

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Кафедра: ХТТ и ХК

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование процесса компаундирования высокооктановых бензинов

УДК 665.73.063.8:004.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К31	Касьянова Ольга Андреевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Учетная степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Долганов Игорь Михайлович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Учетная степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Учетная степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры ЭБЖ	Немцова Ольга Андреевна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Учетная степень, звание	Подпись	Дата
ХТТ и ХК	Юрьев Егор Михайлович	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ООП 18.03.02)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,14,16,17,18), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ПК-4,5,8,11 ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
P4	Проектировать и использовать энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-1,4,5,19-22, ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,7,10,12,13,14,17 ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P8	Самостоятельно учиться непрерывно повышать квалификацию течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11), Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии»
Кафедра: ХТТ и ХК

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Юрьев Е. М.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2К31	Касьянова Ольга Андреевна

Тема работы:

Математическое моделирование процесса низкотемпературной сепарации	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	31.01.2017 г., № 418/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25 мая 2017 г.
--	----------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом исследования является процесс компаундирования товарных бензинов.
---	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1) Введение: актуальность проблемы оптимизации процесса смешения товарных бензинов. 2) Аналитический обзор: Технологии подготовки бензина. Требования к готовой продукции. 3) Экспериментальная часть: Определение оптимальной рецептуры с точки зрения экономической эффективности и требований. Выявление зависимости потоков рецептуры бензина от ароматики и бензола. Актуализация цен, расчет прибыли от реализации. 4) Результаты и их обсуждение. 5) Заключение. 6) Список используемой литературы.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Результаты исследований (таблицы, графики).
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г., к.э.н., доцент кафедры менеджмента
Социальная ответственность	Немцова О.А., -
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2017 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТТ и ХК	Долганов И.М.			10.02.2017

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К31	Касьянова Ольга Андреевна		10.02.2017

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К31	Касьяновой Ольге Андреевне

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Химической технологии топлива и
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Энерго- и ресурсосберегаю щие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является автоматическая станция процесса смешения бензинов. Помещения операторской оборудуются освещением, устройствами для кондиционирования воздуха, устройствами сигнализации. В сложных условиях контроля и управления технологическим процессом на панели смонтирована пневмоническая схема контролируемого объекта. Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.	1.1 Вредные и опасные факторы, которые может создать объект исследования 1. Утечка токсичных и вредных веществ таких, как: - Бензол нефтяной - МТБЭ - Изопентан - Толуол - Бензин топливный 2. Повышенный уровень шума и вибрации; 3. Недостаточная освещённость рабочей зоны.
2. Экологическая безопасность: — анализ воздействия объекта на	Основными загрязнителями атмосферы на производстве являются: - компоненты бензинов;

атмосферу (выбросы); — анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).	- толуол; - бензол; - МТБЭ; - товарные бензины; Повышения экологической безопасности можно достигнуть путем снижения и контроля выбросов во время эксплуатации за счет использования улучшенных фильтрационных и очистительных сооружений.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 3.1. Анализ возможных чрезвычайных ситуаций при работе в лаборатории Мероприятия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций	3.Вероятные чрезвычайные ситуации. Мероприятия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций: Возникновение ЧС, требующих обеспечение электро- и пожаровзрывобезопасности на рабочем месте. Перечень возможных ЧС : - пожар; - взрыв; - розлив продуктов/компонентов производства; Для обеспечения безопасной эксплуатации установки предусмотрена рациональная. Технологическая схема с комплексной автоматизацией технологического процесса, позволяющая обеспечить его непрерывность и стабильную работу оборудования. Предусмотрено отключение электрооборудования со щита операторной. ГОСТ Р 22.3.03-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения»
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации. Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами. Для снижения вредного воздействия химических факторов работникам производства выдается молоко питьевое в количестве 0,5 литра за смену для выведения из организма токсических веществ.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К31	Касьянова Ольга Андреевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 93 с., 28 рис., 27 табл., 64 источника.

Ключевые слова: компаундирование, смешение бензинов, товарный бензин, компьютерная моделирующая система. Объектом исследования является процесс компаундирования товарных бензинов. Цель работы – оптимизация процесса компаундирования товарного бензина с использованием компьютерной моделирующей системы «Compounding». Разработаны рецептуры бензинов с октановыми числами 95 и 98, с содержанием некондиционного продукта 50% масс. и рассчитана их себестоимость. Были актуализированы цены на бензин и рассчитана прибыль от реализации. В экономической части рассчитана материальные затраты, временные показатели проведения работ, трудоемкость выполненных работ. Полученные результаты могут использоваться в целях повышения эффективности процесса компаундирования товарных бензинов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	12
1. Технологии для получения компонентов бензинов	13
1.1 Компонентный состав автомобильных бензинов	13
1.2 Каталитический крекинг	14
1.3 Катализаторы крекинга.....	15
1.4 Основы управления процессом.....	16
1.5 Установка со стационарным(неподвижным)слоем катализатора	17
1.6 Продукты каталитического крекинга	18
1.7 Каталитический риформинг	19
1.8 Технология риформинга со стационарным слоем катализатора	19
1.9 Аппаратура и оборудование установок каталитического риформинга	22
1.10 Гидрокрекинг	25
1.11 Изомеризация легких алканов.....	28
2. Технологии смешения и производства на территории России и за рубежом ..	33
2.1 Технология смешения бензинов.....	33
2.2 Пути производства высокооктановых бензинов	34
3. Предъявляемые требования к готовой продукции	38
4. Практическая часть.....	40
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	52
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	52
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	52
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	53
5.1.3 SWOT-анализ	55
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	56

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	56
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	59
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	59
5.2.4. Бюджет научно-технического исследования.....	61
5.2.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	61
5.2.4.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	63
5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	63
5.2.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей системы	65
5.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	65
5.2.4.5 Расчет затрат на научные и производственные командировки	66
5.2.4.6 Контрагентные расходы	66
5.2.4.7 Накладные расходы.....	66
5.2.4.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	66
5.2.4.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	67
6. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	68
4.1 Производственная безопасность.....	71
4.2. Анализ вредных веществ.	72
4.2.1. Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу.....	72
4.2.2.Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте	75
4.2.3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	76
4.3 Анализ опасных факторов	77
4.3.1 Движущиеся части машин и механизмов	77
4.3.2 Электробезопасность	78
4.4 Охрана окружающей среды.....	81
4.4.1 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82
4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	84

Заключение	86
Список использованных источников	87
Приложение А	91
Приложение Б.....	93

Введение

На современном этапе развития, одной из основных задач нефтеперерабатывающей промышленности, является повышение качества выпускаемых нефтепродуктов и повышение эффективности переработки нефти. К важнейшему решению этих задач относится автоматизация и управление процессами компаундирования.

Компаундирование – процесс основополагающий и завершающий процесс по формированию качества и количества товарной продукции. Разные объемы компонентов, представляющие собой полупродукты первичной и вторичной переработок нефти, поступают на смешение. Процесс компаундирования требует соблюдения жестких норм к качеству товарной продукции - бензинов. В целях избегания выхода некондиционных партий, выпускаются нефтепродукты с показателями качества, превышающими необходимые требования ГОСТа (запас качеств). Это приводит к увеличению использования дорогостоящих и высококачественных компонентов.

Целью данной работы является оптимизация процесса компаундирования с использованием компьютерной моделирующей системы «Compaunding», разработанной на кафедре ХТТ и ХК Томского политехнического университета. Данная программа позволяет учитывать межмолекулярное взаимодействие углеводородов в процессе компаундирования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Подобрать рецептуры для бензинов Премиум-95 и Супер-98;
- Выявить наиболее оптимальную рецептуру с учетом требований к бензинам, экономической эффективности и некондиции;
- Рассчитать прибыль от реализации бензина Премиум-95 и Супер-98.

Полученные результаты могут использоваться в целях повышения эффективности процесса компаундирования товарных бензинов.

1. Технологии для получения компонентов бензинов

1.1 Компонентный состав автомобильных бензинов

Согласно составу бензины представляют собой смесь компонентов, получаемых вследствие работы разных технологических процессов процесс, таким как: каталитический риформинг, прямая атмосферная перегонка нефти, гидрокрекинг, изомеризация прямогонных фракций, каталитический крекинг, процесс алкилирования, висбрекинг, ароматизация термического крекинга, коксование и др.

Состав бензина зависит от марки, а также определяется в зависимости от технологических установок нефтеперерабатывающего завода. При получении товарных бензинов в основном вовлекаются низкооктановый компоненты: 26%- прямогонных фракций, 7%-бутанов и изоалканов, 6%-рафинатов и небольшое количество высокооктановых фракций 0,5% алкилата, 0,2%-кислородных соединений. Доля компонентов каталитического риформинга и каталитического крекинга составляют 50% и 100% , но влияют они на качество товарных бензинов неоднозначно, октановое число повышается, но неблагоприятное воздействие на окружающую среду увеличивается, в связи с увеличением содержания бензола, олефинов и ароматических углеводородов.

При производстве высокооктановых бензинов используются такие компоненты как изопентан, толуол, алкилбензин и изооктан. Бензины АИ-98 в основном получают с добавлением метилтретбутилового эфира (МТБЭ), кислородсодержащих компонентов [3].

На установке крекинга образуется много газообразных углеводородов. Для того чтобы легкие углеводороды превратить в компонент бензина, нужно произвести процесс алкилирования. На установке алкилирования процесс сернокислотного алкилирования проходит при температуре от 0 до 10°C и от 25 до 30°C фтороводородное алкилирование, для этого требуется предварительное охлаждение реактора. Следовательно, в качестве

катализаторов используется серная и фтороводородная кислота. В конечном итоге получаем продукт с октановым числом равным приблизительно 95.

1.2 Каталитический крекинг

Благодаря процессу каталитического крекинга, получают жирные непредельные углеводородные газы из вакуумных газойлей и высокооктановые компоненты автомобильного бензина.

Бензин каталитического крекинга имеет хорошие антидетонационные характеристики. Октановое число бензина с к.к. = 195 (по моторному методу) равно 80-85.

Фракции C3 и C4 (газы) служат сырьем процесса алкилирования, производства МТБЭ и продуктов нефтехимии. Кроме того, каталитический крекинг является вторым процессом после пиролиза, в ходе которого получают в промышленных количествах пропилен, что позволяет отнести каталитический крекинг к процессу двойного назначения - получению высокооктанового компонента бензина или получению пропилена.

Важнейшие химические реакции протекающие в температурных условиях:

- изомеризация соединений;
- перераспределение алкильных заместителей в ароматических компонентах;
- перераспределение водорода в ненасыщенных структурах;
- полимеризация ненасыщенных соединений;
- конденсация молекул;
- крекинг парафиновых соединений с уменьшением их молекулярной массы;
- крекинг нафтеновых структур с образованием олефиновых;
- деалкилирование алкилароматических компонентов;
- крекинг олефиновых соединений с уменьшением их молекулярной массы [4].

1.3 Катализаторы крекинга

На установках каталитического крекинга сегодня используется цеолитсодержащие алюмосиликатные катализаторы, в которые введены различные оксиды металлов, улучшающие их свойства. Формула катализатора крекинга $Me_2nO \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$, где n - валентность катиона металла, x - мольное отношение содержания оксида кремния к содержанию оксида алюминия (Al_2O_3/SiO_2), y - число молей воды. Катализатор состоит из кристаллического (цеолита) и аморфного алюмосиликата. Содержание цеолита варьируют от 15 до 25% (мас.), аморфного алюмосиликата от 75 до 85% (мас.).

Активность катализатора крекинга определяют выходом целевого продукта - высокооктановой бензиновой фракции. Под селективностью же катализатора понимают отношение выхода этой фракции к глубине превращения сырья.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика катализаторов крекинга российского и зарубежного производства

Показатель	Brillinat (Grace Davison)	LS-60P (Engelhard, BASF)	КЦМ-99 (“Газпром- нефть”)	Cobra 44 (Albermarle)
Выход бензина, % (мас.)	52 - 53	52 - 53	52 - 52,5	52 - 53
Октановое число бензина:				
ИОЧ	90,5	92,0	92,0	1,5
МОЧ	79,5	81,0	80,5	80,5
Выход кокса, % (мас.)	4,6 - 4,8	4,2 - 4,5	4,4-4,5	4,4 - 4,5
Расход катализатора, кг/т сырья	0,35	0,25 - 0,4	0,4	0,4
Химический состав, % (мас.):				
оксид натрия	0,2 - 0,25	0,2 - 0,25	0,35 - 0,45	0,3 - 0,35
оксид алюминия	48	46	32	45
оксиды РЗЭ*	2,2	1,8	2,5	1,8
Содержание цеолита, % (мас.)	22	22	17	22
Насыпная плотность, кг/м ³	780	920	720	760
Средний размер частиц, мкм	71	72	72	72

*РЗЭ – редкоземельные элементы

1.4 Основы управления процессом

К числу переменных параметров, позволяющих регулировать протекание процесса, относят, наряду с показателями качества сырья и катализаторов, значения теплового эффекта реакции, температуры, давления, времени контакта катализатора и сырья, объемной скорости подачи сырья и кратности циркуляции катализатора.

Тепловой эффект. Как и при термическом крекинге, тепловой эффект каталитического крекинга расценивают как суммарный эффект реакций разложения и уплотнения. Понятно, что цеолитсодержащим катализаторам присуще ускорение реакций изомеризации, протекающих с выделением теплоты. Значение суммарного теплового эффекта зависит от состава сырья, глубины его переработки, катализатора и режима процесса. Практический расчет теплового эффекта процесса осуществляют с использованием закона Гесса - по разности теплоты сгорания продуктов крекинга и сырья.

Температуру процесса каталитического крекинга варьируют от 450°C до 530°C в зависимости от типа катализатора и схемы реакторно-регенераторного блока. Рост температуры способствует ускорению протекания реакций распада (газообразованию). Выход кокса с повышением температуры сначала падает, что связано с улучшением условий испарения и десорбции промежуточных продуктов уплотнения с поверхности катализатора и их уносом из реактора, а затем растет, что обусловлено ускорением скоростей реакций конденсации. Выход бензина с увеличением температуры крекинга сначала возрастает, а затем падает (при высокой температуре идет повышенное газообразование). Температура также способствует росту октанового числа бензина.

Давление в реакторе составляет от 0,13 до 0,28 МПа в зависимости от технологического режима и типа установки. Рост давления снижает выход бензина, уменьшает выход газов C_1 - C_3 , а также суммарное содержание олефиновых и ароматических углеводородов в продуктах каталитического крекинга [5].

1.5 Установка со стационарным (неподвижным) слоем катализатора

Технология была разработана в промышленном варианте в 1936 американским исследователем Э. Гудри. В качестве катализатора использовали природные мины, сырьем была керосиногазойлевая фракция. Процесс проводили при 450 °С и атмосферном давлении в неподвижном слое катализатора; в реакторе проводили и процесс каталитического крекинга, и регенерацию.

На рисунке представлена технологическая схема этой установки.

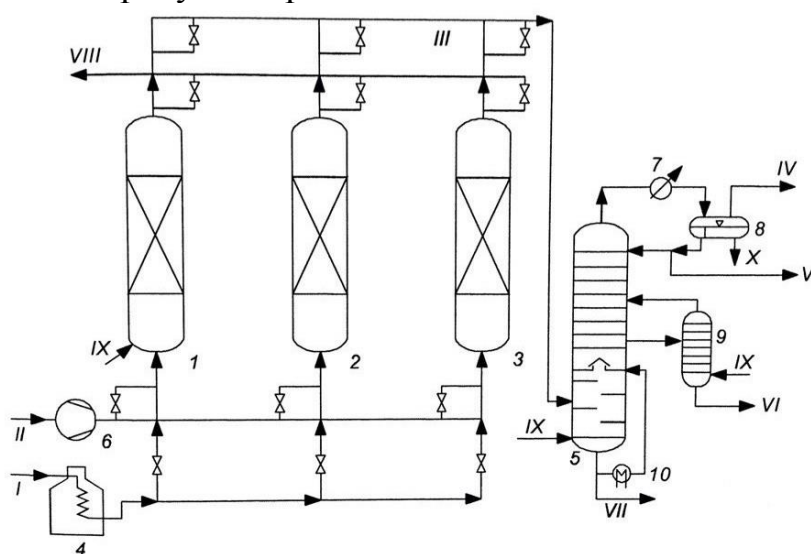


Рисунок 1. Принципиальная схема установки каталитического крекинга со стационарным слоем катализатора:

1-3-реакторы; 4 - печь, 5 - ректификационная колонна; 6 - воздушная подушка; 7 - холодильник; 8 - газосепаратор; 9 - отпарная колонна; 10 - парогенератор; I - сырье; II -воздух; III-газопродуктовая смесь; IV - углеводородный газ; V - бензин; VI - легкий газойль, VII - тяжелый газойль; VIII - дымовые газы, IX - пар; X - вода.

