

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

Институт Электронного образования

Направление подготовки «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Моделирование процесса компаундирования с применением метода математического моделирования</b>

УДК 665.7.038.3:665.633.021.2.063.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д23	Джаббарова Умида Батыровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТТ и ХК	Долганов Игорь Михайлович	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2017 г.

**Планируемые результаты обучения  
по направлению подготовки бакалавров  
18.03.01 Химическая технология**

Код результата	Результат обучения
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
P1	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов сепарации.
P2	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке.
P3	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i><b>Общекультурные компетенции</b></i>	
P4	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития.
P5	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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

---

Институт электронного обучения  
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
Кафедра химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой ХТТ и ХК  
\_\_\_\_\_  
(Дата)                      (Ф.И.О.)                      (Подпись)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3–2Д23	Джаббаров Умиде Батыровне

Тема работы:

**Моделирование процесса компаундирования с применением метода  
математического моделирования**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

от 30.01.2017г № 496/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

15.06.2017г

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Данные хроматографического анализа сырьевых потоков, вовлекаемых в производство товарных бензинов
---------------------------------	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор литературы <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Требования, предъявляемые к качеству автомобильных бензинов</li> <li>1.2 Физико-химические и эксплуатационные свойства товарных бензинов</li> <li>1.3 Марки бензинов и экологические требования, предъявляемые к товарной продукции</li> <li>1.4 Компоненты товарных бензинов</li> <li>1.5 Методы расчет октанового числа товарных бензинов</li> </ol> </li> <li>2. Объект и методы исследования <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Технологическая установка компаундирования товарных бензинов</li> <li>2.2 Моделирование процесса компаундирования и подбор рецептур бензинов для АИ-80 и АИ-92 с целью снижения себестоимости.</li> </ol> </li> <li>3. Расчеты и аналитика <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Аналитика полученных данных о рецептуре бензинов для АИ-80 и АИ-90</li> </ol> </li> <li>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>5. Социальная ответственность</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
<<Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение>>	Рыжакина Татьяна Гавриловна, к.э.н.
<<Социальная ответственность>>	Немцова Ольга Александровна, ассистент

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТТ и ХК	Долганов Игорь Михайлович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–2Д23	Джаббарова Умида Батыровна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 84с., 12 рис., 24 табл., 54 источника, 1 прил.

Ключевые слова: компаундирование, бензин, октановое число, детонационная стойкость, дипольный момент, рецептура, моделирующая система.

Объект исследования – процесс компаундирование товарных бензинов. Предметом исследования являются рецептуры компаундирования товарных бензинов.

Цель работы – разработать рецептуры компаундирования товарных бензинов с учетом неаддитивности октановых чисел и влияния состава вовлекаемого в смешение сырья.

- Рассчитаны значения дипольных моментов для набора из 110 ключевых компонентов.
- Рассчитаны коэффициенты, характеризующие интенсивность межмолекулярных взаимодействий ключевых компонентов
- Осуществлен расчет октановых чисел и физико-химических свойств потоков, вовлекаемых в процесс компаундирования товарных бензинов.
- Разработаны рецептуры компаундирования бензинов марок АИ-80, АИ-92.

В результате исследования была получена новая база коэффициентов, характеризующих интенсивность межмолекулярных взаимодействий ключевых компонентов, позволяющая осуществлять точный расчет октановых чисел бензинов и бензиновых компонентов с учетом неаддитивности.

Экономическая эффективность/значимость работы: разработанная математическая модель для расчета октановых чисел с учетом неаддитивности может быть использована для прогнозирования октановых чисел компонентов бензина, а также для уточнения рецептур компаундирования товарных бензинов в зависимости от состава и

расхода, вовлекаемых в смешение потоков, во избежание перерасхода высококачественных и дорогостоящих компонентов.

## Содержание

Введение	9
1. Обзор литературы	11
1.1. Требования, предъявляемые к качеству автомобильных бензинов	11
1.2. Физико-химические и эксплуатационные свойства товарных бензинов	13
1.2.5. Содержание веществ	18
1.3. Марки бензинов и экологические требования, предъявляемые к товарной продукции	19*
1.4. Компоненты товарных бензинов	21
2. Практическая часть	26
2.1. Установка компаундирования автомобильных бензинов	26
2.2. Моделирование процесса компаундирования и подбор рецептур бензинов для АИ-80 и АИ-92 с целью снижения себестоимости	29
3. Расчет и аналитика	34
3.1. Сравнение расчетных параметров получаемых рецептур с фактическими данными.	34
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	40
4.1. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	40
4.2. SWOT-анализ	43
4.3. Планирование научно-исследовательских работ	44
4.3.1. Определение трудоемкости выполнения работ	45
4.3.2. Оценка готовности проекта к коммерциализации	46
4.3.3. План проекта	48
4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	51

4.4.1.	Расчет материальных затрат НТИ	51
4.4.2.	Основная заработная плата исполнителей темы	52
4.4.3.	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	54
4.4.4.	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	54
4.4.5.	Накладные расходы	55
	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	56
4.5.	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	56
5.	Социальная ответственность	61
5.1.	Описание рабочего места (автоматическая станция смешения бензинов)	62
5.2.	Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу	64
5.3.	Отклонение показателей микроклимата внутри помещения	70
5.4.	Недостаточная освещенность рабочей зоны	72
5.5.	Повышенный уровень шума	73
5.6.	Электробезопасность	74
5.7.	Пожаровзрывоопасность	74
5.8.	Экологическая безопасность	76
5.8.2.	Защита в чрезвычайных ситуациях	78
	Заключение	80
	Список использованных источников	82

## Введение

Истощение нефтяных месторождений, повышение стоимости на бензин, загрязнение окружающей среды – крупные и актуальные проблемы человечества. Решение этих проблем многие видят в использовании альтернативного топлива, но, сколько времени потребуется для повсеместного перехода? Насколько это экономически выгодно и какова вероятность отсутствия новых масштабных проблем? На сегодняшний день эти вопросы остаются открытыми и, в какой-то степени, неизведанными. Тем временем практика применения бензина насчитывает десятки лет. И с каждым годом его потребление только растет. Так, по данным исследований аналитического агентства «АВТОСТАТ», в России за 2014 год автомобильным транспортом было использовано 65,5 млн. тонн топлива – 84 млрд. литров, что в денежном эквиваленте соответствует 2,7 трлн. рублей. Доля бензина в общем объеме топлива составила 60,6%. Но, с ростом объемов производства и потребления бензинов, растут и требования к качеству нефтепродуктов на рынке, и экологические требования. Именно по этой причине, как отметил на одном из совещаний председатель Правительства России Дмитрий Медведев, необходима модернизация производств нефтяного топлива [1].

Четырехсторонние соглашения, подписанные в 2011 году нефтяными компаниями, Федеральной антимонопольной службой, Ростехнадзором и Росстандартом, обязали НПЗ к модернизации. В итоге, в период с 2011 по 2014 год нефтяные компании инвестировали в модернизацию НПЗ 823 млрд. рублей [2]. Но, учитывая экономическую ситуацию в стране, дальнейшие инвестиции пришлось сократить, поэтому производители находятся в постоянном поиске оптимальных

методик получения бензина, близкого к экологически чистому продукту на экономически выгодных условиях. Создание таких методик – один из наиболее важных и актуальных вопросов современной нефтепереработки.

Наиболее ответственным процессом для формирования качественных и количественных показателей бензина является компаундирование. Компаундирование – процесс смешения различных компонентов бензина, таких как: прямогонные бензины, продукты процессов каталитического риформинга, изомеризации, крекинга, алкилирования, антидетонационные присадки и добавки-оксигенаты. Ввиду важности компаундирования в производстве бензина, одной из основных задач, стоящих на сегодняшний день перед большинством нефтеперерабатывающих заводов является оптимизация процесса смешения, что возможно только с использованием метода математического моделирования.

Цель выпускной квалификационной работы – изучить процесс компаундирования как процесс получения товарных продуктов из нефти и с помощью специального программного обеспечения, рассчитать оптимальные, по экономическим параметрам, составы автомобильных бензинов АИ-80 и АИ-92, удовлетворяющие российским ГОСТам.

Объектом исследования в данной работе является процесс компаундирования товарных бензинов. Предмет исследования – рецептуры компаундирования товарных бензинов.

## **1. Обзор литературы**

Бензин – горючая смесь легких углеводородов с температурой кипения от 33 до 205 °С. Бензин используется в качестве топлива для карбюраторных и инжекторных двигателей или как высокоимпульсное ракетное топливо. Из бензина производят парафин, применяют как растворитель или просто горючий материал. Топливные материалы подразделяются на автомобильные и авиационные бензины. Авиационные бензины отличаются тем, что содержат больше легких фракций. В данной выпускной квалификационной работе рассматривается только автомобильный бензин.

Основное количество производимых автомобильных бензинов представляют собой продукты переработки нефти и газового конденсата. По факту, это смесь компонентов, получаемых различными технологическими процессами и по-своему влияющих на свойства товарного бензина. Компоненты делятся на две основные группы: базовые (преобладают по объему, являются основой бензина) и высокооктановые (низкокипящие углеводороды и их смеси, корректирующие свойства бензина в соответствии с определенными требованиями) [3].

### **1.1. Требования, предъявляемые к качеству автомобильных бензинов**

Успешное применение бензинов в качестве источника энергии для движения автомобиля возможно, если бензины имеют определенный углеводородный состав и обладают строго регламентированными физико-химическими и эксплуатационными свойствами. Современные требования к автомобильным бензинам представляют собой совокупность требований эксплуатации, крупномасштабного

производства и необходимости минимизации отрицательного воздействия на окружающую среду.

Требования, предъявляемые производителями двигателей с искровым зажиганием к качеству применяемых бензинов:

1. В любых климатических условиях на всех режимах работы двигателя сжигание смеси бензина и воздуха в камере сгорания должно происходить с нормальной скоростью без возникновения детонации.

2. Бензин должен иметь высокую теплоту сгорания, но минимальную склонность к образованию отложений и нагара в топливной и пусковых системах.

3. Приготовление горючей смеси должно быть возможным при любых температурах эксплуатации двигателей, что обеспечивает определенное значение испаряемости.

Таким образом, данные требования регламентируют детонационную стойкость, фракционный состав, давление насыщенных паров и содержание ряда веществ в бензинах [4].

Требования к качеству вырабатываемых бензинов, обусловленные техническими возможностями отечественной нефтепереработки, ограничивают показатели фракционного и углеводородного состава, содержание серы и антидетонаторов.

