообменники; 13 —отпарная колонна; 14 — колонна очистки газа МЭА; 15 — стабилизационная колонна; 16 — адсорбер с цеолитами; 17, 18, 19, 20, 21 — воздушные холодильники; 22, 23, 24, 25, 26 — водяные холодильники; 27, 28 — сепараторы ВСГ; 29, 30 — емкости орошения колонн; 31 — поршневой компрессор; 32 — центробежный компрессор риформинга; 33, 34, 35, 36, 37 — насосы. I — сырье; II— гидрогенизат; III— катализат; IV — сжиженный газ; V — углеводородный газ риформинга; VI — газ отпарки гидрогенизата; VII — раствор МЭА; VIII — товарный ВСГ.

После реактора III степени 4 газопродуктовая смесь охлаждается в теплообменнике 11, холодильниках 19, 24 и направляется в сепаратор 28, откуда ВСГ поступает на прием компрессора 32, а катализат с растворенными газами забирается насосом и через теплообменник подается в колонну стабилизации 15. Стабилизационная колонна обогревается путем циркуляции риформата через печь 8. Углеводородные газы с верха колонны через холодильники-конденсаторы 20 и 25 поступают в емкость 30. Сжиженный газ из 30 частично возвращается на орошение колонны, балансовый избыток выводится на газофракционирование. Неконденсирующиеся газы выводятся в топливную сеть. Стабильный риформат охлаждается в теплообменнике 12, холодильниках 21, 26 и выводится в товарный парк. Все трубчатые печи установки скомпонованы в единый блок с котлом-утилизатором.

Регенерация катализаторов на установке ЛЧ-35-11/1000 производится поршневыми компрессорами 31: катализатор гидроочистки – при работе одного компрессора, катализатор риформинга – при одновременной работе двух компрессоров.

На установке имеются дозировочные насосы для подачи реагентов (хлорорганических соединений, сероорганических соединений, воды) в циклах реакции и регенерации, а также адсорберы-осушители 26. [11]

2 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Каталитический риформинг бензиновых фракций один из самых важных процессов нефтеперерабатывающей отрасли в наше время, с помощью которого получают высокооктановые компоненты бензина. В связи с этим процесс активно изучают и совершенствуют установки, используют новые катализаторы, моделируют процесс, в поисках достижения лучшего качества выпускаемой продукции. [8] Так как тема эта достаточно актуальна, ей уделяют много внимания в разных журналах и статьях.

2.1 Варианты оптимизации технологической схемы процесса риформинга

При исследовании всех процессов получения высокооктановых компонентов требуется учитывать их себестоимость и сырьевую доступность, помимо экологических и технических показателей. В составе автомобильного бензина выделяют четыре вида компонентов:

1. Бензины риформинга
2. Бензины каталитического крекинга
3. Алкилат
4. Изомеризат

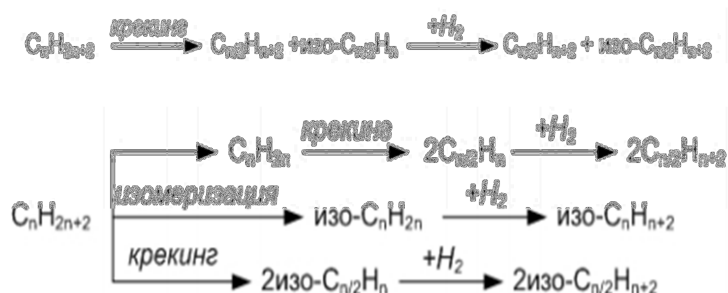
Основным недостатком продуктов каталитического риформинга является высокое содержание ароматических углеводородов. Для повышения качества riformата в промышленности реализовывать технологические схемы процесса риформинга бензинов с предфракционированием и постфракционированием, с изомеризацией, с селектоформиномом, гидрокрекингом, с целью уменьшения ароматических соединений в продукте.

При гидрокрекинге, в дополнительном реакторе, прямоугольных бензиновых фракций получают значительный выход изокомпонента необходимого качества, с удаленными сернистыми и азотистыми соединениями, с увели-

ченным содержанием нафтеновых и ароматических углеводородов, что собственно и позволяет получить хорошее сырье для каталитического риформинга.

Н-алканы приоритетный компонент прямогонных бензиновых фракций. Их превращения могут идти по нескольким направлениям в зависимости от температуры и катализатора.

Реакции превращения н-алканов в процессе гидрокрекинга:



Применяют два типа комбинированных процесса. В первом варианте сырье каталитического риформинга сперва подвергается частичному гидрокрекингу, при котором бензин риформинга обогащается легкокипящими изопарафинами. Во втором варианте гидрокрекингу подвергают бензин риформинга или реформат, что повышает детонационную стойкость на 9-10 пунктов. [13]

Ресурсоэффективность процессов риформинга и изомеризации зависит от правильности разделения между установками, что определяется режимами работы колонн блока вторичной перегонки бензинов. [14] Предпочтителен на практике первый вариант, так как его легче внедрить. Просто требуется дополнительный реактор, который предназначен для процесса гидрокрекинга, на установке каталитического риформинга. Наглядно это показано на рисунке 2.



Рисунок 2 – Технологическая блок-схема процесса гидрокрекинга-риформинга (первый вариант); 1 – реактор гидрокрекинга; 2 – реактор риформинга; 3 – стабилизационная колонна; I – сырье; II – циркуляционный ВСГ; III – газообразные продукты процесса; стабилизированный бензин

Исходное сырье подают первоначально в реактор гидрокрекинга, в котором высококипящие парафины подвергаются превращению. В итоге образуются низкомолекулярные изопарафины, приоритетно изобутан. После чего сырье, которое не прореагировало, и продукты гидрокрекинга пропускают через реакторы риформинга. Поток ВСГ, который циркулирует в системе идет последовательно через все реакторы. [13]

Процесс каталитического риформинга не может протекать без образования бензола, являющегося побочным продуктом. В связи с ужесточением требований к химической структуре автомобильных бензинов, дизельных и авиационных топлив. По этим требованиям необходимо уменьшение содержания бензола в широкой бензиновой фракции и в смеси ароматических углеводородов. Это доступно несколькими путями наиболее распространено выделение бензола, который может быть использован в других процессах, или избирательное воздействие на его структуру, что приводит к образованию дополнительного количества ароматических и неароматических углеводородов.

Есть разные идеи, цель которых уменьшение содержания бензола. Например, фракционирование катализатора бензинового риформинга, с выделением добензольной, бензольно-толуол-ксилольной фракции и фракции ароматических углеводородов из ряда C₉ и выше. Из бензольно-толуол-ксилольной фракции после предварительного гидрирования можно получать индивидуальные ароматические компоненты, а добензольную фракцию и фракцию «высших ароматических углеводородов» смешать для получения высокооктанового компонента автобензина.

Базовыми каталитическими способами изменения химической структуры в продукте и сырье каталитического риформинга являются алкилирование и гидрирование бензола, иногда изомеризация.

В первую очередь необходимо фракционировать продукт процесса каталитического риформинга, с целью выделения бензолсодержащей фракции и вторичной переработкой. Во вторую очередь доля продукта каталитического риформинга снова вступает в каталитический процесс, но уже с применением другого катализатора.[15]

По стандартам ЕВРО-5 и ЕВРО-6, бензола в составе должно быть не более 1 %, учитывая, что требования с каждым годом становятся более жесткими, работа в этом направлении актуальна. [13]

Одна из основных ролей первичной перегонки нефти отводится установкам. Результативность их работы влияет на очищение, газоразделение, риформинг, крекинг и так далее.[16]

Качественный риформат зависит от точности контроля температуры движущейся газопродуктовой смеси на выходе трубчатых печей многоуровневой установки. Большие требования предъявляют к системе управления первой печи, так как должны быть соблюдены такие параметры: изменение температуры, расход и поступление химического состава продукта. Эти параметры влияют на контроль температуры продукта на выходе первой печи, соответственно и всех следующих аппаратах. [17]

Следовательно, модернизация ключевых узлов установки, повышение качества итоговых продуктов, увеличение производительности актуальная задача нефтеперерабатывающей промышленности. Не менее важным являются техно-экономические показатели, а именно уменьшение себестоимости первичной продукции, снижением энергетических затрат, удельного расхода металла, сокращение расходов на эксплуатацию. Методом каталитического риформинга получают бензол, толуол, ксилол, а также повышают детонационную стойкость бензинов.[16]

2.3 Повышение эффективности оборудования

Для повышения топливно-энергетического КПД, установки оснащают максимально эффективным оборудованием. Высокооктановые бензины без присадок, наносящих вред экологии, получают в реакторе каталитического риформинга. Из-за неравномерного потока сырья в реакторах, нет возможности полного использования катализатора. Реакторы с новейшим распределительным устройством сырья повышают эффективность. Распределительное устройство – это вертикальная трубка с отверстиями, которая проходит, через все насадки. Подача сырья осуществляется через отверстия во все секции насадки сразу. Благодаря направлению потока весь катализатор участвует в процессе риформинга. На рисунке 3 наглядно изображена его работу. Поток сырья распределяется параллельно на все насадки.

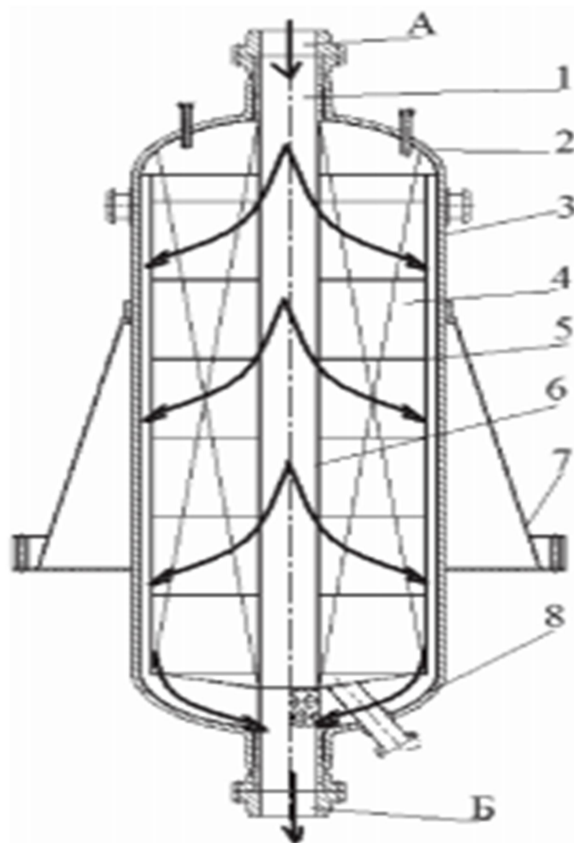


Рисунок 3 - Реактор риформинга: 1 – распределитель; 2 – днище верхнее; 3 – корпус; 4 – катализатор; 5 – тарелка; 6 – труба центральная; 7 – опора с опорным поясом; 8 – днище нижнее; А – ввод сырья; Б – вывод продукта

Данный метод позволит увеличить эффективность использования сырья до 95%, по сравнению с базовыми конструкциями, с использующимся катализатором на 80-85%. И следовательно снизить себестоимость каталитического риформинга, тем что период использования катализатора между заменами увеличится на 6-8%. [16]

2.4 Катализаторы процесса

За все время использования каталитического риформинга выход ароматических углеводородов и срок работы катализатора увеличились. Данные показатели стали доступны благодаря изучению новых катализаторов. Единственным неизменным компонентам всегда была платина. [18]

В настоящее время существует технология риформинга с неподвижным слоем катализатора, которая протекает в 3-4 реакторах, которые расположены последовательно и горизонтально. В данном случае активно используются бифункциональные катализаторы риформинга. Они основаны на платине, которая покрывает носитель-оксид алюминия. [19]

Также сегодня распространены биметаллические и полиметаллические катализаторы. Главное достоинство полиметаллических – высокая стабильность. Селективность работы катализатора повышают предварительным сульфидированием.

