

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (Процессы и аппараты химической технологии)

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование, моделирование и модификация эксплуатационных свойств моторных топлив

УДК 665.733.038.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Батоева Чимита Аюшиевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Самборская Марина Анатольевна	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД ИШНКБ	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ОП Процессы и аппараты химической технологии	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Самборская Марина Анатольевна	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии в профессиональной деятельности.
P2	Ставить и решать инновационные задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с учетом минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду.
P3	Разрабатывать новые технологические процессы на основе математического моделирования, проектировать и использовать энерго- и ресурсосберегающие оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.
P4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области разработки и оптимизации технологических процессов и систем с позиции энерго- и ресурсосбережения.
P5	Внедрять и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P6	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности.
P7	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (Процессы и аппараты химической технологии)

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Самборская М.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ61	Батоевой Чимите Аюшиевне

Тема работы:

Исследование, моделирование и модификация эксплуатационных свойств моторных топлив	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 13.03.18 г. № 1651/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	28.05.18 г.
--	-------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Прямогонные бензиновые дистилляты различных НПЗ, октаноповышающие добавки</p>
<p>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></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор модификаторов для улучшения эксплуатационных свойств моторных топлив 2. Механизмы влияния присадок 3. Расчетные методы определения октановых чисел бензинов 4. Постановка задачи исследования 5. Экспериментальная часть 6. Обсуждение результатов 7. Заключение по работе
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p align="center">Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	

<i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Креницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна
Раздел ВКР на английском языке	Сыскина Анна Александровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.01.18 г.
---	--------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Самборская М. А.	к.т.н, доцент		15.01.18 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Батоева Ч. А.		15.01.18 г.

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
 Уровень образования магистратура
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	28.05.18 г.
--	--------------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2018	Литературный обзор	15
01.03.2018	Объект и методы исследования	20
01.04.2018	Проведение расчетов и анализ	20
15.04.2018	Обсуждение результатов исследования	15
18.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
22.05.2018	Социальная ответственность	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Самборская Марина Анатольевна	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Самборская Марина Анатольевна	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ61	Батоевой Чимите Аюшиевне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Химическая инженерия
Уровень образования	Магистратура	Направление	18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет научного исследования составляет 1749573,7 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1.1 Потенциальные потребители результатов исследования 1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 1.3. Диаграмма Исикавы
2. Разработка устава научно-технического проекта	2.1. Устав проекта 2.2. Организационная структура проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	- План проекта (календарный план НТИ) - Бюджет проекта исследования (планируемые затраты на выполнения НТИ) - Организационная структура проекта (выбор организационной структуры научного проекта)
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Диаграмма Исикавы
3. Оценка степени готовности проекта к коммерциализации
4. Организационная структура проекта
5. Календарный план-график проведения НИОКР
6. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Батоева Чимита Аюшиевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 2КМ61	ФИО Батоевой Чимите Аюшиевне
-----------------	---------------------------------

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Химическая инженерия
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

***Объект исследования** – образцы прямогонных бензиновых дистиллятов и их смеси с октаноповышающими добавками.*

***Рабочая зона** – химическая испытательная лаборатория. Технологический процесс включает в себя следующие виды работ: работу с бензином, с кислотами, спиртами и щелочами; работу с оборудованием. В рабочей зоне могут наблюдаться следующие вредные факторы: опасные химические реактивы, шум, освещенность лаборатории и ее отдельных участков.*

***Области применения** – нефтехимическая промышленность, аналитические и нефтехимические центры, лаборатории.*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);

1.1. Выявление вредных факторов в химической лаборатории (при проведении научного исследования):

- наличие токсичных веществ, освещенность, шум, вибрации, микроклимат;
- требования к технике безопасности при работе с вредными веществами;
- предлагаемые средства защиты для работы в химической лаборатории:

1. коллективная защита - вытяжные шкафы, вентиляция;

2. индивидуальные средства защиты - перчатки, спецодежда, респираторы, маски, очки.

Влияние психофизиологических факторов: монотонность труда, физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение.

1.2. К опасным факторам относят оборудование с повышенной температурой рабочей поверхности, электрический ток, короткое замыкание, химические и термические ожоги, механические повреждения, отравление.

<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны; – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> - необходимость применения санитарно-защитной зоны вследствие выбросов вредных веществ, отходов, облучения; - выбросы вредных веществ в атмосферу: бензин, серосодержащие соединения, предельные и непредельные углеводороды; - химическое загрязнение водотоков в результате отмывания химических отходов в канализационную сеть: ароматические соединения, анилин; - необходимо осуществлять отдельный сбор и хранение отходов, подвергать их переработке, утилизации или захоронению.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>3. Безопасность в ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС: пожар, взрыв, разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураган, землетрясение; - наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара; - профилактические мероприятия, требования к безопасности и меры по ликвидации её последствий: 1. использование огнетушителя, песка, асбестового одеяла, пожарного крана и пожарного щита; 2. обеспечение средствами индивидуальной защиты: перчатки, ухваты, спецодежда. 3. организационная эвакуация работников.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>4. Правовое обеспечение и организационные мероприятия согласно ГОСТ 12.4.299-2015 и ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - режим рабочего времени, отдыха, технического перерыва; - обеспечение молоком или другими равноценными пищевыми продуктами за работу во вредных и опасных условиях труда; - обеспечение работников средствами индивидуальной защиты.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Батоева Чимита Аюшиевна		01.03.2018

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 117 страниц, 43 таблицы, 39 рисунков, 29 источников.

Ключевые слова: прямогонный бензин, октановое число, экспресс-методы, эксплуатационные свойства, детонационная стойкость, октаноповышающие добавки.

Объектом исследования являются прямогонные бензиновые дистилляты различных НПЗ и индивидуальные вещества, выступающие в роли октаноповышающих добавок.

Целью данной работы является исследование и модификация расчетных методов определения октанового числа бензинов и их смесей с высокооктановыми компонентами.

В процессе исследования проводились эксперименты по определению основных эксплуатационных свойств бензинов с применением модификаторов и оценка применения экспресс-методов для расчета октанового числа бензинов и их смесей с добавками.

В результате исследования выполнена проверка формул из информационных источников и разработка новых формул для расчета октановых чисел прямогонных бензиновых дистиллятов и их смесей с высокооктановыми компонентами, обладающих высокой точностью и прогнозирующей способностью.

Область применения: промышленные предприятия нефтехимической отрасли, отдельные исследования по разработке высокооктановых добавок и рецептур смешения.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

1. ТР ТС 013/2011 Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту»
2. ГОСТ Р 51105-97. Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5, 6, с Поправкой)
3. ГОСТ Р 51866-2002. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4)
4. ГОСТ 12.1.007 – 76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)
5. ТР ТС 019/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты»
6. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)
7. СП 52.13330.2016. Свод правил «Естественное и искусственное освещение»
8. ГОСТ 17.2.3.02-2014. Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями
9. ГОСТ Р 22.0.02 – 2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях
10. Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 5 февраля 2018 года)

В настоящей работе применяются следующие сокращения:

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод

ОЧ – октановое число

ОЧМ – октановое число по моторному методу

ОЧИ – октановое число по исследовательскому методу

ОЧС – октановое число смешения

ДВС – двигатель внутреннего сгорания

ЦЧ – цетановое число

МТБЭ – метилтретбутиловый эфир

ТЭС – тетраэтилсвинец

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	15
1 Анализ показателей качества моторных топлив.....	16
2 Обзор модификаторов для улучшения эксплуатационных свойств моторных топлив	21
2.1 Применение присадок в топливах.....	21
2.2 Октаноповышающие модификаторы.....	23
3 Особенности воздействия присадок на моторные топлива.....	26
3.1 Механизм действия промоторов воспламенения	26
3.2 Механизм алкилсвинцовых антидетонаторов	29
4 Расчетные методы определения октанового числа моторных топлив	32
5 Постановка задачи исследования	36
6 Экспериментальная часть.....	38
6.1 Объект исследования	38
6.2 Исследования прямогонных бензиновых дистиллятов	38
6.2.1 Испытания на основные физико-химические свойства исследуемого прямогонного бензина.....	38
6.2.2 Результаты расчетов	40
6.3 Исследования бензинов с октаноповышающими добавками.....	43
6.3.1 Рецептуры смешения добавок и октановые числа смешения	43
6.3.2 Результаты расчета ОЧ смешения.....	54
6.4 Обсуждение результатов.....	74
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	75
7.1 Предпроектный анализ	75
7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	75

7.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	76
7.1.3 Диаграмма Исикавы.....	77
7.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	79
7.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	80
7.2 Инициация проекта	81
7.3 Планирование управления научно-исследовательским проектом	83
7.3.1 План проекта	83
7.4 Бюджет научного исследования.....	87
7.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	87
7.4.2 Специальное оборудование для экспериментальных работ	88
7.4.3 Основная заработная плата исполнителей	89
7.4.4 Отчисления на социальные нужды	91
7.4.5 Накладные расходы	92
7.4.6 Бюджет затрат научно-исследовательской работы.....	93
7.5 Организационная структура проекта	94
7.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	94
8 Социальная ответственность	98
8.1 Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды	98
8.2 Метеоусловия	102
8.3 Производственное освещение	103
8.4 Шумы и вибрации	103
8.5 Влияние психофизиологических факторов.....	105

8.6 Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды	106
8.7 Охрана окружающей среды	107
8.8 Защита в чрезвычайных ситуациях	109
8.9 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	111
Заключение	113
Список публикаций.....	114
Список используемых источников.....	115

ВВЕДЕНИЕ

Процесс подготовки современных автомобильных бензинов заключается в смешении бензиновых фракций, которые получаются в результате процессов переработки нефти (каталитического риформинга, каталитического крекинга, алкилирования, изомеризации), отличающихся фракционным и химическим составами, а также индивидуальных углеводородов и добавок. Для автомобильных бензинов наиболее важным эксплуатационным показателем является детонационная стойкость, которую в настоящее время оценивают по октановому числу (ОЧ), определяемому исследовательским и моторным методами. В процессе компаундирования различных компонентов бензинов октановое число (ОЧ) не всегда является аддитивной характеристикой. Каждый индивидуальный компонент обладает своей смесительной характеристикой или, как принято называть октановое число смешения (ОЧС). Данное свойство следует учесть, главным образом при смешивании компонентов, содержащих ароматические углеводороды.

Исследования закономерностей между эксплуатационными свойствами бензинов и их основными физико-химическими характеристиками являются актуальными, поскольку могут открыть пути к получению моторных топлив с заданными свойствами.

Однако, длительность и затраты на определения, стоимость каждого из которых в настоящее время достигла 1000 долл. США, содействовали появлению заинтересованности производителей товарного бензина в разработке более экономичных и технологичных способах определения ОЧ.

Основной мировой тенденцией улучшения экологических и эксплуатационных свойств автомобильных бензинов является использование многофункциональных добавок, главным образом, оксигенатов — кислородсодержащих веществ, включая кетоны, эфиры и другие соединения.

1 Анализ показателей качества моторных топлив

Важнейшими эксплуатационными характеристиками бензинов является его испаряемость, которая характеризуется фракционным составом, давлением насыщенных паров и детонационной стойкостью, выраженной октановым числом. Согласно экологическим требованиям необходимо контролировать содержание в бензинах непредельных и ароматических углеводородов, антидетонаторов, сернистых соединений.

Для автомобильных бензинов, как правило, характерно наличие смеси компонентов, получаемых в результате различных технологических процессов. Бензины в зависимости от углеводородного состава сырья и технологии получения представляют собой более 200 индивидуальных углеводородов различного строения, содержание которых, а также их взаимодействие между собой и определяет свойства бензина.

Качественный контроль компонентов и товарных бензинов при их получении на нефтеперерабатывающих заводах осуществляется согласно стандартным лабораторным методам по показателям физико-химических свойств, нормируемых соответствующими документами (ГОСТ, ТУ, СП, условиями контрактов).

В процессе приготовления товарных бензинов значимую особенность имеют качественные показатели, характеризующие их эксплуатационные свойства (ОЧ по моторному и исследовательскому методам (ОЧМ, ОЧИ), плотность, фракционный состав, содержание свинца или кислородосодержащих, содержание ароматических соединений и т.п.).

Минимальное содержание дорогостоящих компонентов (МТБЭ, ТЭС), рационально использовать добавки товарного бензина при приготовлении дает экономическую выгоду в десятки миллионов долларов в год. В процессе компаундирования необходимо проводить контроль соотношения компонентов смешения (концентрации), их качественных характеристик, а также получаемого в результате смешения товарного продукта. Для внесения

поправки в процессе приготовления бензина необходимо быстро получить результат, который характеризует свойства смеси и требуемое качество потока компонента.

К физико-химическим показателям, от которых зависит испаряемость бензинов, относят давление насыщенных паров, фракционный состав, скрытую теплоту испарения, коэффициент диффузии паров, вязкость, поверхностное натяжение, теплоемкость, плотность. Из перечисленных показателей важнейшими, определяющими испаряемость бензинов, являются давление насыщенных паров и фракционный состав. По вязкости, поверхностному натяжению, скрытой теплоте испарения, коэффициенту диффузии паров, теплоемкости бензины разного состава сравнительно мало различаются между собой, и эти различия нивелируются конструктивными особенностями двигателей. Давление насыщенных паров и фракционный состав являются функциями состава бензина, и эти показатели могут существенно различаться для разных бензинов. Эти два параметра определяют пусковые свойства бензинов, их склонность к образованию паровых пробок, физическую стабильность. Давление насыщенных паров зависит от температуры и от соотношения паровой и жидкой фаз и уменьшается с уменьшением температуры и увеличением отношения паровой фазы к жидкой.

Детонационная стойкость характеризует способность автомобильных бензинов противостоять самовоспламенению при сжатии. Высокая детонационная стойкость топлив обеспечивает их нормальное сгорание на всех режимах эксплуатации двигателя. Процесс горения топлива в двигателе носит радикальный характер. При сжатии рабочей смеси температура, и давление повышаются и начинается окисление углеводородов, которое интенсифицируется после воспламенения смеси. Если углеводороды несгоревшей части топлива обладают недостаточной стойкостью к окислению, начинается интенсивное накапливание перекисных соединений, а затем их взрывной распад. При высокой концентрации перекисных соединений происходит тепловой взрыв, который вызывает самовоспламенение топлива.

Самовоспламенение части рабочей смеси перед фронтом пламени приводит к взрывному горению оставшейся части топлива, к так называемому детонационному сгоранию. Детонация вызывает перегрев, повышенный износ или даже местные разрушения двигателя и сопровождается резким характерным звуком, падением мощности, увеличением дымности выхлопа. На возникновение детонации оказывает влияние состав применяемого бензина и конструктивные особенности двигателя [1].

Требования к фракционному составу и давлению насыщенных паров бензинов определяются конструкцией автомобильного двигателя и климатическими условиями его эксплуатации. С одной стороны, необходимо обеспечить запуск двигателя при низких температурах, с другой стороны – предотвратить нарушения в работе двигателя, связанные с образованием паровых пробок при высоких температурах. Пусковые свойства бензина зависят от содержания в нем легких фракций, которое может быть определено по давлению насыщенных паров и температуре перегонки 10 % или объему легких фракций, выкипающих при температуре до 70°C. Чем ниже температура окружающего воздуха, тем больше легких фракций требуется для запуска двигателя [1].

Пусковые свойства бензинов ухудшаются с понижением давления их насыщенных паров, причем при давлении 34 кПа концентрация паров бензина в рабочей зоне настолько мала, что запуск двигателя становится невозможным. Поэтому ГОСТ Р 51105–97 на автобензины предусматривает ограничение не только верхнего, но и нижнего уровня давления насыщенных паров. Однако чрезмерное содержание низкокипящих фракций в составе бензинов может вызвать неполадки в работе прогретого двигателя, связанные с образованием паровых пробок в системе топливоподачи. Причиной образования паровых пробок в автомобильном двигателе является интенсивное испарение топлива вследствие его перегрева. В условиях жаркого климата это явление может иметь массовый характер. Образование паровых пробок зависит от испаряемости бензина, температуры и конструкции двигателя. Чем выше

давление насыщенных паров бензина, тем ниже температуры начала кипения и перегонки 10 % и больше объем фракции, выкипающей при температуре до 70°C, тем больше его склонность к образованию паровых пробок.

От содержания в бензине легкокипящих фракций зависит его физическая стабильность, т.е. склонность к потерям от испарения. Наибольшие потери от испарения имеют бензины, содержащие в своем составе низкокипящие углеводороды: бутаны, изопентан.