Для того чтобы увеличить выход бензина из нефтяного сырья нефтеперерабатывающие компании заинтересованы в повышении температуры конца кипения, но эффективное использование бензина в двигателе возможно при ограниченном содержании высококипящих фракций. Требования производителей автомобилей идут вразрез с требованиями НПЗ, поэтому необходим компромисс в виде экономически целесообразного уровня этих требований.

Требования, связанные с транспортированием и хранением бензинов, обусловлены необходимостью сохранения их в течение нескольких лет.

Транспортирование, хранение и применение бензина непосредственно на автомобилях осуществляется в различных климатических условиях при температуре воздуха от -50 до +45 °С, при этом необходимо обеспечить нормальную работу двигателя.

Требования по эксплуатации бензина регламентируют физическую и химическую стабильность, склонность к потерям от испарения и образованию паровых пробок, содержание коррозионно-агрессивных соединений.

Воздействие бензинов на окружающую среду при их применении связано с токсичностью соединений, попадающих в атмосферный воздух, воду, почву непосредственно из топлива или с продуктами его сгорания.

Экологические свойства бензинов обеспечиваются ограничениями по содержанию отдельных токсичных веществ, по групповому углеводородному составу, по содержанию низкокипящих углеводородов, а также серы и бензола.

Физико-химические свойства автомобильных бензинов и регулировочные параметры двигателей должны быть тщательно увязаны друг с другом. К основным характеристикам автомобильных бензинов относят: детонационную стойкость, испаряемость (фракционный состав и давление насыщенных паров), плотность, углеводородный состав [4].

## **1.2. Физико-химические и эксплуатационные свойства товарных бензинов**

### **1.2.1. Испаряемость**

Фракционный состав и давление насыщенных паров зависят от состава бензина, поэтому данные показатели у разных бензинов могут существенно различаться. Пусковые свойства бензинов, склонность к образованию паровых пробок, физическая стабильность – это свойства,

которые определяются давлением насыщенных паров (ДНП) и фракционным составом. ДНП зависит от температуры, а также от соотношения паровой и жидкой фаз. С уменьшением температуры или увеличением отношения пар-жидкость давление насыщенных паров уменьшается. От содержания в бензине легкокипящих фракций зависит его физическая стабильность (склонность к потерям от испарения), скорость прогрева двигателя, износ цилиндро-поршневой группы, приемистость двигателя.

больше легких фракций требуется для запуска двигателя.

В общем, требования к фракционному составу и давлению насыщенных паров бензинов определяются конструкцией автомобильного двигателя и климатическими условиями его эксплуатации. Ведь одновременно необходимо и обеспечить запуск двигателя при низких температурах, и предотвратить образование паровых пробок при высоких температурах, которые приводят к нарушениям в работе двигателя.

Кроме того, для нормальной работы двигателя необходимо контролировать полноту испарения топлива. Это величина, которая может быть охарактеризована температурой перегонки 90% бензина и температурой конца кипения. Если бензин испаряется не полностью, небольшая его часть в жидком виде может проникнуть в камеру сгорания, смывая при этом масло со стенок цилиндров. Жидкая пленка через зазоры поршневых колец может проникать в картер, при этом происходит разжижение масла. В результате повышается износ двигателя, ухудшается мощность и экономичность его работы. Снижение температуры конца кипения бензинов повышает их эксплуатационные свойства, но снижает ресурс бензинов [5].

### **1.2.2. Детонационная стойкость**

Данный показатель характеризует способность автомобильных бензинов противостоять самовоспламенению при сжатии. Нормальное

сгорание на всех режимах эксплуатации двигателя обеспечивается высокой детонационной стойкостью бензинов. Процесс горения топлива в двигателе носит радикальный характер. При сжатии смеси бензина и воздуха температура и давление повышаются, углеводороды окисляются (окисление интенсифицируется после воспламенения смеси). При недостаточной стойкости несгоревшей части углеводородов к окислению, происходит интенсивное накапливание пероксидов, а затем их взрывной распад. При высокой концентрации перекисных соединений происходит тепловой взрыв, приводящий к самовоспламенению топлива, которое, в свою очередь, приводит к взрывному горению оставшейся части топлива – детонационному сгоранию. Детонация вызывает перегрев, повышенный износ или даже местные разрушения двигателя и сопровождается резким характерным звуком, падением мощности, увеличением дымности выхлопа.

Показатель детонационной стойкости автомобильных бензинов – октановое число – равно содержанию (в процентах по объёму) изооктана (2,2,4-триметилпентана) в его смеси с н-гептаном, при котором эта смесь эквивалентна по детонационной стойкости исследуемому топливу в стандартных условиях испытаний.

Для определения октанового числа бензина используют два метода: моторный и исследовательский. Октановое число, определенное моторным методом (ОЧМ) ниже октанового числа, определенного исследовательским методом (ОЧИ), ввиду того, что моторный метод осуществляется при более напряженном режиме работы одноцилиндровой установки, чем исследовательский. ОЧМ в большей степени характеризует детонационную стойкость топлива при эксплуатации автомобиля в условиях повышенного теплового форсированного режима, когда как ОЧИ характеризует бензин при работе на частичных нагрузках в условиях городской езды.

Детонационная стойкость бензинов зависит от их углеводородного состава. Наибольшей детонационной стойкостью обладают ароматические углеводороды. Самая низкая детонационная стойкость у парафиновых углеводородов нормального строения, которая при этом уменьшается с увеличением молекулярной массы. Изопарафины и олефиновые углеводороды обладают более высокими антидетонационными свойствами по сравнению с нормальными парафинами, но разветвление и снижение молекулярной массы повышает детонационную стойкость парафинов.

Нафтены, в свою очередь, по детонационной стойкости превосходят парафиновые углеводороды, но уступают ароматическим углеводородам.

Таким образом, антидетонационные свойства бензинов, получаемых различными технологическими процессами, определяются входящими в их состав углеводородами. Известно, что самая низкая детонационная стойкость принадлежит бензинам прямой перегонки, состоящих, в основном, из парафиновых углеводородов нормального строения [6].

### **1.2.3. Теплота сгорания**

Мощностные и экономические показатели работы двигателя определяются теплотой сгорания, чем она выше, тем меньше удельный расход топлива. Этот показатель зависит от углеводородного состава бензинов, а для различных углеводородов определяется соотношением углерод/водород. Чем выше это соотношение, тем ниже теплота сгорания. Парафиновые углеводороды, бензины прямой перегонки и алкилбензин обладают наибольшей теплотой сгорания, наименьшей – ароматические углеводороды и бензины каталитического риформинга [5].

#### 1.2.4. Химическая стабильность

Способность бензинов сохранять свой состав и свойства при хранении, транспортировании или при нагревании впускной системой двигателя может быть охарактеризована таким показателем, как химическая стабильность. Химические изменения бензина во время его эксплуатации связаны с окислением входящих в его состав углеводородов. Значит, химическую стабильность бензинов можно определить по скорости реакций окисления. Скорость, в свою очередь, зависит от строения входящих в бензин углеводородов и условий процесса.

Во время окисления в бензинах накапливаются смолистые вещества, образующиеся в результате полимеризации и конденсации продуктов окисления. Сначала количество смолистых веществ в бензине невелико, и они полностью растворимы в нем, но по мере углубления процесса окисления содержание смолистых веществ увеличивается. Как уже было указано ранее, наличие в бензине продуктов окисления отрицательно влияет на его эксплуатационные свойства. Смолянистые вещества, выпадая из топлива, образуют отложения в резервуарах, трубопроводах и др. Окисление нестабильных бензинов при нагревании во впускной системе двигателя приводит к образованию отложений на ее элементах, а также увеличивает склонность к нагарообразованию на клапанах, в камере сгорания и на свечах зажигания.

Кроме того, на химическую стабильность бензинов влияют содержащиеся в них неуглеводородные компоненты. Наиболее склонны к окислению бензины термического крекинга, коксования, пиролиза, каталитического крекинга (в значительных количествах содержат олефиновые и диолефиновые углеводороды). Химически стабильными являются бензины каталитического риформинга, прямогонные бензины, алкилбензин [7].

### 1.2.5. Содержание веществ

Одним из жестко нормируемых параметров качества бензина является содержание в нем определенных веществ: серы, ароматических углеводородов и бензола, смолистых и смолообразующих соединений, металлов и т.д.

В бензине всегда присутствуют смолистые и смолообразующие соединения. Смолы – это темно-коричневые жидкие или полужидкие вещества с плотностью около 1000 кг/м<sup>3</sup>, обладающие сильной красящей способностью, легко растворимые во всех нефтепродуктах. Их содержание в бензине зависит от способов получения и очистки бензинов, а также длительности и условий его хранения. Входящие в состав смол тяжелые молекулы углеводородов не испаряются из бензина, а только накапливаются на горячих стенках трубопроводов, забивают жиклеры, что может привести к уменьшению проходных сечений различных участков топливоподающей аппаратуры, всасывающего коллектора. Как итог: снижение мощности и ухудшение экономичности двигателя. Кроме того, повышается износ, ухудшается процесс сгорания и увеличивается расход топлива за счет образования нагара в двигателе. Нагар – это уплотненные смолистые отложения в зонах высокой температуры, хрупкие и твердые, состоящие, в основном, из углерода [6].

Содержание серы в бензинах также строго регламентируется. При сгорании кислородные соединения серы вызывают коррозию и способствуют процессам образования отложений и износу двигателей. Общее содержание серы в бензинах – это суммарное количество всех сернистых соединений в топливе. Количество серы в бензинах не должно превышать 0,05 %. Экспериментальным методом установлено, что при увеличении серы с 0,05 до 0,10% износ деталей двигателя возрастает в 1,5-2 раза, а при повышении количества серы до 0,20% – еще вдвое.

Ограничивается и содержание бензола в автомобильном топливе, несмотря на то, что чистый бензол обладает высоким октановым числом

(более 100 единиц). Ряд причин, по которым бензол используется в ограниченном количестве: высокая температура замерзания (кристаллизации), плохая летучесть при низких температурах, высокая гигроскопичность, пониженная теплотворность [7].

Содержание ценнейших ввиду своей высокой детонационной стойкости составляющих автомобильных бензинов – ароматических углеводородов – также нормируются вследствие повышения нагарообразования в двигателе и образования в отработавших газах канцерогенного бензола. Кроме того, снижение доли ароматических углеводородов в бензине позволяет уменьшить содержание токсичных продуктов в отработавших газах. Строение ароматических углеводородов оказывает существенное влияние на нагарообразование в камерах сгорания и на клапанах двигателей, что снижает КПД и мощность, отрицательно сказывается на экономических и экологических характеристиках. Более того, при воздействии высоких температур ароматические углеводороды окисляются и откладываются в двигателе в виде нагара [6].