Развитие в технологии каталитического риформинга выразилось новым типом реакторных устройств непрерывного риформинга с движущимся слоем катализатора, который протекает в 4 реакторах с движущимся слоем, которые расположены последовательно и вертикально друг над другом. Преимущество в данном случае обеспечение оптимальных условий процесса, а именно низкое давление и высокая температура. А к недостаткам можно отнести траты на эксплуатацию и максимально высокая температура кипения риформата, при высокой жесткости процесса. [18]

Не малое влияние на результат риформинга имеет дезактивация катализаторов, которая происходит из-за трех факторов:

1. Спекание поверхностей носителя и металлических компонентов, изменение фазового состава из-за высоких температур.

1. Отравление каталитическими ядами, с образованием отложений углеродистых соединений на поверхности, которые блокируют активные центры.

2. Коксообразование

Отравление довольно сложно предсказать. А сильнее всего оказывает влияние коксообразование.

Кокс – отложения, остающиеся на катализаторе после реакции. Вещество это неоднородного состава, а множественного с высокой конденсацией $(\text{CН}_n)_x$. Для уменьшения кокса на выходе из ректора, требуется увеличить значения кратности циркуляции катализатора.

Продлевает срок службы катализатора регенерация, которая его восстанавливает. Процесс регенерации идет в три этапа:

1. выжиг кокса
2. оксихлорирование
3. осернение

Чтобы подобрать оптимальные условия для восстановления требуется знание структуры кокса. Она может быть аморфная или графитизированная.

Выжиг графитизированного кокса идет при высоких температурах примерно 800-900, а аморфного при 500-550, что позволяет не разрушать структуру катализатора. [20]

Важное влияние на работу катализатора оказывают примеси оксида железа и серы, являющиеся каталитическими ядами. Его накопление вызывается коррозией оборудования под действием агрессивной среды в реакторах.

[21]

2.5 Замена катализатора риформинга для увеличения эффективности процесса риформинга.

Одной из вероятной модернизации процесса каталитического риформинга является замена текущего катализатора на катализатор изомеризации, содержащий сульфатированные оксиды металлов. Данные катализаторы вызывают интерес в настоящее время, так как сочетают преимущества средне-температурных и низкотемпературных катализаторов. Они обладают хорошей активностью, также устойчивы к воздействию каталитических ядов, способны к регенерации. Но все же есть недостаток, для их эксплуатации требуется установка компрессора для подачи циркулирующего ВСГ.[22]

Замена катализатора рассмотрена на примере ПР-22-35-11/1000 со стационарным слоем катализатора R-86, производительность установки 1 млн т/год. Установка состоит из трёх последовательных реакций, в которой получают риформат содержанием ароматики до 67,1 % (масс.) и октановым числом до 97,5 (ИМ), и при выходе риформата до 85%. Во втором реакторе заменили катализатор R-86 на СИ-2, так как в нем протекают в основном реакции дегидроциклизации и изомеризации парафиновых углеводородов, заменили. СИ-2 - катализатор, разработанный отечественной компанией ОАО «НПП Нефтехим».[23] Катализатор СИ-2 обладает уникальной устойчивостью к сере, то есть процесс возможно проводить и без предварительной гидроочистки, но в этом случае октановое число снизится на 2 пункта, а на срок службы окажет мало влияния, катализатор прослужит 8-10 лет.[22] СИ-1 состоит из сульфированной смеси оксида алюминия и цинка, покрытой 0,2-1% платины.

Благодаря этой замене снизится содержание ароматических углеводородов в продукте на 20%(масс.), выход продукта увеличится на 1,15%, при неизменном октановом числе, за счет повышения содержания изоалканов. [23] В перспективе этот метод можно рассматривать и на других установках,

для увеличения ресурсоэффективности процесса каталитического риформинга.

2.6 Разработка моделирующих систем для мониторинга установок.

В настоящее время уделяется много внимания инновационной системе компьютерного моделирования, основанные на математическом анализе корреляционных, статистических, формализованных технологических данных или на физико-химической модели. [24]

Наивысшей надежностью обладают компьютерные моделирующие системы (КМС) основанные на механизме и кинетике реакций углеводородов на поверхности катализатора. В реальности, чаще всего используют математические модели, в основе которых фактические данные. Эти данные нельзя применять в прогнозировании промышленного процесса. [25] Известные программы «PIMS», «СОКР», «БЕЛРИФ» можно назвать яркими примерами.

КМС «СОКР» используют в описании работы секции 200 комплекса ЛК-6У Мозырского предприятия, но она не прогнозирует, а только анализирует. А КМС «Профиматикс» основана на закономерности результатов, полученных при испытаниях, но в ней не применяют базу данных по катализаторам, и соответственно тестировать и выбрать контакт невозможно.

Существует КМС, которая способна учитывать все недостатки предшественников. Её название «Система контроля работы катализатора», разработанная в Томском политехническом университете. В основании данной программы лежит принцип химического равновесия образования кокса и гидрирования промежуточных продуктов уплотнения.

Благодаря этой программе можно рассчитать оптимальные условия, длительность цикла, спрогнозировать процесс, что позволит увеличить эффективность и селективность процесса.[26]

Таким образом, современные исследования и разработки, в области каталитического риформинга, направлены на все этапы процесса. Все это требуется для достижения увеличения селективности, выхода риформата, октанового числа и для понижения содержания примесей, температуры процесса и так далее. Так же это требуется для получения экологически чистого топлива, с низкими текущими энергетическими затратами на производство.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследование проводилось в программе «Система контроля работы катализатора», разработанной в Томском политехническом университете.

Принцип работы программы основан на химическом равновесии реакций коксообразования и гидрирования промежуточных продуктов уплотнения. Этот принцип позволяет контролировать работу катализатора, цикл процесса и условия на оптимальном уровне, что приводит к ресурсоэффективности процесса.

3.1 Мониторинг работы промышленной установки

Мониторинг работы промышленной установки включает в себя расчет текущей активности катализатора. Для оценки эффективности эксплуатационных характеристик Pt-Re катализатора марки RG-682 проведены исследования работы установки ЛЧ-35-11/1000 ООО «КИНЕФ». Расчет проводился для 11 межрегенерационного цикла с 28.10.15 по 16.12.15 г. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 4 – Результаты мониторинга промышленной установки ЛЧ-35-11/1000 (11 цикл)

Дата отбора	28.10.15	07.11.15	17.11.15	27.11.15	05.12.15	16.12.15
Перераб. сырьё т.	31572	58718	85982	113150	132458	158042
Активность текущая	0,92	0,89	0,9	0,88	0,9	0,87
Температура входа	493	493	493	493	489	486
Расход сырья м3/ч	115	114	115	111	102	88
Кратн. цирк. м3/м3	1782,6	1798,2	1782,6	1846,8	2009,8	2329,5
Степень изомеризации	57	56	57	56	56	56
Степень ароматизации	25,51	25,47	25,51	25,36	25,35	25,48
Ароматика, %вес.	63,1	63,04	63,09	62,94	62,94	63,07
Октановое число о.ч.и.	95,5	95,4	95,5	95,4	95,4	95,4

Выход водорода, %	2,5	2,49	2,49	2,47	2,46	2,43
Число крекинга	2	2,6	3,5	1,9	1,9	1,9
Кокс, %вес.	0,15	0,28	0,41	0,53	0,62	0,72
Водород, %	85,6	83,2	83,2	84,2	85,4	84,6
Выход риформата	88	87,93	87,94	87,88	87,65	87,15

Для наглядности, зависимости текущей активности, коксоотложения, октанового числа и выхода риформата от объема переработанного сырья, построили графики, которые изображены на рисунках 4, 5, 6, 7 соответственно. Колебания на графиках обусловлено стабильностью и активностью катализатора, углеводородным составом сырья и риформата, условиями режима и общими объемами перерабатываемого сырья.