От фракционного состава зависят такие показатели как скорость прогрева двигателя, его приемистость, износ цилиндропоршневой группы. Наиболее существенное влияние на скорость прогрева двигателя, его приемистость оказывает температура перегонки 50 % бензина. Температура выкипания 90 % бензина также влияет на эти характеристики, но в меньшей степени. Чем ниже температура воздуха, тем ниже должна быть температура перегонки 50 % бензина для обеспечения быстрого прогрева и хорошей приемистости двигателя. При понижении температуры это влияние усиливается. Поэтому нормы на этот показатель также зависят от температурных условий эксплуатации и различаются по сезону и климатическим зонам. Для нормальной работы двигателя большое значение имеет полнота испарения топлива, которая характеризуется температурой перегонки 90 % бензина и температурой конца кипения. При неполном испарении бензина во впускной системе часть его может поступать в камеру сгорания в жидком виде, смывая масло со стенок цилиндров. Жидкая пленка через зазоры поршневых колец может проникать в картер, при этом происходит разжижение масла. Это приводит к повышенным износам и отрицательно влияет на мощность и экономичность работы двигателя. Снижение температуры конца кипения бензинов может повысить их эксплуатационные свойства, однако это снижает ресурс бензинов. Как было указано выше, требования к испаряемости автомобильных бензинов в значительной мере зависят от температурных условий их применения. С учетом климатических особенностей нашей страны автомобильные бензины по фракционному составу

и давлению насыщенных паров подразделяют на два вида: зимний и летний. По показателям испаряемости ГОСТ Р 51105-97 предусматривает пять классов бензинов. Требования к фракционному составу и давлению насыщенных паров определены в зависимости от сезона и климатического района применения. Такая классификация в большей степени удовлетворяет требованиям эксплуатации двигателей в разных климатических условиях, и будет способствовать более экономичному и рациональному использованию топлив [3].

Применение анализатора качества на потоке является одним из экспресс-методов получения результата, характеризующего свойство бензина. Соблюдение оперативного контроля технологического процесса смешения позволяет реализовать использование автоматических анализаторов качества нефтепродуктов.

Реализация технико-экономического эффекта от внедрения информационно-измерительных систем на основе автоматических анализаторов качества при компаундировании предопределяет следующие факторы:

- улучшенные качественные свойства товарного продукта и предотвращение выпуска некондиционной продукции;
- сокращение затрат на лабораторные испытания продукции;
- получение информации, характеризующей качество в реальном масштабе времени и возможность ее реализации в адаптивных системах управления.

Помимо стандартных методов определения октановых чисел в настоящее время получили особое значение экспресс-методы на основе измерения электрофизических параметров бензинов.

2 Обзор модификаторов для улучшения эксплуатационных свойств моторных топлив

2.1 Применение присадок в топливах

Общеизвестно, что ключевым показателем качества автомобильных бензинов является их детонационная устойчивость, которая характеризует надежность, экономичность, продолжительность эксплуатации двигателя. На практике показателем детонационной стойкости бензинов является октановое число. При этом существуют определенные методы измерения октанового числа. В частности, для автомобильных марок бензина применяют два метода – моторный и исследовательский, которые различаются режимами работы моторной установки. Габаритные размеры установки исключают возможность использования её в процессе эксплуатации автомобиля. Поэтому в настоящее время осуществляется интенсивная разработка малогабаритных устройств, позволяющих проводить анализ топлив, и в частности автомобильных бензинов, с использованием средств электронной техники и известных взаимосвязей физико-химических параметров нефтепродуктов (плотность, вязкость, диэлектрическая проницаемость, показатель преломления и т.д.) со структурными и фазными превращениями в их смесях.

Присадкой может называться химическое соединение или композиция химических соединений, которые в небольших концентрациях (тысячные и сотые, реже – десятые доли процента) оказывают существенное воздействие на физико-химические и эксплуатационные свойства нефтепродукта через определенный механизм [9].

Знание механизма действия при разработке новых присадок приобретает принципиальное значение. Однако на практике теория не всегда помогает найти новое техническое решение. Часто ведущая роль принадлежит простому скринингу. Так складывалось, что разработки присадок к топливам следовали за разработками присадок к маслам, опыт которых внимательно изучался, но не

мог быть использован в полной мере. В отличие от масла топливо сгорает, и это накладывает особые требования к добавляемым в него присадкам. От них ожидается эффективность в малых концентрациях, при сгорании они не должны образовывать продуктов, токсичных для окружающей среды и катализаторов дожига отработавших газов, не должны способствовать образованию отложений на деталях двигателя и топливной аппаратуры и т.д. Основные типы присадок представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Виды присадок

Присадка	Назначение	Основные типы соединений
Противоизносные присадки	Предотвращают износ насосов высокого давления и впускных клапанов в дизельных и реактивных двигателях, работающих в режиме граничного трения.	Карбоновые кислоты, эфиры карбоновых кислот, полиамины, амиды карбоновых кислот.
Антистатические присадки	Используют при перекачках электризующихся светлых топлив. Принцип их действия заключается в увеличении электропроводности топлив путем добавления в них растворимых солей металлов.	Хромовые соли карбоновых кислот, сополимеры винилпиридина.
Промоторы воспламенения	Принцип разработки промоторов воспламенения заключается в подборе соединений, инициирующих реакции радикальноцепного окисления углеводородов.	Алкилнитраты, пероксиды.
Моющие присадки	Препятствуют образованию смол на деталях двигателя.	Аминоамиды, полибутенамины, полиэфирамины.
Антикоррозионные присадки	Замедляет электрохимическую коррозию черных металлов, контактирующих с топливом.	ПАВ различного строения, амиды кислот $C_{24} - C_{26}$.
Поглотители активной серы	Предотвращают содержание сероводорода и меркаптанов.	Алканоламины, симм-триазины.

Продолжение таблицы 1

Антидетонационные присадки	Предотвращают детонационное горение бензинов	Эфиры, спирты, аминные соединения.
Депрессорные присадки	Молекулы депрессора сорбируются на поверхности кристаллов парафинов и препятствуют налипанию новых молекул парафина.	Сополимеры этилена с винилацетатом, алкилакрилаты, деструктаты этиленпропиленовых каучуков.

2.2 Октаноповышающие модификаторы

Основной мировой тенденцией улучшения экологических и эксплуатационных свойств автомобильных бензинов является использование многофункциональных добавок, главным образом, оксигенатов – кислородсодержащих веществ, включая кетоны, эфиры и другие соединения. В США и ЕС содержание в бензине оксигенатов в количестве не менее 2% массовых долей в пересчете на кислород обязательно. ГОСТ Р 51105-97 и ГОСТ Р 51866-2002 «Бензин неэтилированный» предусматривают добавку оксигенатов ограниченного перечня, но с дополнением «другие оксигенаты». Использование «других оксигенатов» придает особую значимость поиску кислородсодержащих соединений, приемлемых в качестве антидетонационных добавок к бензину [4].

В данной работе [6] в качестве добавок рассматривались следующие кислородсодержащие соединения: МТБЭ, изопропанол, изобутанол, этанол, этиленгликоль, амиловый и изоамиловый спирты.

Использование спиртов имеет ряд преимуществ: они доступны, легко синтезируемы (производство из возобновляемого сырья), относительно малотоксичны и обладают высокими антидетонационными свойствами.

Метилтретбутиловый эфир (МТБЭ) ($CH_3 - O - C(CH_3)_3$) – один из важнейших представителей простых эфиров. Получается при взаимодействии метанола с изобутиленом в присутствии кислых катализаторов. Мировое

производство МТБЭ находится на уровне 20-22 млн. т/год и продолжает расти, имея значительные перспективы. МТБЭ широко применяется в производстве высокооктановых бензинов, при этом выступает как нетоксичный, но менее теплотворный высокооктановый компонент (октановое число по исследовательскому методу 115–135 ед.) и как оксигенат, способствующий более полному сгоранию моторного топлива без образования твердого нагара на стенках цилиндров двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и предотвращению коррозии металлической поверхности.

Максимальное узаконенное содержание МТБЭ в бензине в странах ЕС составляет 15 %. Добавление 10–15 % МТБЭ увеличивает октановое число бензина в среднем на 6-12 ед. Недостатком является необходимость ввода значительных количеств МТБЭ для достижения требуемого октанового числа бензина.

Этиловый спирт (этанол, C_2H_5OH) – одноатомный алифатический спирт с характерным запахом, смешивается с бензолом, водой, ацетоном, метанолом, хлороформом. Этанол вносит значительный вклад в автомобильное топливо для транспортировки в США, Бразилию и другие страны. Правила использования возобновляемых видов топлива в США и ЕС предполагают, что использование этанола будет продолжать расти в ближайшем будущем. Физические свойства этилового спирта обеспечивают некоторые преимущества при добавлении к бензину. Для этанола характерно более высокое октановое число и высокая температура испарения, чем у бензина. Октановое число по моторному методу составляет 100-105 ед.

Изопропиловый спирт (изопропанол, C_3H_8O) – прозрачная, бесцветная жидкость с резким запахом. Растворим в ацетоне, хорошо растворим в бензоле, с остальными растворителями (вода, органические) смешивается в любых соотношениях.

Изобутиловый спирт (изобутанол, $C_4H_{10}O$) является одноатомным простейшим спиртом. На вид бесцветная жидкость с сильным запахом спирта, которая отлично смешивается с популярными органическими растворителями.

Ключевым достоинством изобутанола является его дешевизна. При правильном подходе изобутиловый спирт является отличной октаноповышающей присадкой. Допущен для включения в состав бензинов до 10 % в техническом регламенте таможенного союза.

Этиленгликоль (гликоль, 1,2-диоксиэтан, этандиол-1,2) $C_2H_4(OH)_2$ – двухатомный спирт, простейший представитель полиолов (многоатомных спиртов). В очищенном виде представляет собой прозрачную бесцветную жидкость слегка маслянистой консистенции. Не имеет запаха и обладает сладковатым вкусом. Токсичен.

Амиловый и изоамиловый спирты – предельные одноатомные спирты. Изоамиловый спирт является стабилизатором топлива.

3 Особенности воздействия присадок на моторные топлива

Диэлектрическая проницаемость ϵ и проводимость σ являются одними из основных показателей физико-химических свойств топлив. Эти параметры характеризуют структуру строения углеводородов, образующих топливную смесь. И хотя механизм действия углеводородных компонентов на октановое число до сих пор мало изучен, имеет место следующая закономерность: октановое число падает с удлинением структурной цепи и возрастает с её разветвлением, т.е. определённая хаотичность структуры приводит к повышению детонационной стойкости и увеличению октанового числа.

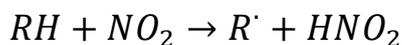
Атомы вещества удалены настолько, что волновые функции электронов заметно не перекрываются и обменные взаимодействия становятся столь малыми, что ими можно пренебречь. Однако поляризационные силы нарушают симметрию в распределении зарядов, в результате чего атомы приобретают электрические дипольные моменты.

Наличие поляризационных сил обуславливает ван-дер-ваальсовое притяжение между молекулами и возможность их агрегации, что может являться причиной повышения плотности топливной смеси при наличии двух добавок. Агрегация молекул приводит также к уменьшению их подвижности и увеличению хаотичности структуры вещества. В результате этого имеют место увеличение плотности топливной смеси и диэлектрической проницаемости, уменьшение проводимости и увеличение октанового числа. Данная гипотеза говорит о явлении повышения октанового числа топливной смеси за счёт увеличения хаотичности её структуры [7].

3.1 Механизм действия промоторов воспламенения

Принцип действия заключается не в подавлении предпламенных реакций, как в случае с антидетонаторами, а, наоборот, в их ускорении и способности к разветвлению окислительных цепей и образованию новых

реакционных центров, вследствие замены первичной реакции разложения углеводорода топлива более выгодной в энергетическом отношении реакцией разложения присадки:



Накопление пероксидов происходит за счет радикалов $HOO\cdot$, радикал $HO\cdot$ способствует развитию цепей окисления, а NO_2 и NO принимают участие в возникновении дополнительных центров высокотемпературного воспламенения.

Сущность действия промоторов воспламенения объясняется легким распадом молекул по связи O-O и O-N с невысокой энергией активации (около 150 кДж/моль). Инициированию воспламенения топлива содействуют возникающие свободные радикалы. Прирост цетанового числа составляет 2-3 единицы на каждые 0,1% алкилнитратов.

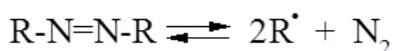
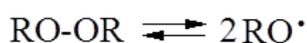
Увеличение содержания ароматических углеводородов и прежде всего бициклических способствует понижению цетанового числа дизельных топлив. А повышению цетанового числа оказывает увеличение содержания в дизельном топливе парафиновых углеводородов нормального строения и малоразветвленных; при этом происходит одновременное повышение температуры застывания топлив. Для топлив, богатыми содержанием моноциклических нафтеновых углеводородов и в меньшей степени бициклических, характерно низкие температуры застывания и более приемлемые значения цетановых чисел [8].

Практический интерес представляют органические соединения на основе пероксидов: диалкил- и диарилпероксиды. Данные соединения достаточно устойчивы при хранении и нагревании, не склонны к разложению в присутствии воды, олефинов и других соединений, находящиеся в товарных топливах. Преимуществом пероксидов является их хорошая совместимость с противоизносными присадками, отсутствие коррозионной агрессивности,

меньшая токсичность и взрывоопасность, хорошая совместимость с присадками других типов. Энергия разрыва по связи RO-OR составляет 142-155 кДж/моль. Энергии разрыва связей в некоторых молекулах представлены в таблице 2.

Легко распадаются:

- 1) связи O-O в гидропероксидах и пероксидах, азо-бис-нитрилах:

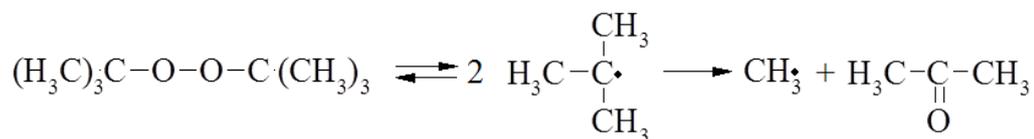


- 2) пероксид водорода сам распадается на радикалы в интервале температур 50-115 °C:



- 3) третичные алкилпероксиды (пероксид третичного бутила)

$$\tau_{\text{полураспада}} = 200 \text{ ч (100 }^\circ\text{C)}$$



- 4) диацилпероксиды (пероксид ацетила, $\tau_{\text{полураспада}} = 8,1 \text{ ч. (70 }^\circ\text{C)}$)

- 5) диарилпероксиды (пероксидбензоил $\tau_{\text{полураспада}} = 7,3 \text{ ч. (70 }^\circ\text{C)}$)

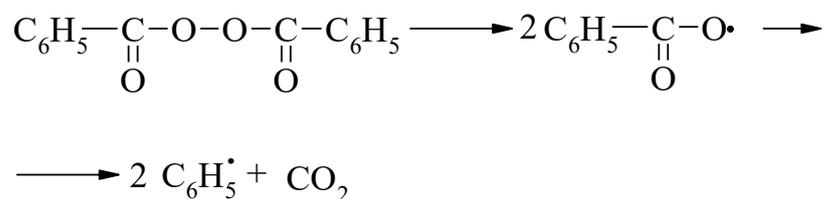


Таблица 2 – Энергия разрыва связей в молекулах

Соединение	Формула	Связь	Энергия разрыва связи, кДж/моль
Олефины	$R - CH = CH_2$	$C = C$	615
Ароматические углеводороды	$Ar - H$	$C - H$	420
Парафиновые углеводороды	$R - R$	$C - C$	310
Нитроалканы	RNO_2	$C - N$	230
Алкилнитраты	$RONO_2$	$O - N$	150
Пероксиды	$R - O - O - R$	$O - O$	140

3.2 Механизм алкилсвинцовых антидетонаторов

До недавнего времени считалось, что алкилсвинцовые антидетонаторы (в частности тетраэтил- или тетраметилсвинец в виде этиловой жидкости) повышают детонационную стойкость товарных бензинов и являлось одним из дешевых и распространенных способов. Этилированными бензинами называют бензины, в которых присутствует этиловая жидкость. Высокая температура в камере сгорания способствует разложению тетраалкилсвинца с образованием алкильных радикалов и свинца, который далее окисляется с образованием диоксида свинца. Затем диоксид свинца вступает в реакцию с гидроперекисями, разрушая их с образованием малоактивных продуктов окисления и оксида свинца:



Предотвращение детонации происходит за счет окисления оксида свинца с образованием активного диоксида свинца, который вновь вступает в

реакцию с гидроперекисями, прерывая радикальный процесс окисления. Тетраэтилсвинец (ТЭС) имеет более широкое распространение, чем тетраметилсвинец. Тетраметилсвинец более эффективный в получении высокоароматизированных, высокооктановых бензинах. В России производится только тетраэтилсвинец. Алкилсвинцовые антидетонаторы в разной степени повышают октановые числа различных углеводородов. Способность бензинов к повышению детонационной стойкости при добавлении антидетонаторов называют приемистостью. Наибольшую приемистость к тетраэтилсвинцу имеют парафиновые углеводороды и содержащие их прямогонные бензины и алкилбензин. Меньшей приемистостью к ТЭС обладают ароматические и олефиновые углеводороды и содержащие их бензины каталитического риформинга и крекинга. Нафтенческие углеводороды занимают промежуточное положение.