Сырье нагревают в печи 4 и направляют далее в реактор 1 , где идет процесс крекинга в слое катализатора. Время реакции 30 мин, газопродуктовая смесь с верха реактора выводится в колонну 5. Затем ввод сырья прекращается и в реактор 1 вводят пар и воздух и при температуре 500-600°С идет регенерация катализатора. Дымовые газы выходят также с верха реактора. В это время в реакторе 2 проводят процесс каталитического крекинга. После окончания каталитического крекинга в реакторе 2 идет регенерация, а в реакторе 3 - процесс крекинга. После крекинга в реакторе 3 проводят регенерацию катализатора. В реакторе 1 снова начинают

реакционный процесс. Верх реактора переключается то на газопродуктовую смесь, то на выпуск дымовых газов. Так как реакторы работают периодически и в каждом из них проводят реакцию и регенерацию, то в ректификационную колонну 5 газопродуктовая смесь поступает непрерывно. Из колонны отбирают газы, бензин, легкий и тяжелый газойль. Бензин каталитического крекинга имеет октановое число не менее 80 по моторному методу.

В настоящее время в промышленности эти установки не применяют, так как технологии с отдельными реактором и регенератором оказались наиболее эффективными.

1.6 Продукты каталитического крекинга

В процессе каталитического крекинга получают углеводородный газ, жидкие продукты и кокс, отлагающийся на поверхности катализатора. В газе преобладают тяжелые (жирные) углеводороды, в основном C_4 , среди которых много изобутана и бутиленов.

Существенное значение при проведении процесса имеют выходы пропилена (сырьё для алкилирования и процессов нефтехимии), изобутана и суммы бутиленов.

Бензин каталитического крекинга (C_5 -205 °C) содержит большое количество алкенов [до 35% (мас.)] и аренов [до 25% (мас.)]. Его октановое число составляет 89-94 (ИОЧ) или -80-85 (МОЧ) пунктов. Легкий газойль каталитического крекинга богат аренами, поэтому использовать его в качестве компонента товарного дизельного топлива без предварительного глубокого гидрирования затруднительно. Без предварительного облагораживания его применяют только в качестве компонента печного или котельного топлив [7].

Тяжелый газойль также богат аренами и представляет собой ценное сырьё для получения технического углерода. Кроме того, он может быть использован в качестве сырья для получения электродного кокса на УЗК. Кокс при каталитическом крекинге является побочным продуктом и в

процессе регенерации его выжигают с поверхности катализатора, что существенно влияет на тепловой баланс процесса.

1.7 Каталитический риформинг

Каталитический риформинг - один из самых распространенных и крупнотоннажных процессов нефтепереработки, предназначенный для производства из низкооктановой бензиновой фракции высокоароматизированных дистиллятов, используемых или в качестве высокооктанового компонента товарного автобензина, или для выделения из них индивидуальных аренов: бензола, толуола, ксилолов.

Преимущество технологии риформинга состоит в том, что образующийся риформат не содержит сернистых, непредельных и азотистых соединений, имеет высокое октановое число, которое определено повышенным содержанием в нем [50% (мас) и выше] аренов. Риформат содержит до 3- 5% (мас.) нежелательного с экологической точки зрения бензола.

Другое важное достоинство процесса - образование дешевого водородсодержащего газа, необходимого для проведения термогидрокаталитических процессов нефте- и газопереработки.

1.8 Технология риформинга со стационарным слоем катализатора

Производственно-технологический комплекс процесса риформирования бензиновых фракций на стационарном слое катализатора включает, Как правило, три основные стадии:

- гидроочистку бензиновой фракции (стадия подготовки сырья);
- каталитический риформинг (основной физико-химический процесс);
- стабилизацию риформата (первый процесс на стадии получения товарной продукции).

Принципиальная схема промышленной установки риформинга

приведена на рис.2:

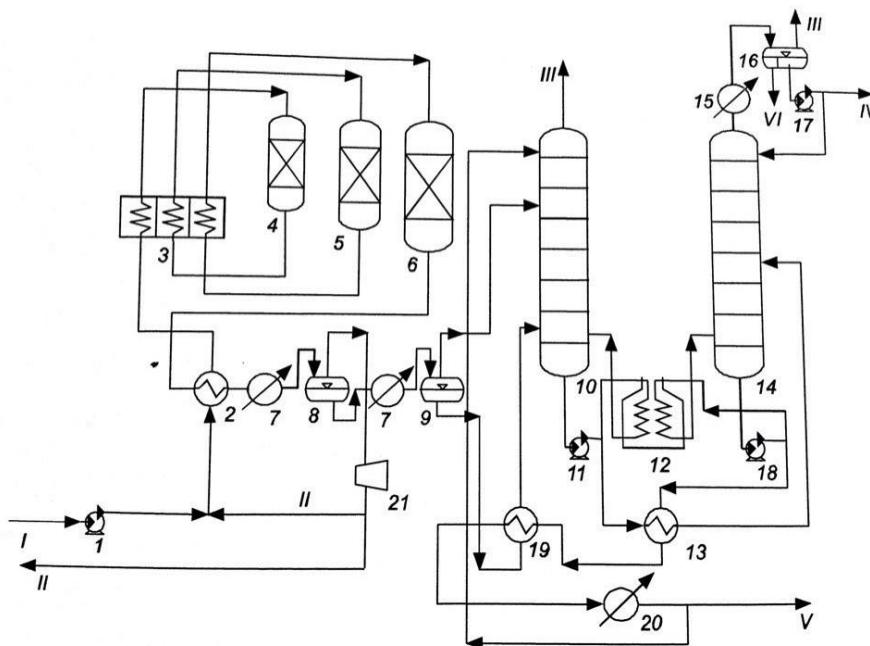


Рисунок 2. Принципиальная схема установки риформинга со стационарным слоем катализатора:

1, 11, 17, 18 - насосы; 2, 13, 19 - теплообменники; 3 - многосекционная печь; 4-6 - реакторы, 7, 15, 20 - холодильники; 8, 9 сепараторы; 10, 14 - колонны; 12 - печь, 16 - емкость; 21 - компрессор; I - гидроочищенный низкооктановый бензин; II - водородсодержащий газ, III - сухой углеводородный газ; IV - смесь сжиженного газа и легкого риформата; V - стабильный риформат; VI - конденсат

Гидроочищенный бензин после насоса 1 с объемной скоростью $-1,5\text{ч}^{-1}$ проходит очистку от механических примесей на фильтрах, работающих поочередно и установленных перед теплообменником 2 (фильтры на схеме не показаны). Циркуляционный водородсодержащий газ риформинга из сепаратора 8 после компрессора 21 поступает на смешение с гидроочищенным бензином в теплообменник 2. Далее нагретая газосырьевая смесь вводится в змеевик конвекционной камеры печи 3, где происходит ее предварительный нагрев за счет тепла уходящих дымовых газов, покидающих камеры радиации. Перед каждым из реакторов 5, 6 сырье нагревают в одной из секций печи 3 для компенсации эндотермического эффекта протекающих реакций. С целью обеспечения равной конверсии по реакторам и уменьшения коксообразования три реактора нагружают катализатором в соотношении 1:2:4 или 1:3:8.

Температура в реакторах составляет 490-510 °С и она возрастает по мере закоксовывания катализатора для поддержания конверсии на прежнем уровне.

Кратность циркуляции ВСГ поддерживают на 900-1500 м³ ВСГ на 1 м³ сырья. Такая большая кратность нужна для того, чтобы поддерживать в системе высокое парциальное давление водорода и тем самым подавлять побочные реакции уплотнения. Рабочий цикл установки составляет от 12 до 24 мес. между двумя регенерациями катализатора.

Газопродуктовую смесь из реактора 6 охлаждают сначала в продуктовом теплообменнике 2 до температуры 170 °С, затем в воздушном холодильнике 7, после чего направляют в сепаратор высокого давления 8, где происходит разделение газожидкостной смеси. Жидкую фазу сепаратора 8(нестабильный катализат) закачивают в сепаратор низкого давления 9, где из катализата выделяют углеводородный газ. Нестабильный катализат и углеводородный газ подают в колонну 10, где проводят деэтаннизацию нестабильного катализата, затем его нагревают в теплообменнике 13 и направляют в стабилизационную колонну 14. Верхний продукт с температурой не выше 80°С проходит сдвоенный конденсатор-холодильник 15 и поступает в емкость орошения 16.

Для регулирования температурного режима верха колонны 14 из емкости 16 часть смеси сжиженного газа и легкого риформата насосом 17 подают на орошение колонны 14. Сброс сухого углеводородного газа с колонн 10 и 14 направляют в топливную сеть установки. Стабильный риформат из нижней части колонны 14 проходит через теплообменники 13 и 19, воздушный холодильник 20 и под собственным давлением его откачивают с установки.

Температуру низа колонн 14 и 10 поддерживают с помощью циркуляции части нижнего продукта соответственно насосами 18 и 11 через нагревательную печь 12. Многосекционная печь 3 работает на смешанном топливе.

В целях сохранения высокой активности катализатора каталитического риформинга при регенерации и пуске необходимо добавлять дополнительные реагенты. Схема подачи хлоридов и воды предусмотрена при нормальной эксплуатации.

Целью подачи хлоридов (дихлорэтана) является поддержание активности кислотности в структуре катализатора. перераспределению хлоридов во всем слое катализатора способствует подаваемая вода. Во время процесса постоянно подают дихлорэтан с помощью насоса в гидрогенизатор перед теплообменником 2 в количестве от 0,5 до 5 ppm. После регенерации катализатора дихлорэтан закачивают насосами перед реакторами 4-6.

Сухой газ направляют в топливную сеть завода, на установку пиролиза или на производство водорода. Стабильную головку, представляющую собой смесь водорода пропана, бутана и изобутана, подвергают фракционированию для использования в качестве нефтехимического сырья. Средняя мощность установок риформинга 1,0-2,0 млн т/год, за рубежом существуют установки единичной мощности 2,7 млн т/год в России 0,3-2,0 млн т/год [4].

1.9 Аппаратура и оборудование установок каталитического риформинга

Реактор-это цилиндрический аппарат, выполненный из стали. В верхней его части расположен штуцер для ввода газосырьевой смеси. Применяют реакторы как с аксиальным (осевым) вводом газосырьевой смеси, так и с радиальным вводом. В случае осевого ввода сырье входит через штуцер 5, проходит через катализатор сверху вниз и выходит через нижний штуцер 6 (рис.а).

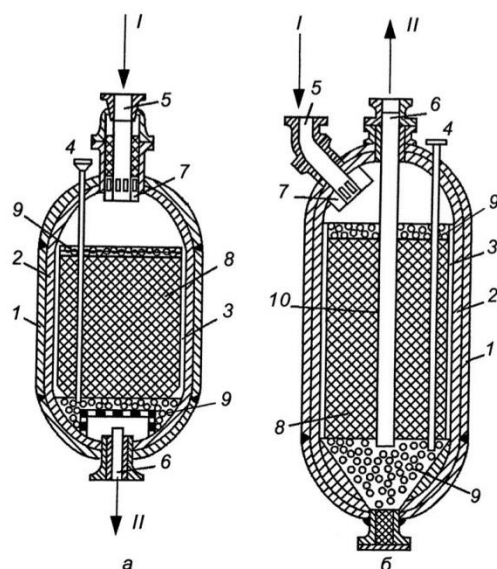


Рисунок 3. Схемы реакторов риформинга с аксиальным (а) и с радиальным (б) вводом газосырьевой смеси:

1 - корпус, 2 - футеровка; 3 - перфорированный стакан с сеткой, штуцеры: 4 - для термпары; 5 - для ввода газосырьевой смеси; 6 - для вывода газопродуктовой смеси; 7 - распределитель; 8 - катализатор, 9 - фарфоровые шары, 10 - перфорированная труба с сеткой; I - газосырьевая смесь; II- газопродуктовая смесь

Входной штуцер 5 снабжен устройством 7 для равномерного распределения потока по всему сечению аппарата. В случае радиального ввода (рис б) от штуцера 6 вниз по центру аппарата проходит перфорированная труба, конец которой заглушен. Через катализатор от стенок аппарата к центру по радиусам направляют поток газа и сырья. Реакторы с радиальным вводом обладают значительно меньшим гидравлическим сопротивлением, в отличие от реакторов с аксиальным вводом. В основном первым по ходу сырья устанавливают реактор с аксиальным вводом, чтобы задержать в верхнем слое катализатора продукты коррозии. Остальные реакторы имеют радиальный ввод в целях снижения общего гидравлического сопротивления системы реакторного блока. Водород при 525 °С и 2-4 МПа вызывает водородную коррозию металла, поэтому изнутри металлическая стенка корпуса реактора 1 защищена футеровкой 2 торкрет-бетона. Также в реакторе устанавливают стальной перфорированный стакан 3, где между стенкой и стенкой аппарата

существует газовый слой. Нарушение футеровки 2 приводит к перегреву и разрушению стенки реактора. Обеспечивается постоянным контролем температуры внешней поверхности металла, которая должна составлять не более 150 °С.

Для изготовления корпуса 1 и днищ реактора применяют сталь со специальной закалкой. Катализатор 8 размещают в стальном стакане реактора сплошным слоем. Над и под слоем катализатора расположены фарфоровые шары 9 диаметром 16 и 20 мм для предотвращения уноса катализатора. Нижний слой фарфоровых шаров лежит на решетке, дополнительно перекрытой металлической сеткой. Шары, решетка и сетка защищают выводной штуцер реактора 6 от попадания в него катализатора вместе с продуктами реакции. Внутренние детали реактора выполняют из легированной хромоникелевой стали. Сверху в реактор вводят шестизонную термопару контролирующую температуру внутри реактора. Диаметр реактора 2200-3000 мм, высота 9500-11500 мм [9].

Печь риформинга вертикальная, многокамерная, многопоточная. Отличительной особенностью является змеевик жаропрочной стали диаметром 100-200 мм. Во избежание потерь водорода змеевик выполнен цельносварным.

Теплообменники, применяемые в реакторном блоке, кожухотрубчатые. На установках с большой производительностью, где последовательно включенных теплообменников больше четырех, и соответственно, температурный напор близок к максимальному, используют кожухотрубчатые теплообменники с плавающей головкой.

Холодильники реакторного блока могут быть как водяными, так и воздушными. Первые - это обычные кожухотрубчатые аппараты, двухходовые по трубному и одноходовые по межтрубному пространству.

К наиболее сложному оборудованию реакторного блока относят сырьевой насос и циркуляционный компрессор. Для подачи сырья применяют центробежный 8-ступенчатый насос, приводимый в движение

электродвигателем. Сырьевой насос развивает давление в нагнетательном трубопроводе до 5-6 МПа, имеет торцевое уплотнение. Для циркуляции водородсодержащего газа применяют поршневые и центробежные компрессоры.

На установках с движущимся слоем катализатора работает регенератор, который представляет собой полый цилиндрический аппарат, выполненный из стали.

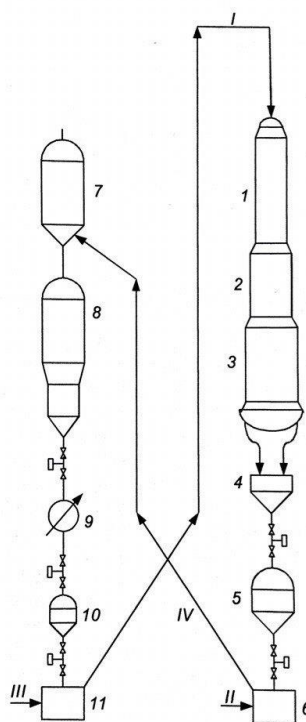


Рисунок 4. Принципиальная схема непрерывно работающего регенератора риформинга

1-3 - реакторы, 4 - коллектор, 5, 10 - бункеры накопления катализатора, 6, 11 - бункеры газ-лифта; 7 - верхний бункер для отработанного катализатора; 8 - регенератор; 9 - холодильник; I - свежий катализатор; II - азот; III - водород, IV - отработанный катализатор

1.10 Гидрокрекинг

Гидрокрекинг - один из самых быстроразвивающихся процессов нефтепереработки. Достаточно сказать, что мощности установок гидрокрекинга за последние 20 лет выросли в мире в четыре раза и достигли почти 250 млн м³ сырья в год. Процесс позволяет путем подбора технологических параметров и необходимых катализаторов получать почти из любого нефтяного сырья высокий выход широкого ассортимента высококачественных компонентов основных нефтепродуктов.