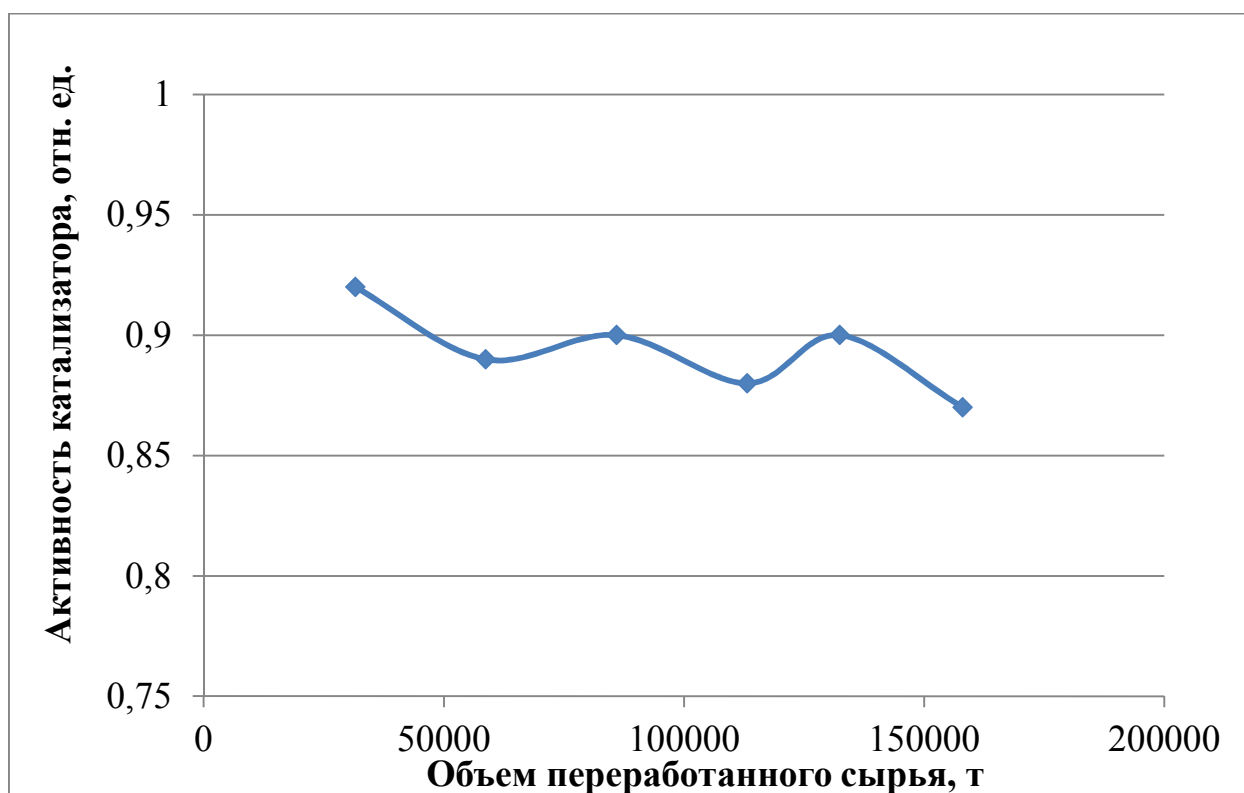


Рисунок 4 – Зависимость текущей активности от объемов переработанного сырья

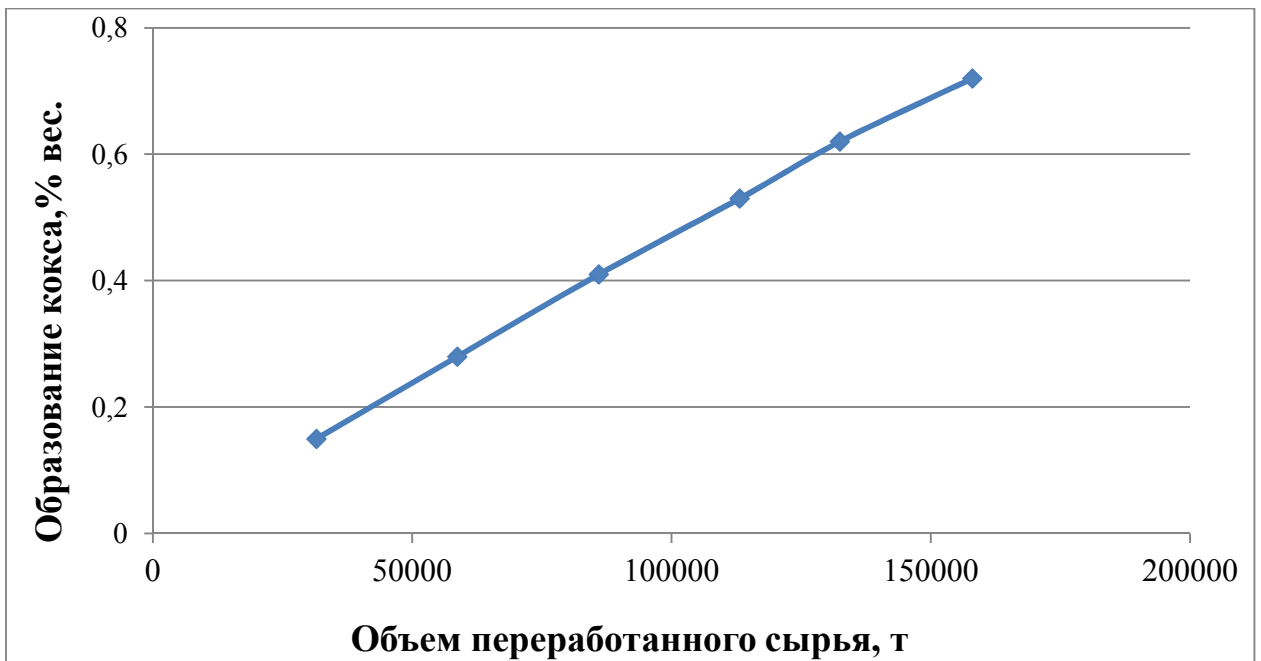


Рисунок 5 – Зависимость коксоотложения от объёмов переработанного сырья

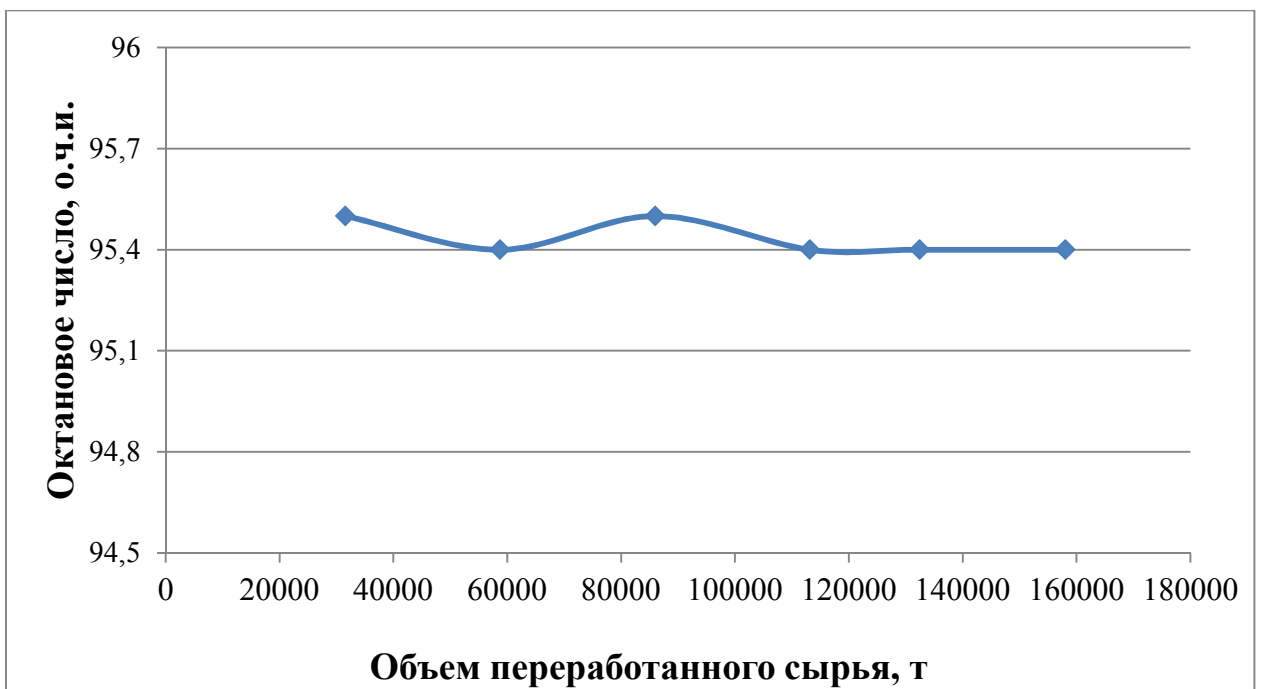


Рисунок 6 – Зависимость октанового числа от объёмов переработанного сырья

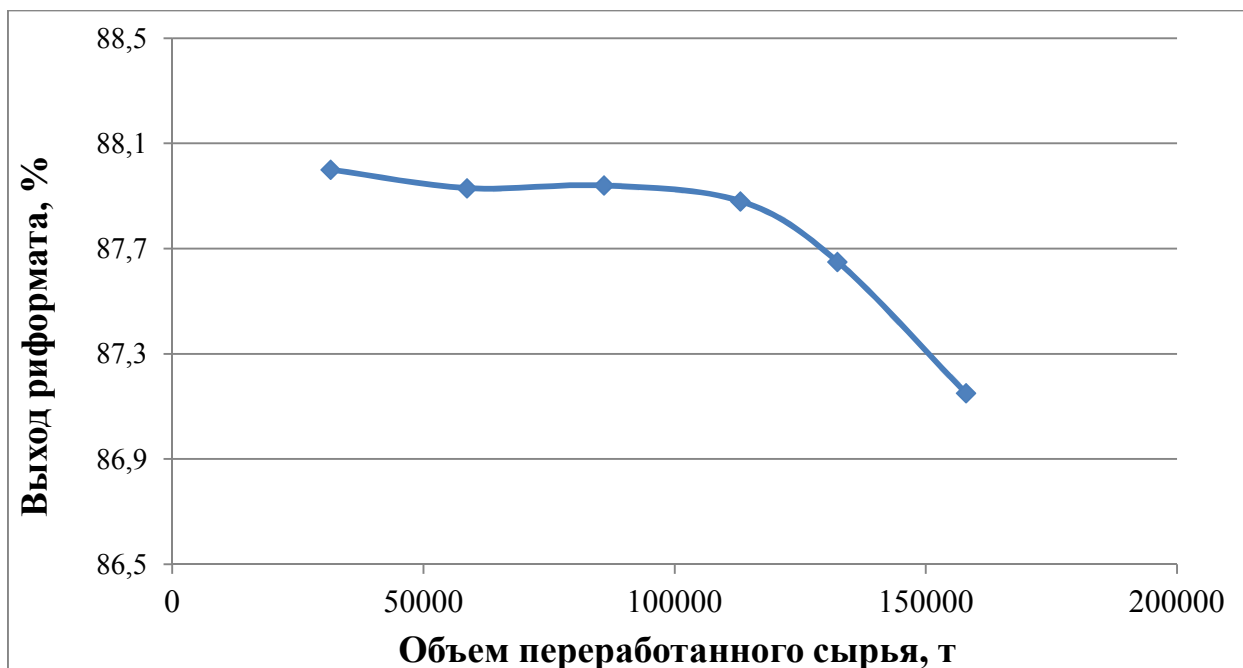


Рисунок 7 – Зависимость выхода риформата от объёмов переработанного сырья

За время рабочего цикла промышленного катализатора наблюдается, что его активность снижается постепенно (рис. 1), а отложение кокса также постепенно и равномерно увеличивается (рис. 2). Коксоотложение изменяется в пределах от 0,15 до 0,72 % мас. за два месяца его эксплуатации. Это соответственно увеличивает межрегенерационный период его работы и снижает затраты на частые восстановительные регенерации Pt-контакта.

На рис. 3 показано октановое число целевого продукта. Оно почти не изменяется в течение рабочего цикла и составляет 95,4-95,5 пунктов, что свидетельствует о стабильности промышленного процесса. Октановое число должно оставаться на постоянном уровне. Если его увеличить, то это приведет к уменьшению выхода продукта в объёмных процентах и к образованию газов.

Выход целевого продукта постепенно уменьшается (рис. 4), за время цикла на 0,45 % мас. Это, скорее всего, связано с тем, что на производстве идет контроль над качеством риформата.

В итоге из выполненного мониторинга можно заключить, что катализатор работает стабильно. Показатели говорят о хорошей эффективности процесса каталитического риформинга.

3.2 Исследование эффективности промышленного катализатора

Во второй части исследования уделим внимание катализатору. И главными требованиями к его работе являются поддержание оптимальной активности, стабильности, высокой селективности, быстрой регенерации. Эти требования часто противоречат друг другу, поэтому требуется искать между ними компромисс для достижения наилучших условий работы катализатора. Именно поэтому компьютерное моделирование хороший способ углубленного изучения процесса дезактивации. Критериями эффективной работы катализатора будут объем продукта на выходе за полный цикл, при заданных условиях, таких как температура и жесткость. Для определения степени дезактивации, активацию подразделяют на несколько видов: начальную, текущую и оптимальную. Высокие значения оптимальной активности говорят о большом потенциале катализатора, а еще о его стабильности, несмотря на работу в жестких условиях. А отклонение текущей от оптимальной активности говорит о степени его использования, то есть о раскрытии полного потенциала. Соответственно, чем меньше отклонение, тем больше задействован катализатор.