### **1.3. Марки бензинов и экологические требования, предъявляемые к товарной продукции**

Основную массу автомобильных бензинов в России вырабатывают по ГОСТ 2084-77, ГОСТ Р 51105-97, ТУ 38.001165-97 и ГОСТ Р 51866-2002. В зависимости от октанового числа ГОСТ 2084-77 «Бензины автомобильные» предусматривает пять марок автомобильных бензинов: А-72, А-76, АИ-91, АИ-93 и АИ-95.

Однако, параметры автомобильных бензинов, вырабатываемых по ГОСТ 2084-77, существенно отличаются от принятых международных норм, особенно в части экологических требований [8].

В целях повышения конкурентоспособности российских бензинов и доведения их качества до уровня европейских стандартов был разработан ГОСТ Р 51105-97 «Топлива для двигателей внутреннего

сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия». Согласно данному нормативному документу предполагается выпуск четырех марок бензинов: «Нормаль-80», «Регуляр-92», «Премиум-95», «Супер-98». Требования, предъявляемые к этим маркам бензинов согласно ГОСТ Р 51866-2002 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия», указаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Требования, предъявляемые к товарным бензинам согласно

ГОСТ Р 51866-2002 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия»

Характеристика	Норма-80	Регуляр-92	Премиум-95	Супер-98
ОЧИ, не менее	80	92	95	98
ОЧМ, не менее	76	83	85	88
Плотность при 15° С, кг/м <sup>3</sup>	720-775			

Бензин «Нормаль-80» предназначен для использования на грузовых автомобилях. Неэтилированный бензин «Регуляр-92» предназначен для эксплуатации автомобилей взамен этилированного А-93. Автомобильные бензины «Премиум-95» и «Супер-98» полностью отвечают европейским требованиям согласно Техническому регламенту Таможенного союза

ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» представленным в таблице 1.2 [9].

Таблица 1.2 – Требования, предъявляемые к товарным бензинам согласно Техническому регламенту Таможенного союза

Характеристика	Евро-2	Евро-3	Евро-4	Евро-5
Содержание серы, мг/кг	500	150	50	10
ДНП, КПа				
Летний период	45-80			
Зимний период	50-100			
Содержание компонентов, не более % мас.				
Ароматические углеводороды	Не определяется	42	35	
бензол	5	1		
олефины	18			
МТБЭ	15			
ММА	1,3			

Кроме того, в настоящее время множество мелких производителей бензинов выпускают свою продукцию по собственным техническим условиям. Чтобы при этом уровень требований к бензинам не занижался, введен ГОСТ Р 51313-99 Бензины автомобильные. Общие технические требования, который носит ограничительный характер и устанавливает ряд обязательных показателей, которые следует включать в любую нормативно-техническую документацию на бензины [10].

Автомобильные бензины, производимые по ТУ 38.001165-97, предназначены в основном для поставки на экспорт, а существующий нормативный документ ГОСТ Р 51866-2002, является аутентичным переводом европейского стандарта EN-228 [11].

#### **1.4. Компоненты товарных бензинов**

Автомобильные бензины представляет собой смеси компонентов – продуктов переработки нефтяного сырья (прямой перегонки нефти, каталитического риформинга, каталитического крекинга и гидрокрекинга вакуумного газойля, изомеризации прямогонных фракций, алкилирования, ароматизации, термического крекинга, висбрекинга, замедленного коксования). Набор компонентов бензина зависит, в

основном, от его марки и определяется наличием тех или иных технологических установок на нефтеперерабатывающем заводе [10].

Как правило, базовый компонент для выработки автомобильного топлива – бензины каталитического риформинга, каталитического крекинга или продукты изомеризации. Бензины каталитического риформинга высокостабильны при хранении за счет малого содержания серы и практически полного отсутствия олефинов. Однако есть и ряд недостатков: повышенное содержание ароматических углеводородов и неравномерность распределения детонационной стойкости по фракциям. Однако, доля компонента каталитического риформинга в составе бензинового фонда России составляет около 50%. Характеристика бензинов каталитического крекинга: низкое содержание серы, высокие значения октановых чисел по исследовательскому методу – 90-93 единицы. Содержание в них ароматических углеводородов составляет 30-40%, олефиновых – 5-35%. За счет отсутствия диеновых углеводородов в составе бензинов каталитического крекинга, последние считаются химически очень стабильными. По сравнению с бензинами каталитического риформинга, в бензинах крекинга распределение детонационной стойкости по фракциям является равномерным.

Продукты процесса каталитической изомеризации характеризуются высокими октановыми числами (ОЧМ около 88-92, ОЧИ – 93-97 единиц). В основном, после изомеризации на компаундирование отправляется изопентановая фракция. Смешение изомеризата с другими компонентами товарных бензинов дает возможность понижать содержание в них вредных веществ.

Ввиду всех перечисленных причин, в качестве базы для производства автомобильных бензинов целесообразно использовать смесь компонентов каталитического риформинга, каталитического крекинга и продуктов процесса каталитической изомеризации.

Бензины таких термических процессов, как замедленное коксование имеют низкую детонационную стойкость и химическую стабильность, но при этом высокое содержание серы. Поэтому они используются в ограниченных количествах и только для получения низкооктановых бензинов. При производстве же высокооктановых бензинов используются алкилбензин, изооктан, изопентан и толуол. Чаще всего при получении бензинов марок «Премиум95» и «Супер-98» используют кислородсодержащие компоненты: метилтретбутиловый эфир (МТБЭ) или его смесь с третбутанолом – фэтерол. При введении МТБЭ в бензин повышается полнота его сгорания и равномерность распределения детонационной стойкости по фракциям. Однако, максимально допустимая концентрация МТБЭ в бензинах составляет 15% из-за его относительно низкой теплоты сгорания и высокой агрессивности по отношению к резинам [7].

### **1.5.Методы расчета октанового числа товарных бензинов**

Проблема оптимизации процесса приготовления высокооктановых бензинов сводится к отсутствию надежных методик, позволяющих с высокой точностью проводить оценку детонационной стойкости смесового бензина и определять оптимальную рецептуру смешения компонентов для получения продукта требуемой марки. Проведенный аналитический обзор показал, что хотя проблемам оптимизации процесса компаундирования посвящено немало работ, рассмотренные в них математические модели не учитывают неаддитивность октановых чисел смешения и не обладают прогнозирующей способностью. В настоящее время общепризнанным считается использование методов, основанных на учете механизма взаимодействия углеводородов, присадок и добавок. В различных методах учитываются разные свойства, такие как состав, структура, плотность, спектр поглощения, диэлектрическая проницаемость, степень сжатия, степень преломления и др. Известен

способ определения октанового числа автомобильных бензинов [13], состоящий в сравнении детонационной стойкости испытуемого и эталонного топлива на специальном стандартизированном двигателе внутреннего сгорания. При определении находят экспериментальную зависимость степени сжатия рабочей смеси в двигателе от содержания изооктана в эталонном топливе, а затем по этой зависимости после испытания анализируемого бензина находят значение его октанового числа. Методика состоит в том, что на разогретом и отрегулированном двигателе при степени сжатия, соответствующей стандартной интенсивности детонации, проводится сравнение испытуемого топлива с близкими к нему по октановым числам смесями первичных или вторичных эталонов. Предварительно для испытуемого топлива и эталонных смесей подбирают регулировкой карбюратора такой состав рабочей смеси, при котором на измерителе детонации фиксируются наибольшие показатели (максимум детонации). Сравнение испытуемого и эталонного топлив заключается в том, что на стандартном режиме проводят не менее трех раз отсчеты по указателю детонации при работе двигателя попеременно на испытуемом топливе и на смесях эталонных топлив. Эталонные топлива при этом подбираются таким образом, чтобы одна смесь обладала большей, а другая меньшей детонационной стойкостью, чем испытуемое топливо. При этом смеси эталонных топлив должны отличаться друг от друга не более чем на две октановые единицы.

Если определение ведется с первичными эталонами, то октановое число рассчитывают по формуле:

$$A = A_1 + (A_2 - A_1) \cdot \frac{a_1 - a}{a_1 - a_2}$$

Где  $A_1$  – содержание изооктана в смеси с нормальным гептаном, детонирующий сильнее испытуемого топлива, об. %;  $A_2$  – то же для смеси, детонирующей слабее испытуемого топлива, об. %;  $a$  –

среднееарифметическое из отсчетов по указателю детонации для испытуемого топлива;  $a_1$  и  $a_2$  – то же соответственно для смесей первичных эталонов.

При работе с вторичными эталонами по аналогичной формуле подсчитывают процентное содержание высокооктанового вторичного эталонного топлива в смеси вторичных этанолов, эквивалентной по детонационной стойкости испытуемому топливу, а затем по шкале вторичных эталонов отсчитывают октановое число. Недостатком данного способа определения октанового числа является большая длительность определения, составляющая 120 мин, высокая стоимость и громоздкость экспериментальной установки, сложность ее обслуживания и дороговизна компонентов, из которых составляются эталонные топлива.

Представление о детонации как о взрывном распаде пероксидных соединений позволяет объяснить влияние многих конструктивных параметров двигателя на его требования к детонационной стойкости применяемых топлив. Все факторы, способствующие повышению температуры в камере сгорания и увеличению времени пребывания последних в камере сгорания, вызывают накопление пероксидных соединений, облегчают возникновение детонации, т.е. требования двигателя к детонационной стойкости применяемого топлива ужесточаются. Наибольшее влияние оказывает степень сжатия и диаметр цилиндра. С повышением степени сжатия резко возрастает температура, при которой протекают предпламенные реакции, а с увеличением диаметра цилиндра длительность пребывания последних порций топлива в камере сгорания становится больше. Найдена эмпирическая зависимость [6] между октановым числом топлива, необходимым для без детонационной работы двигателя, степенью сжатия и диаметром цилиндра (формула Аронова Д.М.):

$$ОЧ = 125,4 - \frac{413}{\varepsilon} + 0,183 \cdot D$$

Где  $OЧ$  – октановое число,  $\epsilon$  – степень сжатия;  $D$  – диаметр цилиндра

Для прямогонных бензинов Башкирским научно-исследовательским институтом по переработке нефти (БашНИИ НП) [14] была предложена формула:

$$OЧ_{,m} = 250,9 - 281\rho_4^{20}$$

Где  $\rho_4^{20}$  – относительная плотность бензина.

## 2. Практическая часть

### 2.1. Установка компаундирования автомобильных бензинов

Установка компаундирования бензинов по своей конструкции является модульной, в которой технологическое оборудование и пункт управления размещаются в одном модуле блок-боксе рамной конструкции.