Гидрокрекинг - единственный физико-химический процесс нефтепереработки, позволяющий заметно расширить ресурсы реактивного топлива.

Большинство технологий процесса гидрокрекинга рассчитано на переработку дистиллятного сырья (тяжелые атмосферные и вакуумные газойли, газойли крекинга и коксования, деасфальтизаты). Для гидрокрекинга характерны высокая селективность и гибкость: незначительные изменения условий процесса существенно изменяют характер продуктов. Используя один и тот же катализатор, можно получить огромное количество различных целевых продуктов.

На производстве реактивного и дизельного топлива в основном используют одноступенчатую схему гидрокрекинга. При условии ухудшения сырьевого качества, используют двухступенчатую схему. При переработке сырья по одноступенчатой схеме, выход реактивного и дизельного топлива больше, чем по двухступенчатой. Но двухступенчатая схема обладает большей гибкостью, это позволяет перерабатывать дистиллятное сырье любого качества, при этом практически без изменения производительности установки переходить от выработки максимального количества дизельного топлива к выработке максимального количества бензина или реактивного топлива.

Катализаторы гидрокрекинга. Качество продукции и материальный баланс в большей степени зависит используемого катализатора, в частности, от его свойств. Катализаторы используются с преобладанием гидрирующих и крекирующих свойств, в зависимости от назначения цели.

Катализаторы гидрокрекинга вакуумного газойля, как правило, состоят из следующих основных компонентов:

- кислотного (кристаллического алюмосиликата - цеолита или аморфного) или оксида алюминия, обеспечивающего расщепляющую и изомеризующую функции катализатора; для усиления кислотности в катализатор могут вводить галогены;

- соединений металла или сочетания металлов в восстановленной оксидной или сульфидной форме, обеспечивающих гидрирующую и расщепляющую функции;

- связующего, обеспечивающего механическую прочность и оказывающего влияние на формирование пористой структуры катализатора.

Бифункциональность катализаторов гидрокрекинга определяет химизм превращения органических молекул сырья.

Промышленные катализаторы гидрокрекинга вакуумного газойля различных фирм существенно различаются по химическому составу, но, как правило, в качестве гидрирующих металлов содержат Ni(Co) и Mo(W).

Бифункциональные катализаторы гидрокрекинга обеспечивают:

- небольшой выход легких алканов C_1-C_3 ;
- высокое содержание $i-C_4$ (до 70-80 %) в бутановой фракции;
- высокое содержание изоалканов (до 95%) во фракциях C_5-C_6 , что обеспечивает ИОЧ легкого бензина гидрокрекинга на уровне 86-88;
- содержание во фракции C_7+ до 50% (мас.) циклоалканов (прекрасное сырье для риформинга);
- высокое содержание изоалканов и низкое - бициклических аренов в керосиновых фракциях, что делает их высококачественным топливом для реактивных двигателей;
- низкое содержание ароматических компонентов в дизельных фракциях, которые преимущественно состоят из производных циклопентана и циклогексана и имеют высокие значения цетановых чисел и достаточно низкие температуры застывания.

В процессе селективного гидрокрекинга в качестве катализаторов применяют модифицированные цеолиты (морденит, зрионит и др.) со специфическим молекулярно-ситовым действием: поры цеолитов доступны только для молекул нормальных алканов. Дегидрирующие и гидрирующие функции в таких катализаторах выполняют те же металлы и соединения, что и в процессах гидроочистки [1].

Цеолитсодержащие катализаторы позволяют получать больший выход средних дистиллятов, обеспечивают более мягким режимом и высокой гибкостью.

Широкое внедрение гидрокрекинга требует больших капиталовложений и эксплуатационных затрат, обусловленных большим расходом водорода и высоким давлением. Данные условия позволяют сохранить реализацию процесса на обычных установках гидроочистки вакуумного газойля при небольших реконструкциях установок.

Гидрокрекинг является одним из наиболее перспективных процессов деструктивной переработки остаточного сырья и тяжелого дистиллятного. В последние годы совершенствуется технология процесса гидрокрекинга остатков, основанных на использовании реакторов со стационарным, кипящим или суспендированным слоем катализаторов. Однако вследствие высокой скорости дезактивации катализаторов соединениями металлов, содержащимися в остаточном сырье, гидрокрекинг на стационарном слое катализатора требует высоких эксплуатационных затрат.

Сырье. Современный процесс гидрокрекинга позволяет перерабатывать практически все нефтяные дистилляты - как прямогонные, так и вторичные после физико-химических процессов переработки НГС. Технологии процессов гидрокрекинга, а также их аппаратное оформление существенно различны в зависимости от свойств сырья и требуемого качества продукции.

1.11 Изомеризация легких алканов

Назначение процесса изомеризации - получение изоалканов из *n*-алканов. Наиболее распространены на нефтеперерабатывающих заводах два типа технологий процесса изомеризации:

- пентан-гексановой фракции (C_5 - C_6) или бензиновой фракции (н.к. – 62 °C) в высокооктановый компонент товарного автомобильного бензина;
- *n*-бутана в изобутан - компонент сырья процесса алкилирования (рассмотрен в главе 6).

Важнейшее потребительское свойство изомеризата - минимальная разница между октановыми числами по исследовательскому и моторному методам (2-3 пункта), что обусловлено близкими значениями октановых чисел изоалканов, получаемых по этим технологиям. В отличие от аренов и алкенов, у которых разница между октановыми числами по исследовательскому и моторному методам может достигать 10 пунктов.

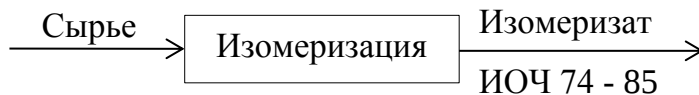
Промышленные технологии изомеризации

Реализация той или иной схемы организации процессов изомеризации дает возможность широкого выбора вариантов переработки исходного сырья с учетом различных требований потребителя.

Принципиальные схемы технологий процесса изомеризации представлены на схеме, приведенной ниже.

I. Схемы без рециркуляции (“за проход”)

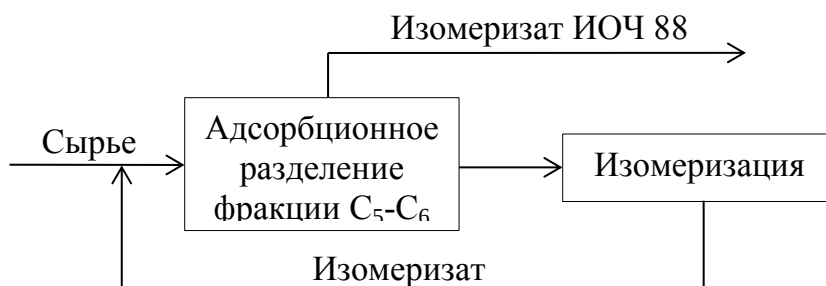
1. Без блока выделения изопентановой фракции из сырья



2. С блоком выделения изопентановой фракции из сырья



3. С адсорбционным выделением *n*-пентана и *n*-гексана

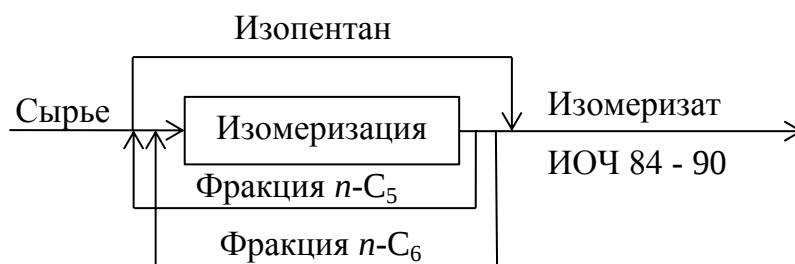


II. Схемы с рециркуляцией

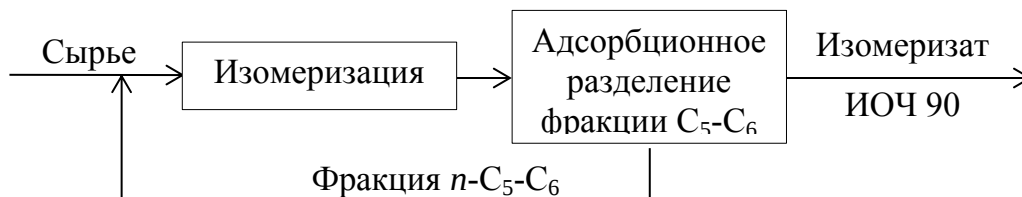
1. С рециркуляцией фракции *n*-пентана



2. С рециркуляцией *n*-пентана и *n*-гексана



3. Адсорбционное разделение продуктового потока



Существуют две основные технологии процесса изомеризации: I - однократная ("за проход") и II - с рециркуляцией (обычно через деизогексанизатор). Однократная поточная схема требует минимальных инвестиций при максимальной рентабельности. Однако продукция имеет ограничения по увеличению ОЧ. Для технологии с рециркуляцией характерны средний размер инвестиций с достаточно высокой рентабельностью и оптимальное решение проблемы переработки сырья с высоким содержанием гексановых углеводородов.

В технологиях без рециркуляции используют три направления: первое – обычная изомеризация, второе - в случае присутствия в сырье легкой бензиновой фракции (н.к. – 62 °С) изопентана, который не участвует в процессе изомеризации и при выводе которого ректификацией возрастает производительность установки. Третье направление - адсорбционное

разделение сырья и изомеризата и вывод продуктовой смеси изомеров C_5 и C_6 . Смесь n -парафинов C_5 и C_6 отправляют обратно на изомеризацию. После адсорбционного разделения октановое число повышают до 86-88. По схемам с рециркуляцией октановое число можно повысить до 90-92.

Современная технологическая установка изомеризации легких бензиновых фракций C_5 - C_6 состоит из нескольких основных блоков: гидроочистки сырья (стадия подготовки); отпарки гидроочищенной сырьевой фракции; изомеризации (блок включает один или несколько реакторов с катализатором); стабилизации и ректификации изомеризата (стадия производства товарной продукции). Дополнительно в схему могут быть включены блоки выделения и рециркуляции низкооктановых углеводородов, как непрореагировавших, так и содержащихся в исходном сырье.

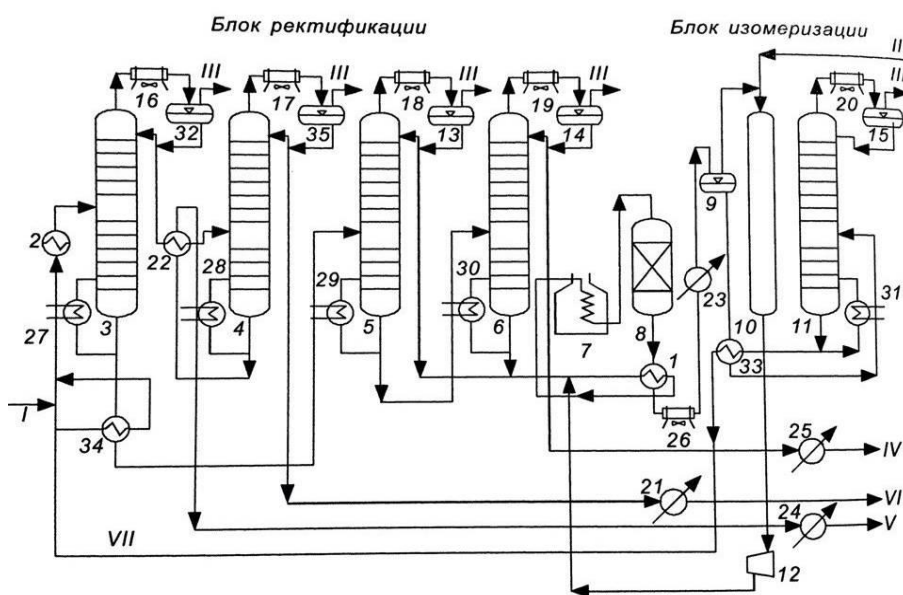


Рисунок 5. Принципиальная схема непрерывно работающего регенератора риформинга:

1,2,22,31,33,34 – теплообменники; 21,23-25 – холодильники; 3 – изопентановая колонна; 4 – бутановая колонна; 5 – пентановая колонна; 6 – изогексановая колонна; 7 – печь; 8 – реактор; 9 – сепаратор; 10 – адсорбер; 11 – стабилизационная колонна; 12 – компрессор; 13-15,32,35 – емкости; 16-20,26 – аппараты воздушного охлаждения; 27-31 – пароподогреватели; I – сырье; II – свежий водородсодержащий газ; III – углеводородный газ; IV – изогексан; V – изопентан; VI – бутаны; VII – стабильный изомеризат.

В первом случае дан ректификационный блок, который необходим, если в реактор поступает только фракция n - C_5 - n - C_6 и в качестве товарного продукта получают изопентан и изогексан. Блок гидроочистки сырья не

показан (см. главу 5). На остальных схемах изображен только блок изомеризации. Для всех установок основным сырьем является легкая бензиновая фракция (н.к.-62 °С) [1].

Высокотемпературная изомеризация. На схеме (рис. 4.25) установки показано только два блока - ректификации и изомеризации. Блок ректификации состоит из четырех колонн: в изопентановой колонне 3 смесь свежего сырья и стабильного изомеризата разделяется на смесь бутана с изопентаном (ректификат) и смесь *n*-пентана с гексанами (остаток); в бутановой колонне 4 ректификат колонны 3 делится на бутаны и изопентан; в пентановой колонне 5 из остатка колонны 3 выделяют *n*-пентановую фракцию, направляемую в блок изомеризации, и смесь гексанов, которая поступает в изогексановую колонну 6. В Колонне 6 происходит разделение смеси гексанов на изогексан и *n*-гексан, который тоже поступает на изомеризацию.

Пентановую и гексановую фракции, поступившие на блок изомеризации, смешивают с водородсодержащим газом, нагревают в теплообменнике 1 и печи 7, а затем подают в реактор 8. Газопродуктовую смесь, вышедшую из реактора, охлаждают в теплообменнике 1 и холодильниках 23, 26, после чего направляют в сепаратор 9. Из аппарата 9 выходит циркулирующий ВСГ, который смешивают со свежим газом, подвергают осушке цеолитами в адсорбере 10, а затем возвращают во всасывающую линию компрессора 12. Сжатый водородсодержащий газ смешивают с пентановой и гексановой фракцией. Нестабильный изомеризат из сепаратора 9 поступает через теплообменник 33 в стабилизационную колонну 11, с верха которой уходят углеводороды C₃-C₄, а с низа - стабильный изомеризат, направляемый на смешение с сырьем и далее в колонну 3. Если получают изомеризат как компонент автомобильного бензина, то блок ректификации не нужен. Периодически 1 раз в 5-6 мес. катализатор подвергают окислительной регенерации [29].

2. Технологии смешения и производства на территории России и за рубежом

2.1 Технология смешения бензинов

Основными продуктами нефтепереработки, производимыми в процессе смешивания продуктов, являются бензин, реактивное топливо, топочные мазуты и дизельное топливо.

Целью смешивания продуктов является распределение доступных компонентов смешивания таким образом, чтобы обеспечить продуктам требования с наименьшими затратами и произвести продукты, которые максимизируют общую прибыль. Многоступенчатый процесс включает ряд особенностей. Самые основные методы производства товарных бензинов на сегодняшний день:

- циркуляционный – приготовление производится в смесительных резервуарах;
- непосредственное смешение в трубопроводах.
- смешение в аппаратах с перемешивающими устройствами;

Широкое распространение получили смесители циркуляционного типа, принципиальная схема которых представлена на рис. 6.