В ходе второго эксперимента сравним текущую и оптимальную активность катализатора для 11 цикла, для того чтобы можно было оценить эффективность его работы. В таблице 2 приведены результаты расчета оптимальной активности, а в таблице 3 и на рисунке 8 – отклонения текущего и оптимального режима.

Таблица 5 – Расчетные результаты оптимальной активности катализатора (11 цикл)

Дата отбора	28.10.15	07.11.15	17.11.15	27.11.15	05.12.15	16.12.15
Активность оптимальная	0,95	0,92	0,92	0,91	0,93	0,9
Перераб. сырьё т.	31572	58718	85982	113150	132458	158042
Температура входа	493	493	493	493	489	486
Расход сырья м3/ч	115	114	115	111	102	88
Кратн. цирк. м3/м3	1782,6	1798,2	1782,6	1846,8	2009,8	2329,5
Степень изомеризации	57	57	57	57	57	56
Степень ароматизации	26,46	26,53	26,56	26,52	26,53	26,8
Ароматика, %вес.	64,12	64,17	64,2	64,16	64,18	64,44
Октановое число о.ч.и.	96	96	96	96	96	96
Выход водорода, %	2,55	2,54	2,55	2,54	2,52	2,5
Число крекинга	2	2,6	3,5	1,9	1,9	1,9
Кокс, %вес.	0,17	0,31	0,46	0,6	0,7	0,81
Водород, %	85,6	83,2	83,2	84,2	85,4	84,6
Выход риформата	87,79	87,68	87,71	87,62	87,39	86,86

Таблица 6 – Сравнение текущей и оптимальной активности (11 цикл)

Дата отбора	Переработанное сырьё, т	Активность		Отклонение, Δ
		текущая	оптимальная	
28.10.15	31572	0,92	0,95	0,03
07.11.15	58718	0,89	0,92	0,03
17.11.15	85982	0,9	0,92	0,02
27.11.15	113150	0,88	0,91	0,03
05.12.15	132458	0,9	0,93	0,03
16.12.15	158042	0,87	0,9	0,03

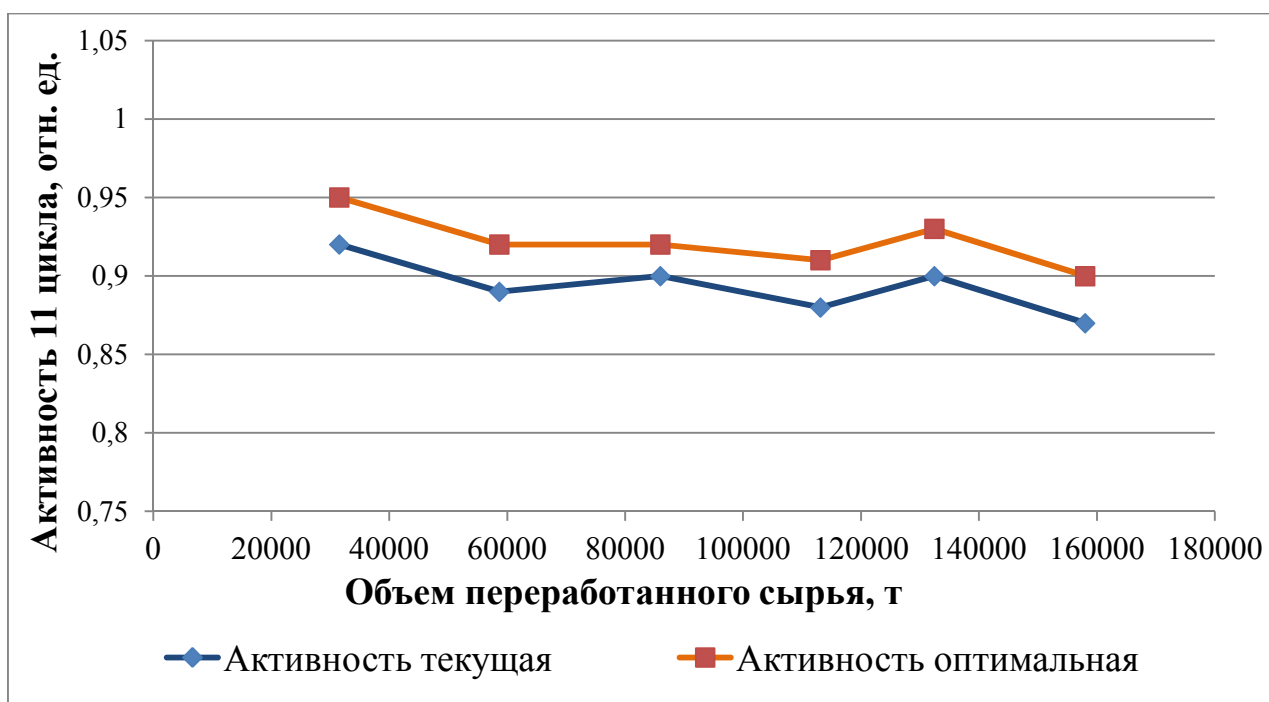


Рисунок 8 – Сравнение текущей и оптимальной активностей (11 цикл)

Оптимальная активность катализатора была рассчитана для получения товарного продукта с октановым числом 96 пунктов. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что катализатор эксплуатировался в режиме близком к оптимальному. Отклонение по активности лежит в пределах 0,03 отн. ед. Выход продукта при этом составляет 86,86-87,79 % мас.

Для полной оценки эксплуатационных характеристик промышленного катализатора также провели сравнительные расчеты 10 рабочего цикла. Результаты приведены в таблице 4, на рисунке 9 и в приложении А.

Таблица 7 – Сравнение текущей и оптимальной активности (10 цикл)

Дата отбора	Переработанное сырьё, т	Активность		Отклонение, Δ
		текущая	оптимальная	
15.11.12	39188,0	1,1	1,00	0,1
13.02.13	275527,0	1,1	0,94	0,16
11.11.13	898200,0	1,1	1,07	0,03
18.03.14	1228876,0	1,0	0,93	0,07
10.05.14	1373914,0	1,0	0,94	0,06

10.09.14	1740090,0	0,9	0,83	0,07
05.05.15	2312114,0	1,0	1,00	0,00
24.08.15	2629453,0	0,9	0,92	0,02

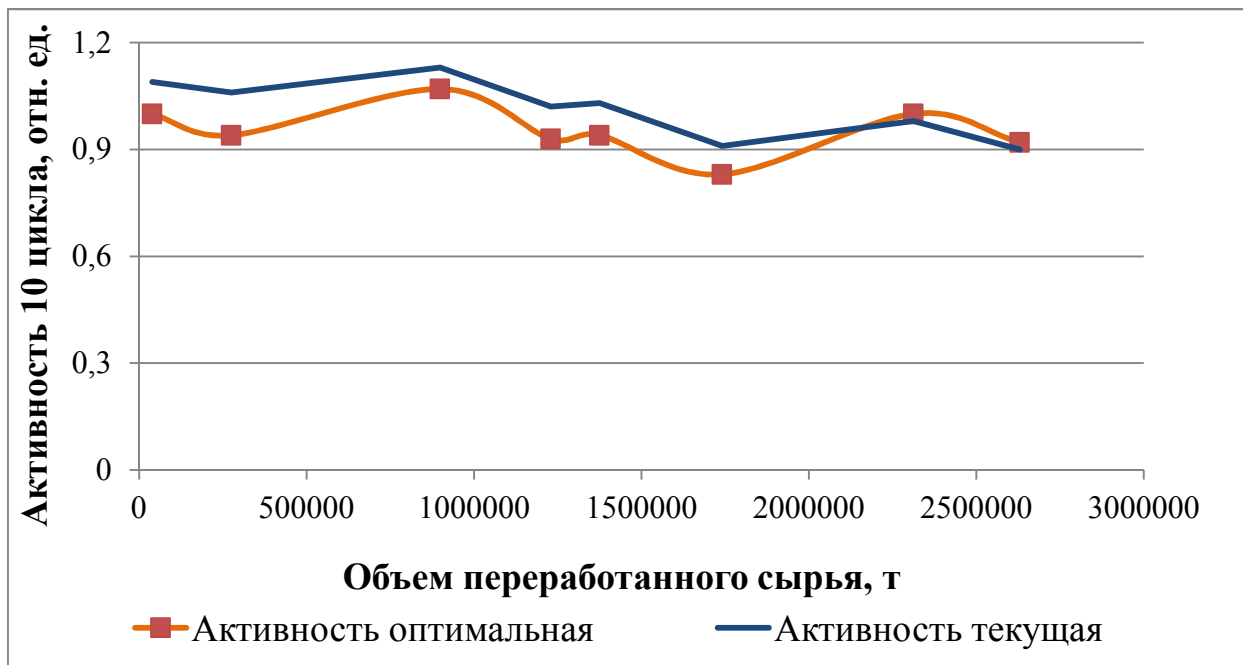


Рисунок 9 – Сравнение текущей и оптимальной активностей (10 цикл)

Провели расчет оптимальной активности для производства риформата с октановым числом 96 пунктов. В результате можно сделать вывод, что в 10 цикле катализатор использовался в таких оптимальных условиях, как в 11 цикле. Это видно из отклонения текущей и оптимальной активностей, которое достигло 0,16 отн. Ед.

В ходе анализа работы катализатора можно заключить, что большое отклонение текущей активности от оптимальной, приведет к производству меньшего количества продукции требуемого качества. При оптимальной активности достигается наивысший уровень селективности, что соответствует максимальному выходу катализата. Из чего можно сделать вывод, что требуется поддерживать оптимальный технологический режим или максимально к нему приближенный.

3.3 Исследование влияния состава сырья на работу катализатора

Сырье, поступающее на переработку в установку, имеет большое влияние на весь процесс риформинга и готовый продукт. Сырье состоит из разных компонентов (углеводородов) и некоторые из них сильнее воздействуют на изменение октанового числа бензина. Значения состава сырья, которое поступало на переработку указано в таблице 5.

Таблица 8 – Состав перерабатываемого сырья по компонентам

Состав сырья	Сырье 1	Сырье 2	Сырье 3	Сырье 4	Сырье 5
nC4	0,08	0	0	0	0
nC5	0,13	0	0	0	0,01
nC6	0,21	0,11	0,48	0,2	0,52
nC7	12	12,87	10,34	11,39	10,19
nC8	2,2	0,86	1,6	1,35	1,5
nC9	6,62	7,23	6,95	6,83	6,28
nC10	10,73	9,5	11,39	10,22	11,43
iC4	0,01	0	0	0	0
iC5	0,27	0	0	0	0
iC6	0,14	0,03	0,13	0,11	0,4
iC7	6,48	6,69	5,29	6,55	7,38
iC8	4,26	4,26	4,26	4,28	2
iC9	12,76	11,76	18,94	19,49	14,37
iC10	5,36	4,75	5,69	5,11	5,72
MZP	0,11	0,13	0,47	0,19	0,83
DMZP	6,25	6,65	3,74	5,98	6,49
ZG	0,71	0,75	0,79	0,79	1,34
MZG	7,6	8,46	6,88	7,52	7,38
C8H	7,04	7,04	8,08	5,98	5,52

C9H	5,14	5,14	5,14	1,5	2,42
C10H	5,36	4,75	5,69	5,11	5,72
BENZ	0,04	0,02	0,09	0,05	0,15
TOLY	2,46	2,85	2,33	2,72	2,48
KSIL	2,69	2,86	3,12	3,33	2,95
AP9	3,35	1,45	1,05	3,03	2,58
AP10	3,35	1,45	1,05	3,03	2,58

В ходе третьей части работы были получены результаты расчета, по которым можно провести анализ влияния состава сырья, полученные данные занесены в таблицы 6 и 7.