Алкилсвинцовые антидетонаторы так же, как и продукты их сгорания, высоко токсичны, поэтому в настоящее время четко наметилась тенденция к отказу от их применения при производстве автомобильных бензинов. В ряде стран применение этилированных бензинов запрещено законом. Помимо высокой токсичности применение этилированных бензинов препятствует широкому использованию на автомобилях катализаторов дожигания отработавших газов, так как продукты сгорания свинца отравляют катализатор.

Азотсодержащие присадки являются беззольными и тем самым выгодно отличаются от присадок на основе металлоорганических соединений. Наконец, одним из важных преимуществ является их многофункциональность. Так, будучи достаточно эффективными антидетонаторами, амины обладают также антиокислительными, стабилизирующими и антикоррозионными свойствами.

Однако, из аминов наибольшую опасность представляют ароматические амины, типа производных анилина. Наряду с высоким токсикологическим воздействием на человека (поражают центральную и периферическую нервную систему, сосудистую и дыхательную систему, систему крови, печень, почки и т.д.) способствуют увеличению склонности топлива к образованию отложений

на впускных клапанах и нагара в камере сгорания. Поэтому они так же выводятся из оборота и в настоящее время запрещены во многих странах Евросоюза (ЕС) и Республики Беларусь [5].

4 Расчетные методы определения октанового числа моторных топлив

Октановое число - важный показатель качества прямогонного и автомобильного бензина, на который влияет природа нефтепродукта, строение углеводородов, фракционный состав, химическая и физическая стабильность, содержание серы и др.

Известные из литературы и рассмотренные далее методы определения ОЧ бензиновых топлив условно можно разделить на три категории:

- учитывающие фракционный, групповой или углеводородный состав бензина,
- связывающие значение октанового числа с физико-химическими показателями топлива, такими как плотность и анилиновая точка.
- основанные на корреляции октанового и цетанового чисел.

К первой группе можно отнести следующие методы определения октанового числа:

- *с учетом группового состава*

Сопоставление ОЧИ с соотношением ароматических и алифатических атомов водорода:

$$\text{ОЧИ} = A \cdot (\% \text{Нар}) / (\% \text{Нал}) + B, \quad (1)$$

где А – коэффициент равный 2,453; В – коэффициент равный 41,71.

Учет содержания ароматического и олефинового водорода:

$$\text{ОЧИ} = A + B \cdot (\% \text{Нар}) + C \cdot (\% \text{Нол}), \quad (2)$$

где А – коэффициент равный 83,14; В – коэффициент равный 0,48; С – коэффициент равный 1,02.

На основе допущения аддитивности характеристик смесей разработаны зависимости для расчета ОЧ по данным индивидуального углеводородного состава. Здесь необходимо упомянуть метод для расчета ОЧМ прямогонного бензина с концом кипения до 200 °С по результатам определения группового состава:

$$\text{ОЧ} = 100 \cdot \text{А} + 70 \cdot \text{Н} + 50 \cdot \text{ИП} - 12 \cdot \text{НП} \quad (3)$$

где А, Н, ИП, НП – содержание в объемных долях ароматических, нафтеновых, изопарафиновых и нормальных парафиновых углеводородов соответственно [13].

- по отношению Н к С

Корреляционная формула соотношения атомов углерода и водорода в молекулах смеси и октанового числа:

$$\text{ОЧМ} = -406,14 + 508,04 \cdot (\text{Н/С}) - 173,55 \cdot (\text{Н/С})^2 + 20,17 \cdot (\text{Н/С})^3, \quad (4)$$

где Н/С – усреднённое отношение количества атомов водорода и углерода в молекулах смеси [11].

- с учетом фракционного состава (для бензинов с ОЧМ больше 62)

$$\text{ОЧМ} = 1020,7 - 64,84 \left[4 \left(\frac{\log 141,5}{\rho_{15}^{15}} - 131,5 \right) + 2 \log \left(\frac{9}{5} t_{10\%} + 32 \right) + 1,3 \log \left(\frac{9}{5} t_{90\%} + 32 \right) \right] \quad (5)$$

Определение ОЧИ бензинов также с учетом плотности:

$$\text{ОЧИ} = 120 - 2 \cdot \frac{T_{\text{ср}} - 58}{5 \cdot \rho} \quad (6)$$

$$T_{\text{ср}} = (T_{\text{н.к.}} + T_{\text{к.к.}}) / 2 \quad (7)$$

где $T_{\text{ср}}$ – средняя температура кипения топлива; $T_{\text{н.к.}}$ – температура начала кипения топлива; $T_{\text{к.к.}}$ – температура конца кипения топлива; ρ – плотность топлива при 20 °С, г/см³.

Ко второй группе относят методы определения октанового числа:

- по анилиновой точке

Для бензинов прямой перегонки, термического крекинга, термического риформинга, у которых $t_{\text{а.т.}} < t_{10\%} < 2t_{\text{а.т.}}$ (где а.т. – анилиновая точка, °С) предложены уравнения [12]:

$$\text{ОЧМ} = 100 - \rho_4^{20} \frac{(T_{\text{к.к.}} + t_{\text{а.т.}})}{\delta \cdot T_{\text{к.к.}}} \cdot \frac{1}{\alpha^{\text{ГОСТ}}} + \delta - \alpha^{\text{ГОСТ}} \quad (8)$$

где ρ_4^{20} – относительная плотность, $T_{\text{кк}}$ – температура конца кипения топлива, °С, $t_{\text{а.т.}}$ – температура анилиновой точки, °С, δ – коэффициент испаряемости бензинов.

$$\delta = \frac{t_{10\%} + t_{50\%} + t_{90\%}}{100} \quad (9)$$

где $t_{10\%}, t_{50\%}, t_{90\%}$ – температуры кипения фракции при 10%, 50%, 90% отгоне соответственно.

α – наклон кривой разгонки бензина

$$\alpha^{\text{ГОСТ}} = (t_{90\%} - t_{10\%})/80 \quad (10)$$

Последнее уравнение справедливо при $\left(\frac{t_{\text{к.к.}}}{t_{10\%}}\right) \cdot \alpha^{\text{ГОСТ}} > 1,9$

- по плотности

Для определения ОЧМ прямогонных бензинов фракции с началом кипения 200°С :

$$\text{ОЧМ} = -140 + 246,9 \cdot \rho_4^{20}, \quad (11)$$

Третья группа методов, связывает октановое и цетановое числа.

В сущности, октановое число и цетановое число противоположные измерения одного и того же явления. Низкое октановое число подразумевает высокое цетановое число. Поэтому естественно предположить, что эти параметры взаимосвязаны [15].

Кроме того существует формулы, позволяющие с высокой точностью рассчитать ЦЧ углеводородных смесей:

- По анилиновой точке

$$\text{ЦЧ} = T_{\text{а}} - 15,5 \quad (12)$$

где $T_{\text{а}}$ – температура анилиновой точки, т.е. температура взаимной растворимости равных объемов испытуемого топлива и анилина, °С.

- По групповому составу

$$\text{ЦЧ} = 0,85 \cdot \text{П} + 0,1 \cdot \text{Н} - 0,2 \cdot \text{А} \quad (13)$$

где П, Н, А – содержание в топливе соответственно парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов, масс. %.

- По фракционному составу

$$\text{ЦЧ} = 256,18 - 0,445 \cdot T_a - 10,44\sqrt{T_c} - \frac{2,605 \cdot \rho}{2 \cdot \sqrt[3]{T_c}} \quad (14)$$

где ρ – плотность бензина при 20°C, г/см³;

T_a – температура анилиновой точки, °C;

$$T_c = T_{10\%} + 0,53 \cdot T_{50\%} + 0,17 \cdot T_{90\%} \quad (15)$$

- По плотности

По данным разных авторов формулы для расчета цетанового числа для различных фракций приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Формулы расчета цетанового числа

Фракции, °C	1	2
150 – 350	$\text{ЦЧ} = 263 - 254 \cdot \rho$	$\text{ЦЧ} = 52 - 324 \cdot (\rho - 0,83)$
200 – 350	$\text{ЦЧ} = 305,2 - 297,5 \cdot \rho$	$\text{ЦЧ} = 51,4 - 378 \cdot (\rho - 0,85)$
240 – 350	$\text{ЦЧ} = 368,3 - 367,4 \cdot \rho$	

Из вышеприведенных формул видно, что для расчета и анализа применимости формул определения октанового или цетанового чисел, требуется знать основные физико-химические свойства исследуемого топлива, для этого необходимо провести ряд экспериментов.

5 Постановка задачи исследования

Октановое число (ОЧ) является одним из важных показателей качества автомобильных бензинов. В связи с ужесточением требований к качеству моторных топлив растет количество и номенклатура применяемых модификаторов, в том числе и октаноповышающих добавок, позволяющих улучшить эксплуатационные и технические характеристики топлив.

Октановые числа смешения (ОЧС) оксигенатов не являются аддитивными характеристиками и зависят от количества добавки в смеси, концентраций и свойств других компонентов, что значительно усложняет задачу разработки расчетных методов.

Современным инструментом расчета физико-химических и эксплуатационных свойств является моделирование свойств смеси на основе свойств компонентов, что позволяет прогнозировать качество товарных продуктов и осуществлять управление качеством в режиме реального времени.

Целью данной работы был поиск закономерностей, описывающих изменение ОЧС октаноповышающих добавок в зависимости от свойств исходного бензина и концентрации добавки.

Объектами исследования служили образцы прямогонных бензиновых дистиллятов различных НПЗ, и ряд оксигенатов, таких как МТБЭ, изопропанол, изобутанол, этанол, этиленгликоль, амиловый и изоамиловый спирты.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- Выполнен обзор высокооктановых модификаторов и изучены механизмы действия присадок;
- Выполнен поиск и анализ расчетных методов;
- выполнены экспериментальные работы по определению физико-химических свойств прямогонных бензиновых дистиллятов;
- выполнена проверка адекватности и прогнозирующей способности расчетных методов;

- на основе результатов прогноза разработаны рецептуры добавок для улучшения эксплуатационных характеристик;
- проведены эксперименты определения октанового числа бензинов и их смесей с высокооктановыми компонентами;
- выполнена модификация экспресс-методов при добавлении октаноповышающих добавок.

6 Экспериментальная часть

6.1 Объект исследования

Объектами исследования служили образцы прямогонных бензиновых дистиллятов различных НПЗ г. Анжеро-Судженск и Яя, и ряд оксигенатов, таких как МТБЭ, изопропанол, изобутанол, этанол, этиленгликоль, амиловый и изоамиловый спирты.

В исследуемых пробах определили основные физико-химические свойства бензинов: фракционный состав по ГОСТ 2177-99; плотность по ГОСТ 3900-85; групповой состав по ГОСТ 31872-2012, включающий определение температуры анилиновой точки и ее максимальной температуры и коэффициента преломления; массовая доля углеводородов (ароматические, нафтеновые и парафиновые); октановое число.

6.2 Исследования прямогонных бензиновых дистиллятов

6.2.1 Испытания на основные физико-химические свойства исследуемого прямогонного бензина

Основные физико-химические показатели исследуемых проб представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные физико-химические свойства исследуемых проб

№	Показатели	1 - Анжерка	2 - Яйский
1	Фракционный состав, °С :		
	$t_{н.к.}$	38	55
	$t_{10\%}$	61	71
	$t_{50\%}$	94	108
	$t_{90\%}$	120	147
	$t_{к.к.}$	136	154
2	Плотность ρ_4^{20} , кг/м ³	699,6	715,9

Продолжение таблицы 4

3	Плотность ρ_{15}^{15} , кг/м ³	703,9	720,1
4	Молекулярная масса (хроматограмма)	92,88	97,99
5	Групповой состав:		
	Максимальная анилиновая точка, °С	55,4	57,2
	Анилиновая точка, °С	59,6	61,4
	Коэффициент преломления	1,3910	1,4135
6	Массовая доля углеводородов, % масс.:		
	ароматических	3,47	6,1
	нафтеновых	35,38	30,74
	парафиновых	61,15	63,16
7	Октановое число:		
	ОЧИ	78,9	80,0
	ОЧМ	75,8	77,0
8	Октановое число (хроматограмма):		
	ОЧИ	59,73	57,46
	ОЧМ	62,10	59,31

6.2.2 Результаты расчетов

Таблица 5 – Расчет октанового числа исследуемых проб формулами I группы

Формула	1 - Анжерка	2 - Яйский
$OCHI = 120 - 2 \cdot (T_{cp} - 58) / (5 \cdot \rho_4^{20})$	103,42	94,02
OЧИ _{экспер.}	78,9	80,0
Погрешность, %	31,08	17,52
Формула	1 - Анжерка	2 - Яйский
$OCHI = 2,453 \cdot \frac{\%H_{ap}}{\%H_{al}} + 41,71$	41,73	41,74
OЧИ _{экспер.}	59,73	57,46
Погрешность, %	30,14	27,36
Формула	1 - Анжерка	2 - Яйский
$OCHI = 83,14 + 0,48 \cdot (\%H_{ap}) + 1,02 \cdot (\%H_{ol})$	84,01	84,48
OЧИ _{экспер.}	59,73	57,46
Погрешность, %	40,65	47,02
Формула	1 - Анжерка	2 - Яйский
$OCHM = -406,14 + 508,04 \cdot \left(\frac{H}{C}\right) - 173,55 \cdot \left(\frac{H}{C}\right)^2 + 20,17 \cdot \left(\frac{H}{C}\right)^3$	86,23	85,62

Продолжение таблицы 5

ОЧМ _{экспер.}	62,1	59,31
Погрешность, %	38,86	44,36
Формула	1 - Анжерка	2 - Яйский
$ОЧМ = 100 \cdot А + 70 \cdot Н + 50 \cdot ИП - 12 \cdot НП$	33,16	34,27
ОЧМ _{экспер.}	62,1	59,31
Погрешность, %	46,60	42,22

Таблица 6 – Расчет октанового числа исследуемых проб формулами II группы

Формула	1 - Анжерка	2 - Яйский
$ОЧМ = -140 + 246,9 \cdot \rho_4^{20}$	32,73	36,76
ОЧМ _{экспер.}	62,1	59,31
Погрешность, %	47,29	38,03
Формула	1 - Анжерка	2 - Яйский
$ОЧМ = 100 - \rho_4^{20} \cdot \frac{t_{к.к.} + t_{а.т.}}{\delta \cdot t_{к.к.}} \cdot \frac{1}{\alpha^{ГОСТ}} + \delta - \alpha^{ГОСТ}$	101,52	101,99
ОЧМ _{экспер.}	62,1	59,31
Погрешность, %	63,47	71,96

Таблица 7 – Расчет октанового числа исследуемых проб формулами III группы

Формула	1 - Анжерка	2 - Яйский
$ЦЧ = 0,85 \cdot П + 0,1 \cdot Н - 0,2 \cdot А$	54,82	55,54
$ОЧМ = (105,9 - ЦЧ) / 0,94$	54,34	53,57
ОЧМ _{экспер.}	62,1	59,31
Погрешность, %	10,50	8,67

Продолжение таблицы 7

Формула	1 - Анжерка	2 - Яйский
$ЦЧ = T_a - 15,5$	44,1	45,9
$ОЧМ = (105,9 - ЦЧ)/0,94$	65,74	63,83
$ОЧМ_{экспер.}$	62,1	59,31
Погрешность, %	5,17	6,62
Формула	1 - Анжерка	2 - Яйский
$ЦЧ = 263 - 254 \cdot \rho_4^{20}$	85,30	81,16
$ОЧМ = (105,9 - ЦЧ)/0,94$	21,91	26,32
$ОЧМ_{экспер.}$	62,1	59,31
Погрешность, %	64,71	55,63
Формула	1 - Анжерка	2 - Яйский
$ЦЧ = 52 - 324 \cdot (\rho_4^{20} - 0,83)$	94,25	88,97
$ОЧМ = (105,9 - ЦЧ)/0,94$	12,39	18,01
$ОЧМ_{экспер.}$	62,1	59,31
Погрешность, %	80,04	69,63

Расчитав октановые числа по формулам, оценим адекватность применения расчетных методов определения октанового числа для прямогонных бензинов.