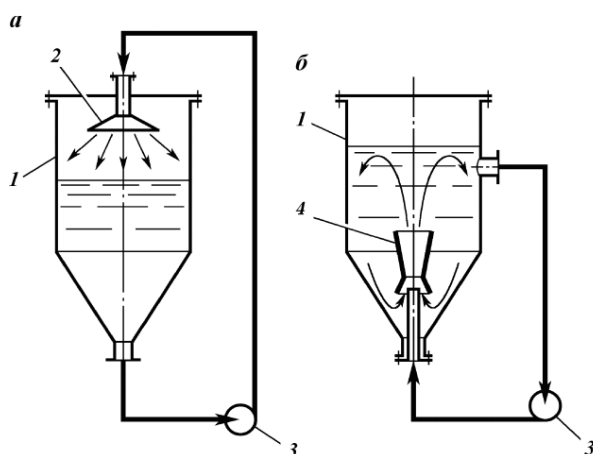


Рисунок 6. Схемы циркуляционных смесителей

а) смеситель с циркуляционным насосом; б) смеситель с циркуляционным насосом и эжектором; 1 – емкость; 2 – разбрызгиватель; 3 – циркуляционный насос; 4 – эжектор.

Метод многократной циркуляции характерен тем, что с технологических установок поступают компоненты бензина в компонентные резервуары парков смешения, где также реализуется анализ качества

поступивших потоков. Далее определяется рецептура смешения бензинов, расход каждого из вовлеченных в смешение потоков, а после нужное количество сырья из резервуара парка смешения насосами подаются в смесительный резервуар.

Пример схемы компаундирования с циркуляционными насосами показан на рис. 7. В резервуарах типа Р-1 готовятся следующие марки автомобильных бензинов: Регуляр-92, Премиум-95, Супер-98. Приготовление партии высокооктанового бензина производится в соответствии с рассчитанной рецептурой. Для закачки компонентов автомобильных бензинов в резервуар Р-1 используются трубопроводы с насосами различной производительностью.

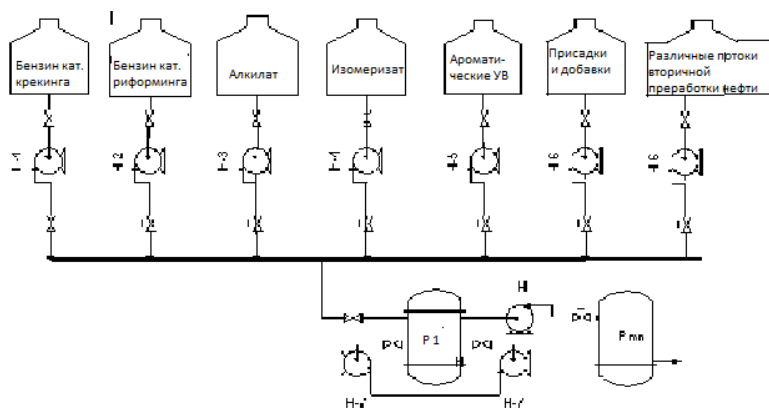


Рисунок 7. Схема компаундирования с циркуляционными насосами

2.2 Пути производства высокооктановых бензинов

Способы получения высокооктановых можно разделить на три группы:

Базовыми компонентами бензина являются бензин каталитического реформинга, изомеризации, алкилирования, каталитического крекинга, пенатновой и бутановой фракции.

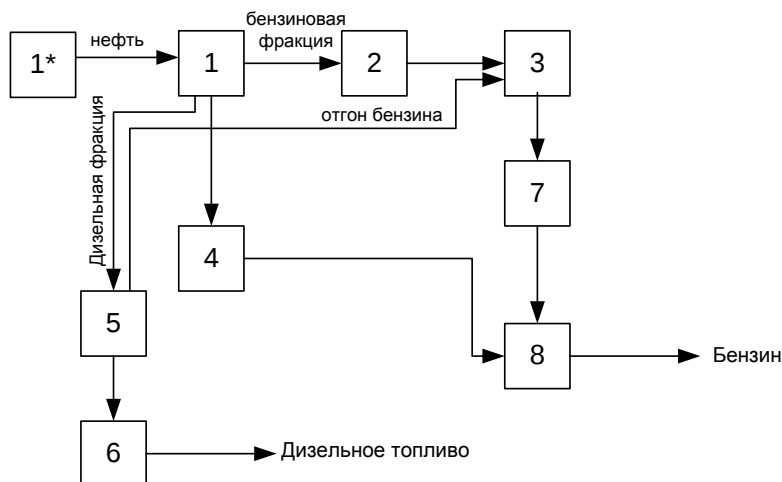
Таблица 2 – Компонентный состав автомобильных бензинов России, США и Европе.

Показатели	Россия	США	Европа
Общий объем бензинового фонда, млн. тонн в год	24	330	130

Компонентный состав, % об.			
Бутаны	5,7	7	5
Риформат	54,1	34	48,2
Фракция кат. Крекинга	20	35,5	27
Изомеризат	1,5	5	5
Алкилат	0,3	11,2	5
Оксигенаты	0,2	3,6	2
Фракция прямой перегонки гидрокрекинга	13,3	3,1	7,3
Фракция термических процессов	4,9	0,6	0,5

Большая часть задачи по оптимизации производства бензинов заключается в грамотном подборе сырья и составлению оптимальной рецептуры, позволяющая избежать больших экономических затрат и превышенных затрат на высокооктановое сырье (перерасхода), с учетом минимального выпуска некондиционного бензина.

Принципиально-технологическая схема производства бензина



1*. Резервуар

1. Установка атмосферно-вакуумной перегонки и ЭЛОУ

2. Вторичная перегонка

3. Каталитический Риформинг

4. Каталитический крекинг

5. Гидроочистка дизельной фракции

6. Компаудирование дизельного топлива

7. Установка изомерации

8. Компаудирование бензинового топлива

Поступившая нефть, первое время отстаивается в резервуарах, смешивается и усредняется. Далее "черное золото" поступает в установку первичной подготовки нефти для обессоливания и обезвоживания. Это необходимо для устранения содержащихся в нефти реагентов, солей и воды вызывающих коррозию. Обессоливание и обезвоживание происходит по методу электрического разрушения водо-нефтяных эмульсий. Главным элементом технологической электрообезвоживающей и электрообессоливающей установки (ЭЛОУ) является электродегидратор, в котором эмульсия разрушается под действием электрического поля напряженностью 1–3 кВ/см. создаваемом между двумя сетчатыми электродами.

Далее нефть поступает на блок атмосферно-вакуумной перегонки, в котором ее подогревают при атмосферном давлении в специальных колоннах и разделяют на фракции. После прохождения блока первичной переработки на выходе получаются — бензин, дизель и другие компоненты. В результате нагрева выделяются светлые нефтяные компоненты, которые пригодны для производства дизельного топлива. Светлые виды имеют наибольшую ценность, поэтому обработанную нефть подвергают повторной перегонке, с целью выделить оставшиеся ценные продукты.

После первичной переработки фракции отправляются на установку каталитического риформинга. Эта установка на предварительном этапе чистит будущий бензин. Делается это с целью подготовить состав для введения катализатора, чтобы он не загрязнился и прослужил дольше. Катализатор необходим для изменения химического состава нефти и регулирования значения октанового числа. Далее бензин поступает на установку изомеризации [30].

Одним из самых рентабельных процессов является изомеризация. Процесс изомеризации позволяет получать высокооктановые компоненты бензинов с более допустимым экологическим влиянием. В связи с введением новых ограничений экологических показателей на бензин, в том числе и ограничения по содержанию бензола ароматических соединений и фракционному составу, актуальность установок процесса изомеризации возросла. Установки изомеризации позволяют получить топливо с характеристиками, отвечающими жестким стандартам ЕВРО-4 и ЕВРО-5. Легкие бензиновые фракции с концом кипения от 62°C до 85°C являются сырьём изомеризации. Повышение октанового числа достигается за счёт увеличения доли изопарафинов. Процесс осуществляется, как правило, в одном или двух реакторах при температуре, в зависимости от применяемой технологии, от 110 до 380°C и давлении до 35 атм.

После первичной переработки нефти часть продуктов отправляется на установку каталитического крекинга. В процессе обработки этого блока,

тяжёлая нефть расщепляется и получают дополнительно газовые фракции бензина и дизтоплива. Другими словами, одновременно на двух разных установках завода происходят химические процессы вторичной нефтепереработки. В обоих случаях выделяются фракции — бензин, дизель и газ. Но риформинг нацелен на получение нужного октанового числа, а крекинг на очистку от серы и других примесей. Выделенные установками виды бензина и еще несколько компонентов смешивают в определенных пропорциях для получения конечного продукта — автобензина.

Весь процесс переработки нефть-бензин на нефтяном заводе по времени занимает около 6 часов, но с учетом организационных и профилактических работ, получается около суток.

3. Предъявляемые требования к готовой продукции

Качество товарных бензинов регламентируется техническим регламентом «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» [7].

Таблица 3 - Требования к характеристикам автомобильного бензина

Концентрация марганца, не более	мг/дм ³	отсутствие	отсутствие	отсутствие	отсутствие
Концентрация свинца, не более	мг/дм ³	отсутствие	отсутствие	отсутствие	отсутствие
Массовая доля кислорода, не более	процентов	-	2,7	2,7	2,7
Объемная доля углеводородов, не более:	процентов				
ароматических		-	42	35	35
олефиновых		-	18	18	18
Октановое число:	-				
по исследовательскому методу, не менее		92	95	95	95
по моторному методу, не менее		83	85	85	85
Давление паров, не более:	кПа				
в летний период		-	45 - 80	45 - 80	45 - 80
в зимний период		-	50 - 100	50 - 100	50 - 100
Объемная доля оксигенатов, не более:	процентов				
метанола		-	отсутствие	отсутствие	отсутствие
этанола		-	5	5	5
изопропанола		-	10	10	10
изобутанола		-	10	10	10
эфиров, содержащих 5 или более атомов углерода в молекуле		-	15	15	15
третбуанола		-	7	7	7
других оксигенатов (с температурой конца кипения не выше 210 градусов Цельсия)		-	10	10	10

4. Практическая часть

С помощью компьютерной моделирующей системы «Compaunding», изначально были разработаны оптимальные рецептуры бензинов Премиум-95 и Супер-98, исходя из стандарта Евро-5. Характеристики бензинов были максимально приближены к стандарту, а стоимость готовой продукции снижена.

Таблица 4 - Соотношение потоков компонентов бензиновых смесей, согласно Евро-5

Компонент	Доля, %			
	Премиум – 95	Супер – 98	Премиум – 95	Супер – 98
КРА С400 Рфинат	0,5	0	0,5	0
КРА С100 фр. 62-85	0,5	0	0,5	0
МТБЕ	2	7	1,9	7,2
n-butan	3	0	3,1	0
АВТ–10 фр. нк. 62	0,5	0	0,6	0
Алкилбензин	13,9	13	14	12,5
ГО БКК	24,5	10	24	10,5
Изомеризат Изомалк-2	5	11	5,5	11
Изопентан	6	11	6	11,5
Крекинг КТ-1	13,2	11	13,6	11,1
Риформат Л-35-11-1000	24,9	8	25	22,3
Риформат Л-35-11-600	3	22	2,8	7,9
Толуол концентрат	3	5	3,2	6,1
ОЧИ	95,07	98,35	95,11	98,1
Ароматика, %мас	34,97	34,98	34,7	34,991
Сера, %мас	0,001	0,0009	0,00098	0,0007
ДНП потока	65,01	64,07	65,16	60,61
Бензол, %мас	1,0	0,9	0,9	0,8
Себестоимость, руб/т	17771,8	20055,2	21047,34	26548,18

По Таблице 4 видно, что у разных бензинов одной и той же марки возможны различные характеристики, которые могут изменяться, исходя из требований производителей. Используя данную методику, получили рецептуру бензинов меньшую по стоимости, сохранив при этом требуемое качество. Данная методика может быть использована в случаях, когда

бензиновая смесь представляет собой некондицию и не соответствует всем требованиям и стандартам.

Некондиционный бензин – это некачественный бензин, который не соответствует технологическим требованиям и экологическим стандартам. Некондиционный бензин наносит огромный вред здоровью человека и экологии. Для того, чтобы улучшить качество некондиционного бензина, возможно его повторное вовлечение в процесс компаундирования. Показатели качества некондиционного продукта, вовлекаемого в процесс компаундирования товарных бензинов надлежащего качества, приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Показатели качества некондиционного продукта

Параметр	Значение
ОЧИ	94,47
ОЧМ	86,89
ДНП, кПА	64,98
Плотность, кг/м ³	733,75
Вязкость, с·Па	40,96
Содержание н-парафинов, % масс	6,32
Содержание изо-парафинов, % масс	41,08
Содержание нефтяных углеводородов, % масс	6,99
Содержание олефиновых углеводородов, % масс	10,21
Содержание бензола, % масс	0,79
Содержание ароматических углеводородов, % масс	33,85
Содержание серы, % масс	0,001
Себестоимость, руб/т	25679,74

Таблица 6 - Подбор рецептур высокооктановых бензинов марок АИ-95 и АИ-98 с точки зрения экономической эффективности

Компонент	Доля, % мас	
	Премиум - 95	Супер – 98
КРА С400 Рфинат	0,003	0,002
КРА С100 фр. 62-85	0,002	0,0015
МТБЕ	3,4	10
n-butan	0,496	0,4
АВТ-10 фр. нк. 62	0,002	0,0015
Алкилбензин	3,905	3,905
ГО БКК	10,619	7,61
Изомеризат Изомалк-2	3,975	3,975
Изопентан	4,551	4,095
Крекинг КТ-1	6,592	4,155
Риформат Л-35-11-1000	3,658	5,195
Риформат Л-35-11-600	10,8	7,09
Толуол концентрат	2	3,57
Некондиция	50	50
Итого	100	100

Таблица 6.1 - Характеристики бензинов, по данным рецептурам

Параметр	Значение	
	Премиум-95	Супер – 98
ОЧИ	95,020	98,16
ОЧМ	87,510	90,12
Плотность потока, кг/м3	728,840	733,72
Вязкость потока, с*Па	42,310	40,47
Н-парафины, %мас	5,678	5,6835
Изо-парафины, %мас	40,757	38,1489
Нафтенy, %мас	6,015	5,4035
Олефины, %мас	9,735	8,0249
Ароматика, %мас	34,282	32,7794
Сера, %мас	0,001	32,7794
ДНП потока	64,330	61,31
Бензол, %мас	0,900	0,8
Себестоимость, руб/т	21 047,34	26548,18

По этой методике мы получили рецептуру бензинов меньшую по стоимости, сохранив при этом требуемое качество. Путем снижения содержания дорогостоящих компонентов, можно добиться снижения стоимости продукта. В таблице 6-6.1 приведены результаты подбора рецептур бензинов с октановыми числами 95 и 98 с содержанием некондиционного продукта 50% масс.

Данная методика может быть использована в случаях, когда бензиновая смесь представляет собой некондицию и не соответствует всем требованиям и стандартам.

Исследование влияния состава потоков на составы продукции

Для того, чтобы узнать как влияет содержание ароматики и бензола на октановое число, ДНП, плотность и вязкость, была использована оптимизированная рецептура бензина Премиум-95 и Супер-98. Варьируя процентное содержание ароматики от 50 до 80% и бензола от 2% до 10,2% в потоке бензина Риформат Л-35-11-1000, наблюдали изменение плотности, вязкости, ОЧИ, ОЧМ и ДНП потоков бензинов Премиум-95 и Супер-98. Результаты анализа приведены в Приложении А(таблицах А1-А4).

По результатам анализа бензина Премиум-95 были построены графики.