Установка компаундирования бензинов позволяет обеспечить заданное соотношение нескольких исходных компонентов бензина при приготовлении автобензина требуемой марки, а также вовлечь в него расчётное количество октаноповышающей добавки. Внешний вид установки компаундирования бензинов схематично приведён на рисунке 1.1 [12].

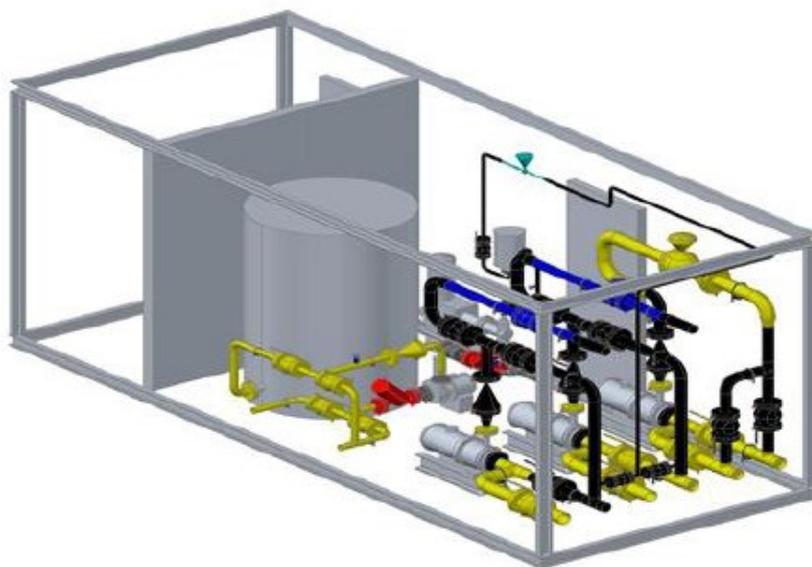


Рисунок 1 – Установка компаундирования товарных бензинов

Установка компаундирования автомобильных бензинов представляет собой рамный модуль заводского изготовления с установленным внутри него технологическим оборудованием, обвязанным технологическими внутримодульными трубопроводами со средствами КИПиА. Часть модуля занимает пункт управления установкой компаундирования автомобильных бензинов, на который выводятся показания уровнемеров резервуаров, объёмных счётчиков бензиновых потоков. В пункте расположены лампы рабочей и аварийной сигнализации, частотные вариаторы и кнопки управления насосами установки. Пункт управления – изолированное от окружающей среды помещение, снабжённое системой приточной подпорной вентиляции. Кроме того, в состав установки входит внемодульное оборудование в виде статического смесителя и системы приточной вентиляции пункта управления (воздухозаборная труба, центробежный вентилятор и проточный электрокалорифер) [12].

Применяемые на установке компаундирования бензинов средства автоматизация и приборы КИП обеспечивают необходимый и достаточный уровень контроля основных параметров технологического режима, что в свою очередь, позволяет гибко регулировать и поддерживать показатели качества получаемой продукции. Технологическая схема компаундирования бензинов, совмещенная со схемой автоматизации, представлена на рисунке 1.2 [12].

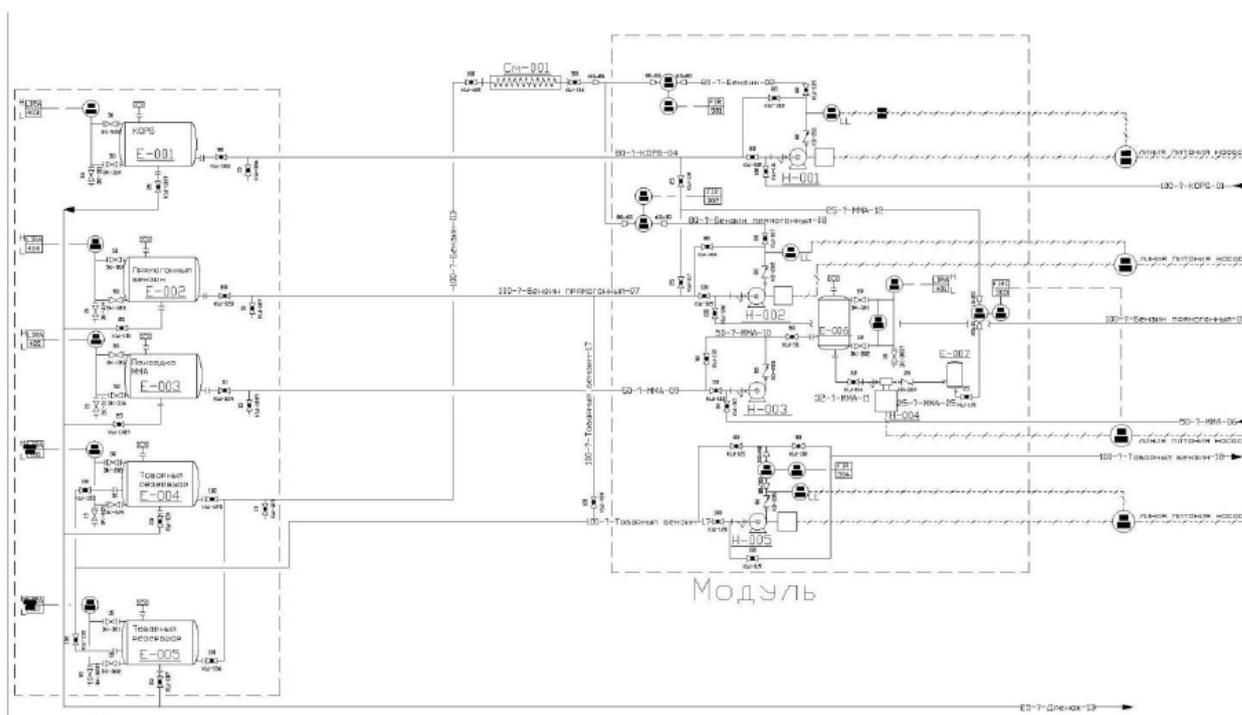


Рисунок 1.2 – Технологическая схема смешения товарных бензинов

Перед пуском установки компаундирования бензинов в работу производится загрузка резервуаров исходными бензиновыми компонентами, в качестве которых на практике обычно применяется прямогонный бензин, низкооктановый автомобильный бензин марки А-80, КОРБ (кубовые остатки ректификации бензола), абсорбент осветлённый стабилизированный, отходы производства ароматических углеводородов.

Заполнение резервуаров исходными бензиновыми компонентами может производиться бензиновыми насосами Н-001, Н-002 из автомобильных цистерн. Аналогичным образом производится загрузка резервуара ММА (или другой октаноповышающей добавки) из автоцистерны или транспортного контейнера при помощи центробежного химического насоса Н-003 [12].

Пуск установки заключается в практически одновременном включении в работу насосов подачи бензиновых компонентов и дозирующего насоса подачи ММА (или другой октаноповышающей добавки) через смеситель См-100 с направлением общего смесового потока в резервуар

приготавливаемого автобензина заданной марки. При этом оператором установки задаётся требуемая расчётная производительность каждого насоса с контролем расходов по показаниям объёмных счётчиков потоков, имеющих также функции расходомеров. По мере отработки резервуаров бензиновых компонентов и (или) заполнения резервуара приготавливаемого автобензина производится остановка насосов. При необходимости автобензин из резервуара готового продукта может быть повторно взят в производство и повторно смешан с каким-либо из имеющихся бензиновых компонентов. Например, для корректировки достигнутого октанового числа, если оно по результатам лабораторного анализа окажется меньше, чем требуется по техническим условиям для данной марки автобензина. Или, напротив, будет иметь существенное избыточное значение [12].

## **2.2. Моделирование процесса компаундирования и подбор рецептур бензинов для АИ-80 и АИ-92 с целью снижения себестоимости**

Процесс компаундирования предназначен для получения высокооктановых бензинов, удовлетворяющих требованиям нормативной документации Российской Федерации (ГОСТ 32513-2013). Оптимизация процесса компаундирования позволит получать продукцию товарного качества, используя более дешёвые компоненты, при этом себестоимость бензинов значительно снижается. Для точного расчета рецептуры смешения используется достаточно большое количество программных 28 продуктов, таких как «Neflbiz», однако большинство из них не учитывает неаддитивность октановых чисел смешения бензинов.

На кафедре Химической технологии топлива Института природных ресурсов Томского политехнического университета разработана программа «Compaunding», позволяющая рассчитывать

показатели качества бензинов с учетом неаддитивности смешения потоков по октановому числу.

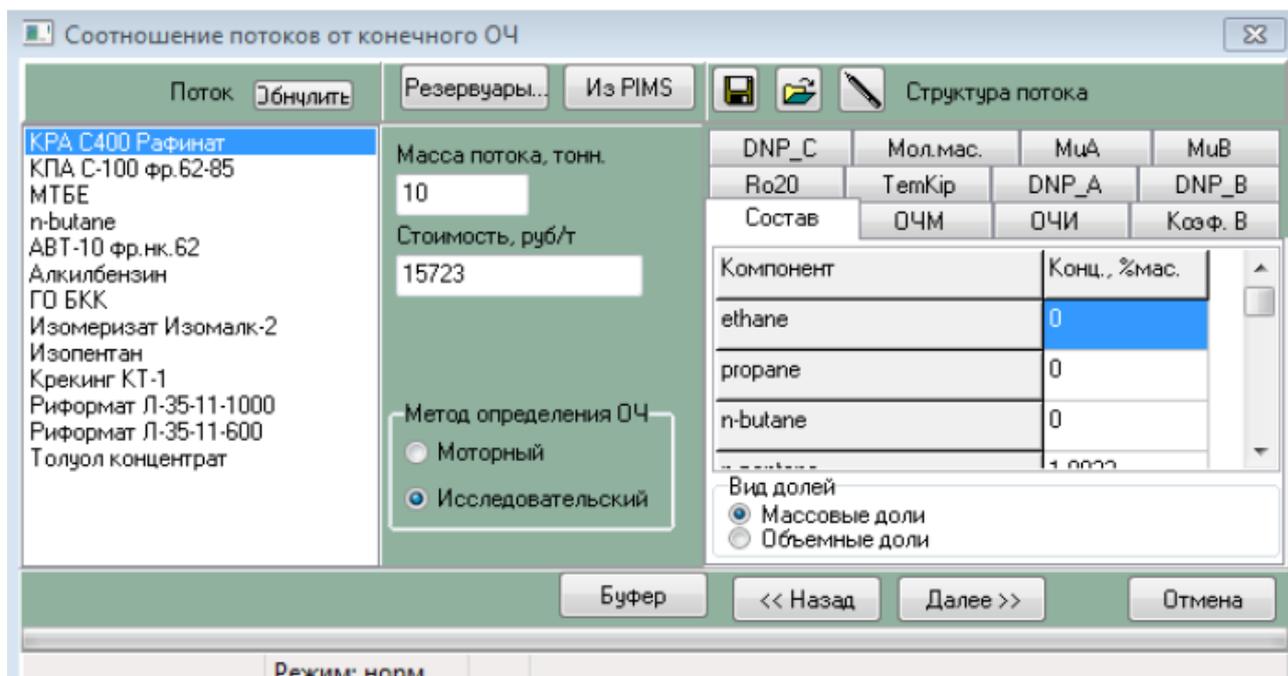


Рисунок 9 – Пример работы программы «Compounding»

В таблице 5 представлен компонентный состав по потокам 4 вариантов бензинов марки АИ-92 и АИ-80 также некоторые физические показатели, содержание ароматических углеводородов, серы и себестоимость, рассчитанные с помощью программы «Compounding».