Формулы первой группы для расчета октанового числа, связывающие фракционный и групповой состав бензина, дали значительную погрешность ($\delta_{ср.} = 34,6 \%$). Требуется дополнительная доработка формул.

Формулы, учитывающие физико-химические свойства бензинов, показали достаточно большие отклонения ($\delta_{ср.} = 53,1 \%$).

Расчет по формулам, связывающим октановое и цетановое числа, показал адекватный результат при применении формул для определения ЦЧ по

групповому составу (средняя погрешность для бензинов составила $\delta_{\text{ср.}} = 9,5 \%$) и анилиновой точке ($\delta_{\text{ср.}} = 5,9 \%$).

6.3 Исследования бензинов с октаноповышающими добавками

6.3.1 Рецептуры смешения добавок и октановые числа смешения

Для прогноза рецептур смешения прямогонного бензина с октаноповышающей добавкой, требуются некоторые свойства и допустимые их концентрации в составе бензинов, согласно ТР ТС 013/2011, которые представлены в таблице 8 [2].

Таблица 8 – Основные показатели используемых оксигенатов

Показатель Добавка	ОЧИ	ОЧМ	Плотность, кг/м ³	Допустимая концентрация, не более % масс.
Этанол	125	101	789,0	5
Амиловый спирт	116	93	811,0	10
Изоамиловый спирт	120	96	814,0	10
Изобутанол	113	94	801,0	10
Этиленгликоль	107	95	1116,1	10
МТБЭ	118	101	740,0	15

Для нахождения объемного содержания оксигенатов в смеси с исследуемыми бензинами был произведен следующий расчет:

1) Расчет объема компонентов в смеси, м³.

По уже известным значениям массовых долей компонентов, находим объем по формуле:

$$V_i = \frac{m_i}{\rho_i} \quad (16)$$

где V_i - объем i -го компонента, м³; m_i – массовая доля i -го компонента;
 ρ_i – плотность i -го компонента, кг/м³;

2) Расчет объемной доли каждого компонента смеси:

$$v_1 = \frac{V_1}{V_1+V_2} \quad (17)$$

где v_1 – объемная доля присадки; V_1, V_2 – объемы присадки и бензина, соответственно. Расчет объемной доли бензина аналогичен.

3) Расчет содержания каждого компонента в 100 мл смеси:

$$V_i = v_i * 100 \quad (18)$$

где V_i – содержание i -го компонента, мл.

Результаты расчета рецептур представлены в табл. 9 и 10.

Таблица 9 – Рецептуры смешения бензина НПЗ г. Яя

№	Состав	Массовая доля	$V, \cdot 10^3 \text{ м}^3$	Объемная доля	Содержание в 100 мл смеси, мл
1	Этанол	0,02	0,0253	0,018	1,8
	Бензин	0,98	1,369	0,982	98,2
2	Этанол	0,03	0,03802	0,027	2,7
	Бензин	0,97	1,355	0,973	97,3
3	Этанол	0,05	0,0634	0,046	4,6
	Бензин	0,95	1,327	0,954	95,4
4	Амиловый	0,04	0,0493	0,035	3,5
	Бензин	0,96	1,341	0,965	96,5
5	Амиловый	0,08	0,0986	0,071	7,1

Продолжение таблицы 9

	Бензин	0,92	1,285	0,929	92,9
6	Амиловый	0,10	0,1233	0,089	8,9
	Бензин	0,90	1,2572	0,911	91,1
7	Изоамиловый	0,04	0,0491	0,035	3,5
	Бензин	0,96	1,341	0,965	96,5
8	Изоамиловый	0,08	0,0983	0,071	7,1
	Бензин	0,92	1,285	0,929	92,9
9	Изоамиловый	0,10	0,1229	0,089	8,9
	Бензин	0,90	1,2572	0,911	91,1
10	Изобутиловый	0,04	0,04994	0,036	3,6
	Бензин	0,96	1,341	0,964	96,4
11	Изобутиловый	0,08	0,0999	0,072	7,2
	Бензин	0,92	1,285	0,928	92,8
12	Изобутиловый	0,10	0,1248	0,090	9,0
	Бензин	0,90	1,2572	0,910	91,0
13	Этиленгликоль	0,04	0,03584	0,026	2,6
	Бензин	0,96	1,341	0,974	97,4
14	Этиленгликоль	0,08	0,0717	0,053	5,3
	Бензин	0,92	1,285	0,947	94,7
15	Этиленгликоль	0,10	0,0896	0,067	6,7
	Бензин	0,90	1,2572	0,933	93,3
16	МТБЭ	0,05	0,06757	0,048	4,8
	Бензин	0,95	1,327	0,952	95,2
17	МТБЭ	0,10	0,1351	0,097	9,7
	Бензин	0,90	1,2572	0,903	90,3
18	МТБЭ	0,15	0,2027	0,146	14,6
	Бензин	0,85	1,187	0,854	85,4

Таблица 10 – Рецептуры смешения бензина НПЗ г. Анжеро-Судженск

№	Состав	Массовая доля	V, · 10 ³ м ³	Объемная доля	Содержание в 100 мл смеси, мл
19	Этанол	0,02	0,0254	0,018	1,8
	Бензин	0,98	1,401	0,982	98,2
20	Этанол	0,03	0,03802	0,027	2,7
	Бензин	0,97	1,387	0,973	97,3
21	Этанол	0,05	0,0634	0,045	4,5
	Бензин	0,95	1,358	0,955	95,5
22	Амиловый	0,04	0,0493	0,035	3,5
	Бензин	0,96	1,372	0,965	96,5
23	Амиловый	0,08	0,0986	0,070	7,0
	Бензин	0,92	1,315	0,930	93,0
24	Амиловый	0,10	0,1233	0,087	8,7
	Бензин	0,90	1,286	0,913	91,3
25	Изоамиловый	0,04	0,0491	0,035	3,5
	Бензин	0,96	1,372	0,965	96,5
26	Изоамиловый	0,08	0,0983	0,070	7,0
	Бензин	0,92	1,315	0,930	93,0
27	Изоамиловый	0,10	0,1229	0,087	8,7
	Бензин	0,90	1,286	0,913	91,3
28	Изобутиловый	0,04	0,0499	0,035	3,5
	Бензин	0,96	1,372	0,965	96,5
29	Изобутиловый	0,08	0,0999	0,071	7,1
	Бензин	0,92	1,315	0,929	92,9
30	Изобутиловый	0,10	0,1248	0,088	8,8
	Бензин	0,90	1,286	0,912	91,2
31	Этиленгликоль	0,04	0,0358	0,025	2,5

Продолжение таблицы 10

	Бензин	0,96	1,372	0,975	97,5
32	Этиленгликоль	0,08	0,07168	0,052	5,2
	Бензин	0,92	1,315	0,948	94,8
33	Этиленгликоль	0,10	0,0896	0,065	6,5
	Бензин	0,90	1,286	0,935	93,5
34	МТБЭ	0,05	0,0676	0,047	4,7
	Бензин	0,95	1,358	0,953	95,3
35	МТБЭ	0,10	0,1351	0,095	9,5
	Бензин	0,90	1,2864	0,905	90,5
36	МТБЭ	0,15	0,2027	0,143	14,3
	Бензин	0,85	1,215	0,857	85,7

Для полученных, согласно рассчитанным рецептурам, смесей с октаноповышающими компонентами измерили ОЧИ и ОЧМ, оценили их прирост. Полученные значения представлены в таблицах 11, 12.

Таблица 11 – Прирост октанового числа Яйского бензина с разным содержанием оксигенатов

Проба	ОЧИ	ОЧМ	Прирост ОЧИ	Прирост ОЧМ
Прямогонный бензин НПЗ г.Яя	80,0	77,0		
+ этанол 2% масс.	81,2	77,6	1,2	0,6
+ этанол 3% масс.	84,1	79,0	4,1	2,0
+ этанол 5% масс.	90,3	82,6	10,3	5,6
+ амиловый спирт 4% масс.	82,7	78,3	2,7	1,3
+ амиловый спирт 8% масс.	91,3	81,6	11,3	4,6
+ амиловый спирт 10% масс.	92,0	83,4	12,0	6,4
+ изоамиловый спирт 4% масс.	83,8	78,8	3,8	1,8
+ изоамиловый спирт 8% масс.	93,3	82,5	13,3	5,5

Продолжение таблицы 11

+ изоамиловый спирт 10%масс.	94,1	83,3	14,1	6,3
+ изобутанол 4%масс.	89,9	82,4	9,9	5,4
+ изобутанол 8%масс.	93,4	85,6	13,4	8,6
+ изобутанол 10%масс.	94,7	85,8	14,7	8,8
+ этиленгликоль 4% масс.	82,2	78,2	2,2	1,2
+ этиленгликоль 8% масс.	87,8	83,9	7,8	6,9
+ этиленгликоль 10% масс.	90,1	86,8	10,1	9,8
+ МТБЭ 5% масс.	91,5	88,0	11,5	11,0
+ МТБЭ 10% масс.	98,6	89,7	18,6	12,7
+ МТБЭ 15% масс.	100,4	91,1	20,4	14,1

Для наглядности оценки прироста ОЧ построим графики зависимости ОЧ смеси от содержания в смеси октаноповышающей добавки (рисунок 1-12).