Соотношение потоков компонентов бензиновых смесей и процентного содержания ароматики бензола по исследовательскому методу:

Исходя из полученных данных, были воспроизведены графики зависимости показателей ОЧИ от ароматики %мас бензина Премиум - 95 по исследовательскому методу:

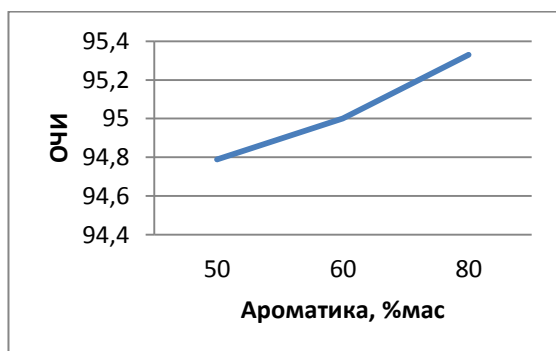


Рисунок 8. Влияние ароматики %мас. на октановое число

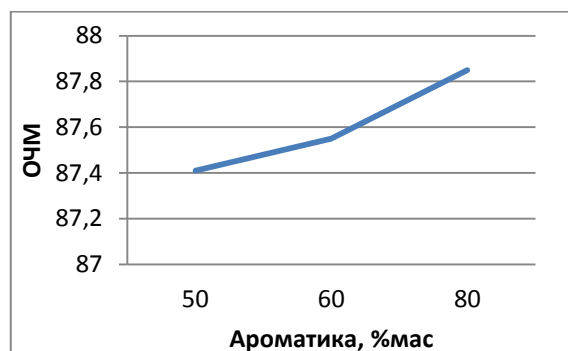


Рисунок 9. Влияние ароматики %мас. на октановое число

На Рисунке 8 наблюдаем рост октанового числа по исследовательскому методу в пределах от 94,79 единиц до 95,33 единиц при варьировании ароматики от 50% до 80% в потоке Риформат Л-35-11-1000, а октановое число по моторному методу растет с 87,41 единиц до 87,85 единиц в пределах увеличения ароматики с 50% до 80%

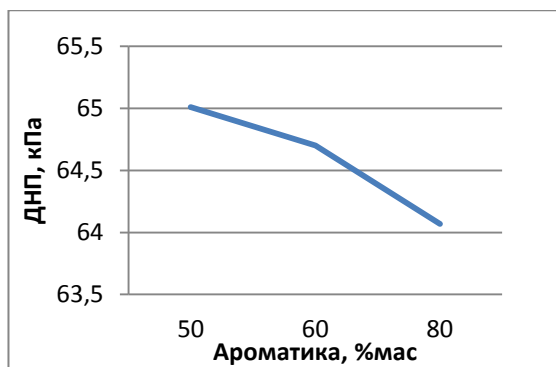


Рисунок 10. Влияние содержания ароматики на ДНП

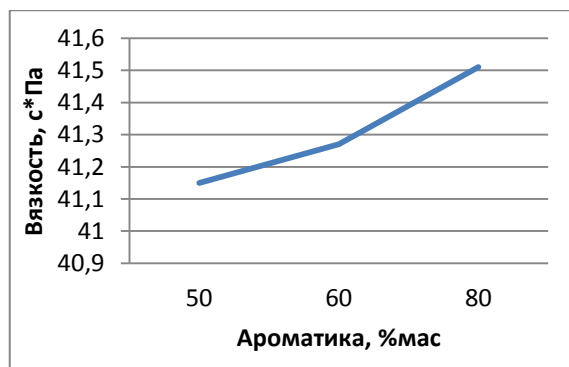


Рисунок 11. Влияние ароматики %мас. на вязкость

Из Рисунка 10 можно наблюдать, что при увеличении ароматики в интервалах от 50% мас до 80% мас в потоке Риформат Л-35-11-1000, давление насыщенных паров падало с 65 кПа до 64,9 кПа.

В то время как вязкость увеличивалась в интервалах от 41, 15 с*Па до 41,55 с*Па.

Проанализировав соотношение потоков компонентов бензиновых смесей и процентного содержания ароматики и бензола по моторному методу, были построены графики зависимости:

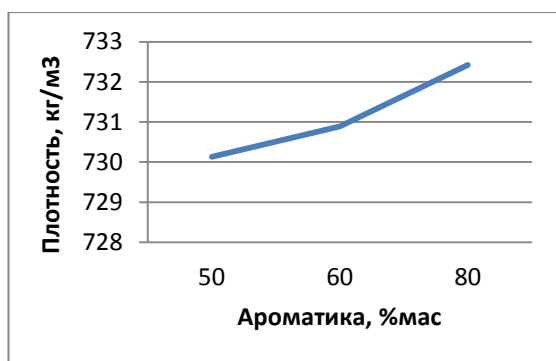


Рисунок 12. Влияние ароматики %мас. на плотность

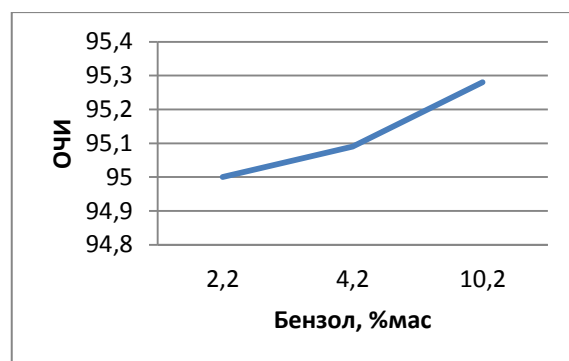


Рисунок 13. Влияние бензола %мас. на октановое число

При увеличении ароматики от 50% до 80% , плотность увеличивается 730,13 кг/м3 до 732,42 кг/м3 (Рисунок 12). В то время, как при варьирование процентного содержания бензола от 2,2% до 10,2% в потоке Риформат Л-35-

11-1000, октановое число растет от 94,79 единиц до 95,33 единиц (Рисунок 13).

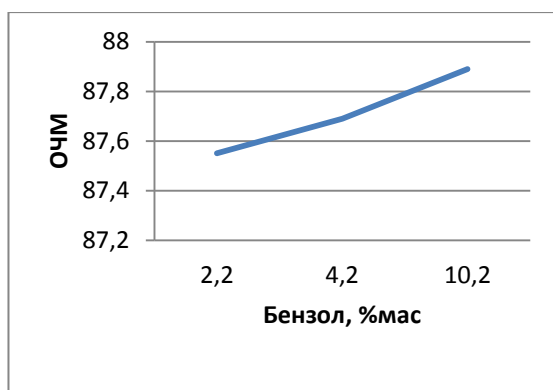


Рисунок 14. Влияние бензола % мас. на октановое число

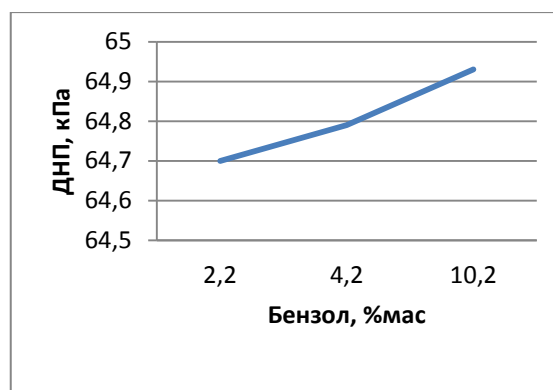


Рисунок 15. Влияние процентного содержания бензола на ДНП

При варьировании процентного содержания бензола от 2,2% до 10,2% в потоке Риформат Л-35-11-1000, октановое число по моторному методу растет от 87,55 единиц до 87,89 единиц (Рисунок 14).

При варьировании процентного содержания бензола от 2,2% до 10,2% в потоке Риформат Л-35-11-1000, давление насыщенных паров растет от 64,7 кПа до 64,93 кПа (Рисунок 15).

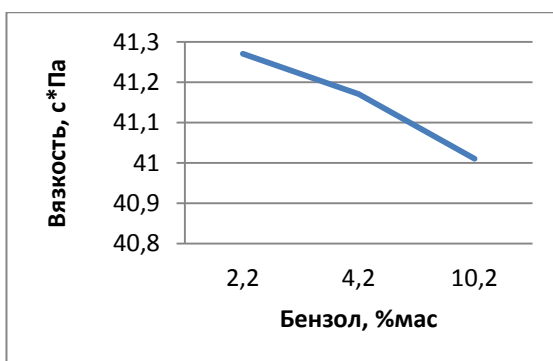


Рисунок 16. Влияние процентного содержания бензола на вязкость

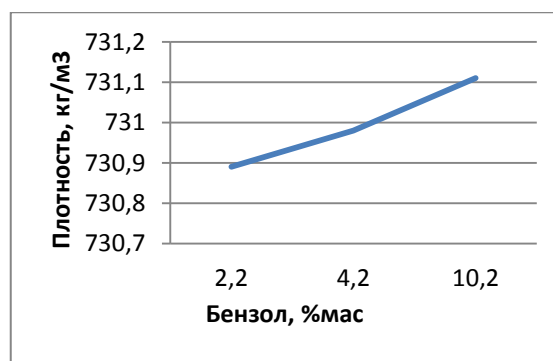


Рисунок 17. Влияние содержания бензола % мас. на плотность

На Рисунке 16 наблюдаем, что при варьировании процентного содержания бензола от 2,2% до 10,2% в потоке Риформат Л-35-11-1000, вязкость уменьшается от 41,27 с*Па до 41,01.

На Рисунке 17 наблюдаем увеличение плотности от 730,89 кг/м3 до 731,11 кг/м3 при варьировании процентного содержания бензола от 2,2% до 10,2% в потоке Риформат Л-35-11-1000.

Используя рецептуру бензинов и поварьировав процентное содержание каждого из потоков, было выявлено влияние ароматики на потоки бензина **Супер-98** (Приложение Б, Таблица Б1, Б2)

Графики зависимости процентного содержания ароматики на ОЧИ:

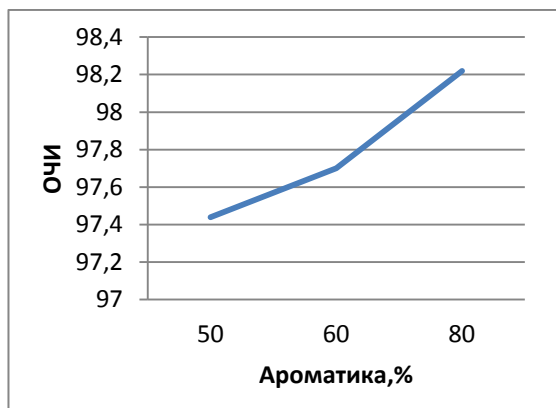


Рисунок 18. Влияние процентного содержания ароматики на октановое число

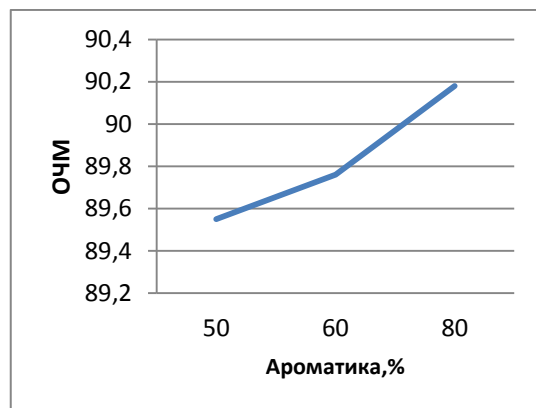


Рисунок 19. Влияние процентного содержания ароматики на октановое число

На Рисунке 18 наблюдаем рост октанового числа по исследовательскому методу в пределах от 97,44единиц до 98,22 единиц при варьировании ароматики от 50% до 80% в потоке Риформат Л-35-11-1000, а октановое число по моторному методу растет с 89,55 единиц до 90,18 единиц в пределах увеличения ароматики от 50% до 80%.

Графики зависимости процентного содержания ароматики на ДНП, ПЛОТНОСТЬ и ВЯЗКОСТЬ:

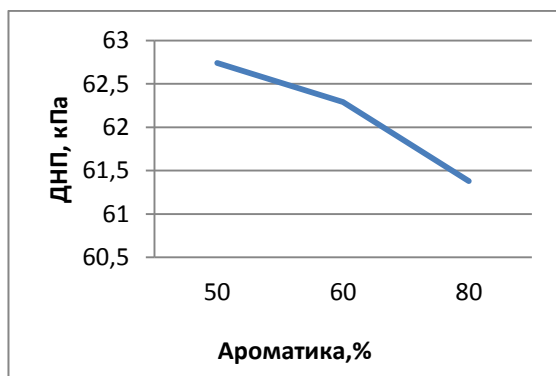


Рисунок 20. Влияние процентного содержания ароматики на ДНП

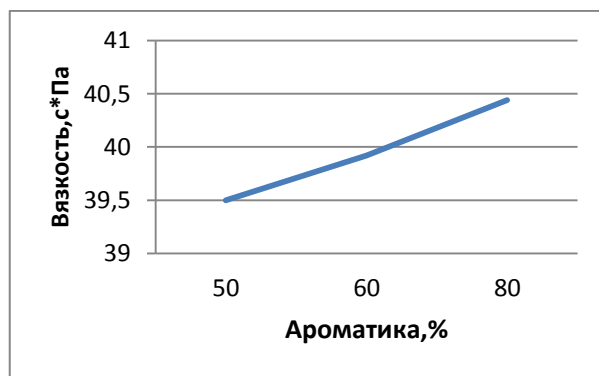


Рисунок 21. Влияние процентного содержания ароматики на октановое число

Из Рисунка 20 можно наблюдать, что при увеличении ароматики в интервалах от 50% мас до 80% мас в потоке Риформат Л-35-11-1000 , давление насыщенных паров падает с 62,74 кПа до 61,38кПа.

В то время как вязкость увеличивалась в интервалах от 39,5 с*Па до 40,44 с*Па (Рисунок 21).

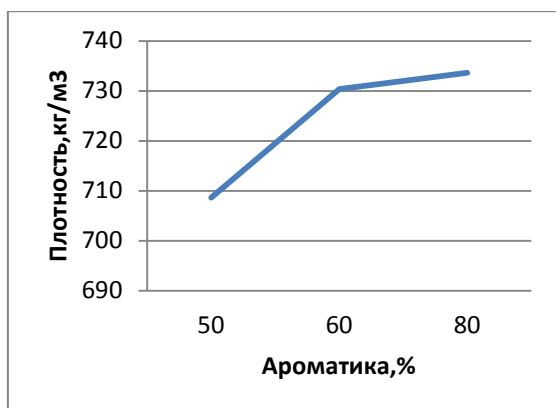


Рисунок 22. Влияние процентного содержания ароматики на плотность

При увеличении ароматики в потоке Риформат Л-35-11-1000 от 50% до 80%, плотность увеличивается 708,62кг/м3 до 733,61 кг/м3 (Рисунок 22).

Графики исследования зависимости ОЧИ и ОЧМ от процентного содержания бензола:

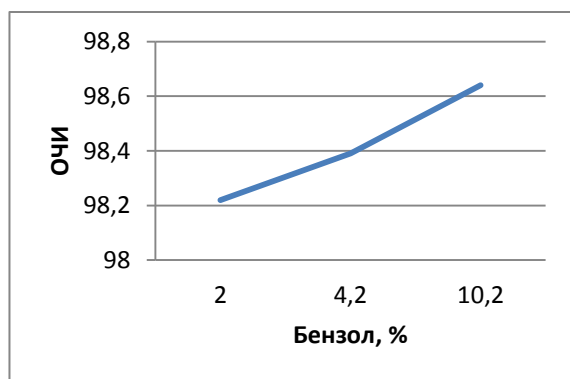


Рисунок 23. Влияние процентного содержания бензола на октановое число

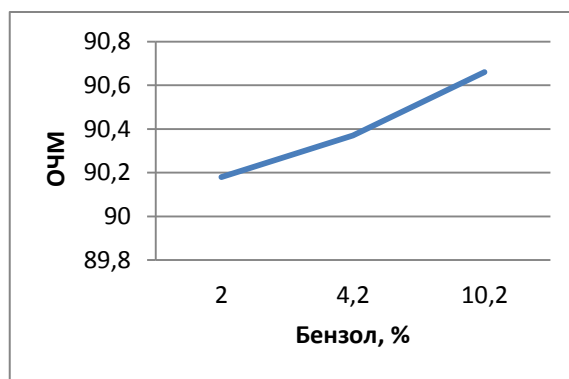


Рисунок 24. Влияние процентного содержания бензола на октановое число

При варьировании процентного содержания бензола от 2,2% до 10,2% в потоке Риформат Л-35-11-1000, октановое число по исследовательскому методу растёт от 98,22 единиц до 98,64 единиц (Рисунок 23).

При варьировании процентного содержания бензола от 2,2% до 10,2% в потоке Риформат Л-35-11-1000, октановое число по моторному методу растет от 90,18 единиц до 90,66 единиц (Рисунок 24).