Таблица 9 – Исследование влияния состава сырья на процесс риформинга

Дата отбора	Сырье 1	Сырье 2	Сырье 3	Сырье 4	Сырье 5
Степень изомеризации	63	66	40	38	56
Степень ароматизации	24,37	26,56	29,91	28,91	26,67
Ароматика, %вес.	66,06	65,84	65,73	65,67	64,31
МЦП в катал., % вес	0,27	0,26	0,46	0,27	0,56
Выход водорода, %	2,6	2,74	2,74	2,59	2,49
Кокс, %вес.	0,7	0,69	0,72	0,69	0,72
Выход риформата	87,55	87,32	86,56	87,29	86,89
Пар/(Нафт+Аром)	1,39	1,4	1,69	1,67	1,48
н-Пар/и-Пар сырьё	1,09	1,11	0,9	0,84	1
Октановое число о.ч.и.	98,7	99	97,6	98,4	96

Таблица 10 – Технологический режим за 16.12.15

Активность	0,9
Перераб. сырьё т.	158042
Температура входа	486
Расход сырья м3/ч	88
Кратн. цирк. м3/м3	2329,5
Число крекинга	1,9
Водород, %	84,6

Для оценки состава перерабатываемого сырья в программе используются два соотношения для характеристики сырья: н-Пар/и-Пар и Пар/(Нафт+Аромат), где н-Пар – сумма парафиновых углеводородов нормального строения; и-Пар – сумма парафиновых углеводородов изо-строения; Пар – сумма и-Пар и н-Пар; Нафт – сумма нафтеновых углеводородов; Аром – сумма ароматических углеводородов.

Важным показателем является октановое число и выход риформата, поэтому для наглядности построили графики зависимости ОЧ и выхода продукта от состава перерабатываемого сырья, представленные на рис. 10 и рис. 11, соответственно.

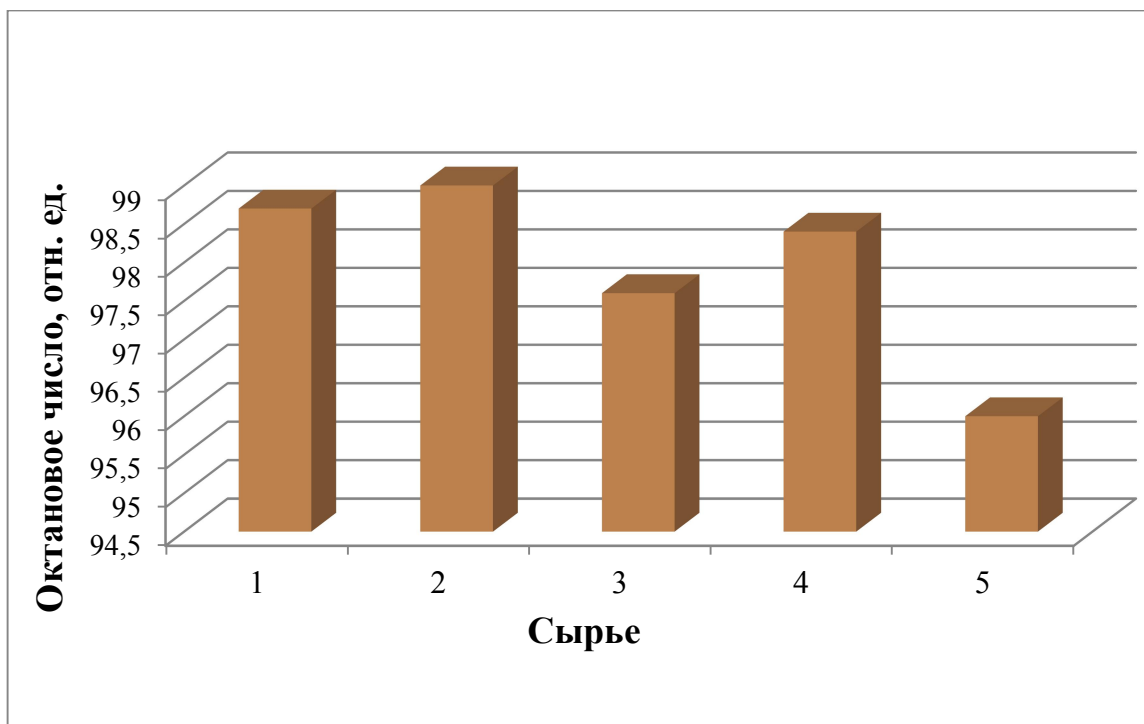


Рисунок 10 – Зависимость октанового числа от состава сырья

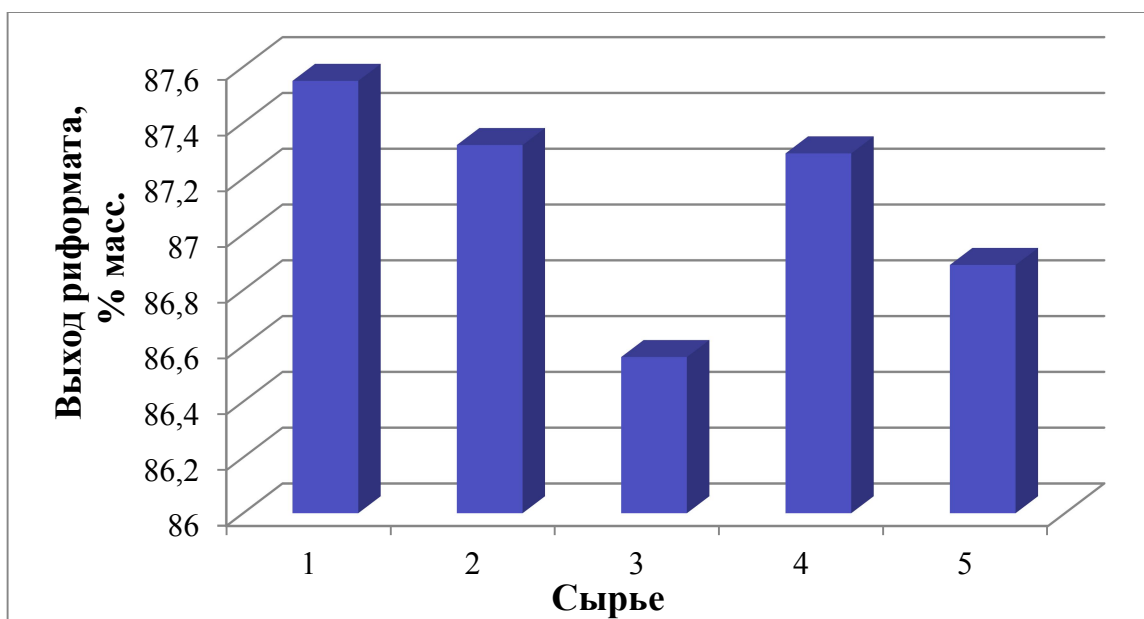


Рисунок 11 – Зависимость выхода риформата от состава сырья

Полученные результаты показывают, что даже с небольшим изменением состава сырья октановое число начинает также меняться. Образование ароматики приводит к увеличению октанового числа. А если в сырье уменьшается содержание нефтяных углеводородов, то это приводит к уменьше-

нию содержания ароматики в продуктовом потоке, что ведет к снижению октанового числа.

3.4 Прогнозное исследование

На четвертом этапе экспериментальных исследований речь пойдет о результатах прогнозных расчетов каталитической активности реактора и режимов его работы. Вся сложность прогнозирования заключается в непостоянстве процесса, при котором регулярно меняются вводные данные: состав перерабатываемого сырья, его расход на установку и так далее. Влияние внешних факторов также очень сложно учесть.

Все значения прогноза, которые были получены в ходе работы, отражены в приложении Б. Прогнозные исследования проводились с последней даты текущего 11 цикла 16.12.2015 г. до 16.09.2016 г.



Рисунок 12 – Изменение содержания кокса от объема переработанного сырья

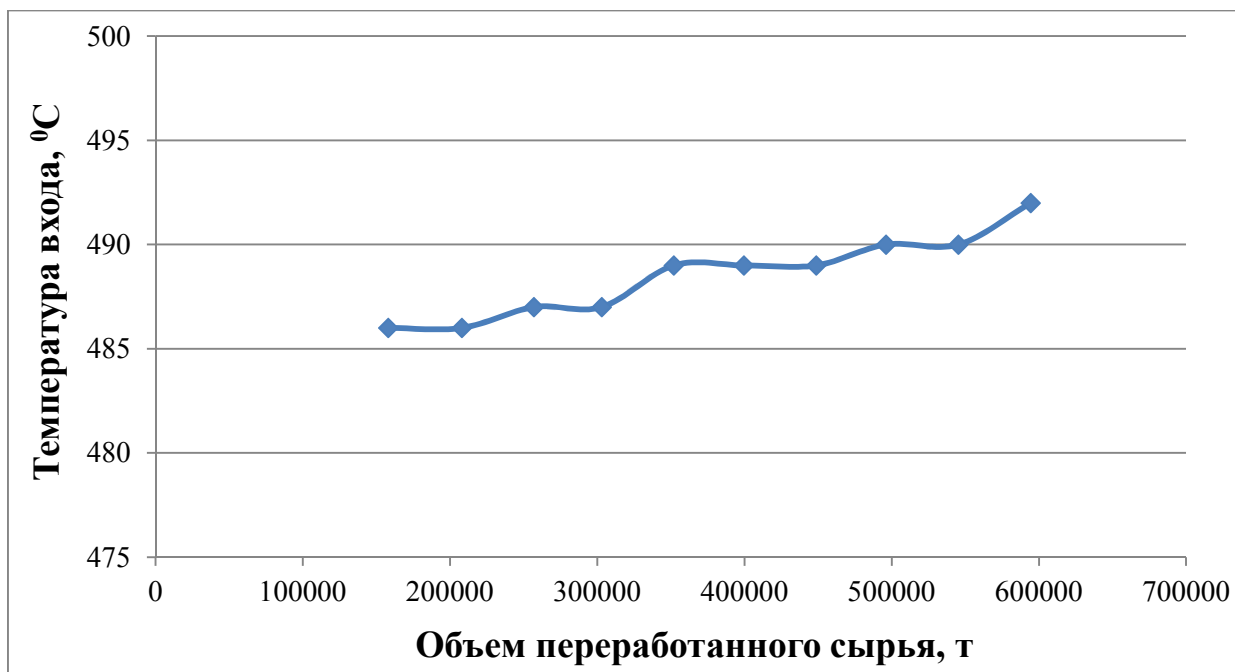


Рисунок 13 – Изменение температуры выхода от объема переработанного сырья

Чтобы производить бензин заданного качества с октановым числом 96, со временем требуется постепенно поднимать температуру. Эти условия способствуют коксообразованию, что свою очередь приводит к уменьшению межрегенерационного цикла. Данную зависимость можно увидеть на рисунках 12 и 13.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1. Анализ конкурентных решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам, и позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Чистота получения	0,18	4	3	0,9	0,72
2. Фазовый состав продукта	0,15	3	3	0,6	0,45
3. Простота аппаратурного оформления процесса	0,09	4	4	0,45	0,38
4. Энергозатраты	0,05	4	4	0,2	0,2
5. Безопасность	0,05	4	4	0,2	0,2
6. Лёгкая контролируемость процесса	0,08	5	5	0,46	0,4
Экономические критерии оценки эффективности					

1. Конкурентоспособность продукта	0,09	4	3	0,36	0,36
2. Цена	0,04	4	3	0,2	0,12
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	3	0,5	0,4
Итого	1	36	32	4,65	3,78

Б_ф – установка ЛЧ-35-11/1000 ООО «КИНЕФ»;

Б_{к1} – установка ЛЧ-35-11/600 ООО «КИНЕФ».