Таблица 5 – Состав потока АИ-92

Компонент	% массовый			
	1 образец	2 образец	3 образец	4 образец
КРА С400 Рафинат	0	0	0	0
КРА С-100 фр.62-85	0,9	0,9	0,8	0,7
МТБЕ	0,9	0,9	0,9	0,9
n-butane	0	0	0	0
АВТ-10 фр.нк.62	0	0	0	0
Алкилбензин	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
ГО БКК	3,51	3,51	3,51	3,51
Изомеризат Изомалк-2	9,37	9,37	9,37	9,37
Изопентан	5,02	5,02	5,02	5,02
Крекинг КТ-1	6,48	6,48	6,48	6,48
Риформат Л-35-11- 1000	5,39	5,39	5,39	6,39
Риформат Л-35-11- 600	8,21	8,21	8,21	8,21
Толуол концентрат	6,21	9,21	9,21	9,21

Таблица 6 – Свойства АИ-92

Показатель	значение			
	1 образец	2 образец	3 образец	4 образец
ОЧИ	92,87	92,93	92,88	92,59
ОЧМ	86,05	85,99	85,97	85,73
ДНП потока	63,44	61,88	62,19	63,06
Плотность потока, кг/м3	723,42	727,11	726,56	725,28
Вязкость потока, с*Па	41,25	41,69	41,69	41,8
Н-парафины, %мас	5,661	5,9453	5,9412	5,9577
Изо-парафины, %мас	47,1155	45,7721	45,9715	46,2398
Нафтенy, %мас	6,258	5,9753	5,9893	6,1336
Олефины, %мас	7,6545	7,1949	7,2428	7,6005
Бензол, %мас	0,9	1	1	1
Ароматика, %мас	33,3151	35,1145	34,8576	34,0702
Сера, %мас	0,0008	0,0007	0,0007	0,0008
Себестоимость, руб/т	9003,01	9557,83	9447,72	9312,15
ОЧ по потокам	93,39	93,35	93,31	93,03

Таблица 7 – Состав потока АИ-80

Компонент	% массовый			
	1 образец	2 образец	3 образец	4 образец
КРА С400 Рафинат	115	120	130	176
КРА С-100 фр.62-85	140	130	140	186
МТБЕ	0	0		0
n-butane	0	0		0
АВТ-10 фр.нк.62	89	89	100	120
Алкилбензин	90	90	110	130
ГО БКК	85	85	100	120
Изомеризат Изомалк-2	60	60	66	96
Изопентан	40	40	80	100
Крекинг КТ-1	79	79	70	100
Риформат Л-35-11- 1000	90	70	140	165
Риформат Л-35-11- 600	155	155	60	70
Толуол концентрат	1,14	1,14	1,14	1,14

Таблица 8 – Свойства АИ-80

Показатель	значение			
	1 образец	2 образец	3 образец	4 образец
ОЧИ	80,56	80,1	80,6	80,02
ОЧМ	74,58	74,21	74,96	74,46
ДНП потока	45,53	45,97	49,74	49,95
Плотность потока, кг/м3	722,55	720,3	714,46	712,54
Вязкость потока, с*Па	41,37	40,95	40,13	39,85
Н-парафины, %мас	11,827	11,9467	11,4248	11,5113
Изо-парафины, %мас	43,0354	44,0281	46,7327	47,2484
Нафтены, %мас	16,8994	16,7798	16,739	17,0669
Олефины, %мас	4,2527	4,3765	4,274	4,3154
Бензол, %мас	0,9	0,9	0,8	0,8
Ароматика, %мас	23,9843	22,8687	20,8297	19,8575
Сера, %мас	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Себестоимость,руб/т	17842,84	17778,19	18220,89	18125,15
ОЧ по потокам	80,86	80,49	81,03	80,46

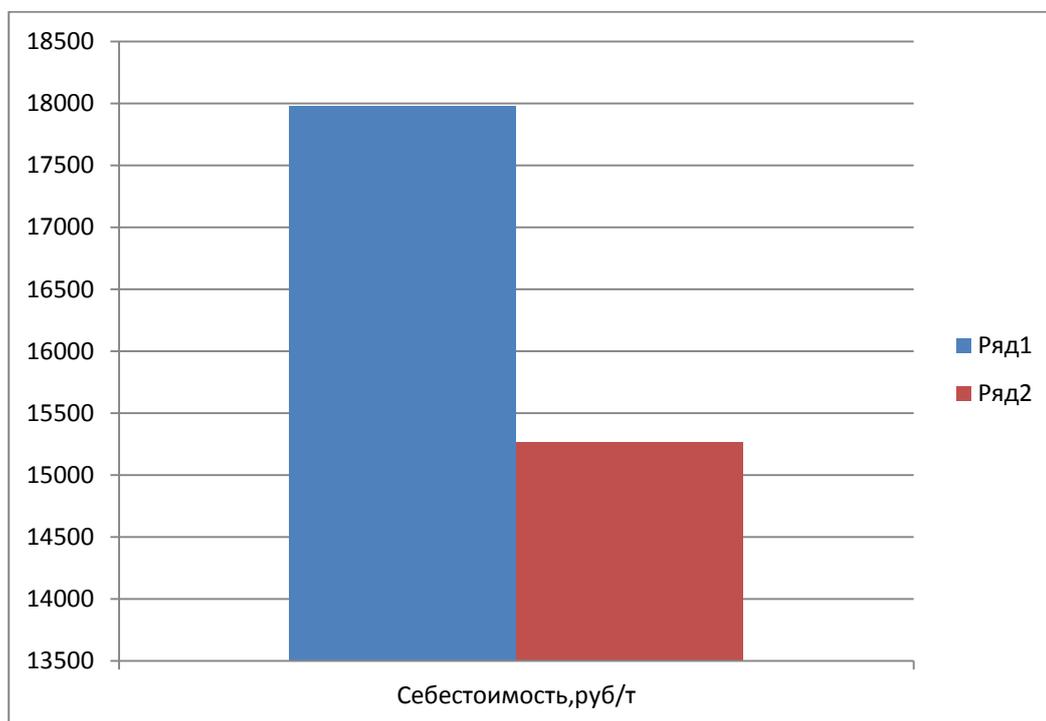


Рисунок 10 – Зависимость себестоимости от ОЧИ

На рисунке 10 показано сравнение зависимости себестоимости от ОЧИ в марках бензинов АИ-80 и АИ-92 посчитанных с помощью программы «Compaunding» и реальных производственных данных

Данные расчетов подтверждают точность и адекватность программы «Compaunding».

### 3. Расчет и аналитика

#### 3.1. Сравнение расчетных параметров получаемых рецептур с фактическими данными.

Для подтверждения точности и адекватности результата расчетов, полученных с помощью программы «Compaunding», мы использовали данные реального производства товарных бензинов. Так были взяты планы производств 3 установок по компаундированию бензинов, включавшие в себя показатели качества, такие как: массовое соотношение компонентов, входящих в состав данных бензинов, октановые числа, рассчитанные по моторному и исследовательскому методу, содержание серы, ароматических углеводородов, олефинов, бензола и парафинов.

Эти показатели были прописаны в программе «Compaunding». Результаты расчетов приведены в приложении 1.

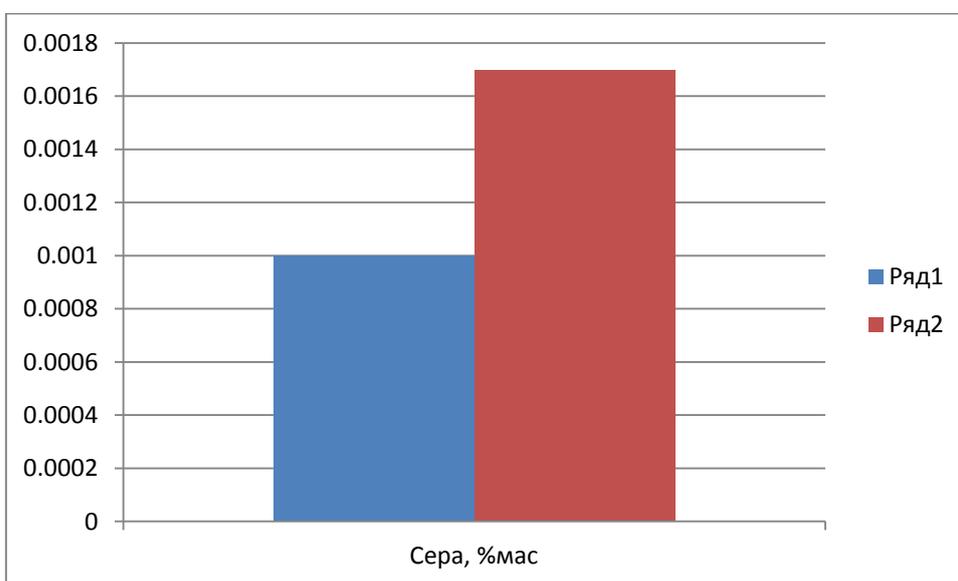


Рисунок 3 – Содержание серы в марках бензинов АИ 80 и АИ 92

На рисунке 3 показано сравнение показателей содержания серы в марках бензинов АИ 80 и АИ 92 посчитанных с помощью программы «Compaunding» и реальных производственных данных. Погрешность расчетов составила в среднем 0,09%.