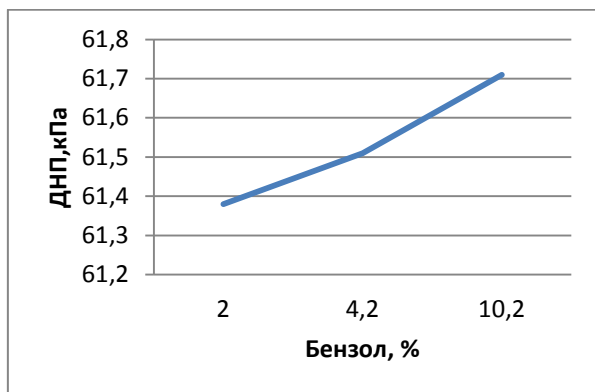


Рисунок 25. Влияние процентного содержания бензола на ДНП

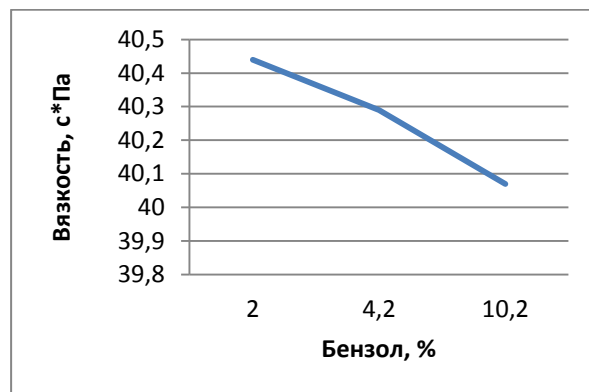


Рисунок 26. Влияние процентного содержания бензола на вязкость

При варьировании процентного содержания бензола от 2,2% до 10,2% в потоке Риформат Л-35-11-1000, давление насыщенных паров растет от 61,38 кПа до 61,71 кПа (Рисунок 25).

На Рисунке 26 наблюдаем, что при варьировании процентного содержания бензола от 2,2% до 10,2% в потоке Риформат Л-35-11-1000, вязкость уменьшается от 40,44с*Па до 40,07.

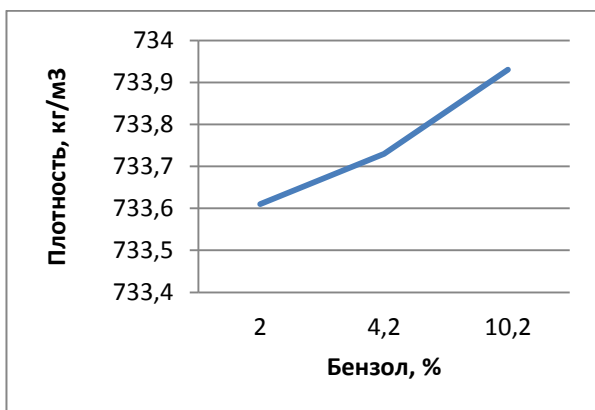


Рисунок 27. Влияние процентного содержания бензола на плотность

На Рисунке 27 наблюдаем увеличение плотности от 733,61 кг/м3 до 733,93 кг/м3 при варьировании процентного содержания бензола от 2,2% до 10,2% в потоке Риформат Л-35-11-1000.

Следующим этапом работы последовала актуализация цен на сырье. Была найдена актуальная цена потока МТБЕ, она составила 55 500 руб/т, а это на 500 руб/т больше начальной. Используя информацию рыночных цен, были актуализированы цены на сырье для каждого из потока, увеличив их на 5%. Результаты приведены в Таблице 7.

Таблица 7 - Цены на сырье для каждого потока с учетом роста стоимости на 5% бензина Премиум-95

Компонент	Стоимость с учетом процентного содержания
КРА С400 Рафинат	1,665
КРА С100 фр. 62-85	0,314
МТБЕ	1802
n-butan	105,791
АВТ–10 фр. нк. 62	0,310
Алкилбензин	962,247
ГО БКК	1545,59
Изомеризат Изомалк-2	890,48
Изопентан	982,56
Крекинг КТ-1	571,75
Некондиция	12 859
Риформат Л-35-11-1000	787
Риформат Л-35-11-600	1997,35
Толуол концентрат	755,4
Итого	23 266,17

С учетом стоимости на бензин АИ-95 45 руб./кг (Опт — цены установлены с 18.05.2017 г. (руб./кг) , цены указаны без учета доставки, Нефтебаза «Ручьи»), рассчитаем прибыль от реализации:

Себестоимость бензина- 23 266,17 руб;

1 кг бензина - 45 руб./кг;

1т × 45 руб/кг =45 000 руб/т;

Прибыль составляет $P = 45000 - 23266 = 21\,734$ руб/т;

Актуализировав цены на сырье для каждого из потока, была рассчитана прибыль от реализации, которая составила 21 734 руб/т.

Таблица 8 - Цены на сырье для каждого потока с учетом роста стоимости на 5% бензина Супер – 98

Компонент	Стоимость с учетом процентного содержания
КРА С400 Рафинат	0,230
КРА С100 фр. 62-85	0,314
МТБЕ	3700
n-butan	105,791
АВТ-10 фр. нк. 62	0,310
Алкилбензин	962,247
ГО БКК	1545,59
Изомеризат Изомалк-2	890,48
Изопентан	982,56
Крекинг КТ-1	571,75
Некондиция	12 859
Риформат Л-35-11-1000	787
Риформат Л-35-11-600	1997,35
Толуол концентрат	755,4
Итого	25 146,8

С учетом стоимости на бензин АИ-98 46,5 руб./кг (Опт — цены установлены с 18.05.2017 г. (руб./кг) , цены указаны без учета доставки, Нефтебаза «Ручьи»), рассчитаем прибыль от реализации:

Себестоимость бензина- 26548,18руб

1 кг бензина – 46,5 руб./кг;

1т × 46,5 руб/кг =46 500руб/т;

Прибыль составляет:

П=46 500 -26548руб = 19 952руб/т;

Актуализировав цены на сырье для каждого из потока, была рассчитана прибыль от реализации, которая составила 19 952руб/т.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Разрабатываемый проект направлен на исследование и оптимизацию процесса компаундирования товарных бензинов.

В настоящее время перспективность научного исследования определяется в большей степени коммерческой ценностью разработки, что является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Таким образом, целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. На рисунке 13 представлена карта сегментирования рынка по виду оказываемой услуги с применением математической модели процесса компаундирования товарных бензинов.

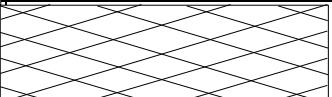
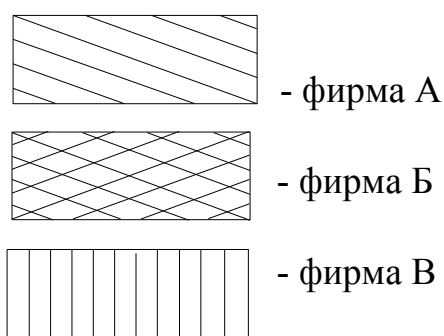
Потребитель	Вид услуги		
	Продажа программного продукта	Оказание услуг по исследованию и оптимизации	Продажа тренировочной версии
Крупные НПЗ			
Средние НПЗ			
Мелкие НПЗ			
Образовательные учреждения			
Проектные организации			

Рисунок 28 – Карта сегментирования



На Рисунке 13 показано, какие ниши на рынке услуг по применению математической модели не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

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

В таблице 9 представлен сравнительный анализ математической модели(ф), разработанной в рамках выполнения ВКР и двух конкурентных моделей(к1)и(к2).

Таблица 9 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности труда пользователя	0,09	5	2	2	0,45	0,18	0,18
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	5	3	3	0,35	0,21	0,21
Энергоэкономичность	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
Надежность	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
Безопасность	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,2	5	3	2	1	0,6	0,4
Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
Цена	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
Послепродажное обслуживание	0,07	5	5	2	0,35	0,35	0,14
Финансирование научной разработки	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
Срок выхода на рынок	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1	63	51	46	4,9	3,73	3,23

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Разрабатываемая компьютерная моделирующая система является конкурентоспособной на рынке, главным преимуществом которой является учет влияния межмолекулярных взаимодействий углеводов, вовлекаемых в процесс смешения.

5.1.3 SWOT-анализ

Для комплексной оценки научно-исследовательского проекта применяют SWOT-анализ, результатом которого является описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 10.

Таблица 10 - SWOT-анализ

	Сильные стороны проекта: С1.Возможность оптимизации неотъемлемой части НПЗ – процесса компаундирования. С2.Повышение качества выпускаемых нефтепродуктов и эффективности переработки нефти. С3.Отсутствие аналогичных математических моделей по процессу. С4.Учет межмолекулярных взаимодействий. С5.Наличие бюджетного финансирования.	Слабые стороны проекта: Сл1.Ограниченность лабораторных данных с НПЗ. Сл2.Отсутствие экспериментальных образцов для проведения анализа.
Угрозы: У1.Создание подобной модели на рынке в более быстрые сроки. У2.Внедрение других моделей на предприятия отечественных НПЗ. У3.Отсутствие заинтересованности предприятий по внедрению инновационного проекта.	1. Продвижение новой технологии оптимизации процесса с применением математической модели. 2. Развитие конкурентной среды. 3. Введение в модель чувствительности к составу сырья	1.Разработка научного исследования 2.Повышение квалификации кадров у потребителя 3.Приобретение необходимых экспериментальных данных по составу сырья и продукта с НПЗ.

Возможности: V1. Внедрение разработанной модели на предприятия нефтепереработки для оптимизации процесса компаундирования товарных бензинов. V2. Внедрение системы в образовательную сферу в качестве компьютерного тренажера для обучения студентов. V3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	Разработка математической модели процесса компаундирования товарных бензинов с учетом межмолекулярных взаимодействий углеводородов, вовлекаемых в процесс смешения.	1. Ограниченность экспериментальных данных с промышленной установки. 2. Повышение эффективности использования сырья на предприятии 3. Создание тренировочной версии для обучения студентов основам процесса компаундирования. 4. Отсутствие экспериментальных образцов для проведения анализа.
---	--	--

Таблица 11 - Интерактивная матрица проекта

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

Были выявлены сильные и слабые стороны проекта, а так же угрозы и возможности. Так же было выявлено то, как можно компенсировать слабые стороны проекта за счет его возможностей и нейтрализовать угрозы с помощью сильных сторон проекта. Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В Таблице 12 составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 12 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Бакалавр
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Бакалавр
	6	Построение и проведение экспериментов	Руководитель, Бакалавр
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Бакалавр, руководитель
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	10	Сбор информации по охране труда	Бакалавр
	11	Оформление результатов по охране труда	Бакалавр
	12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Бакалавр
	13	Оформление экономической части работы	Бакалавр
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Составление пояснительной записки	Бакалавр, руководитель
	15	Сдача работы на рецензию	Бакалавр
	16	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр
	17	Защита дипломной работы	Бакалавр, руководитель

Таблица 13 - Календарный план проекта

№	Содержание работ	Длит., дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Должность исполнителя
1	Составление и утверждение технического задания	2	08.02.2017	09.02.2017	Руководитель
2	Подбор и изучение материалов по теме	10	10.02.2017	20.02.2017	Бакалавр

3	Выбор направления исследований	3	21.02.2017	23.02.2017	Руководитель, Бакалавр
4	Календарное планирование работ по теме	1	24.02.2017	24.02.2017	Руководитель, Бакалавр
5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	20	24.02.2017	14.03.2017	Бакалавр
6	Построение и проведение экспериментов	35	15.03.2017	19.04.2017	Руководитель, Бакалавр
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	3	20.04.2017	23.04.2017	Бакалавр
8	Оценка эффективности полученных результатов	3	24.04.2017	26.04.2017	Руководитель
9	Определение целесообразности проведения ОКР	3	27.04.2017	29.04.2017	Бакалавр, руководитель
10	Сбор информации по охране труда	7	30.04.17	7.05.17	Бакалавр
11	Оформление результатов по охране труда	2	08.05.17	09.05.17	Бакалавр
12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	7	10.05.17	17.05.17	Бакалавр
13	Оформление экономической части работы	2	18.05.17	20.05.17	Бакалавр
14	Составление пояснительной записки	10	21.05.2017	30.05.2017	Бакалавр, руководитель
15	Сдача работы на рецензию	1	31.05.2017	31.05.2017	Бакалавр
16	Подготовка к защите дипломной работы	16	1.06.2017	16.06.2017	Бакалавр
17	Защита дипломной работы	1	17.06.2017	17.06.2017	Бакалавр, руководитель
Итого:		126			

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Ожидаемая трудоемкость выполнения [15]:

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

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

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

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

Ожидаемая трудоемкость для этапов работы, приведенных в таблице 12, рассчитывается по формуле [15]:

$$t_{\text{ож}1} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4, \text{ чел.-дн.}$$

Для этапов 2 – 17 расчет аналогичен. Результаты в таблице 14.

Продолжительность каждой работы в рабочих днях:

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

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

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

Продолжительность каждого этапа работы приведенных в таблице 13 рассчитывается по формуле:

Для этапов 2 – 17 расчет аналогичен. Результаты в таблице 14

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

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

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

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

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

Продолжительность выполнения каждого этапа работы приведенных в Таблице 22 рассчитывается по формуле.

$$T_{k1} = 1,4 \cdot 1,48 = 2,08 = 2$$

Для этапов 2-17 расчет аналогичен. Результаты в таблице 14.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

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

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

Все рассчитанные значения представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Временные показатели проведения научного исследования

№	$t_{\text{ож}}, \text{ чел.-дн.}$	$T_{\text{pi}}, \text{ раб. дн.}$	$T_{ki}, \text{ дн}$	№	$t_{\text{ож}}, \text{ чел.-дн.}$	$T_{\text{pi}}, \text{ раб. дн.}$	$T_{ki}, \text{ дн}$
1	1,4	1,4	2	10	5,8	5,8	9
2	8,2	8,2	12	11	1,4	1,4	2
3	1,8	0,9	1	12	5,8	5,8	9
4	1,4	0,7	1	13	1,4	1,4	2
5	16,4	16,4	24	14	8,2	4,1	6
6	29	14,5	22	15	1	1	2

7	1,8	1,8	3	16	12,4	12,4	18
8	1,8	1,8	3	17	1	0,5	1
9	1,8	0,9	1				

Таблица 15 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Продолжительность выполнения работ													
	Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														

5.2.4. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

5.2.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i}$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Для расчета материальных затрат используется коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (k_T), который принят равным 15.

Материальные затраты на приобретение тетради рассчитываются по формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + 15) \cdot 35 \cdot 1 = 560$$

Для остальных видов материальных ресурсов расчет аналогичен.

Результаты в таблице 16.

Таблица 16 - Материальные затраты

Наименование	Ед. измерения	Количество			Цена за ед. с НДС, руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Флеш. карта	Шт.	1	1	1	500	500	500	500		
Хромато-графкристалл 5000	шт.	1	1	1	825300	825300	825300	825300		
Бумага и печать	лист	1000	1120	1200	1.5	1.5	1.5	1500	1680	1800
Образцы бензинов	литр	2	4	6	37	37	37	74	148	222
Ручка	Шт.	5	5	5	30	30	30	150		
Скоросшиватель	Шт.	1	1	1	50	50	50	50		
Компьютер	шт	1	1	1	31 400	31 400	31 400	31 400		
Итого	Исполнение 1				Исполнение 2			Исполнение 3		
	858 974 руб.				859 228 руб.			859 422 руб.		

5.2.4.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Расчет затрат на приобретение программного обеспечения (ПО) в таблице 17.

Таблица 17 - Расчеты затрат на приобретение ПО

Наименование ПО			Стоимость ПОс НДС, руб.		
Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Microsoftoffice	Microsoftoffice	Microsoftoffice	2 900	2 900	2 900
Delphi	Delphi	Delphi	43 800	43 800	43 800
Compounding	Compounding	Compounding	0	1 000 0000	1 000 000
Итого:			46 700	1 046 700	1 046 700

5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Таблица 18 - Расчёт основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнитель и по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по окладам без кр, тыс. руб.
1	Разработка технического задания, выбор направления исследований, оценка результатов	Руководитель, к.т.н.	25	1,08	27
2	Расчет на разработанной модели, оформление НИР	Бакалавр	76	0,07	5,32
Итого:				32,32	

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата; $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле [15]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}},$$

$$B \text{ ТПУ } Z_{\text{осн}} = Z_{\text{б кр}}$$

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

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

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. в день

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

В формуле (9) Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб.дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя [15];

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (таблица 19).

Таблица 19 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени, дней – отпуск – невыходы по болезни	92	92
Действительный годовой фонд рабочего времени, дней	155	155

Месячный должностной оклад работника [15]:

$$Z_m = Z_б * k_p,$$

где $Z_б$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 20.

Таблица 20 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб./дн	Т _р , раб. дн.	З _{осн} ,руб.
Руководитель	27 000	1,3	35 100	2 355,1	155	365 041
Бакалавр	5 320	1,3	6 916	464,0	155	71 920
Итого						436 961

5.2.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей системы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы [15]:

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

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты (13 % от $З_{\text{осн}}$);

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

5.2.4.4 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 [15]:

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

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

На 2016 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 № 212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта

1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 30% [15].