Балы выставляются от 0 до 5. Конкурент, набравший максимальное количество баллов, является главным. Как видно из таблицы, главным является установка ЛЧ-35-11/1000.

4.1.2. Технология QuaD

Технология QuaD (Quality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто-балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Расчеты приведены в таблице 12.

Таблица 12 – показатели технологии QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Эффективность	0,1	85	100	0,85	8,5
2. Надежность	0,19	79	100	0,79	15,01
3. Уровень шума	0,15	98	100	0,98	14,7
4. Безопасность	0,08	80	100	0,80	6,4
5. Функциональная мощность	0,05	76	100	0,76	3,8
6. Простота эксплуатации	0,1	95	100	0,95	9,5
7. Ремонтопригодность	0,06	65	100	0,65	3,9
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
8. Конкурентоспособность продукта	0,13	50	100	0,5	6,5
9. Цена	0,09	68	100	0,68	6,12
10. Послепродажное обслуживание	0,05	77	100	0,77	3,85
Итого	1				78,28

Из полученных данных сумма средневзвешенных значений составила 78,28 , то есть перспективность разработки выше среднего.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 13

Таблица 13 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

сновные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор направления исследований	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
	3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
	4	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	5	Проведение патентных исследований	Бакалавр
Теоретические исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, бакалавр
	7	Проведение компьютерных расчетов	Руководитель, бакалавр
	8	Оценка эффективности полу-	Руководитель,

Обобщение и оценка результатов		ченных результатов	бакалавр
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, бакалавр
<i>Проведение ОКР</i>			
Оформление отчета по НИР	10	Оформление отчета	Бакалавр

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.; t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы 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 следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

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

где $T_{ки}$ – 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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 104 - 12} = 1,48$$

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.

Все рассчитанные значения указаны в таблице 14.

Таблица 14 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длит-ть работ в рабочих днях T_{pi}	Длит-ть работ в календарных днях T_{ki}
	t_{mini} чел-дни	t_{maxi} чел-дни	$t_{ожи}$ чел-дни			
Выбор направления исследований	1	3	2	Руководитель темы	2	3
Составление и утверждение технического задания	1	4	3	Руководитель	3	4
Календарное планирование работ по теме	1	4	3	Руководитель	3	4
Подбор и изучение материалов по теме	20	60	36	Бакалавр	36	53
Проведение патентных исследований	3	16	9	Бакалавр	9	13
Проведение теоретических расчетов и обоснований	2	12	6	Руководитель, бакалавр	6	9
Проведение компьютерных расчетов	1	4	3	Руководитель, бакалавр	2	3

Оценка эффективности полученных результатов	1	3	2	Руководитель, бакалавр	1	2
Определение целесообразности проведения ОКР	1	4	3	Руководитель, бакалавр	2	3
Оформление отчета	2	12	6	бакалавр	6	9

На основе таблицы 4 построен календарный план-график (таблица 15) по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования.

Таблица 15 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Выбор направления исследований	Руководитель	3														
2	Составление ТЗ	Руководитель	4														
3	Планирование работ	Руководитель	4														
4	Подбор, изучение материалов	Бакалавр	53														
5	Проведение па-	Бакалавр	13														

	тентных исследований																		
6	Проведение теоретических расчетов	Руководитель, Бакалавр	9																
7	Проведение компьютерных расчетов	Руководитель, бакалавр	3																
8	Оценка эффективности результатов	Руководитель, инженер	2																
9	Определение целесообразности проведения	Руководитель, бакалавр	3																
10	Оформление отчета	Бакалавр	9																



– руководитель



– Бакалавр

4.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям: материальные затраты НТИ; основная заработная плата исполнителей темы; дополнительная заработная плата исполнителей темы; отчисления во вне-

бюджетные фонды; затраты научные и производственные командировки; контрагентные расходы; накладные расходы.

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

В таблице 16 представлены расчёты по приобретению спецоборудования и оборудования, требуемого для выполнения исследовательских работ.

Таблица 16 – Расчет затрат на оборудование

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., включая НДС, руб	Затраты на материалы, (З _м), руб.
бумага		1 шт	250	250
принтер		1 шт	3590	3590
краска	кг	0,25 кг	350	350
компьютер		1 шт	28900	28900
Итого: 33090				

4.6 Основная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20% от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 17.

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

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

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

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 17 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн., Тр	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.з дн	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.з осн
Руководитель	Бакалавр	14,7	1,2	21,2
Итого	21,2			

Таблица 18 – Расчет рабочих дней

Показатели рабочего времени	Руководитель , Бакалавр
Календарное число дней	365
Количество нерабочих дней	
- выходные дни	52
- праздничные дни	12
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	301
Действительный годовой фонд рабочего времени	249

Месячный должностной оклад сотрудника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} * k_p,$$

Руководитель:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} * k_p = 23720 * 1,3 = 30836 \text{ руб.}$$

Бакалавр:

$$Z_m = Z_{tc} * k_p = 14580 * 1,3 = 18954 \text{ руб.}$$

Таким образом ежедневные отчисления составляют:

$$\text{Руководитель} - Z_{дн} = Z_m * 10/249 = 1238 \text{ руб/день}$$

$$\text{Бакалавр} - Z_{дн} = Z_m * 10/249 = 761 \text{ руб/день}$$

4.2.6.1 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 19).

Таблица 19 – Социальные отчисления и дополнительная заработная плата

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			
	Руководитель	Бакалавр		
Руководитель проекта	23720	14580		
Социальные отчисления				
	ПФР (22%)	ФСС (2,9%)	ФОМС (5,1%)	Страхование по классу

				опасности (0,5%)
Руководитель	5218	687	1209	118
Бакалавр	3207	422	743	73

4.7 Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}});$$

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

Расчеты отчислений во внебюджетные фонды занесены в таблицу 20.

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	30836
Бакалавр	18954
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,5
Итого:	30836 рублей

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле:

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

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 21.

Таблица 21 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Выход продукта	0,30	5
2. Чистота получаемого продукта	0,20	4
3. Экологичность	0,10	4
4. Энергосбережение	0,25	4
5. Надежность	0,15	4
ИТОГО	1	

$$I_{p-исп1} = 5*0,25 + 4*0,20 + 4*0,1 + 4*0,2 + 4*0,1 + 5*0,15 = 4,40;$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}} = \frac{4,40}{0,85} = 5,18$$

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Общая характеристика объекта

Установка каталитического риформинга ЛЧ-35-11/1000 предназначена для риформинга бензиновой фракции. Технологический процесс связан с применением и переработкой легко воспламеняющихся, горючих жидкостей, и горючих газов, обладающих токсичными свойствами.

Кроме того, опасность производства обусловлена применением нагрева продуктов, высокими параметрами процесса, наличием высокого напряжения на электродвигателях, способностью продуктов накапливать статическое электричество, их токсическими свойствами, необходимостью обслуживать оборудование на высоте. Процесс относится к вредным для здоровья обслуживающего персонала, так как связан с переработкой и получением продуктов, являющихся токсичными веществами.

К самостоятельной работе на установке каталитического риформинга ЛЧ-35-11/1000 допускаются лица старше 18 лет, прошедшие инструктажи и обучение безопасным приемам и методам работы и прошедшие проверку на допуск к самостоятельной работе по профессии оператора в установленном порядке. Этого требует социальная ответственность рабочих и самого предприятия перед людьми, которые могут пострадать в случае аварии, а также перед окружающей средой.

Рабочим местом оператора технологических установок является помещение операторной, аппаратный двор с оборудованием, коммуникации, органы управления, закрепленная за установкой территория и межобъектовые коммуникации.

Обслуживающий персонал обязан строго соблюдать требования инструкций и нормативных документов, а инженерно-технические работники – осуществлять постоянный контроль, за соблюдением производственной дисциплины.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Наиболее опасными местами на установке соответственно в [27] являются:

а) газовая компрессорная; б) реакторный блок; в) блок технологических печей; г) постаменты воздушных холодильников и насосная сырья и стабилизации; д) места отбора газообразных проб для лабораторных анализов; е) все колодцы промканализации, где возможны скопления паров углеводородов и углеводородных газов.

Наиболее опасными операциями, выполняемыми на установке, являются:

а) пуск горячих насосов; б) загрузка и выгрузка катализатора; в) аварийное освобождение системы.

В процессе работы на работника воздействуют вредные вещества такие как стабильная бензиновая фракция, катализат, диметилдисульфид, углеводородный газ, углеводородный газ, сжиженный газ, изобутанол, тетрахлорметан. Класс их опасности можно посмотреть в [27]. Данные вещества являются наркотическими и оказывают влияние на органы дыхания, влекут головокружение, рвоту, возбуждение и вызывают прочие симптомы. В [28] указаны ПДК в воздухе рабочей зоны всех веществ, которые встречаются при каталитическом риформинге.

5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Основными факторами, создающими опасность, при работе на установке ЛЧ-35-11/1000 и в операторном помещении блока являются:

1. Опасность поражения электрическим током
2. Статическое электричество

3. Пожарная опасность
4. Загрязнения рабочей зоны и неудовлетворительный микроклимат
5. Электромагнитное излучение
6. Недостаточная освещенность

Для обеспечения комфортной работы операторам и обслуживающему персоналу, необходимо провести ряд мероприятий по безопасности труда.

Электробезопасность в соответствии с [29] данным стандартом обеспечивается конструкцией электроустановок: техническими способами и средствами защиты; организационными и техническими мероприятиями. Конструкции электродвигателей используемых на установке изготовлены в исполнении «ВЗГ» и имеют I класс защиты в соответствии с [30] соответствует условиям их эксплуатации и обеспечивает защиту персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями. На установке все оборудование заземлено согласно [31].

Организационные мероприятия включают в себя инструктаж и обучение безопасным методом труда, проверку знаний правил техники безопасности и инструкции.