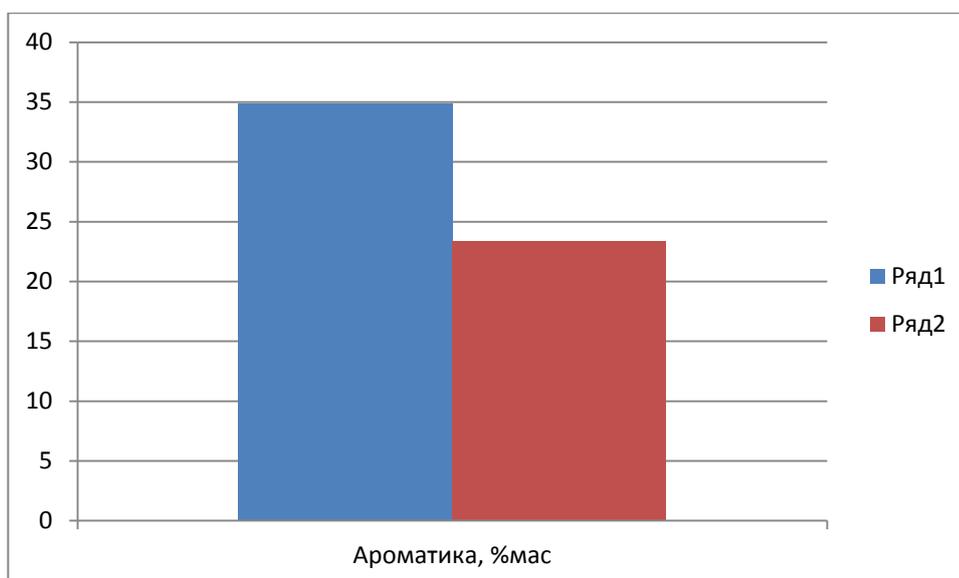


Рисунок 4 – Содержание ароматических углеводородов в марках бензинов АИ 80 и АИ 92

На рисунке 4 показано сравнение показателей содержания ароматических углеводородов в марках бензинов АИ 80 и АИ 92 посчитанных с помощью программы «Compaunding» и реальных производственных данных. Погрешность в результатах расчетов показателя в составила 0,09%.

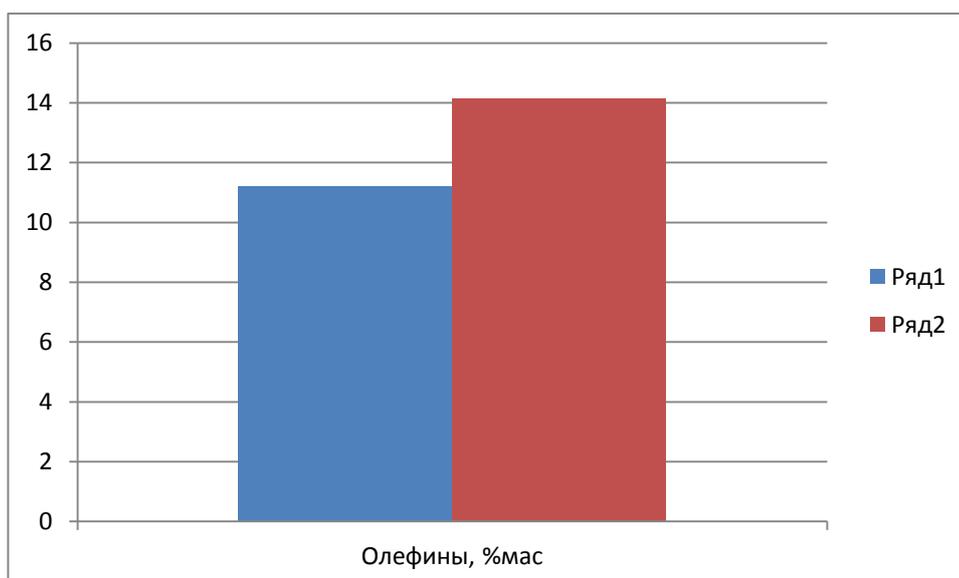


Рисунок 5 – Содержание олефинов в марках бензинов АИ-80 и АИ-92

На рисунке 5 показано сравнение показателей содержания олефиновых углеводородов в марках бензинов АИ-80 и АИ-92 посчитанных с помощью программы «Compaunding» и реальных производственных данных. Из приведенных данных видно, что погрешность расчетов варьируется в интервале от 0,08 до 0,14 %.

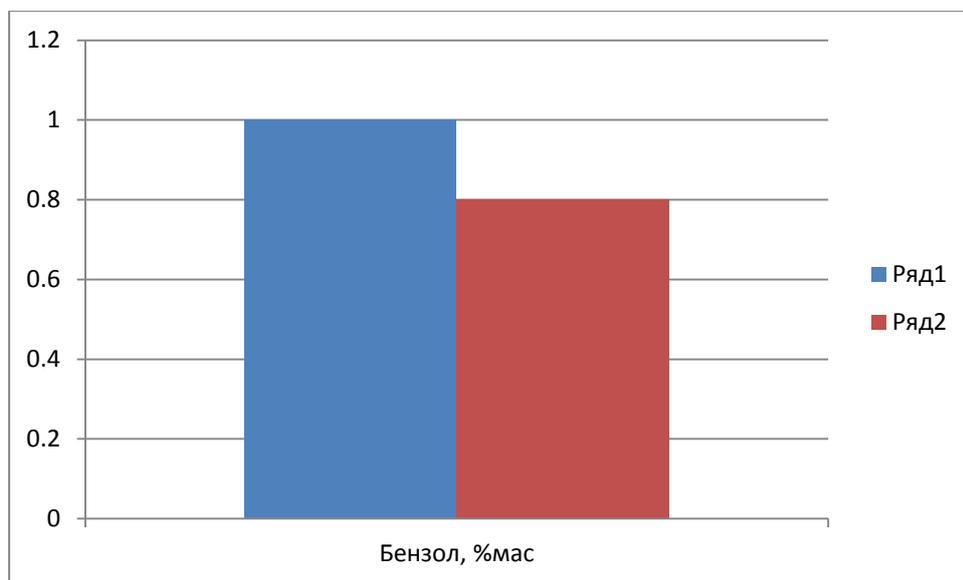


Рисунок 6 – Содержание бензола в марках бензинов АИ-80 и АИ-92

На рисунке 6 показано сравнение показателей содержания бензола в марках бензинов АИ-80 и АИ-92 посчитанных с помощью программы «Compaunding» и реальных производственных данных.

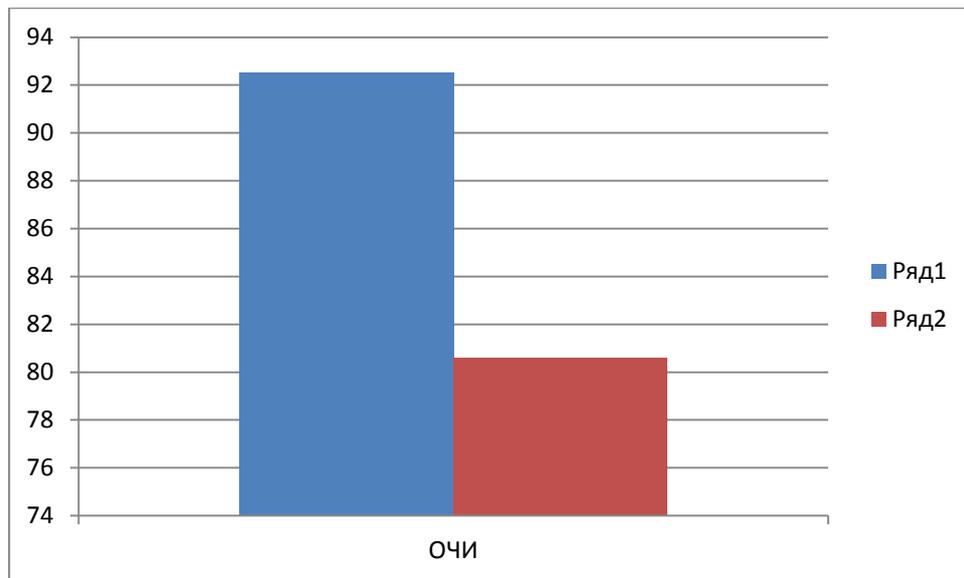


Рисунок 7 – Показатели октановых чисел по исследовательскому методу в марках бензинов АИ-80 и АИ-92

На рисунке 7 показано сравнение ОЧИ в марках бензинов АИ-80 и АИ-92 посчитанных с помощью программы «Compaunding» и реальных производственных данных. При расчете данного показателя, расхождение результатов не превышает 0,11%.

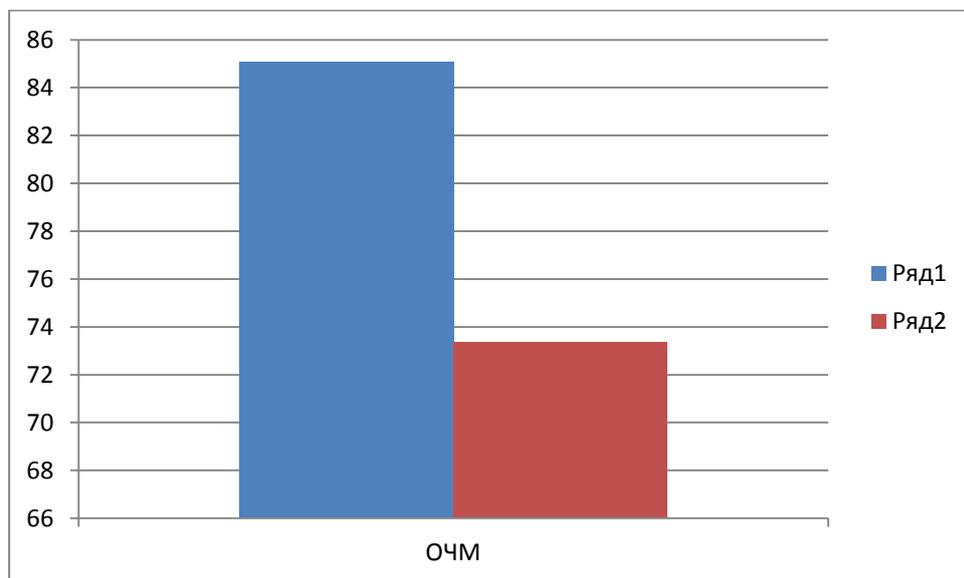


Рисунок 8 – Показатели октановых чисел по моторному методу в марках бензинов АИ-80 и АИ-92

На рисунке 8 показано сравнение ОЧМ в марках бензинов АИ-80 и АИ-92 посчитанных с помощью программы «Compaunding» и реальных производственных данных. Погрешность пересчета октановых чисел по моторному методу не превышает 0,11%.