5.2.4.5 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов.

5.2.4.6 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками).

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работ и определяется из условий договоров с контрагентами или субподрядчиками.

5.2.4.7 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по следующей формуле [15]:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) * k_{\text{нр}}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов ($k_{\text{нр}}$) принята в размере 16%.

5.2.4.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции [15].

Таблица 21 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб
1. Материальные затраты НТИ	2 180
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей	436 961
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	56 805
5. Отчисления во внебюджетные фонды	175 221
6. Затраты на научные и производственные командировки	0
7. Контрагентные расходы	0
8. Накладные расходы	78 274,6
9. Бюджет НТИ	567 491,1

5.2.4.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 22.

Таблица 22 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.Материальные затраты НТИ	858 974	859 228	859 422
2.Затраты на специальное оборудование для научных работ	46 700	1 046 700	1 046 700
3.Затраты по основной заработной плате исполнителей	436 961	536 961	4380 411
4.Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	56 805	56 805	56 805
5.Отчисления во внебюджетные фонды	175 221	175 221	175 221
6.Затраты на научные и производственные командировки	0	0	0
7.Контрагентные расходы	0	0	0
8.Накладные расходы	78 274,6	77 279,6	79 274,6
9.Бюджет НТИ	567 491,1	568 371,6	567891

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования был получен в ходе оценки бюджета затрат для трех вариантов исполнения научного исследования. Данные занесены в Таблицу.

Интегральный финансовый показатель разработки равен:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{436961 \text{ р.}}{536961 \text{ р.}} = 0,81 \quad (5.7)$$

Интегральный финансовый показатель первого аналога равен:

$$I_{\phi}^{A1} = \frac{\Phi_{A1}}{\Phi_{\max}} = \frac{567491,1 \text{ р.}}{568371,6 \text{ р.}} = 0,99 \quad (5.8)$$

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

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

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 (табл. 23).

Таблица 23 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,09	5	2	2
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	5	3	3
3. Энергоэкономичность	0,1	5	4	3

4. Надежность	0,07	5	4	4
5. Материалоемкость	0,15	5	5	5
ИТОГО	1	25	18	17

$$I_{p-ucn1} = 5 \cdot 0,09 + 5 \cdot 0,07 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,07 + 5 \cdot 0,04 = 1,85;$$

$$I_{p-ucn2} = 2 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,07 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,07 + 5 \cdot 0,04 = 1,27;$$

$$I_{p-ucn2} = 2 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,07 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,07 + 5 \cdot 0,04 = 1,17;$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$):

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{1,85}{0,81} = 2,28 \quad (5.9)$$

Интегральный показатель эффективности аналога №1:

$$I_{финр}^{A1} = \frac{I_m^{A1}}{I_\phi^p} = \frac{1,27}{0,81} = 1,56 \quad (5.10)$$

Интегральный показатель эффективности аналога №2:

$$I_{финр}^{A2} = \frac{I_m^{A2}}{I_\phi^p} = \frac{1,17}{0,81} = 1,44 \quad (5.11)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{A1}} = \frac{2,28}{1,56} = 1,46, \quad \mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{A2}} = \frac{2,28}{1,44} = 1,58 \quad (5.12)$$

где $\mathcal{E}_{cp}$ – сравнительная эффективность проекта; $I_{мэ}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{мэ}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.} \quad (5.13)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. таблицу 24) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (Θ_{cp}):

$$\Theta_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (5.14)$$

Таблица 24 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,96	1	0,98
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	1,85	1,27	1,17
3	Интегральный показатель эффективности	2,28	1,56	1,44
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,56	1,46	1,58

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности [9].

4.1 Производственная безопасность

Промышленное производство бензинов на нефтеперерабатывающем предприятии осуществляется на автоматических станциях смешения бензинов (АССБ), которые являются важным технологическим узлом нефтеперерабатывающего завода (НПЗ). На АССБ происходит прием, приготовление, хранение, перекачка и отгрузка потребителям товарных продуктов с использованием трубопроводов, насосов и резервуаров, вспомогательной анализирующей и контролирующей аппаратуры. Наряду с другими установками на НПЗ, АССБ является взрывопожароопасной

установкой, вследствие работы с легковоспламеняющимися жидкостями под высоким давлением.

Согласно отраслевым нормам, обслуживающий персонал должен быть обеспечен специальной одеждой, обувью, каской, средствами индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), спец. питанием (молоком), моющими средствами.

Согласно отраслевым нормам [32], обслуживающий персонал должен быть обеспечен специальной одеждой, обувью, каской, средствами индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), спец. питанием (молоком), моющими средствами.

Среди основных факторов, угрожающих здоровью персонала, на АССБ присутствуют следующие:

Таблица 25 - Характеристика факторов

Факторы	
Вредные	Опасные
1. Утечка токсичных и вредных веществ	1. Движущиеся машины и механизмы
2. Повышенный уровень шума и вибрации	2. Электрические
3. Недостаточная освещённость рабочей зоны	3. Пожаровзрывоопасные

4.2. Анализ вредных веществ.

4.2.1. Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу.

Большинство ядовитых веществ попадает в организм человека через органы дыхания. Это опасно из-за большой всасывающей способности слизистой оболочки носа и дыхательной поверхности легких.

Важно знать какая предельно предельно-допустимая концентрация этих веществ должна быть в воздухе, чтобы они не оказывали сильного влияния на организм человека. По определению ПДК вещества в воздухе рабочей зоны: концентрация которая при ежедневной работе без средств защиты в течении 8 часов или другой продолжительности но не более 40 часов в неделю в течении всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

Для некоторых веществ класс опасности может быть изменен на более низкий, даже при высокой ПДК. Это объясняется тем, что при высокой разовой концентрации вещества в рабочей зоне влияние на организм человека может многократно усиливаться. Примером таких веществ используемых на рассматриваемом производстве могут являться МТБЭ, бензол и его гомологи.

Таблица 26 - Предельно-допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе рабочей зоны (ГН 2.2.5.1313-03)

Наименование сырья, материалов, реагентов, катализаторов, полуфабрикатов, готовой продукции, отходов производства	Класс опасности (ГОСТ 12.1.007)	Агрегатное состояние при нормальных условиях	Температура, °С			ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений ГН 2.2.5.1313-03, мг/м ³	Характеристика токсичности (воздействие на организм человека)
			кипения	плавления	самовоспламенения		
Бензол нефтяной	2	жидкость	80	5,5	562	15	Пары действуют наркотически, вредно влияют на нервную систему, оказывают раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки глаз.
МТБЭ	4	жидкость	55,2	-108,6	-28	100	МТБЭ действует угнетающе на центральную нервную систему. Действие обратимое.

							Через неповрежденную кожу практически не проникает. Местное действие на кожу отсутствует. Попадание в глаза жидкого продукта вызывает легкое раздражение конъюнктивы, на роговицу не действует. В организме не накапливается.
Изопентан	4	жидкость	9,5	–159,9	–	300	Обладает наркотическим действием.
Толуол	3	жидкость	110,6	–95	320	50	Пары толуола могут проникать через неповрежденную кожу и органы дыхания, вызывать поражение нервной системы (заторможенность, нарушения в работе вестибулярного аппарата), в том числе необратимое.
Бензин топливный	4	жидкость	33–205	–	257	100 (в пересчете на С)	Ядовитость бензина определяется суммарным

							действием входящих в его состав углеводородов.
--	--	--	--	--	--	--	--

К средствам защиты от попадания на кожу вредных химических веществ служат резиновые перчатки, лабораторные халаты, шапочки, обувь. Для защиты дыхательных путей от действия вредных химических веществ служат специальные ватно-марлевые повязки, респираторы, противогазы. Для защиты слизистой оболочки глаз можно использовать специальные очки. Средством защиты от поражения вредными химическими веществами служит также точное соблюдение техники безопасности и инструкций к используемым веществам.

4.2.2.Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте

Следующим важным вредным фактором, имеющим место на АССБ, является высокий уровень шумового загрязнения и вибрационного воздействия, являющийся следствием работы высокопроизводительного насосного оборудования.

Требования по допустимому уровню звукового давления, звука и эквивалентных уровней звука выполняются в соответствии с общими требованиями безопасности, согласно которым уровень звука на АСББ не превышает 80 децибел. В случае повышенного шумового фона (более 80 децибел) в помещениях насосных и на узле смешения АССБ рабочие, осуществляющие ремонт и обслуживание оборудования, должны работать в антифонах.

Вибрации оборудования на рабочих местах не превышают допустимых величин. Высокая вибрация отрицательным образом сказывается на опорно-двигательном аппарате, на нервной системе; происходит уменьшение иммунитета и опущение органов брюшной полости и малого таза, что вызывает нарушение их функций, и в первую очередь - желудочно-кишечного тракта.

На АССБ предусмотрены следующие виды общей индивидуальной защиты:

- Костюм х/б, выдаваемые сроком на 12 мес.;
 - Сапоги кирзовые, выдаваемые сроком на 12 мес.;
 - Рукавицы комбинированные (1 пара в месяц);
 - Куртка х/б утепленная, выдаваемые сроком на 24 мес.;
 - Брюки х/б утепленные, выдаваемые сроком на 24 мес.;
 - Валенки, выдаваемые сроком на 30 мес.;
 - Защитная каска, выдаваемые до износа;
 - Антифоны или беруши, выдаваемые до износа;
 - Фильтрующий противогаз с коробкой марки БКФ, который должен проверяться ежеквартально;
 - Очки (дежурные);
 - Перчатки резиновые.
2. Повышенный уровень вибрации
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны.

4.2.3. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Еще одним вредным фактором является недостаточная освещенность рабочих мест. Специфика обеспечения надлежащей освещенности в помещениях заключается в том, что работы на станции смешения осуществляются круглосуточно, а значит, необходимо поддерживать баланс между естественным и искусственным освещением.

Требования к освещению рабочих мест зафиксированы в [5]. Естественная освещенность в дневное время суток в операторной составляет 1,5%, в насосной – 0,2%, поэтому установлены окна, которые обеспечивают необходимое освещение, и при этом устойчивые к вибрационному воздействию.

Таблица 27 – Нормы искусственной освещенности в помещениях АССБ

Источник света	Мощность источника света в помещении, лк.	
	Операторная	Насосная
Лампы дневного света	200	50
Лампы накаливания	150	20

Для осветительных установок общего освещения коэффициент запаса составляет 1,8 – 2,0. Коэффициент пульсации не превышает 5%.

Плохое и неравномерное освещение приводит к снижению зрительных функций, повышается уровень утомляемости, что отрицательно влияет на общую работоспособность персонала.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в рабочих помещениях проводится чистка стекол оконных рам и светильников два раза в год и своевременная замена перегоревших ламп.

4.3 Анализ опасных факторов

4.3.1 Движущиеся части машин и механизмов

На АССБ к механическим опасностям можно отнести:

- механизмы и подвижные части оборудования, неустойчивые конструкции (насосы и их части, трубопроводы и их отводы);
- режущие, колющие и падающие предметы (выступающие части оборудования);
- повышенный уровень шума, колебаний и вибраций (насосная);
- рабочее место на высоте (резервуарный парк).

Методы и средства защиты:

- Обеспечение недоступности опасной зоны (заграждения, запрет доступа и входа).
- Уменьшение опасности при помощи специальных приспособлений, к которым относятся:
 - оградительные устройства (стационарные, съемные, переносные, частичные, могут быть сплошными и сетчатыми);
 - предохранительные устройства ограничения (слабое звено), шпонки, мембраны;
 - блокировочные (механические, электрические, оптические, радиационные и др.), которые соединены с пусковым механизмом.

- обеспечение безопасности при работе на высоте (страховочные крепежи, поручни, лестницы).

4.3.2 Электробезопасность

Электробезопасность установки должна обеспечиваться в любых возможных нормальных и аварийных эксплуатационных ситуациях. Источниками электрической опасности могут являться:

- оголенные части проводов или отсутствие изоляции;
- отсутствие заземления;
- замыкания;
- статическое напряжение.

Электробезопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий:

- Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия;
- Ограждения токоведущих частей;
- Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
- Применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
- Применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
- Использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

Согласно [34], проведен контроль напряжений прикосновения и токов в местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека. Класс точности измерительных приборов не ниже 2,5.

Согласно правилам защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности для предупреждения возможности возникновения опасных искровых разрядов с поверхности оборудования, перерабатываемых веществ, а также с тела человека необходимо предусматривать, с учетом особенностей производства, следующие меры, обеспечивающие стекание возникающих зарядов статического электричества:

- отвод зарядов путем заземления оборудования и коммуникаций, а также обеспечения постоянного электрического контакта с заземлением тела человека;
- отвод зарядов путем уменьшения удельных объемных и поверхностных электрических сопротивлений;
- нейтрализация зарядов путем использования радиоизотопных, индукционных и других нейтрализаторов.

Для снижения интенсивности возникновения зарядов статического электричества:

- всюду, где это технологически возможно, горючие газы очищены от взвешенных жидких и твердых частиц; жидкости - от загрязнения нерастворимыми твердыми и жидкими примесями;
- всюду, где этого не требует технология производства, исключено разбрызгивание, дробление, распыление веществ;
- скорость движения материалов в аппаратах и магистралях не превышает значений, предусмотренных проектом.

Во взрывоопасных производствах, где могут накапливаться заряды статического электричества, технологическое и транспортное оборудование изготовлено из материалов, имеющих удельное объемное электрическое сопротивление не выше 10^5 Ом·м.

4.3.3 Пожаровзрывобезопасность

В соответствии со ст. 27 [35], АССБ относится к категории А — повышенная взрывопожароопасность, так как к этой категории относятся

помещения, в которых обращаются горючие газы и легковоспламеняющиеся жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси.

Причинами возгорания в помещении операторной могут являться: нарушения электропроводки (оголенные части проводов или отсутствие изоляции), что может спровоцировать возгорание; использование неисправного электрического оборудования, в том числе компьютеров; утечки из технологических трубопроводов, резервуаров и насосов в непосредственной близости от операторной.

В целях обеспечения надежности и безопасности работы, предусматривается ряд мероприятий, обеспечивающих безопасное ведение технологического процесса:

- герметичность арматуры оборудования и трубопроводов;
- автоматический контроль технологического процесса со щита в операторной;
- закрытая система сбросов на факел и дренирования подтоварной воды, что позволяет предотвратить загазованность участка, тем самым уменьшить вероятность пожара и взрыва;
- система аварийного освобождения аппаратов и трубопроводов, а также освобождение их от продуктов перед ремонтом;
- оснащение процесса средствами противоаварийной защиты, предупреждающими об отклонениях от норм технологического режима, исключающими возможность выбросов продуктов через предохранительные клапаны;
- система продувки инертным газом и паром аппаратов и трубопроводов перед ремонтом и пуском в работу;
- обеспечение удобных подъездов пожарной техники к оборудованию, размещенному на открытой площадке;
- наличие противопожарных разрывов между парками;

- наружное пожаротушение обеспечивается от системы пожарного водоснабжения;
- защита зданий, сооружений, аппаратов, оборудования и трубопроводов от вторичных проявлений молний и статического электричества;
- предотвращение взрывов в помещениях с нормальной средой, вследствие проникновения горючих газов и паров, обеспечивается приточными и вытяжными вентиляционными системами;
- наличие первичных средств пожаротушения во всех помещениях и подразделениях АССБ.

Здания и сооружения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения в соответствии с Правилами пожарной безопасности в Российской Федерации, государственных стандартов и отраслевых нормативов.

Снаружи здания АССБ, резервуарных парков должны быть установлены электрические извещатели пожарной сигнализации общего назначения.

4.4 Охрана окружающей среды

Вредное воздействие установки компаундирования может распространяться на атмосферу. Для борьбы с загрязнением атмосферы на установке компаундирования применяют следующие меры:

- воздух, с компрессорных установок проходит очистку в центробежных циклонах, после чего сбрасывается в атмосферу;
- совершенствование производства и создания новых технологий (например, безотходная технология для совместного получения АИ-93 и А-76, переход на производство неэтилированного бензина, уменьшение ароматических углеводородов в бензине;
- каталитический дожиг выбросов.
- использование котлов утилизаторов для использования тепла отходящих газов с целью снижения теплового загрязнения атмосферы.
- сооружения линий аварийных сбросов давления в факельную линию.

Воздействие на гидросферу отсутствует, так как слив вредных веществ отсутствует. Воздействие на литосферу отсутствует, так как выброс твердых остатков отсутствует.