Основная опасность, создаваемая электризацией различных материалов, состоит в возможности искрового разряда. Электростатическая искробезопасность объектов в соответствии с [32]. Должна обеспечиваться созданием условий предупреждающих возникновение разрядов статического электричества, способных стать источником зажигания объекта или окружающей и проникающей в него среды.

Для предупреждения возможности возникновения опасных искровых разрядов с поверхности образования перерабатываемых продуктов необходимо обеспечивать стекание возникающих зарядов статического электричества. Это достигается применением заземляющих устройств (коллективная защита) согласно [29].

Отвод зарядов заземляющими устройствами – наиболее простое средство защиты от статического электричества. Все металлические и электропроводные неметаллические части технического оборудования заземляются.

Молниезащита сооружений в соответствии с [33], для обеспечения электробезопасности при проектировании электроустановок предусматривается.

Ответственность за выполнение мероприятий по молниезащите, защиты от вторичных проявлений молний и статического электричества в цехе возлагается на начальника цеха, а по заводу (предприятию, организации) - главного энергетика.

В соответствии с [33]: ежегодно перед наступлением грозового сезона необходимо осмотреть состояние наземных элементов молниезащиты (молниеприемников, токоотводов), обращая особое внимание на соединение токоведущих элементов. Осмотр молниезащиты оформляется актом.

Устройство и монтажные требования к заземляющим устройствам должны соответствовать [33].

Все здания и сооружения подразделяются на три категории согласно [34]:

I — производственные здания и сооружения со взрывоопасными помещениями классов В-I и В-II по ПУЭ; здания электростанций и подстанций;

II — другие здания и сооружения со взрывоопасными помещениями, не относимые к I категории;

III — все остальные здания и сооружения, в том числе и пожароопасные помещения.

Процесс риформирования является пожароопасным и взрывоопасным, так как связан с переработкой взрывопожароопасных сред при повышенных температурах и давлениях. Продуктами, определяющими взрывоопасность установки каталитического риформинга, являются водородсодержащий и углеводородный газы, пары углеводородов, которые с кислородом воздуха образуют смеси, взрывающиеся при наличии огня или искры.

В соответствии с [34] категория по взрывопожарной и пожарной опасности для наружных установок – А.

В качестве возможной причины возникновения взрыва может быть разгерметизация оборудования или трубопроводов.

Для обеспечения противопожарной защиты установки предусмотрены следующие мероприятия.

Прекращение горения может быть достигнуто разными способами, а именно:

1. Охлаждение горящего вещества до температуры более низкой, чем температура воспламенения.
2. Прекращение доступа кислорода воздуха.
3. Устранение горящего вещества из среды горения.
4. Химическое торможение процесса горения с помощью специальных веществ.
5. Первичные средства пожаротушения применяются при ликвидации небольших загораний до прибытия пожарной команды.

Все перерабатываемые, получаемые, применяемые на установке нефтепродукты и реагенты по своим физико-химическим свойствам являются пожароопасными, взрывоопасными и вредными веществами. По степени пожарной опасности установка относится к категории "А" [34]. По санитарной характеристике установка относится к группе 3б согласно [35].

5.3 Экологическая безопасность

Защита селитебных территорий и других объектов и зон градостроения от воздействия примесей, поступающих в атмосферу вместе с выбросами предприятий или их подразделений, осуществляется – санитарно-защитными зонами (СЗЗ). Это территории определенной протяженности и ширины, располагающиеся между предприятиями (источниками загрязнения) и граница-

ми зон жилой застройки. Санитарно-защитная зона должна иметь последовательную проработку ее территориальной организации, озеленения и благоустройства на всех этапах разработки всех видов градостроительной документации, проектов строительства, реконструкции и эксплуатации отдельного предприятия и группы предприятий. В соответствии с [36] НПЗ относится к I классу, размер санитарно-защитной зоны составляет 1000 м.

Основными источниками загрязнения атмосферы являются организованные источники (дымовые трубы) и неорганизованные источники (выбросы с установок за счет не герметичности аппаратов, оборудования, от резервуарных парков, очистных сооружений). Загрязнение атмосферного воздуха происходит на всех этапах технологического процесса переработки нефти и ее компонентов.

Источники загрязнений сточных вод:

1. Переработка сернистой нефти и очистка нефтепродуктов щелочами на некоторых установках дает сернисто-щелочные сточные воды высокой концентрации. Отводимый от оборудования паро-водяной конденсат при переработке сернистой нефти загрязняется сульфидами и фенолами.

2. Комплексная переработка нефти и газа для получения синтетических продуктов порождает сточные воды от химических цехов, в составе которых имеются органические кислоты и спирты, фенолы и т.п.

3. Сильно загрязненные сточные воды образуются в процессах обессоливания и обезвоживания.

4. Сточные воды от установок ЭЛОУ отличаются характерным запахом керосина. Производство присадок и автомасел порождает еще более загрязненные стоки.

Сложность очистки стоков от нефтепродуктов заключается в трудностях при удалении эмульгированной нефти, особенно в случае стойкой нефтяной эмульсии.

Технологическое загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами является крайне опасным явлением, угрожающим флоре, фауне и здоровью насе-

ления. Кроме того, существует пожароопасность твердых нефтесодержащих отходов. В результате эксплуатации предприятий происходит загрязнение грунтов. К числу твердых отходов, загрязняющих литосферу, в том числе пожароопасными компонентами, относятся различные химические продукты адсорбенты, не подлежащие регенерации зола и твердые продукты, получающиеся при термической обработке сточных вод различные осадки смолы пыль, образующаяся при очистке выбросов, и др.

В целях уменьшения воздействия на окружающую среду необходимо повышать эффективность функционирования системы экологического менеджмента в соответствии с требованиями [37].

Обеспечивать соответствие производственной деятельности всем нормам и требованиям природоохранного законодательства, корпоративным нормативным требованиям в области природопользования, охраны окружающей среды и экологической безопасности. Снижать негативное воздействие на окружающую среду от всех видов деятельности, продуктов и процессов путем совершенствования существующих и внедрения современных технологий.

Предотвращать и снижать риски загрязнения окружающей среды, связанные с аварийными ситуациями, путем повышения надежности технологического оборудования и уровня автоматизации управления технологическими процессами. Проводить планирование и организацию выпуска новой продукции с использованием лучших экологически безопасных технологий.

Учитывать при осуществлении производственной деятельности пожелания заинтересованных сторон по улучшению экологической обстановки. Все эти меры в соответствии с [38].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В качестве примера происшествия рассмотрим Ачинский НПЗ — одно из ведущих предприятий ТЭК Красноярского края. Завод производит авиационное топливо, дизельное топливо, сжиженные газы, мазут и битумы. Предприятие было приобретено «Роснефтью» в мае 2007 года. 15 июня 2014 года в 23 часа 40 минут Авария на Ачинском нефтеперерабатывающем заводе в Красноярском крае, жертвами которой стали восемь человек. Авария произошла из-за износа оборудования.

Во время проведения пусконаладочных работ на установке газодифракционирования в результате давления на одну из ректификационных колонн, стены которых не соответствовали нормам эксплуатации, произошла разгерметизация шлемовой колонны К-401. Через нее произошла утечка газа, который спровоцировал взрыв работающих печей. Дежурная смена, которая контролировала давление, своевременно не зафиксировала выход из строя контрольных приборов. В результате неисправности в подаче газа падение давления не было зафиксировано специальными датчиками. Приборы противопожарной безопасности также дали сбой.

Причиной аварии стало отсутствие контроля плотности соединений трубопровода при проведении ремонтных работ на установке а также выход из строя контрольно измерительного оборудования.

Отклонения от нормальной работы установки, сопровождающиеся нарушением герметичности оборудования, трубопроводов, большой загазованностью территории, отсутствием сырья, энергоносителей, а также другие возможные случаи, приводящие к загоранию, взрыву, выводу из строя оборудования, требуют аварийной остановки.

Потенциальная опасность технологических блоков, где обращаются взрывопожароопасные продукты, заключается в возможности разгерметизации аппаратов и трубопроводов, проливе горючих жидких продуктов, вы-

бросе парогазовой взрывоопасной среды, что является причиной наиболее часто встречающихся аварий при эксплуатации установок.

В соответствии с [39] при ликвидации аварий и аварийных моментов обслуживающий персонал должен руководствоваться «Планом ликвидации аварийных ситуаций». Необходимость и последовательность остановки оборудования, освобождения трубопроводов, аппаратов определяются старшим по смене (до прибытия руководства установки) в зависимости от вида аварии.

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Обеспечение экологической безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на действии [38]

Законодательство РФ об охране труда состоит из соответствующих норм [50], требований [41] и издаваемых в соответствии с ними законодательных и иных нормативных актов. На федеральном уровне установлено, что в РФ действует система правовых актов, содержащих единые нормативные требования по охране труда.

Для сохранения работоспособности сотрудников проводят мероприятия, такие как:

- В соответствии с [42] проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на работах с вредными веществами. В зависимости от профессии работники проходят периодический медосмотр не реже 1 раза в год.
- В соответствии с [43] каждому работнику лаборатории выдаются средства индивидуальной защиты и смывающие вещества в соответствии с нормами выдачи на 1 работника в месяц.

- Для исключения возможности несчастных случаев должны проводиться обучение и проверка знаний работников требований безопасности труда в соответствии с [44]. Обучение и проверка знаний проводится не реже 1 раза в три года.

Для работы во вредных условиях труда, связанными с агрессивными средами, загрязнениями, повышенными температурами, влажностью рабочим установкам в соответствии с [45] выдается спецодежда, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты, соответствующая требованиям [46].

Для защиты кожи от вредных производственных факторов используется спецодежда. Для защиты ног от механических повреждений, ожогов, агрессивных и загрязняющих веществ и метеорологических факторов применяется спецобувь, подбитая гвоздями, не дающими искр.

Для предохранения кожи открытых частей тела от производственных вредностей необходимо применять защитные мази. Для работы внутри технологического оборудования в обязательном порядке использовать только шланговые противогазы. Каждый противогаз за обслуживающим противогазом закреплен индивидуально.

Стирка спецодежды производится централизованно в прачечной. Запрещается стирать спецодежду легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и сушить на территории установки во избежание отравления и пожара.

В соответствии с нормативно-правовой документацией работникам НПЗ положены льготы и компенсации за вредные и опасные условия труда. Это закреплено [41].

Работникам предоставляются следующие льготы и компенсации:

- устанавливается сокращенная продолжительность рабочего времени - не более 36 часов в неделю;
- предоставляется ежегодный дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день;
- оплата труда работников производится в повышенном размере;

- льготное пенсионное обеспечение, которое выражается в предоставлении пенсии раньше на 5-10 лет, при работе с вредными и особо вредными, тяжелыми и особо тяжелыми условиями труда;

- бесплатная выдача молока и лечебно-профилактического питания.