Данные расчетов подтверждают точность и адекватность программы «Compaunding».

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Д23	Джаббаровой Умиде Батыровне

<b>Институт</b>	<b>ИнЭО</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Химической технологии топлива и химической кибернетики</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	ХТПЭ и УМ

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

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

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка потенциала потребительского исследования, SWOT-анализ, конкурентоспособность;
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	На основе сравнения интегральных показателей эффективности с конкурентными решениями проект определен эффективным.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Матрица SWOT
2. Альтернативы проведения НИ
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ
5. Сравнительная эффективность разработки

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-2Д23	Джаббарова Умида Батыровна		

## **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Предлагаемая разработка исследование имеет достаточно высокий коммерческий потенциал и является ресурсосберегающей технологией. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Цель исследования – определение потребности в интеллектуальных и материальных ресурсах, необходимых для проведения комплекса этих работ. Достижение цели обеспечивается следующим решением задач:

- Планирование научно-исследовательских работ;
- Определение структуры работ в рамках научного исследования;
- Определить трудоемкость проведения работ;
- Разработка графика проведения научного исследования;
- Расчет материальных затрат НИИ;
- Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

В данном разделе проведен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения с целью оценки сравнительной эффективности научной разработки, и определения направления для ее будущего повышения. В оценочной карте (Таблица 1),

сведены данные о трех конкурентных решениях и разработках, существующих на рынке: AspenPIMS, BOSS, OpenBPC.

Таблица 1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкуренто-способность			
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	Б <sub>3</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>	К <sub>3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>									
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	4	5	5	0,5	0,4	0,5	0,5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	4	4	0,4	0,4	0,4	0,4
3. Универсальность	0,1	5	4	5	5	0,5	0,4	0,5	0,5
4. Надежность	0,05	4	4	4	4	0,2	0,2	0,2	0,2
5. Оперативность использования	0,2	5	5	5	5	1	1	1	1
6. Удобный в эксплуатации (соответствует требованиям потребителя)	0,05	5	5	4	5	0,25	0,25	0,2	0,25
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>									
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	5	5	0,5	0,5	0,5	0,5
2. Уровень проникновения на рынок	0,2	4	4	5	5	0,8	0,8	1	1
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	4	4	0,4	0,4	0,4	0,4
<b>Итого</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	<b>4,55</b>	<b>4,35</b>	<b>4,7</b>	<b>4,75</b>

где:

*Б<sub>ф</sub>*– баллы предлагаемой разработки (комплексной системы для повышения ресурсоэффективности процесса производства бензинов);

*Б<sub>к1</sub>*–баллы первого конкурента (AspenPIMS);

*Б<sub>к2</sub>*– баллы второго конкурента(BOSS);

*Б<sub>к3</sub>*–баллы третьего конкурента (Honeywell's OpenBlendPropertyControl (OpenBPC)).

Анализ конкурентных технических решений определялся по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i = 4,75 \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Коэффициент конкурентоспособности:

$$КС = \frac{K}{K_{K_{max}}} = \frac{4,75}{4,7} = 1,01 \quad (2)$$

где  $КС$  – коэффициент конкурентоспособности разработки,

$K_{K_{max}}$  – максимальная конкурентоспособность конкурента.

Основываясь на знаниях о конкурентных решениях, можно заключить, что уязвимость позиции конкурентов обусловлена в основном высокой ценой их разработок, а также необходимостью предприятиям дополнительно выплачивать значительные суммы денег за диагностику неполадок, улучшение и обновление их продукции. Также, имеют место технические недостатки разработок, такие как отсутствие учета физико-химической природы процесса производства бензинов, что в свою очередь, реализовано в данном проекте. За счет этого станет возможным занять нишу на рынке программного обеспечения, и сотрудничать со средними и крупными нефтеперерабатывающими предприятиями, предлагая им свою разработку в качестве альтернативы или дополнения к существующим на предприятии системам.

Многочисленные апробации разработки на реальных промышленных данных подтвердила точность производимых вычислений, что и являлось объектом интереса потенциальных партнеров. Дальнейшая работа будет направлена на улучшение интерфейса, расширение функционала и стабильности разработки, что поможет создаваемому продукту быть более

гибким в условиях производства и завоевывать доверие большего числа покупателей.

#### 4.2.SWOT-анализ

Комплексный анализ научно-исследовательского проекта SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы)– представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта, представлен в Таблице 2.

Таблица 2 – SWOT-анализ проекта

<b>СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ:</b>	<b>СЛАБЫЕ СТОРОНЫ:</b>
С1. Возможность расчета оптимальных с точки зрения производства рецептур смещения и их корректировка в зависимости от изменения состава вещества	Сл1. Уменьшить срок внедрения на производство
С2. Возможность прогнозирования детонационных характеристик	Сл2. Необходимость наличия данных фракционного состава
С3. Уменьшение не кондиционных партий дизельного топлива	Сл3. Необходимость приобретение оборудования для проведения испытания опытного образца
С4. Экономия дорогостоящих присадок и добавок	Сл4. Использование относительно эффективного алгоритма поиска оптимальных рецептур
С5. Простота использования	Сл5. Функционал более низок, по сравнению с комплексными моделирующими системами
<b>ВОЗМОЖНОСТИ:</b>	<b>УГРОЗЫ:</b>
В1. Создание подобной модели на рынке в более быстрые сроки	У1. Разработка аналогов методики у конкурентов
В2. Внедрение других моделей на предприятия отечественных НПЗ	У2. Отказ от внедрения в связи с удовлетворением нынешнего потребления продукции
В3. Отсутствие спроса не заинтересованность предприятий по внедрению инновационного проекта	У3. Отсутствие спроса не заинтересованность предприятий по внедрению инновационного проекта
В4. Увеличение спроса на программу, как в России, так и за рубежом	
В5. Повышение стоимости конкурентных разработок	

2. Выявление соответствия сильных и слабых сторон научно – исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Таблица 3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта								
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	B1	+	+	+	+	+	+	+
	B2	0	-	+	+	+	+	+
	B3	0	0	+	+	+	+	+
	B4	0	+	+	+	+	+	+
	B5	+	+	+	+	+	+	-

### 4.3. Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса работ осуществляется в следующем порядке:

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

Таблица 4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1. Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2. Выдача задания по тематике проекта	Научный руководитель
Выбор направления исследований	3. Выбор направления исследований	Научный руководитель
	4. Постановка задач работы	Научный руководитель
	5. Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, студент
	6. Подбор литературы по тематике работы	Студент
	7. Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент
Теоретические исследования и экспериментальные исследования	8. Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
	9. Анализ конкурентных методик	Студент
	10. Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Студент
	11. Проведение экспериментов	Студент
	12. Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
	13. Согласование полученных данных с научным руководителем	Студент, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	14. Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	15. Работа над выводами по проекту	Студент
Оформление отчета по НИР	16. Составление пояснительной записки к работе	Студент

#### 4.3.1. Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для

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

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 % [38].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (3)$$

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

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

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

#### 4.3.2. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица 5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации.

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического	5	4

	задела		
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	4
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
ИТОГО БАЛЛОВ		40	53

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i = 40 + 53 = 93 \quad (3)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;  
 $B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}} = 93$  позволяет говорить о том, что разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточны для успешной ее коммерциализации.

По результатам оценки можно сделать вывод о необходимости увеличения объемов инвестирования в текущую разработку, улучшения уровня компетенций в вопросах продвижения проекта на международный рынок, использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот и финансирования коммерциализации научной разработки.

### **4.3.3. План проекта**

Строим календарный план-график (табл. 6). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 6 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
			март			апрель			май					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1. Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	5	■											
2. Выдача задания по тематике проекта	Студент	3		■										
3. Выбор направления исследования	Руководитель	2			■									
4. Постановка задач работы	Студент	3			■									
5. Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Руководитель, Студент	3			■	■								
6. Подбор литературы по тематике работы	Студент	12			■	■	■							
7. Сбор материалов и анализ существующих методик	Студент	25			■	■	■	■	■					
8. Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	12					■	■	■					
9. Анализ конкурентных методик	Студент	9							■	■				
10. Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Руководитель, Студент	4								■	■			
11. Проведение эксперимента	Студент	21									■	■	■	
12. Соп-е рез-тов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент	6										■	■	
13. Согласование полученных данных с научным рук-ем	Руководитель, Студент	2											■	■
14. Оценка эффективности полученных результатов	Студент	4												■
15. Работа над выводами	Студент	3												■
16. Составление пояснительной записки к работе	Студент	7												■

■ – студент; ▨ – научный руководитель.

#### **4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)**

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

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

##### **4.4.1. Расчет материальных затрат НТИ**

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, а именно материалы, покупные комплектующие изделия, используемые в качестве объектов для эксплуатации, технического обслуживания, работы в установленных программах – объектов испытаний (исследований);

Таблица 7 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Кол-во	Затраты на материалы за единицу. руб.			Затраты на материалы, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Сушильный шкаф	1	14500	13000	17000	14500	13000	17000
Пробирка 10 мл	10	25	24	20	250	240	200
Пробирка 50 мл	1	35	37	30	35	37	30
Мерный стакан 400 мл	1	125	145	150	125	145	150
Мерный цилиндр стеклянный 250 мл	2	400	350	375	800	700	750
Октанометр «Октан-Им»	1	52500	55400	50100	52500	55400	50100
<b>Итого</b>					68210	69522	68230

Итого самым выгодным для проведения исследования является исполнение 1, 68210 руб.

#### 4.4.2. Основная заработная плата исполнителей темы

В этой статье расходов планируется и учитывается основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки:

$$C_{осн/зн} = \sum t_i \cdot C_{зн_i} \quad (4)$$

где  $t_i$  - затраты труда, необходимые для выполнения  $i$ -го вида работ, в рабочих днях,  $C_{зн_i}$  - среднедневная заработная плата работника, выполняющего  $i$ -ый вид работ, (руб./день).

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{зн_i} = \frac{D + D \cdot K}{F}, \quad (5)$$

где  $D$  - месячный оклад работника (в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы),  $K$  - районный коэффициент (для Томска – 30%),  $F$  – количество рабочих дней в месяце (в среднем 22 дня).

Затраты на оплату труда студента-дипломника могут определяться как оклад инженера кафедры (учебно-вспомогательный персоналу) в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы, либо по тарифной сетке, принятой на предприятии, где студент-дипломник проходил практику.