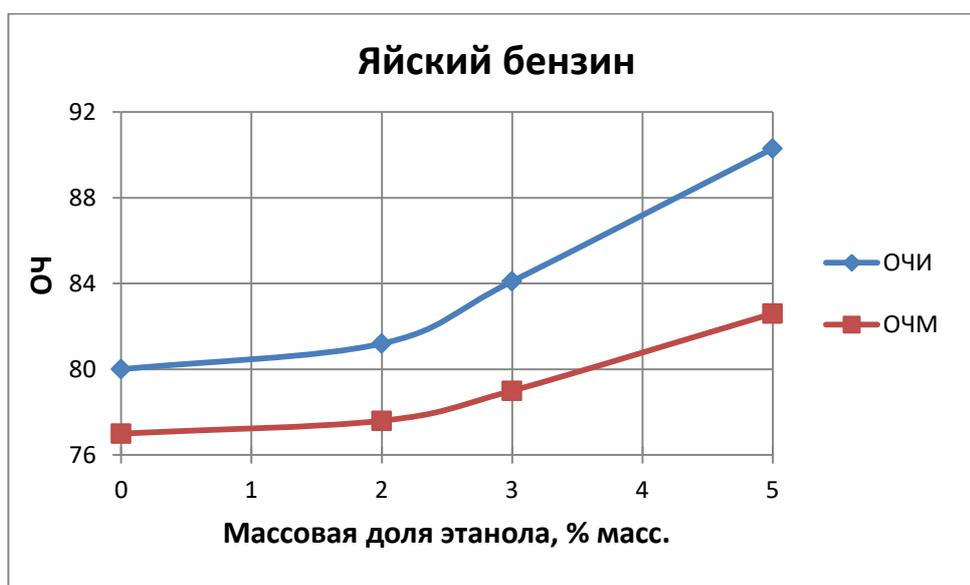


Рисунок 1 – Влияние массовой доли этанола на ОЧ Яйского бензина

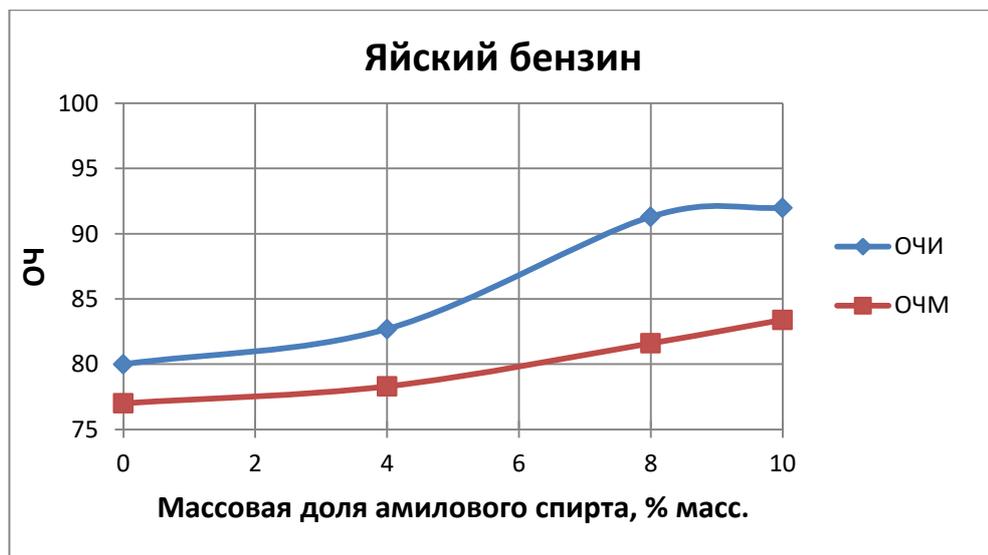


Рисунок 2 – Влияние массовой доли амилового спирта на ОЧ Яйского бензина

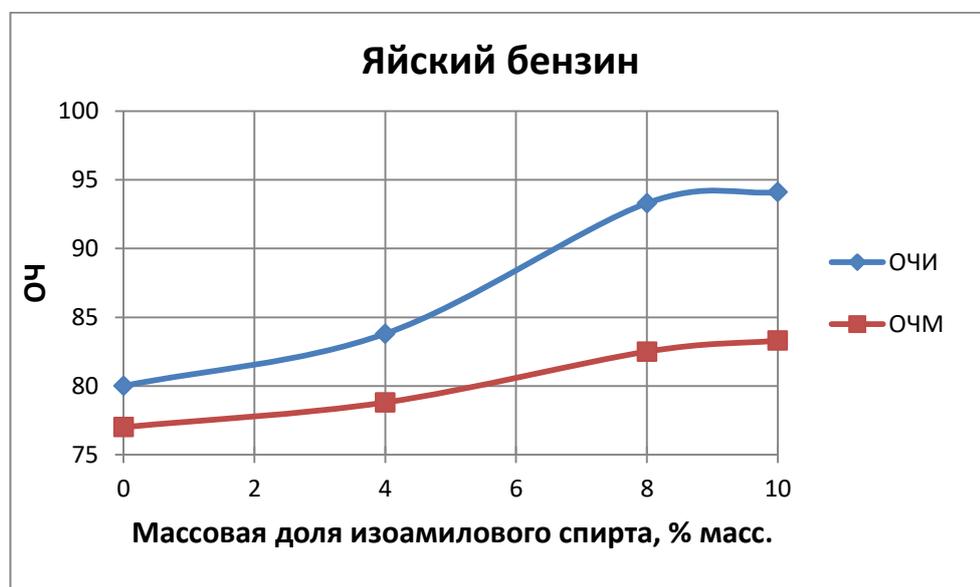


Рисунок 3 – Влияние массовой доли изоамилового спирта на ОЧ Яйского бензина

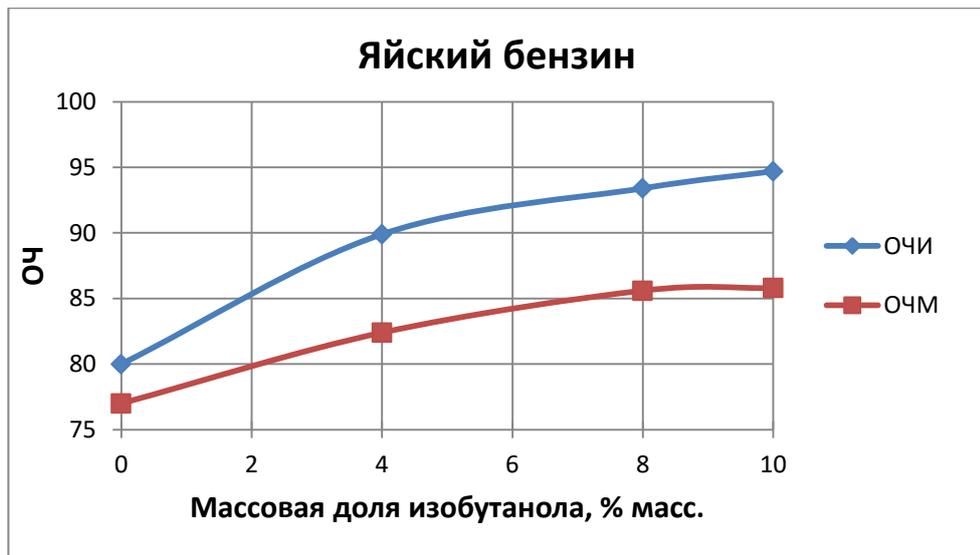


Рисунок 4 – Влияние массовой доли изобутанола на ОЧ Яйского бензина

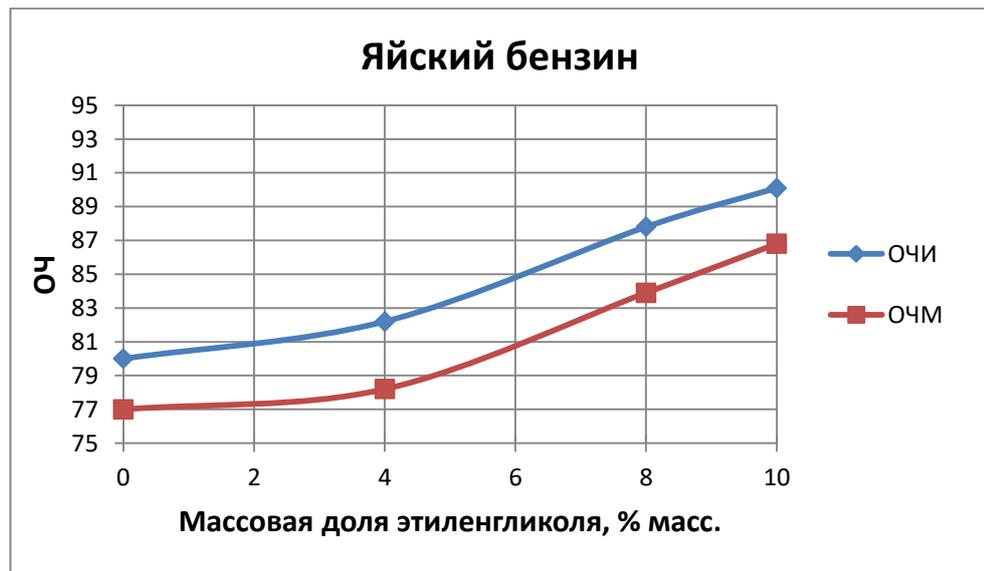


Рисунок 5 – Влияние массовой доли этиленгликоля на ОЧ Яйского бензина

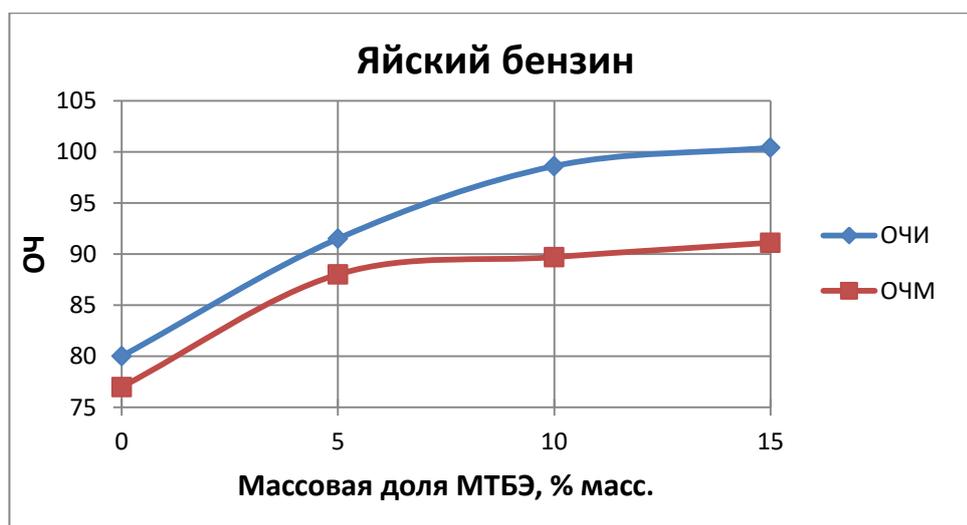


Рисунок 6 – Влияние массовой доли МТБЭ на ОЧ Яйского бензина

Таблица 12 – Прирост октанового числа Анжерского бензина с разным содержанием оксигенатов

Проба	ОЧИ	ОЧМ	Прирост ОЧИ	Прирост ОЧМ
Прямогонный бензин НПЗ г.Анжеро-Судженск	78,9	75,8		
+ этанол 2% масс.	80,1	76,5	1,2	0,7
+ этанол 3% масс.	87,5	80,2	8,6	4,4
+ этанол 5% масс.	89,0	81,6	10,1	5,8
+ амиловый спирт 4%масс.	83,6	78,8	4,7	3,0
+ амиловый спирт 8%масс.	89,2	80,6	10,3	4,8
+ амиловый спирт 10%масс.	90,8	81,0	11,9	5,2
+ изоамиловый спирт 4%масс.	84,4	77,6	5,5	1,8
+ изоамиловый спирт 8%масс.	91,0	82,1	12,1	6,3
+ изоамиловый спирт 10%масс.	92,4	82,9	13,5	7,1
+ изобутанол 4%масс.	90,1	80,7	11,2	4,9
+ изобутанол 8%масс.	92,5	83,4	13,6	7,6
+ изобутанол 10%масс.	93,5	84,0	14,6	8,2
+ этиленгликоль 4% масс.	80,1	77,5	1,2	1,7

Продолжение таблицы 12

+ этиленгликоль 8% масс.	85,3	81,8	6,4	6,0
+ этиленгликоль 10% масс.	86,6	82,0	7,7	6,2
+ МТБЭ 5% масс.	89,6	85,2	10,7	9,4
+ МТБЭ 10% масс.	94,8	87,3	15,9	11,5
+ МТБЭ 15% масс.	100,6	92,5	21,7	16,7

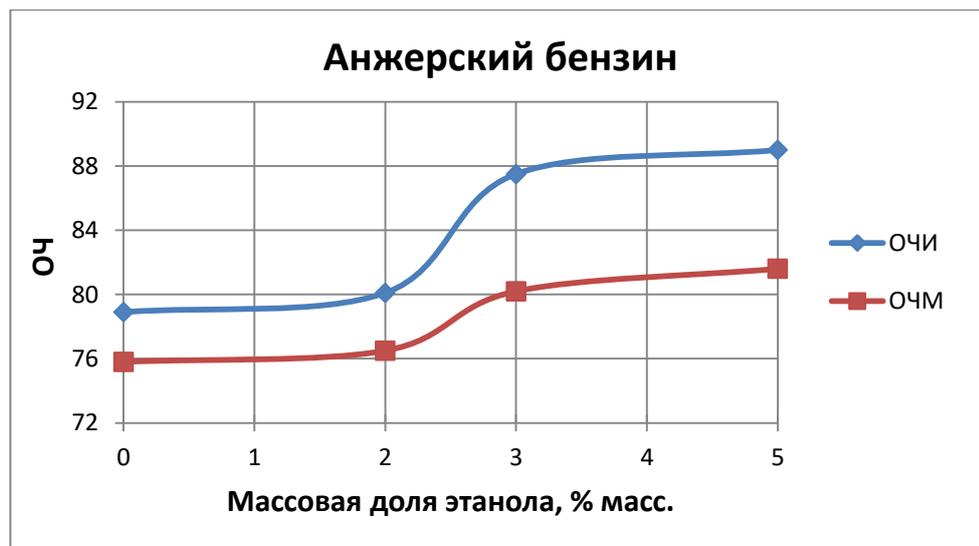


Рисунок 7 – Влияние массовой доли этанола на ОЧ Анжерского бензина

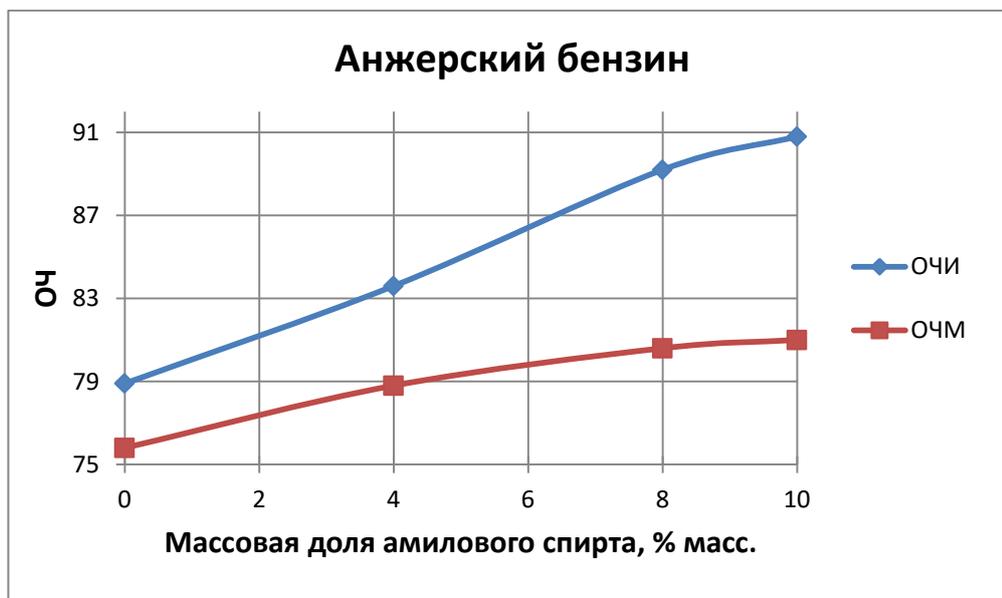


Рисунок 8 – Влияние массовой доли амилового спирта на ОЧ Анжерского бензина

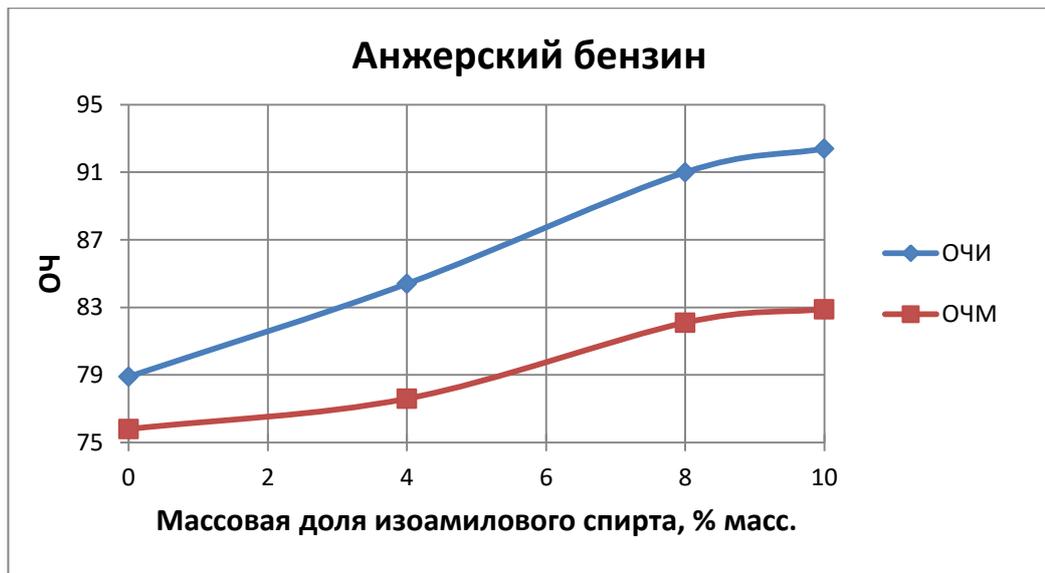


Рисунок 9 – Влияние массовой доли изоамилового спирта на ОЧ Анжерского бензина

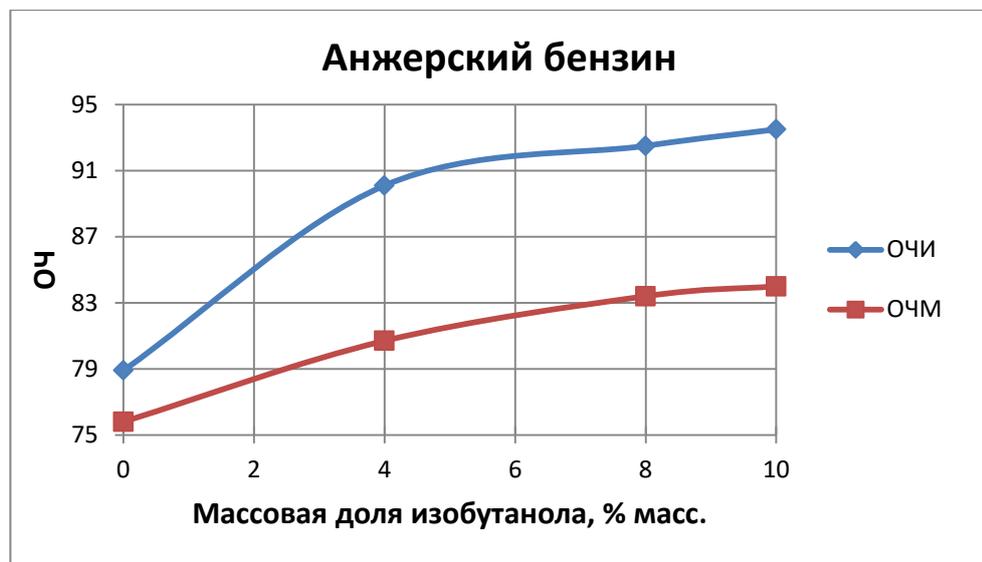


Рисунок 10 – Влияние массовой доли изобутанола на ОЧ Анжерского бензина

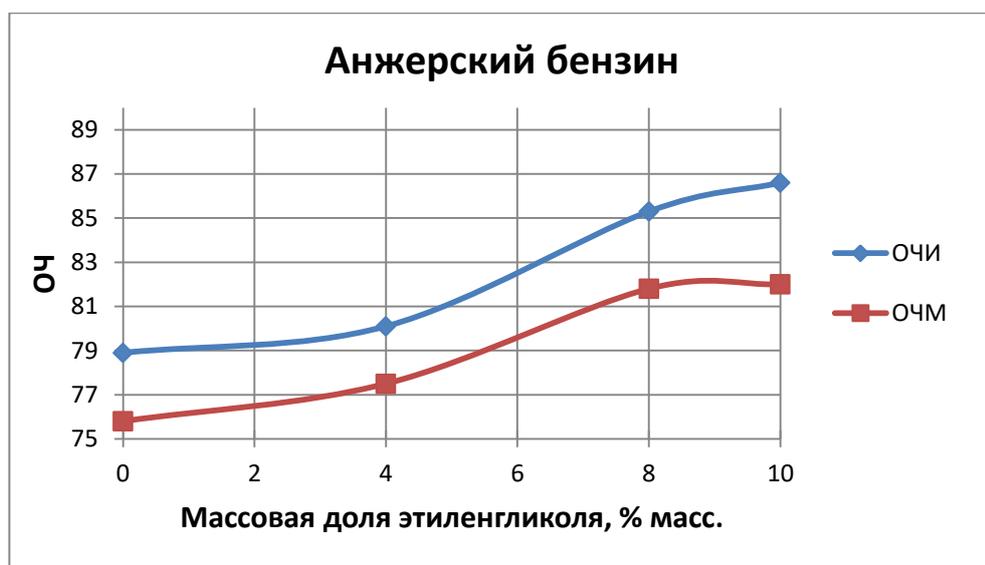


Рисунок 11 – Влияние массовой доли этиленгликоля на ОЧ Анжерского бензина

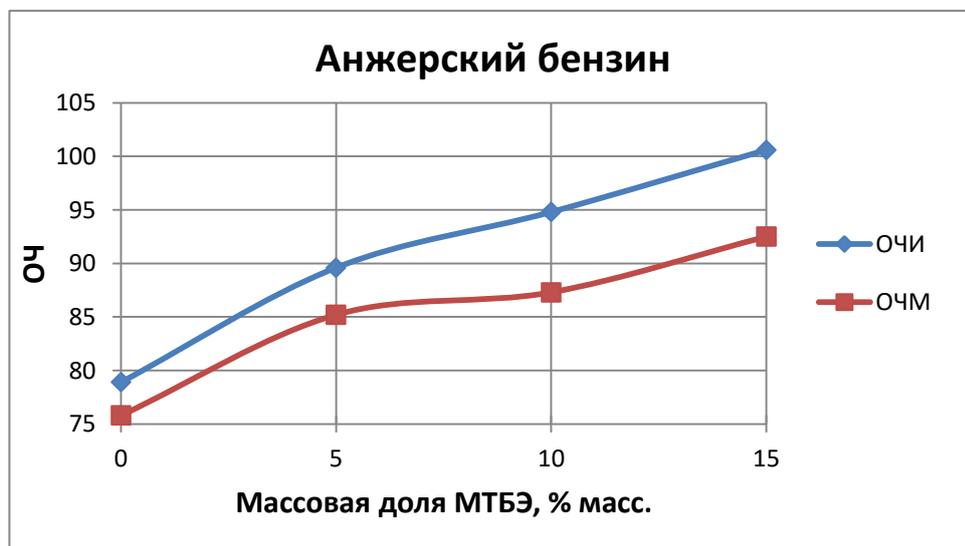


Рисунок 12 – Влияние массовой доли МТБЭ на ОЧ Анжерского бензина

Из графиков видно, что наибольший прирост ОЧ дает добавление к прямогонным бензинам МТБЭ (21,7 ед.).