Нормы и условия бесплатной выдачи молока или других равноценных пищевых продуктов работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, и Нормы бесплатной выдачи равноценных пищевых продуктов, которые могут выдаваться работникам вместо молока, утверждены [47]. Норма бесплатной выдачи молока составляет 0,5 литра за смену независимо от ее продолжительности. Молоко не выдается тем, кто получает бесплатно лечебно-профилактическое питание. На работах с особо вредными условиями труда бесплатно предоставляется по установленным нормам лечебно - профилактическое питание. Лечебно-профилактическое питание выдается в дни фактического выполнения работ, предусмотренных Перечнем, а также в дни болезни с временной утратой трудоспособности (без госпитализации), если заболевание является профессиональным. Система льгот и компенсаций не заменяет комплекс мер по охране труда на предприятии, а только дополняет используемый.

Особое внимание уделяется вопросам контроля, надежности системы и организации рабочего места оператора за дисплеем. Стол (несущая конструкция с горизонтальной рабочей поверхностью) предназначен для организации рабочего места оператора, размещения и электрического объединения средств СМ ЭВМ, не встраиваемых в стойки. Конструктивные модули столов позволяют компоновать их с размерами, которые наиболее полно удовлетворяют требованиям эксплуатации. Организация рабочего места предполагает оптимизацию деятельности человека в системе «человек-машина-среда», с учетом всех факторов и взаимосвязей между ними.

Требования к освещению изложены в [48]. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает возможность нормальной деятельности. Сохранность зрения человека, состояния его нервной системы и

безопасность на производстве в значительной мере зависят от условий освещения. При проектировании освещения необходимо решить следующие вопросы:

1. Выбор системы освещения;
2. Тип источника света;
3. определение мощности источника света;
4. Выбор типа светильника;

Количественные и качественные показатели искусственного освещения определяют согласно действующим нормам.

По задачам зрительной работы лаборатория относится к помещениям группы I в соответствии с [48].

Примем значение нормируемой освещенности для средней точности IV разряд 300 лк.

Источником света являются люминесцентные лампы. Основным достоинством люминесцентных ламп их высокая светоодача, до 75 лм/Вт и срок службы до 10000 ч, хорошая цветопередача, низкая температура. Хотя они дорогие, требуют специалистов для их обслуживания, имеют сложную пусковую аппаратуру, иногда шумят, мигают, при их утилизации возникают проблемы.

Микроклимат рабочей зоны в операторном помещении определяется следующими параметрами:

1. Температура воздуха, °С;
2. Относительная влажность, %;
3. Атмосферное давление, мм. рт. ст.;
4. Скорость движения воздуха на рабочем месте, м/с.

В соответствии с [49] устанавливаются оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. В операторной допустимые параметры: температура 19-25 °С, относительная влажность до 75%, скорость движения воздуха в помещении не более 0,2 м/с, а нормальное атмосферное давление 760 мм.рт.ст.

Требования к предельно допустимым уровням шума на рабочем месте изложены в [50].

На установке использованы следующие методы защиты от шума:

- для обслуживающего персонала предусмотрено отдельное помещение;
- венткамеры вынесены в отдельное помещение;
- вентиляторы установлены на виброизолирующие опоры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был изучен литературный обзор об оптимизации процесса, повышении эффективности оборудования, замена катализатора каталитического риформинга и разработка моделирующих систем.

Мониторинг установки показал, что за время рабочего цикла промышленного катализатора наблюдается, постепенное снижение активности катализатора на 0,05 отн.ед. Коксоотложение изменяется в пределах от 0,15 до 0,72 % мас. за два месяца его эксплуатации. Следовательно, будут снижены затраты на восстановление катализатора, а срок его службы увеличится. В течение цикла идет контроль качества получаемого риформата, об этом говорит уменьшение выхода продукта на 0,45%.

Из мониторинга можно заключить, что катализатор работает стабильно и процесс каталитического риформинга эффективен.

Провели исследование эффективности промышленного катализатора, сравнив текущую и оптимальную активность 10 и 11 цикла. Так как большое отклонение текущей активности от оптимальной, приведет к производству меньшего количества продукции требуемого качества, требуется поддерживать оптимальный технологический режим или максимально к нему приближенный.

Изучили влияние состава поступающего сырья, на работу катализатора, которое имеет большое влияние на весь процесс риформинга и готовый продукт. Некоторые углеводороды в сырье сильнее воздействуют на изменение октанового числа в готовом бензине.

С использованием компьютерной моделирующей системы, провели анализ прогнозируемых результатов. Для производства бензина заданного качества с октановым числом 96, со временем требуется постепенно поднимать температуру, что будет способствовать коксообразованию, а это приведет к уменьшению межрегенерационного цикла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков В.А., Вонский Е.В., Кузнецова Г.И. «Выдающиеся химики мира» - М.: ВШ, 1991 – С. 656
2. Сулимов А.Д. «Каталитический риформинг бензинов»- Москва: «Химия» - 1973 – С. 152
3. Алиев Р.Р. «Катализаторы и процессы переработки нефти»- М: 2010. — С. 398
4. Маслянский Г.Н., Шапиро Р.Н. «Каталитический риформинг бензинов» - Ленинград: «Химия» - 1985 - С. 221
5. Кравцов А.В., Иванчина Э.Д., Галушин С.А., Полубоярцев Д.С. «Системный анализ и повышение эффективности нефтеперерабатывающих производств методом математического моделирования» - Томск: Изд-во «ТПУ» - 2004 – С. 170
6. Ластокин Г.А. «Промышленные установки каталитического риформинга». – 1984 – С. 231
7. Кондрашева Н.К., Кондрашев Д.О., Абдульменев К.Г. – «Технологические расчеты и теория каталитического риформинга бензина» - Уфа: Изд. «Монография»-2008 - С. 160
8. Гуреев А.А., Жоров Ю.М., Смидович Е.В. – «Производство высокооктановых бензинов» - Москва: «Химия» - 1981 – С. 221
9. Русановский Е.С. – «Установка каталитического риформинга» - Москва: «Химия» - 1975 – С. 79
10. Каталог «АЗК и ОС». – Ангарск – 2011 – С. 71
11. Э-Хим [электронный ресурс] – 2008 – 2014 – Режим доступа: <http://e-him.ru/?article=913&page=dynamic§ion=13>
12. Имашев У.Б., Тюрин А.А., Удалова Е.А. Особенности развития процесса каталитического риформинга в России // Башкирский химический журнал. – 2009. - №4 – с. 184 – 186.

13. Рахматуллин А.Р., Ахметов А.Ф., Нурмухаметова Э.Р. Получение автомобильных бензинов с пониженным содержанием ароматических компонентов // Переработка. Нефтехимия. – 2014. - №2 – с. 106 – 112
14. Чеканцев Н.В., Иванчина Э.Д., Чузлов В.А., Куртуков В.А. Оптимизация состава перерабатываемого сырья на установках каталитического риформинга бензинов и изомеризации пентан-гексановой фракции с использованием комплексной математической модели «HYSYS ISOMER ACTIV» // Фундаментальные исследования. – 2013. - №8 – с. 766 – 772
15. Тюрин А.А., Удалова Е.А. Современные методы снижения содержания бензола в составе моторных топлив // Башкирский химический журнал. – 2013. - №2 – с. 144 – 147
16. Щетинин В.С., Бариев Д.Б. Повышение эффективности распределения потока в реакторе каталитического риформинга // Современные наукоемкие технологии. – 2013. - №11 – с. 124 – 125
17. Положаенко С.А., Григоренко Ю.В. Система управления трубчатой печью установки каталитического риформинга высокооктановых бензинов // Электромашиностроение и электрооборудование. – 2010. - №75 – с. 62 – 67
18. Белый А.С. Современное состояние, перспективы развития процесса и катализаторов риформинга бензиновых фракций нефти // Катализаторы риформинга бензиновых фракций. – 2014. - №5. – с. 23 – 28
19. Гынгазова М.С., Чеканцев Н., Короленко М.В., Иванчина Э.Д., Кравцов А.В. Оптимизация кратности циркуляции катализатора в реакторе риформинга с действующим зернистым слоем сочетанием натурального и вычислительного экспериментов // Инженерные проблемы. Эксплуатация и производство. – 2012. - №2. – с. 35 – 41
20. Иванов С.Ю., Занин И.К., Ивашкина Е.Н., Иванчина Э.Д., Кравцов А.В. Моделирование процесса регенерации Pt-катализатора риформинга

- бензинов и дегидрирования высших парафинов // Известия Томского политехнического университета. – 2011. - №3 – с. 96 – 99
21. Зыкин А.А., Плисенко И.А. Техничко-экономический анализ ООО «АНХК» НПЗ 11 цех установка 35/11-1000 // Экономика и современный менеджмент: теория и практика. – 2016. - №60 – с. 103 – 107
22. Шакунин А.Н., Фёдорова М.Л. Эффективность различных типов катализаторов и технологий изомеризации легких бензиновых фракций // Катализ в промышленности. – 2014. - №5 – с. 29 – 37
23. Петелько Ю.С., Леденев С.М. Вариант совершенствования установки риформинга бензиновых фракций ПР-22-35-11/1000 // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. - №7 – с. 135 – 136
24. Каракулов А.Г., Шарова Е.С., Иванчина Э.Д., Сваровский А.Я., Кульбов Д.А. Мониторинг установки каталитического риформинга бензинов Ачинского НПЗ с использованием компьютерной моделирующей системы // Известия Томского политехнического университета. – 2013. - №3 – с. 32 – 34
25. Иванчина Э.Д., Дериглазов В.В., Занин И.К. Повышение технико-экономической эффективности каталитического риформинга с использованием компьютерной моделирующей системы // Известия Томского политехнического университета. – 2011. - №3 – с. 105 – 109
26. Дериглазов В.В., Иванчина Э.Д., Фалеев С.А. Ресурсоэффективности применения компьютерных моделирующих систем для промышленного мониторинга работы установок каталитического риформинга бензинов // Вестник науки Сибири. – 2012. - №1(2) – с. 59 – 64
27. Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 01.05.2016) О специальной оценке условий труда;
28. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны гигиенические нормативы;
29. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности 123-ФЗ от 22 июля 2008 года

- 30.ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности;
- 31.Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24.07.2013 N 328н Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок;
- 32.ГОСТ 31613-2012 "Электростатическая искробезопасность. Общие технические требования и методы испытаний"
- 33.СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций;
- 34.СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1)
- 35.СП 44.13330.2011 Свод правил СНиП 2.09.04-87 Административные и бытовые здания;
36. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов;
37. ГОСТ Р ИСО 14001-2007. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению;
38. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 05.04.2016) Об охране окружающей среды;
39. ГОСТ Р 55201-2012 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Порядок разработки перечня мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при проектировании объектов капитального строительства;
40. Конституция Российской Федерации" (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ)

41. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.12.2015);
42. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития России) от 12 апреля 2011 г. N 302н г. Москва Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда;
43. Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением;
44. ГОСТ 12.0.004-90 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения;
45. Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н "Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением;
46. Технический регламент о безопасности средств индивидуальной защиты (утв. постановлением правительства РФ от 24 декабря 2009 г. № 1213)

47. ПРИКАЗ Минздравсоцразвития России от 16 февраля 2009 года N 45н Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов, Порядка осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов, и Перечня вредных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов (с изменениями на 20 февраля 2014 года);
48. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение;
49. ГОСТ 12.1.005-88: Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
50. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;