Расходы на основную заработную плату определяются как произведение трудоемкости работ каждого исполнителя на среднедневную заработную плату. Расчет затрат на основную заработную плату приведен в таблице:

Таблица 8 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб.дн.			Основная заработная плата, руб.		
			исп. 1	исп.2	исп.3	исп.1	исп.2	исп.3
Руководитель	23264	1375	2,5	0	2	7188	3750	6500
Студент	6972	412	1	9,5	5,5	9252	8634	1106
<b>ИТОГО</b>								

	6440	2384	7606
--	------	------	------

#### 4.4.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (6)$$

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

Таблица 9 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	исп.1	исп.2	исп.3		исп.1	исп.2	исп.3
Руководитель	7188	3750	6500	0,15	578	2063	475
Студент	9252	8634	1106		388	4295	666
<b>Итого</b>					<b>966</b>	<b>6358</b>	<b>1411</b>

#### 4.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (9)$$

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

На 2017 г установлен размер страховых взносов равный 30%. Для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году водится пониженная ставка – 27,1% .

Таблица 10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	7188	3750	6500	578	2063	475
Студент-дипломник	9252	8634	1106	388	4295	666
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	4717 руб.					
Исполнение 2	5079 руб.					
Исполнение 3	8747 руб.					

Таким образом, самые минимальные отчисления во внебюджетный фонд является исполнение 2, и составляет 13209 руб.

#### 4.4.5. Накладные расходы

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

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

$$Z_{накл} = (\sum статей) \cdot k_{нр}, \quad (10)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 50%.

Таким образом, наибольшие накладные расходы равны:

при первом исполнении  $Z_{накл} = 4717 \cdot 0,50 = 2358,5$  руб.

при втором исполнении  $Z_{накл} = 5079 \cdot 0,50 = 2539,5$  руб.

при третьем исполнении  $Z_{накл} = 8747 \cdot 0,50 = 4373,5$  руб.

### Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 11 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НИИ	68210	69522	68230	Пункт 1.4.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	6440	2384	7606	Пункт 1.4.3
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	966	6358	1411	Пункт 1.4.4
4. Отчисления во внебюджетные фонды	4717	5079	8747	Пункт 1.4.5
5. Накладные расходы	2358,5	2539,5	4373,5	50 % от суммы ст. 1-5
6. Бюджет затрат НИИ	82691,5	85882,5	90367,5	Сумма ст. 1- 5

Рассчитанная величина затрат научно-технического исследования 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.

Проведя все необходимые расчеты можно прийти к выводу, что самым минимальным бюджетом научно-технического исследования является исполнение 1, и составляет 82691,5 руб.

#### **4.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

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

**Интегральный показатель финансовой эффективности** научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 12). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

**Интегральный финансовый показатель** разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (7)$$

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

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученные величины интегрального финансового показателя разработки отражают соответствующие численные удешевление стоимости

разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля). Таким образом интегральный финансовый показатель разработки исполнения 1 = 0,976, а исполнение 2 = 0,89, исполнение 3 =  $\Phi_{\max} = 1$ .

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (8)$$

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. 8).

Таблица 12 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	2	3	3
3. Помехоустойчивость	0,15	3	5	3
4. Энергосбережение	0,20	3	4	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1			

$$I_{p-исп\ 1} = 5*0,1 + 2*0,15 + 3*0,15 + 3*0,2 + 4*0,25 + 2*0,05 + 4*0,1 = 3,35;$$

$$I_{p-исп\ 2} = 3*0,1 + 3*0,15 + 5*0,15 + 4*0,2 + 4*0,25 + 5*0,05 + 4*0,01 = 3,59;$$

$$I_{p-исп\ 3} = 4*0,1 + 3*0,15 + 3*0,15 + 3*0,2 + 4*0,25 + 4*0,05 + 4*0,1 = 3,5.$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.} \quad (9)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (табл. 13) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (10)$$

Таблица 13 - Сравнительная эффективность разработки

	<b>Показатели</b>	<b>Исп.1</b>	<b>Исп.2</b>	<b>Исп.3</b>
1 1.	Интегральный финансовый показатель разработки	0,89	0,976	1
2 2.	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,35	3,59	3,5
3 3.	Интегральный показатель эффективности	3,76	3,68	3,5
4 4.	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,979	0,93

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что самый эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности исполнение 1, сравнительная эффективность вариантов исполнения составляет 1.

## Заключение

В данной дипломной работе исследовался процесс компаундирования, его основные этапы и технология. С помощью программы «Compaunding», разработанной кафедре Химической технологии топлива Института природных ресурсов Томского политехнического университета и позволяющей рассчитывать показатели качества бензинов с учетом неаддитивности смешения потоков по октановому числу, было подобрано множество рецептов товарных бензинов марок АИ-92 и АИ-80.

По результатам проведенной работы мы можем сделать следующие выводы:

1. Программа «Compaunding» зарекомендовала себя с наилучшей стороны. С ее помощью можно точно и быстро рассчитать октановые числа, физические данные и процентное содержание различных веществ в конечном продукте процесса компаундирования, что позволяет экономить время и денежные средства. Это подтвердил пересчет реальных показателей производства товарных бензинов с помощью данной программы.
2. Программа «Compaunding» выдает адекватные результаты с малой погрешностью. Так погрешности расчетных данных по относительно экспериментальных данных составила: по содержанию в товарных бензинах серы – 0,09%, бензола – 0,07%, олефинов – 0,14% и ароматических углеводородов – 0,09% не превышает 0,1%, а в показателях ОЧИ и ОЧМ – 0,13% и 0,11 соответственно.
3. Полученные рецепты товарных бензинов различных марок – значительно выгоднее, с экономической точки зрения, чем реальные моторные топлива, которые производятся на НПЗ. Так себестоимость топлива марки 92 при реальном производстве составляет от 23149 до 24048 рублей за тонну, а стоимость аналогичного продукта рассчитанного с помощью программы «Compaunding» составляет от 9003 до 9557 рублей за тонну продукта. Что касается бензинов марки 80А – их себестоимость колеблется от 17842 до 18220 рублей за тонну.

### Список использованных источников

1. Захаров Л. Н. Техника безопасности в химических лабораториях. – Л.: Химия, 1985. – 184 с.
2. ГН 2.2.5.1313 – 03. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
3. Трудовой Кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197 – ФЗ.
4. ICCSR 26000: 2011. Социальная ответственность организации. Требования. Международный стандарт.
5. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
8. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
9. Правила устройства электроустановок. 7-е издание.
10. ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.
11. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
12. Федеральный закон 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
13. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

14. ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
15. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
16. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
17. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
18. Капустин В. М. Оксигенаты в автомобильных бензинах. / В.М Капустин, С.А.
19. Обрядчиков С.Н. Технология нефти. ч.2. / С.Н. Обрядчиков. - М.: Гостоптехиздат, 1952. - 408 с.
20. Рудин М.Г. Карманный справочник / М.Г. Рудин, В.Е. Сомов, А.С. Фомин. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. - 334 с.
21. 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.
22. Сомов В.Е. Стратегические приоритеты российских нефтеперерабатывающих предприятий. - М.: ЦНИИТЭНефтехим, 2002. - 292 с.
23. Сюняев З.И. Нефтяные дисперсные системы / З.И. Сюняев, Р.З. Сафиева, Р.З. Соняев. - М.: Химия, 1990. - 226 с. 7. Абросимов А. А. Экология переработки углеводородных систем. - М.: Химия, 2002. - 608 с.
24. Алиев Р.Р. Катализаторы и процессы переработки нефти. - М.: Химия, 2010. - 308 с.

25. Банков П.Г. Процессы переработки нефти. - М.: ЦНИИТЭнефтехим. Часть I. 2000. - 224 с.; Часть II. 2001. - 415 с.; Часть III, 2003. - 504 с.
26. Емельянов В. Е. Производство автомобильных бензинов. - М.: Техника, 2008. - 191 с.
27. Карпов, А.В. Царев - М.: КолосС, 2011. - 336 с.
28. 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.
29. 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.
30. Левинбук М.И., Каминский З.Ф., Глаголева О.Ф. ХТТМ, 2000. - № 2. - с. 6.
31. Злотников Л.Е. ХТТМ. 1997. - № 1. - с. 3.
32. Гилсдорф Н.Л. Труды конференции ЮОпи по нефтепереработке, 14-15 мая 1997. Москва.
33. Емельянов В.Е., Лебедев С.Р. Мир нефтепродуктов, 2000. № 3 30. Черныш М.Е. ХТТМ. 1997. - № 2. - с. 3.
34. Виппер А.Б., Ермолаев М.В. Нефтепереработка и нефтехимия, 1999. № 6 с. 50.
35. Каминский З.Ф. Козлов И.Т., Ашитко С. ХТТМ, 1993. - № 9. - с. 4. 33. Радченко Е.Д. ХТТМ, 1993. - № 9. - с. 3.
36. Левинтер М.Е., Ахметов С.А. Глубокая переработка нефти. М.: Химия 1992

- 37.Абросимов А.А. Экологические аспекты производства и применения нефтепродуктов. - М.: 1999.
- 38.Абросимов А.А. Нефтепереработка и нефтехимия, 1998. - № 5 - с. 54.
- 39.Федеральная целевая программа «Топливо и энергия» на 1996-2001 гг.  
Постановление Правительства РФ от 6 марта 1999
- 40.Емельянов В.Е. Экология и промышленность России, 1997. - № 6. - с. 24.
- 41.Хавкин В. А., Гуляева Л. А. и др. Нефтепереработка и нефтехимия, 1998.  
- № 5 – с. 15.
- 42.Берг Г.А., Теляшев Г.Г. и др. ХТТМ, 1986. - № 9. - с. 20.
- 43.Смехун А.И. ХТТМ, 1991. - № 5. - с. 34.
- 44.Теляшев Г.Г., Берг Г.А. и др. Нефтепереработка и нефтехимия, 1990.
- 45.Приказ МЧС РФ от 18 июня 2003г.№313 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03)».
46. Сен-Марк Ф. Социализации природы. М.: Прогресс, 1977.
- 47.Лисичкин Г.В. Российский химический журнал. Т XVI, 1997. - № 6. – с.78.
- 48.Мастепанов А.М. Российский химический журнал. Т XVI, 1997. - № 6. - с.
- 49.Соловьянов А.А. Российский химический журнал. Т XVI, 1997. - № 6. - с.
- 50.Безруких П.П. Российский химический журнал. Т XVI, 1997. - № 6. - с. 82.
- 51.Мещеряков С.В. ХТТМ. - 2000. - № 2. - с. 12.
- 52.Алексеев Г.Н. Энергоэнтропика. - М.: Знание, 1983.
- 53.Моделирование процесса приготовления высокооктановых бензинов на основе углеводородного сырья в аппаратах циркуляционного типа

[Электронный ресурс]: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических 90 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.

54. 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.