6.3.2 Результаты расчета ОЧ смешения

Рассчитаем ОЧ смешения для всех добавок.

Таблица 13 – Данные для расчета ОЧ смешения этанола с бензинами

Проба	ОЧИ	ОЧМ
Анжерский бензин	78,9	75,8
Этиловый спирт	125,0	101,0
Анжерка 98% + этанол 2% (масс.)	80,1	76,5
Анжерка 97% + этанол 3% (масс.)	87,5	80,2
Анжерка 95% + этанол 5% (масс.)	89,0	81,6
Проба	ОЧИ	ОЧМ
Яйский бензин	80,0	77,0
Этиловый спирт	125,0	101,0
Яйский 98% + этанол 2% (масс.)	81,2	77,6
Яйский 97% + этанол 3% (масс.)	84,1	79,0
Яйский 95% + этанол 5% (масс.)	90,3	82,6

Для расчета ОЧ смешения добавки используем следующую зависимость:

$$ОЧ_{\text{смешения}} = \frac{ОЧ_{\text{смеси}} - (ОЧ_б \cdot C_б)}{C_д} \quad (19)$$

где $C_б$ – массовая доля бензина в смеси;

$C_д$ – массовая доля добавки в смеси.

Результаты расчетов приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Результаты расчета ОЧ смешения этанола

Анжерский Бензин		
ОЧИ смешения	ОЧМ смешения	Массовая доля этанола
138,9	110,8	0,02
365,6	222,5	0,03
280,9	191,8	0,05
125	101	1
Яйский Бензин		
ОЧИ смешения	ОЧМ смешения	Массовая доля этанола
140,0	107,0	0,02
216,7	143,7	0,03
286,0	189,0	0,05
125	101	1

По данным таблицы 14 построим графики зависимости ОЧ смешения добавки от массовой доли этанола в смеси.

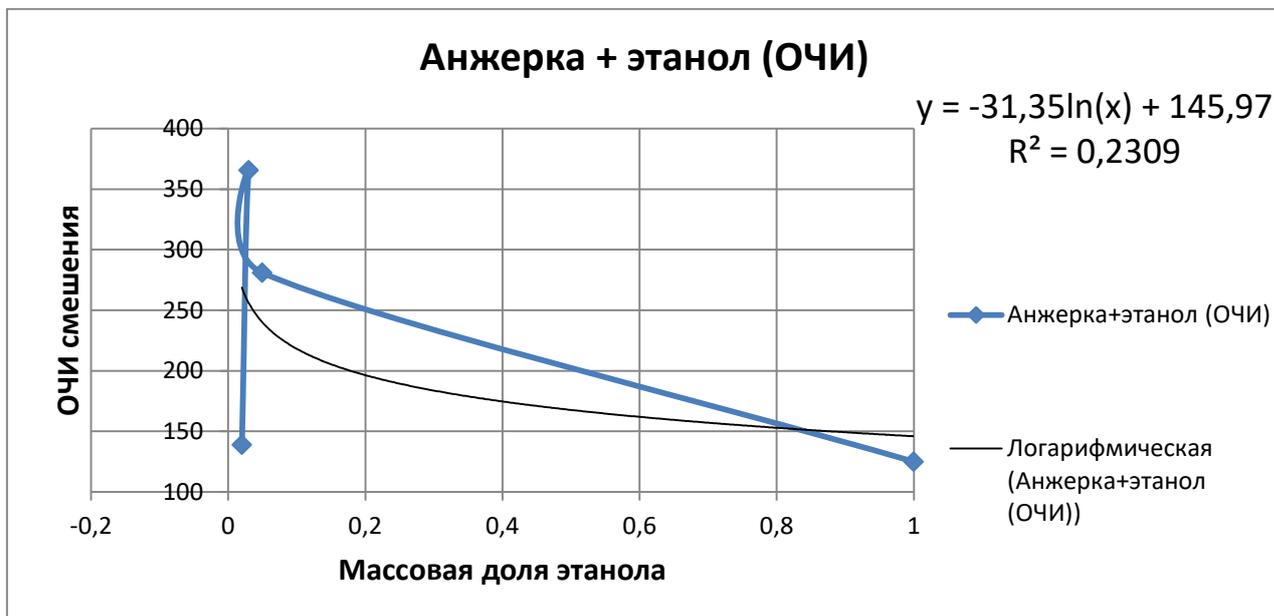


Рисунок 13 – Зависимость ОЧИ смешения этанола от его массовой доли

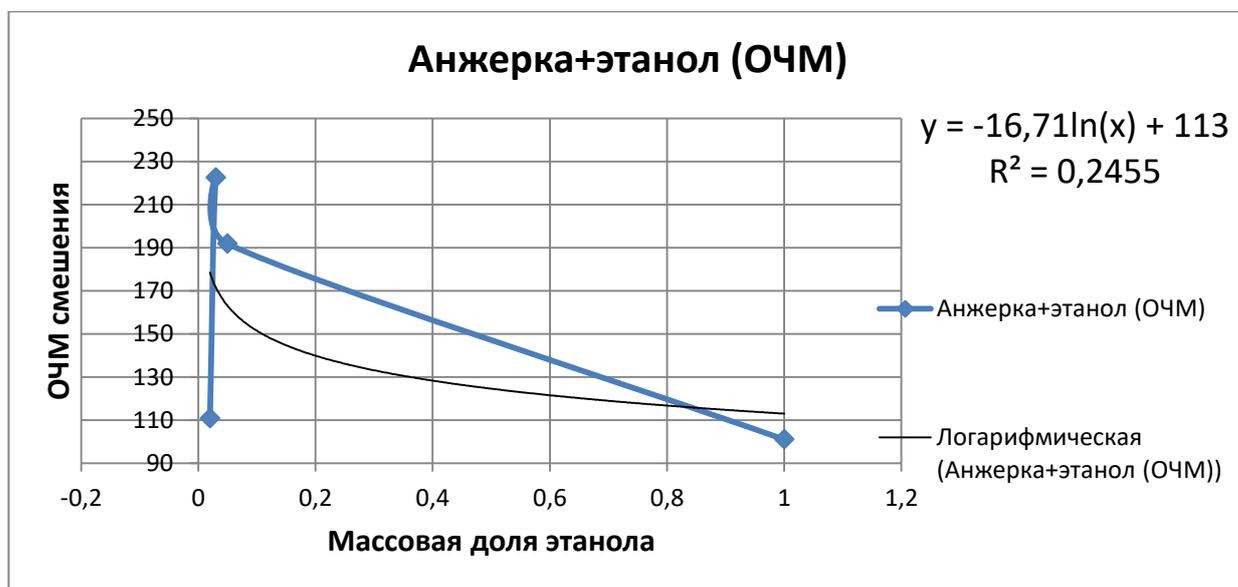


Рисунок 14 – Зависимость ОЧМ смешения этанола от его массовой доли

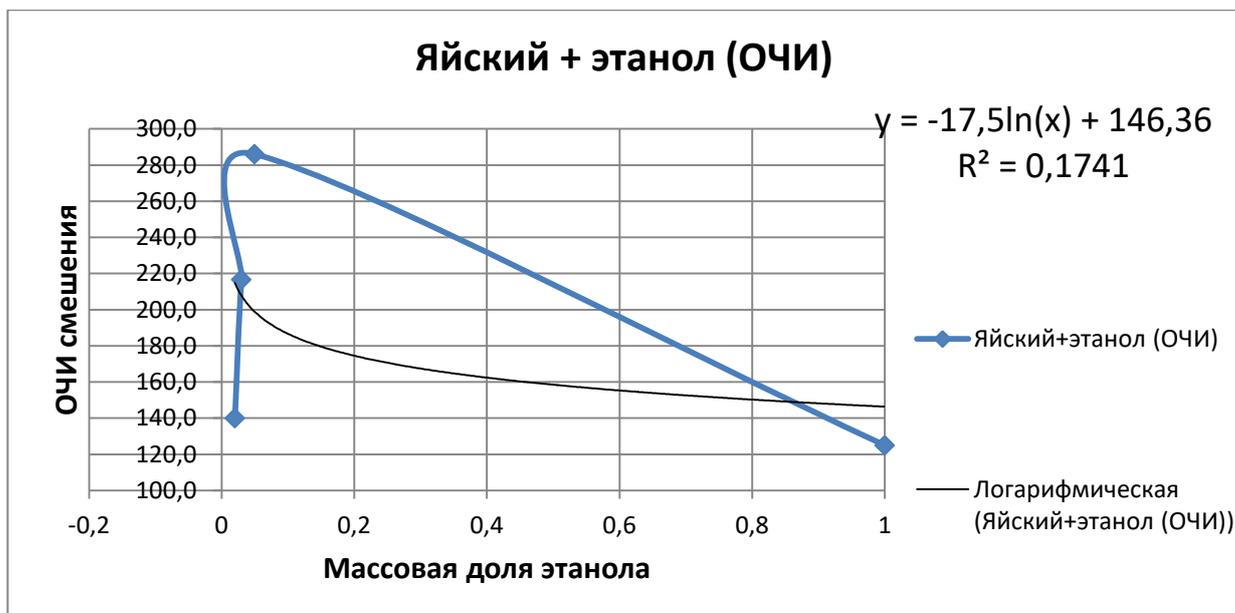


Рисунок 15 – Зависимость ОЧИ смешения этанола от его массовой доли

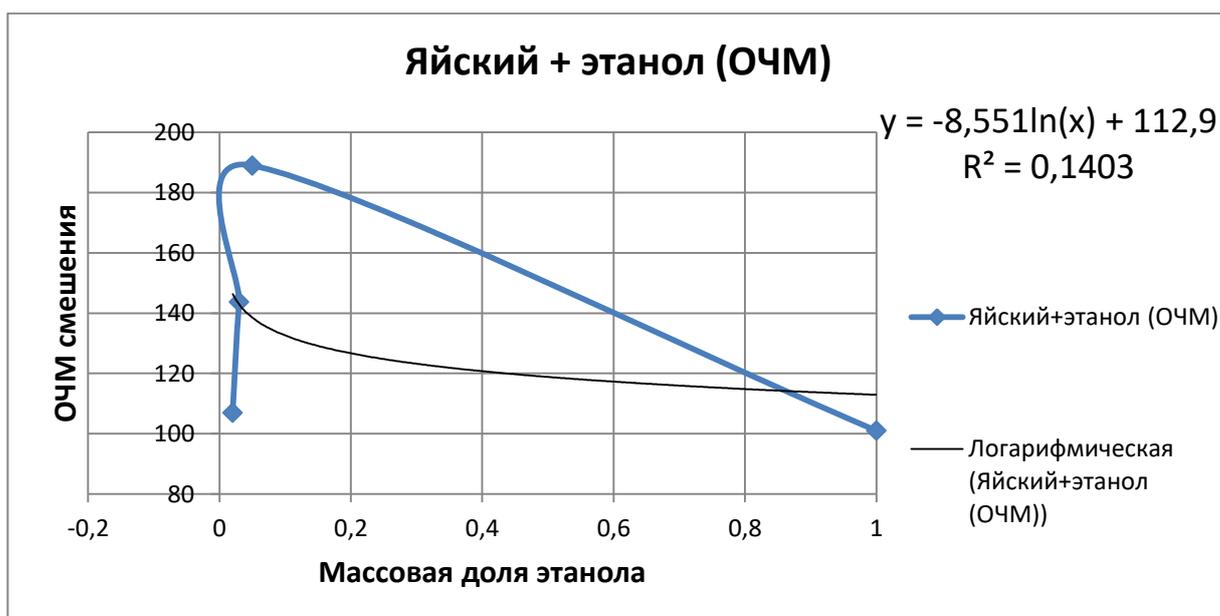


Рисунок 16 – Зависимость ОЧМ смешения этанола от его массовой доли

Выполним проверку, рассчитав ОЧ смеси с массовыми долями этилового спирта в исследуемом интервале по следующей формуле:

$$ОЧ_{\text{смеси}} = ОЧ_{\text{смеш.д.}} \cdot C_{\text{д}} + ОЧ_{\text{б}} \cdot C_{\text{б}} \quad (20)$$

Таблица 15 – Проверка ОЧ смеси этанола

ОЧИ смешения этанола	Масс.доля этанола	ОЧИ Анжерка	Масс.доля бензина	ОЧИ смеси расч.	ОЧИ смеси экспер.	Δ
268,6	0,02	78,9	0,98	82,7	80,1	2,6
239,9	0,05		0,95	86,9	89,0	2,1
ОЧМ смешения этанола	Масс.доля этанола	ОЧМ Анжерка	Масс.доля бензина	ОЧМ смеси расч.	ОЧМ смеси экспер.	Δ
178,4	0,02	75,8	0,98	77,9	76,5	1,4
163,1	0,05		0,95	80,2	81,6	1,4
ОЧИ смешения этанола	Масс.доля этанола	ОЧИ Яйский	Масс.доля бензина	ОЧИ смеси расч.	ОЧИ смеси экспер.	Δ
214,8	0,02	80,0	0,98	82,7	81,2	1,5
198,8	0,05		0,95	85,9	90,3	4,4
ОЧМ смешения этанола	Масс.доля этанола	ОЧМ Яйский	Масс.доля бензина	ОЧМ смеси расч.	ОЧМ смеси экспер.	Δ
146,4	0,02	77,0	0,98	78,4	77,6	0,8
138,5	0,05		0,95	80,1	82,6	2,5

Таблица 16 – Данные для расчета ОЧ смешения МТБЭ с бензинами

Проба	ОЧИ	ОЧМ
Анжерский бензин	78,9	75,8
МТБЭ	118	101
Анжерка 95% + МТБЭ 5% (масс.)	89,6	85,2
Анжерка 90% + МТБЭ 10% (масс.)	94,8	87,3
Анжерка 85% + МТБЭ 15% (масс.)	100,6	92,5
Проба	ОЧИ	ОЧМ
Яйский бензин	80,0	77,0
МТБЭ	118	101
Яйский 95% + МТБЭ 5% (масс.)	91,5	88,0
Яйский 90% + МТБЭ 10% (масс.)	98,6	89,7
Яйский 85% + МТБЭ 15% (масс.)	100,4	91,1

Таблица 17 – Результаты расчета ОЧ смешения МТБЭ

Анжерский Бензин		
ОЧИ смешения	ОЧМ смешения	Массовая доля МТБЭ
292,9	263,8	0,05
237,9	190,8	0,1
223,6	187,1	0,15
118	101	1
Яйский Бензин		
ОЧИ смешения	ОЧМ смешения	Массовая доля МТБЭ
310,0	297,0	0,05
266,0	204,0	0,1
216,0	171,0	0,15
118,0	101,0	1

По данным таблицы 17 построим графики зависимости ОЧ смешения добавки от массовой доли МТБЭ в смеси.