4.4.1 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожаровзрывобезопасность

Для обеспечения безаварийной работы установки и достижения минимального уровня взрывопожароопасности процесса предусмотрены следующие мероприятия:

- все стадии технологического процесса непрерывны и склонны к устойчивому протеканию;
- при соблюдении правил эксплуатации процесс не обладает возможностью взрыва внутри технологической аппаратуры;
- применяемые, обращающиеся и получаемые вещества не обладают способностью быстро и спонтанно полимеризоваться, реагировать с водой, саморазогреваться и самовоспламеняться, не склонны к непроизвольному термическому разложению при высоких температурах и давлениях;
- на установке отсутствуют открытые поверхности аппаратов и трубопроводов с температурой выше температуры самовоспламенения обрабатываемых веществ;
- контроль и управление процессом осуществляется автоматически и дистанционно из операторной с использованием электронной системы приборов;
- предусмотрены система аварийного освобождения аппаратов от нефтепродукта в аварийную емкость и аварийный сброс на факел;
- на наружной установке, где расположено оборудование, в котором обращаются взрывопожароопасные вещества, предусмотрены датчики загазованности, сигналы от которых поступают в операторную.

Способы и средства пожаротушения. В соответствии с требованием норм по пожаротушению на установке должны быть предусмотрены первичные и стационарные средства пожаротушения, а также пожарная сигнализация.

На установке предусмотрены следующие средства пожаротушения:

первичные средства пожаротушения (огнетушители – пенные ОХП-10, корюшковые ОПУ-10, ОПС-10Г, углекислотные ОУ-5, ОУ-8; кошмы, ящики с песком, лопаты и т.д.);

- стационарная система пенотушения открытой насосной;
- водяная оросительная система колонных аппаратов;
- лафетные стволы на лафетных вышках (4 вышки);
- пожарные краны в помещении компрессорной.

Способы обезвреживания и нейтрализации продуктов производства при разливах и авариях

Для локализации проливов опасных веществ и предотвращения их испарения и воспламенения применяется покрытие разливов пеной, песком, водяным паром, асбестовым полотном.

Для исключения растекания нефтепродуктов по территории установки группы аппаратов имеют защитные ограждения в виде бетонных бортиков: дренажная емкость, площадь ограждения $S = 15 \text{ м}^2$, высота бортика 200 мм; теплообменники, площадь ограждения $S = 220 \text{ м}^2$, высота бортика 300 мм; топливные бачки, площадь ограждения $S = 170 \text{ м}^2$, высота бортика 1 м; сырьевые резервуары находятся в обваловке высотой 2 м, площадь обвалования 1625 м^2 .

Предотвращение разгерметизации оборудования

Для исключения разгерметизации оборудования и трубопроводов с целью предупреждения аварийных выбросов опасных веществ на установке предусмотрено:

- постоянный контроль параметров технологического режима установки, не допускающий превышения реальных значений температур и давлений над паспортными;
- применяется прокладочный материал высокого качества (паронит, фторопласт, алюминий), обеспечивающий необходимую герметичность разъемных соединений в течение межремонтного периода эксплуатации установки;

– защита оборудования от превышения давления осуществляется системой предохранительных клапанов, сброс от которых производится в закрытую факельную систему через факельную емкость.

4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить **федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”**. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др. [36]

Управление охраной труда осуществляет блок федеральных органов исполнительной власти, руководимый Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития). Оно осуществляет функции государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения и социального развития, социального страхования, условий и охраны труда и т. д.

Функции по контролю и надзору, которые ранее осуществлялись Санэпиднадзором Минздрава России, **переданы Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор)**.

Федеральная служба по труду и занятости (Роструд) осуществляет функции по надзору и контролю в сфере труда, а также государственный надзор и контроль за соблюдением, в частности, трудового законодательства и нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права; установленного порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве.

Федеральное агентство по здравоохранению и социальному развитию (Росздрав) организует деятельность по установлению связи заболевания с профессией, государственной службы медико-социальной экспертизы и др.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) — государственный санитарно-эпидемиологический надзор за соблюдением санитарного законодательства; организует деятельность системы санитарно-эпидемиологической службы РФ.

В федеральном законе “О пожарной безопасности” (2008) определяются общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, дается регулирование отношений между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, организациями, крестьянскими хозяйствами и иными юридическими лицами независимо от форм собственности [37].

Федеральный закон “О радиационной безопасности населения” (ФЗ -№ 123 от 2008 г.) характеризует правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья.

Заключение

В ходе проделанной работы был изучен процесс компаундирования товарных бензинов. Выявлены факторы, влияющие на отклонение от аддитивности октановых чисел смешения.

С помощью компьютерной моделирующей системы «Compounding» производилась оптимизация сложного многокомпонентного процесса смешения товарного бензина. Данная система была разработана на кафедре химической технологии топлива и химической кибернетики Томского политехнического университета. Благодаря применению математической модели, исследование проходило без вмешательств на станцию смешения бензинов и значительных финансовых затрат на проведение эксперимента.

В отличие от других коммерческих пакетов, компьютерная моделирующая система «Compounding» учитывает межмолекулярное взаимодействие углеводородов, что является не маловажным фактором для оптимизации процесса смешения нефтепродуктов. Также программа позволяет варьировать добавки и присадки в целях получения продуктов заданного качества, рассчитывая при этом себестоимость полученного товарного бензина.

Изначально была разработана рецептура высокооктановых бензинов марок АИ-95 и АИ-98 с сохранением требуемых характеристик к товарному бензину. Для бензина Премиум-95 было разработано несколько рецептов, самая низкая по себестоимости составила 21047 рублей, для бензина Супер-98 26548 руб. При этом каждый вариант соответствует ГОСТ Р 51866-2002.

Разработаны рецептуры бензинов с октановыми числами 95 и 98, с содержанием некондиционного продукта 50% масс. и рассчитана их себестоимость. Были актуализированы цены на бензин и рассчитана прибыль от реализации бензина марки Премиум-95, которая составила 21 734 руб/т и бензина марки Супер-98, которая составила 19 952 руб/т.

Список использованных источников

1. Капустин В. М. Оксигенаты в автомобильных бензинах. / В.М Капустин, С.А.
2. Обрядчиков С.Н. Технология нефти. ч.2. / С.Н. Обрядчиков. - М.: Гостоптехиздат, 1952. - 408 с.
3. Рудин М.Г. Карманный справочник / М.Г. Рудин, В.Е. Сомов, А.С. Фомин. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. - 334 с.
4. Смидович Е. В. Технология переработки нефти Ч.II. Крекинг нефтяного сырья и газа и переработка углеводородных газов: Учебник для вузов. - М.: Химия, 1980. - 328 с.
5. Сомов В.Е. Стратегические приоритеты российских нефтеперерабатывающих предприятий. - М.: ЦНИИТЭНефтехим, 2002. - 292 с.
6. Сюняев З.И. Нефтяные дисперсные системы / З.И. Сюняев, Р.З. Сафиева, Р.З. Сюняев. - М.: Химия, 1990. - 226 с.
7. Абросимов А. А. Экология переработки углеводородных систем. - М.: Химия, 2002. - 608 с.
8. Алиев Р.Р. Катализаторы и процессы переработки нефти. - М.: Химия, 2010. - 308 с.
9. Банков П.Г. Процессы переработки нефти. - М.: ЦНИИТЭнефтехим. Часть I. 2000. - 224 с.; Часть II. 2001. - 415 с.; Часть III, 2003. - 504 с.
10. Емельянов В. Е. Производство автомобильных бензинов. - М.: Техника, 2008. - 191 с.
11. Карпов, А.В. Царев - М.: КолосС, 2011. - 336 с.
12. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2014. – 73 с.
13. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 30.12.2008)// СПС Консультант.
14. Конституция Российской Федерации (принята на всенародном голосовании 12 декабря 1993 г.) .
15. Федеральный закон от 17.07.1999 N 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации" (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) // СПС Консультант.
16. Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".
17. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов

безопасности труда. Система управления охраной труда. Общие требования. ILO-OSH2001 ».

18. Приказ от 12апреля 2011г. N 302н “Об утверждении перечня вредных и(или)опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования),и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров(обследований) работников, занятых на тяжелых работах с вредными и (или) опасными условиями труда”.
19. Постановление Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2009 г.N 1213 “Об утверждении технического регламента о безопасности средств индивидуальной защиты”.
20. Абросимов А.А. Экология переработки у систем / А.А. Абросимов. - М.: Химия, 2002. - 608 с.
21. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 февраля 2009 г.N 45 "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"
22. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 17 декабря 2010 г. N 1122н "Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи работникам смывающих и (или) обезвреживающих средств и стандарта безопасности труда "Обеспечение работников смывающими и (или) обезвреживающими средствами"
23. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03: утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 13 июня 2003 г. № 118 г. Москва.
24. ГОСТ 12.1.002–84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни и требования к проведению контроля на рабочем мест. – введ. 01.01.1986.- М.: Стандартинформ, 2009. – 7 с.
25. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля

2000 г. Москва.

26. Левинбук М.И., Каминский З.Ф., Глаголева О.Ф. ХТТМ, 2000. - № 2. - с. 6.
27. Злотников Л.Е. ХТТМ. 1997. - № 1. - с. 3.
28. Гилсдорф Н.Л. Труды конференции ЮОпи по нефтепереработке, 14-15 мая 1997. Москва.
29. Емельянов В.Е., Лебедев С.Р. Мир нефтепродуктов, 2000. № 3
30. Черныш М.Е. ХТТМ. 1997. - № 2. - с. 3.
31. Виппер А.Б., Ермолаев М.В. Нефтепереработка и нефтехимия, 1999. № 6 с. 50.
32. Каминский З.Ф. Козлов И.Т., Ашитко С. ХТТМ, 1993. - № 9. - с. 4.
33. Радченко Е.Д. ХТТМ, 1993. - № 9. - с. 3.
34. Левинтер М.Е., Ахметов С.А. Глубокая переработка нефти. М.: Химия 1992
35. Абросимов А.А. Экологические аспекты производства и применения нефтепродуктов. - М.: 1999.
36. Абросимов А.А. Нефтепереработка и нефтехимия, 1998. - № 5 - с. 54.
37. Федеральная целевая программа «Топливо и энергия» на 1996-2001 гг. Постановление Правительства РФ от 6 марта 1999
38. Емельянов В.Е. Экология и промышленность России, 1997. - № 6. - с. 24.
39. Хавкин В. А., Гуляева Л. А. и др. Нефтепереработка и нефтехимия, 1998. - № 5 – с. 15.
40. Берг Г.А., Теляшев Г.Г. и др. ХТТМ, 1986. - № 9. - с. 20.
41. Смахун А.И. ХТТМ, 1991. - № 5. - с. 34.
42. Теляшев Г.Г., Берг Г.А. и др. Нефтепереработка и нефтехимия, 1990.
43. Приказ МЧС РФ от 18 июня 2003г. N313 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03)».
44. Сен-Марк Ф. Социализации природы. М.: Прогресс, 1977.
45. Лисичкин Г.В. Российский химический журнал. Т XVI, 1997. - № 6. – с.78.
46. Мастепанов А.М. Российский химический журнал. Т XVI, 1997. - № 6. - с.
47. Соловьянов А.А. Российский химический журнал. Т XVI, 1997. - № 6. - с.
48. Безруких П.П. Российский химический журнал. Т XVI, 1997. - № 6. - с. 82.
49. Мещеряков С.В. ХТТМ. - 2000. - № 2. - с. 12.
50. Алексеев Г.Н. Энергоэнтропика. - М.: Знание, 1983.
50. Моделирование процесса приготовления высокооктановых бензинов на основе углеводородного сырья в аппаратах циркуляционного типа [Электронный ресурс]: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических

наук; спец. 05.17.08 / Ю. А. Смышляева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; науч. рук. Э. Д. Иванчина. – Электронные текстовые данные – Томск, 2011.

51. Емельянов В.Е. ХТТМ., 1995. - № 2. - с. 5.
52. Усакова Н.А., Емельянов В.Е., Демина Н.А. Нефтепереработка и нефтехимия, 1999 № 1 - с. 14.
53. Маркин А.З., Сафина Л.А., Токарев Ю.И. Нефть и капитал. 1998 - № 10 - с. 60.
54. Гуреев А.А., Митусова Т.Н., Соколов В.В. и др. ХТТМ. 1992, - № 6 - с. 2.
55. Lindsan R. 13 World Petroleum Congress, Buenos Aires, 20-25 oct., 1991.
56. Бабилов А.Ф., Хавкин В.А. и др. ХТТМ. 1993. - № 3. - с. 34.
57. Amer. Petrol. Inst. Inform. Bull No. 11, - Philadelphia, 1958.
58. Gas Processors Assoc. Publication 2140, Liquefied Petroleum Gas Specifications and Test Methods, Tulsa, OK. Co., New York, 1960 - pp. 424-472. 4. NPRA Survey, 1989
59. Gas Processors Assoc. Publication 2140, Liquefied Petroleum Gas Specifications and Test Methods, Tulsa, OK.
60. Reno, M.E., Bozzano, U.S., and Tieman, WC., UoP 1990 Technology Conference, UoP Des Plaines, IL, 1990.
61. Unzelman, G.H., Oil Gas J. 88(15), 1990 - pp. 43-48.
62. Jansen, S.D. and Tamm, D.C., RFS will require more blendstock production, Oil Gas J. - May 8, 2006.
63. Newsletter, Oil Gas 97(51) - 3, 1999.
64. Bland, WF and Davidson, R.L. (Eds.), Petroleum Processing Handbook, McGraw-Hill Book Co., New York - pp. 11-39, 1967

Приложение А

Таблица А1 - Соотношение потоков компонентов бензиновых смесей и процентного содержания ароматики по исследовательскому методу

Исследовательский метод			
Ароматика, %мас	50	60	80
ОЧИ	94,79	95	95,33
ОЧМ	87,41	87,55	87,85
ДНП, кПа	65,01	64,7	64,07
Вязкость, с*Па	41,15	41,27	41,51
Плотность, кг/м3	730,13	730,89	732,42
Ароматика на выходе, %мас	28,89	30,99	35,05

Таблица А2 - Соотношение потоков компонентов бензиновых смесей и процентного содержания бензола по исследовательскому методу

Исследовательский метод			
Бензол, %мас	2,2	4,2	10,2
ОЧИ	95	95,09	95,28
ОЧМ	87,55	87,69	87,89
ДНП, кПа	64,7	64,11	64,93
Вязкость, с*Па	41,27	41,17	41,01
Плотность, кг/м3	730,89	730,98	731,11

Таблица А3 - Соотношение потоков компонентов бензиновых смесей и процентного содержания ароматики по моторному методу

Моторный метод			
Ароматика, %мас	50	60	80
ОЧИ	94,79	94,97	95,33
ОЧМ	87,4	87,55	87,05
ДНП, кПа	65,02	64,7	64,07
Вязкость, с*Па	41,15	41,27	41,51
Плотность, кг/м3	730,13	730,89	732,42
Ароматика на выходе, %мас	28,87	30,94	35,04

Таблица А4 - Соотношение потоков компонентов бензиновых смесей и процентного содержания бензола по моторному методу

Моторный метод			
Бензол, %мас	2,2	4,2	10,2
ОЧИ	94,97	95,09	95,28
ОЧМ	87,55	87,69	87,89
ДНП, кПа	64,7	64,79	64,93
Вязкость, с*Па	41,27	41,17	41,01
Плотность, кг/м3	730,89	730,98	731,11

Приложение Б

Используя рецептуру бензинов и поварьировав процентное содержание каждого из потоков, было выявлено влияние ароматики на потоки бензина Супер-98.

Таблица Б1

Исследовательский метод			
Ароматика, %мас	50	60	80
ОЧИ	97,44	97,7	98,22
ОЧМ	89,55	89,76	90,18
ДНП, кПа	62,74	62,29	61,38
Вязкость, с*Па	39,5	39,92	40,44
Плотность, кг/м3	708,62	730,34	733,61
Ароматика на выходе, %мас	28,87	31,18	34,85

Таблица Б2

Исследовательский метод			
Бензол, %мас	2	4,2	10,2
ОЧИ	98,22	98,39	98,64
ОЧМ	90,18	90,37	90,66
ДНП, кПа	61,38	61,51	61,71
Вязкость, с*Па	40,44	40,29	40,07
Плотность, кг/м3	733,61	733,73	733,93