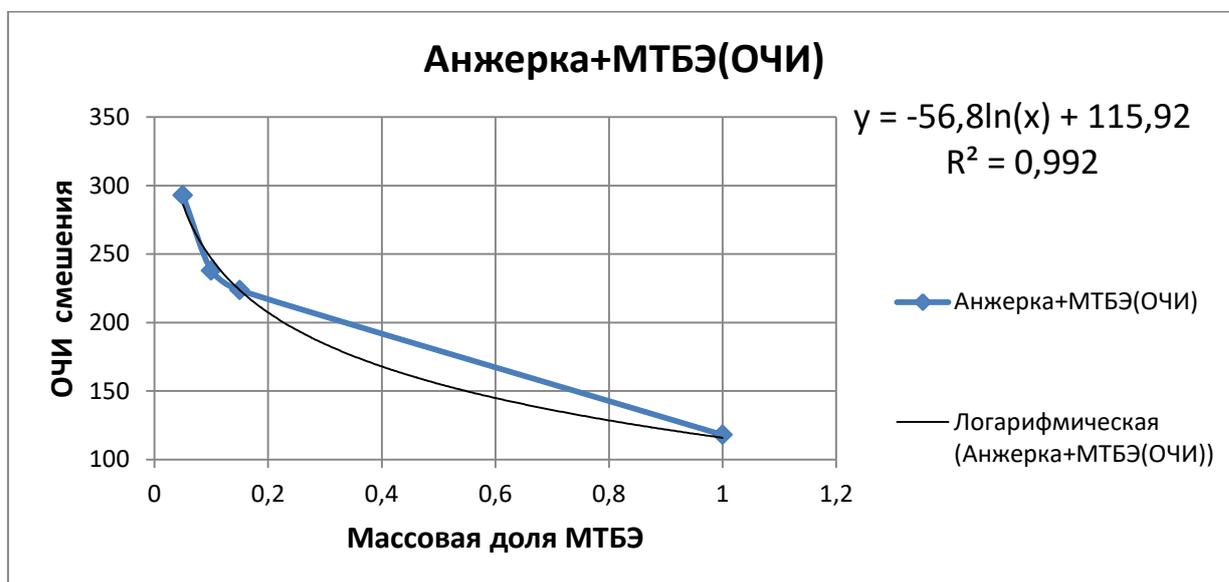


Рисунок 17 – Зависимость ОЧИ смешения МТБЭ от его массовой доли

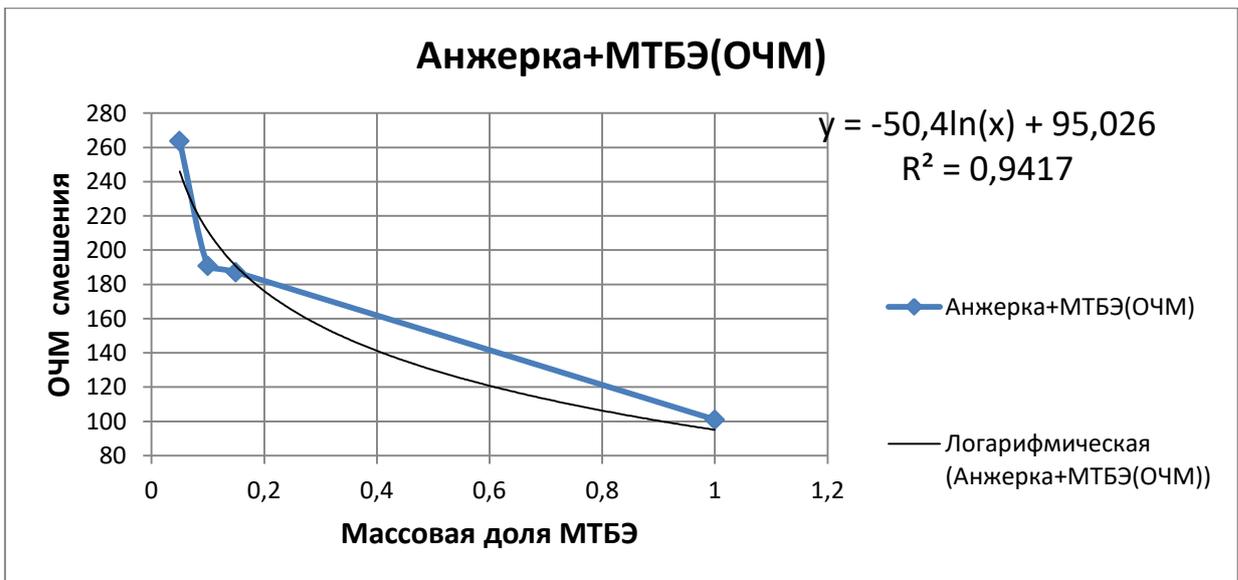


Рисунок 18 – Зависимость ОЧМ смешения МТБЭ от его массовой доли

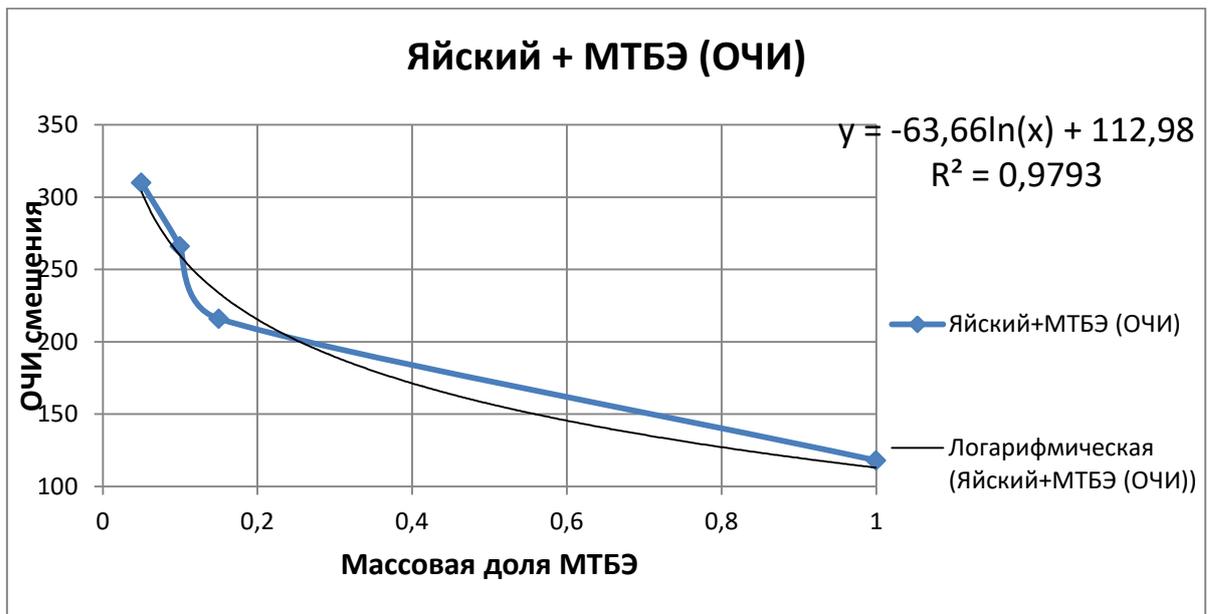


Рисунок 19 – Зависимость ОЧИ смешения МТБЭ от его массовой доли

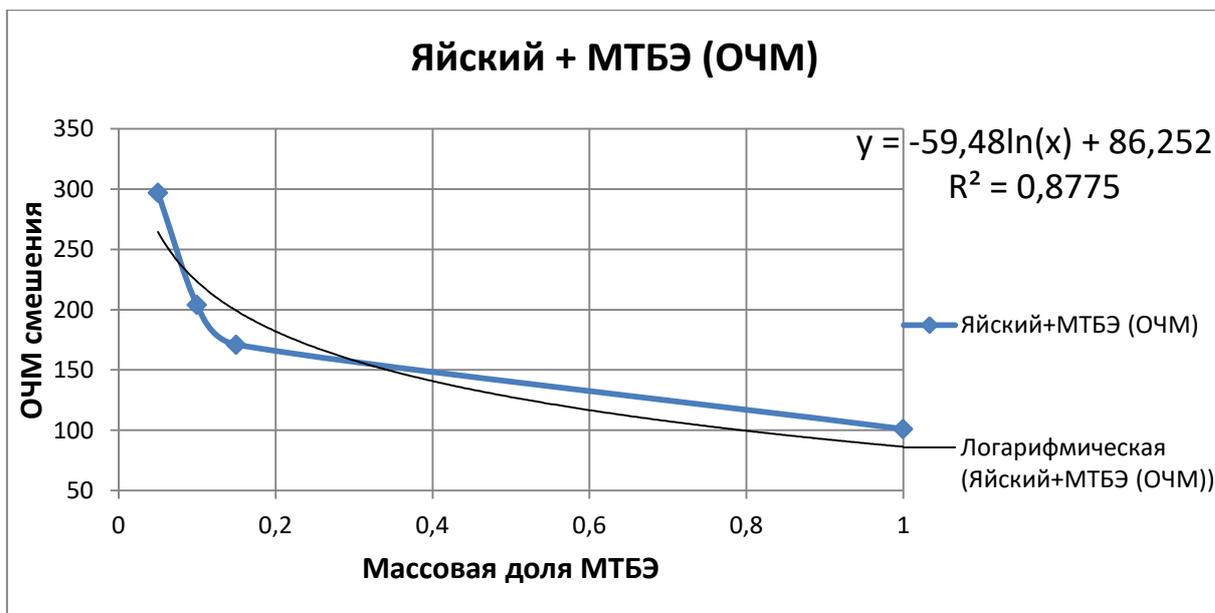


Рисунок 20 – Зависимость ОЧМ смешения МТБЭ от его массовой доли

Таблица 18 – Проверка ОЧ смеси МТБЭ

ОЧИ смешения МТБЭ	Масс.доля МТБЭ	ОЧИ Анжерка	Масс.доля бензина	ОЧИ смеси расч.	ОЧИ смеси exper.	Δ
286,1	0,05	78,9	0,95	89,3	89,6	0,3
223,7	0,15		0,85	100,6	100,6	0,0
ОЧМ смешения МТБЭ	Масс.доля МТБЭ	ОЧМ Анжерка	Масс.доля бензина	ОЧМ смеси расч.	ОЧМ смеси exper.	Δ
246,0	0,05	75,8	0,95	84,3	85,2	0,9
190,6	0,15		0,85	93,0	92,5	0,5
ОЧИ смешения МТБЭ	Масс.доля МТБЭ	ОЧИ Яйский	Масс.доля бензина	ОЧИ смеси расч.	ОЧИ смеси exper.	Δ
303,7	0,05	80,0	0,95	91,2	91,5	0,3
233,8	0,15		0,85	103,1	100,4	2,7
ОЧМ смешения МТБЭ	Масс.доля МТБЭ	ОЧМ Яйский	Масс.доля бензина	ОЧМ смеси расч.	ОЧМ смеси exper.	Δ
264,4	0,05	77,0	0,95	86,4	88,0	1,6
199,1	0,15		0,85	95,3	91,1	4,2

Таблица 19 – Результаты расчета ОЧ смешения амилового спирта

Анжерский Бензин		
ОЧИ смешения	ОЧМ смешения	Массовая доля амилового спирта
196,4	150,8	0,04
207,7	135,8	0,08
197,9	127,8	0,1
116,0	93,0	1,0
Яйский Бензин		
ОЧИ смешения	ОЧМ смешения	Массовая доля амилового спирта
147,5	109,5	0,04
221,3	134,5	0,08
200,0	141,0	0,1
116,0	93,0	1,0

По данным таблицы 19 построим графики зависимости ОЧ смешения добавки от массовой доли амилового спирта в смеси.

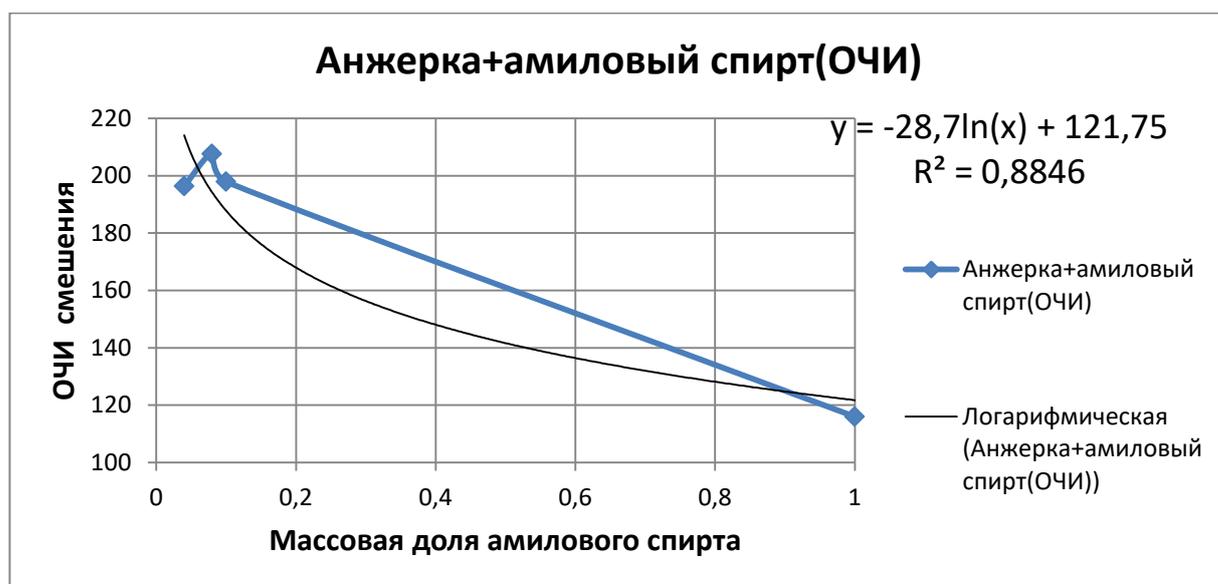


Рисунок 21 – Зависимость ОЧИ смешения амилового спирта от его массовой доли

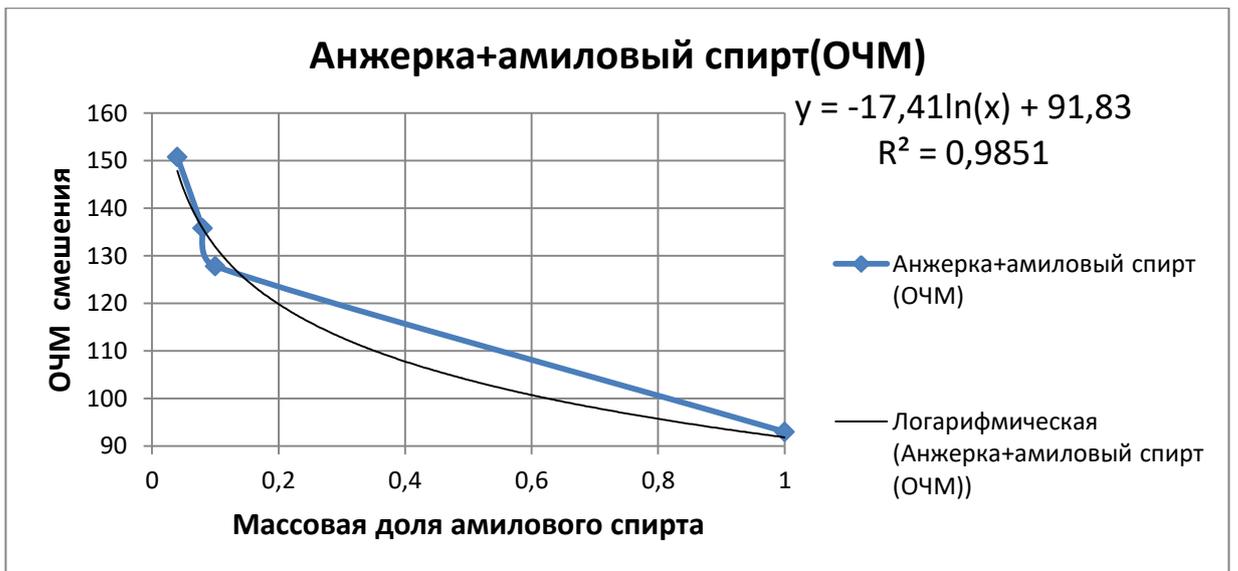


Рисунок 22 – Зависимость ОЧМ смешения амилового спирта от его массовой доли

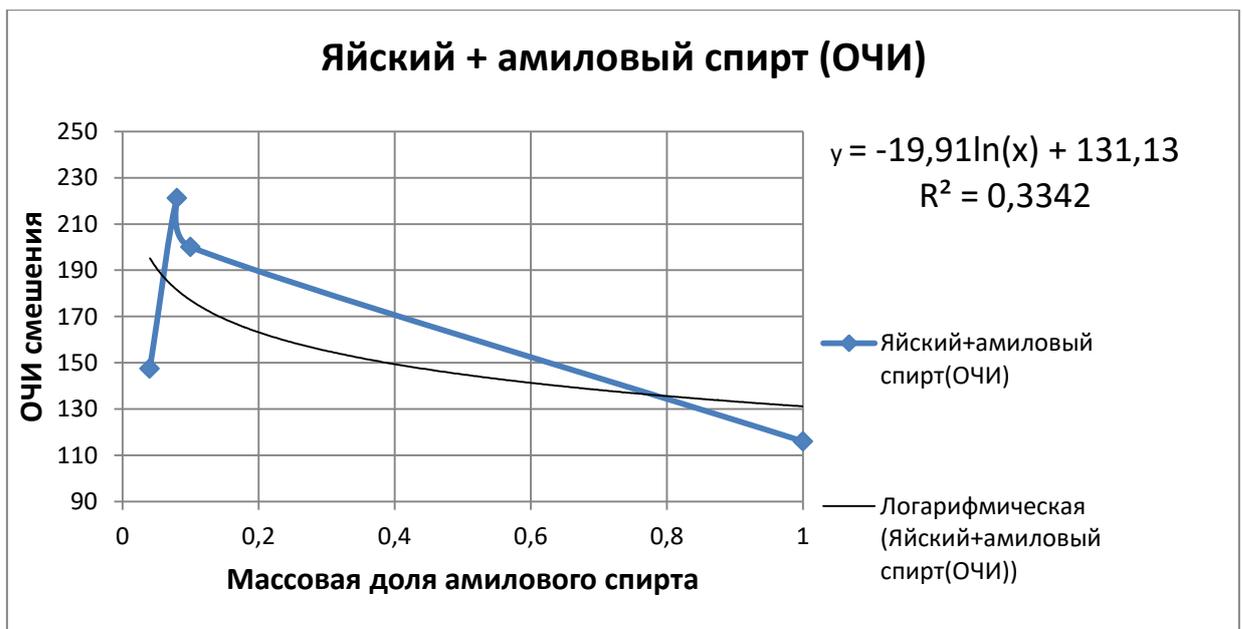


Рисунок 23 – Зависимость ОЧИ смешения амилового спирта от его массовой доли

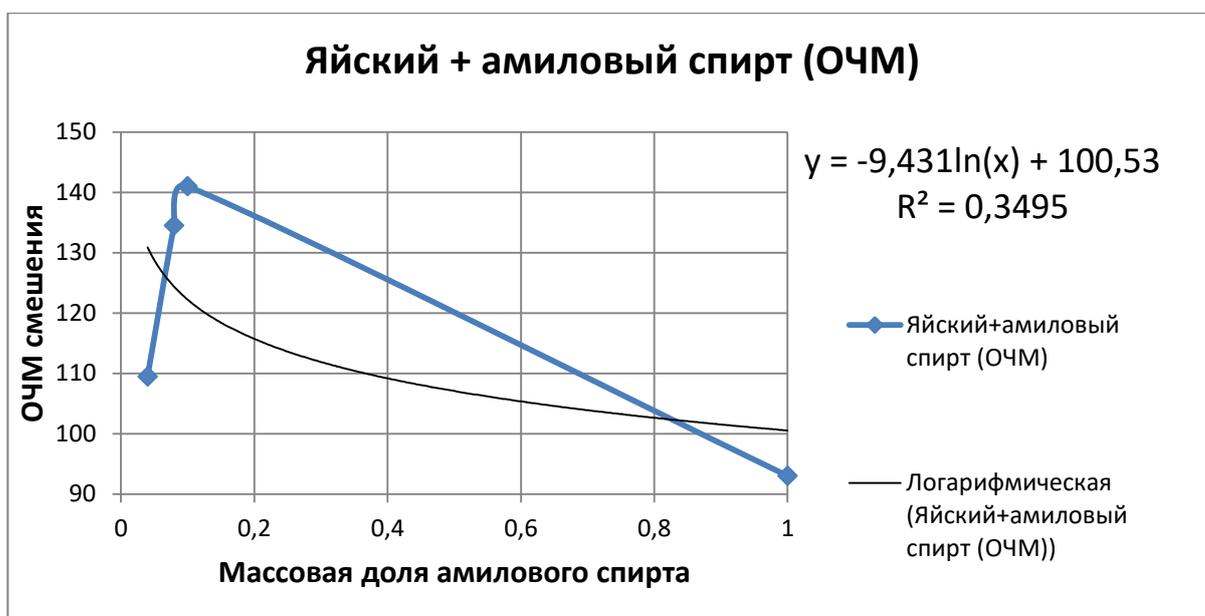


Рисунок 24 – Зависимость ОЧМ смешения амилового спирта от его массовой доли

Таблица 20 – Проверка ОЧ смеси амилового спирта

ОЧИ смешения амилового спирта	Масс.доля амилового спирта	ОЧИ Анжерка	Масс.доля бензина	ОЧИ смеси расч.	ОЧИ смеси exper.	Δ
214,1	0,04	78,9	0,96	84,3	83,6	0,7
187,8	0,1		0,90	89,8	90,8	1,0
ОЧМ смешения амилового спирта	Масс.доля амилового спирта	ОЧМ Анжерка	Масс.доля бензина	ОЧМ смеси расч.	ОЧМ смеси exper.	Δ
147,9	0,04	75,8	0,96	78,7	78,8	0,1
131,9	0,1		0,90	81,4	81,0	0,4
ОЧИ смешения амилового спирта	Масс.доля амилового спирта	ОЧИ Яйский	Масс.доля бензина	ОЧИ смеси расч.	ОЧИ смеси exper.	Δ
195,2	0,04	80,0	0,96	84,6	82,7	1,9
177,0	0,1		0,90	89,7	92,0	2,3
ОЧМ смешения амилового спирта	Масс.доля амилового спирта	ОЧМ Яйский	Масс.доля бензина	ОЧМ смеси расч.	ОЧМ смеси exper.	Δ

спирта						
130,9	0,04	77,0	0,96	79,2	78,3	0,9
122,2	0,1		0,90	81,5	83,4	1,9

Таблица 21 – Результаты расчета ОЧ смешения изоамилового спирта

Анжерский Бензин		
ОЧИ смешения	ОЧМ смешения	Массовая доля
216,4	120,8	0,04
230,2	154,6	0,08
213,9	146,8	0,1
120,0	96,0	1,0
Яйский Бензин		
ОЧИ смешения	ОЧМ смешения	Массовая доля
175,0	122,0	0,04
246,3	145,8	0,08
221,0	140,0	0,1
120,0	96,0	1,0

По данным таблицы 21 построим графики зависимости ОЧ смешения добавки от массовой доли изоамилового спирта в смеси.

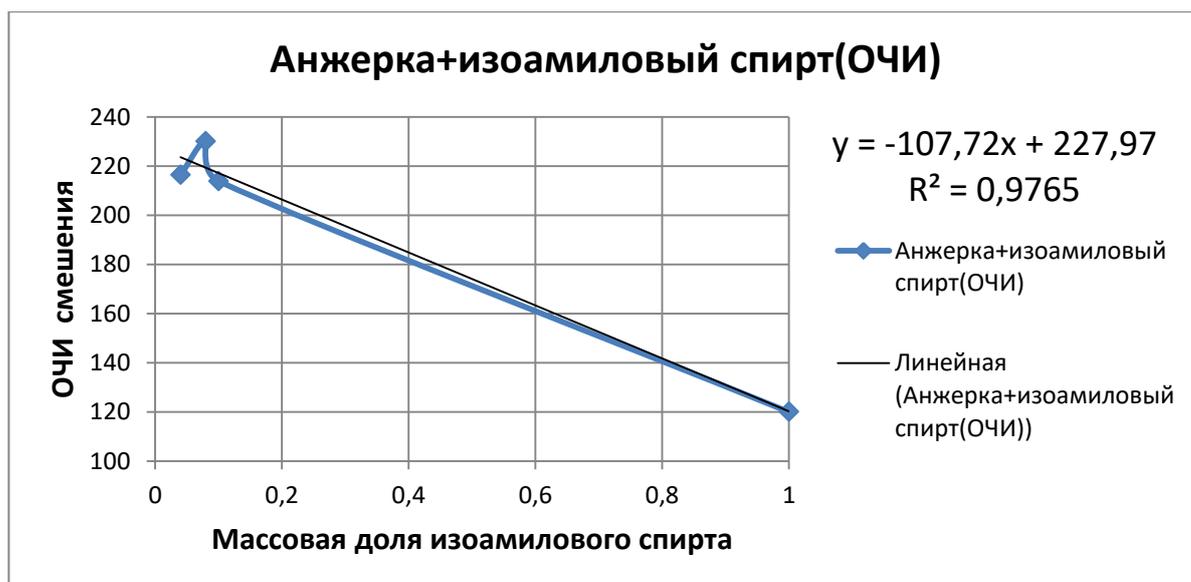


Рисунок 25 – Зависимость ОЧИ смешения изоамилового спирта от его массовой доли

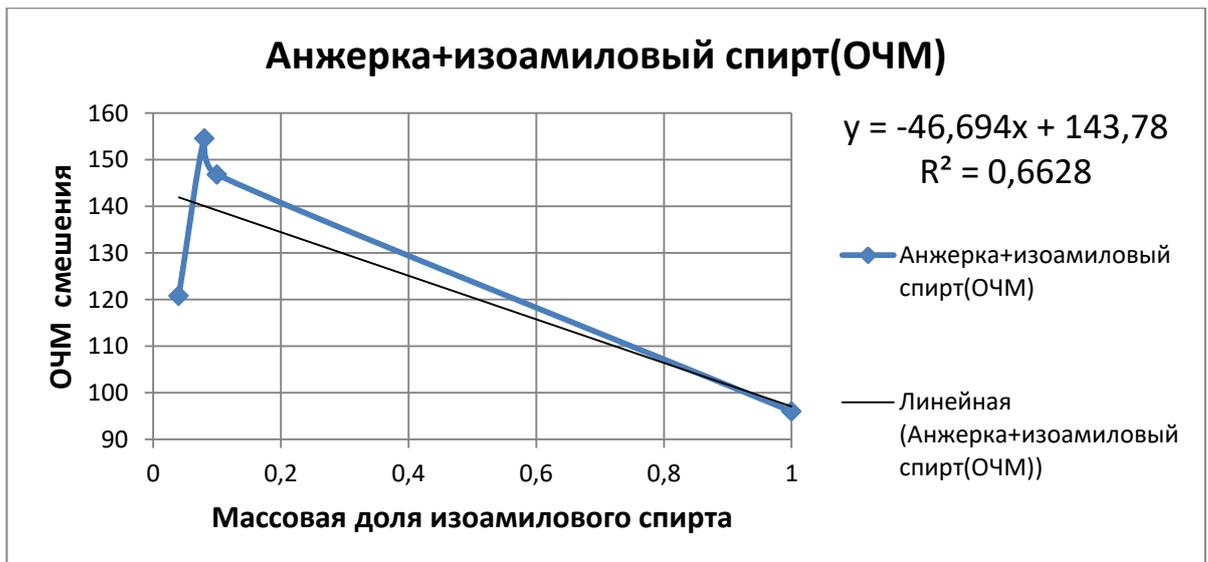


Рисунок 26 – Зависимость ОЧМ смешения изоамилового спирта от его массовой доли

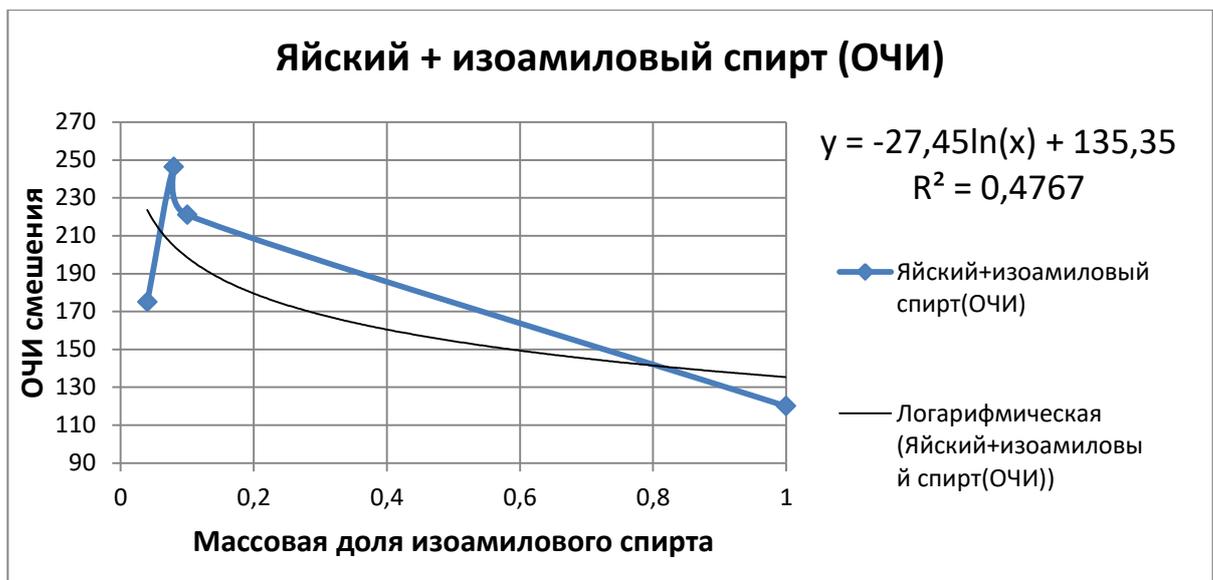


Рисунок 27 – Зависимость ОЧИ смешения изоамилового спирта от его массовой доли

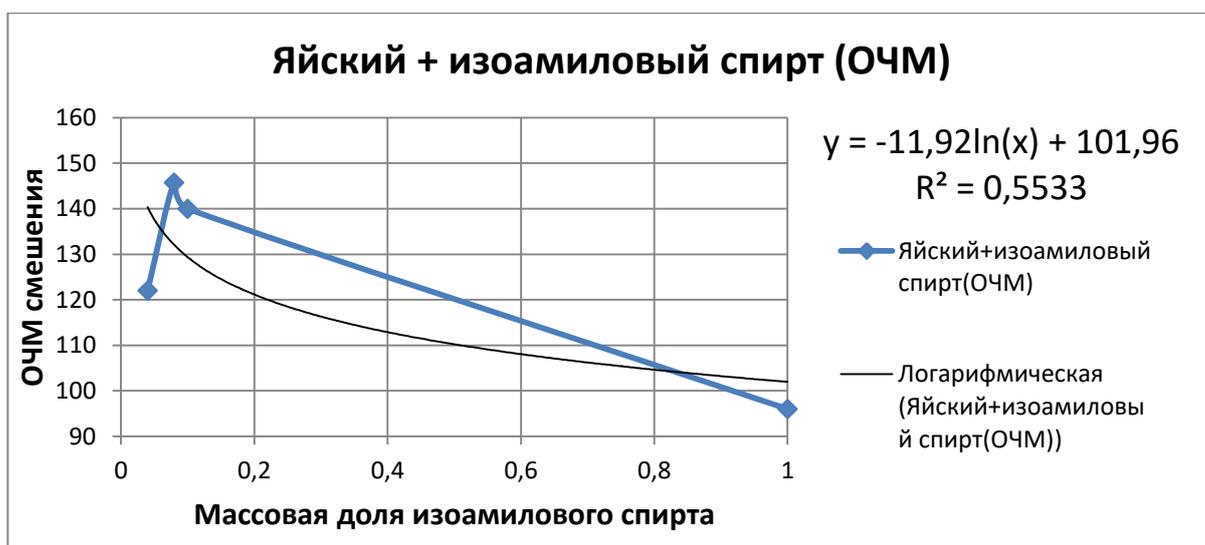


Рисунок 28 – Зависимость ОЧМ смешения изоамилового спирта от его массовой доли

Таблица 22 – Проверка ОЧ смеси изоамилового спирта

ОЧИ смешения	Масс.доля	ОЧИ Анжерка	Масс.доля бензина	ОЧИ смеси расч.	ОЧИ смеси exper.	Δ
574,7	0,04	78,9	0,96	98,7	84,4	14,3
476,0	0,1		0,90	118,6	92,4	26,2
ОЧМ смешения	Масс.доля	ОЧМ Анжерка	Масс.доля бензина	ОЧМ смеси расч.	ОЧМ смеси exper.	Δ
294,1	0,04	75,8	0,96	84,5	77,6	6,9
251,3	0,1		0,90	93,3	82,9	10,4
ОЧИ смешения	Масс.доля	ОЧИ Яйский	Масс.доля бензина	ОЧИ смеси расч.	ОЧИ смеси exper.	Δ
223,7	0,04	80,0	0,96	85,7	83,8	1,9
198,6	0,1		0,90	91,9	94,1	2,2
ОЧМ смешения	Масс.доля	ОЧМ Яйский	Масс.доля бензина	ОЧМ смеси расч.	ОЧМ смеси exper.	Δ
140,3	0,04	77,0	0,96	79,5	78,8	0,7
129,4	0,1		0,90	82,2	83,3	1,1

Таблица 23 – Результаты расчета ОЧ смешения изобутанола

Анжерский Бензин		
ОЧИ смешения	ОЧМ смешения	Массовая доля
358,9	198,3	0,04
248,9	170,8	0,08
224,9	157,8	0,1
113,0	94,0	1,0
Яйский Бензин		
ОЧИ смешения	ОЧМ смешения	Массовая доля
327,5	212,0	0,04
247,5	184,5	0,08
227,0	165,0	0,1
113,0	94,0	1,0

По данным таблицы 23 построим графики зависимости ОЧ смешения добавки от массовой доли изобутилового спирта в смеси.

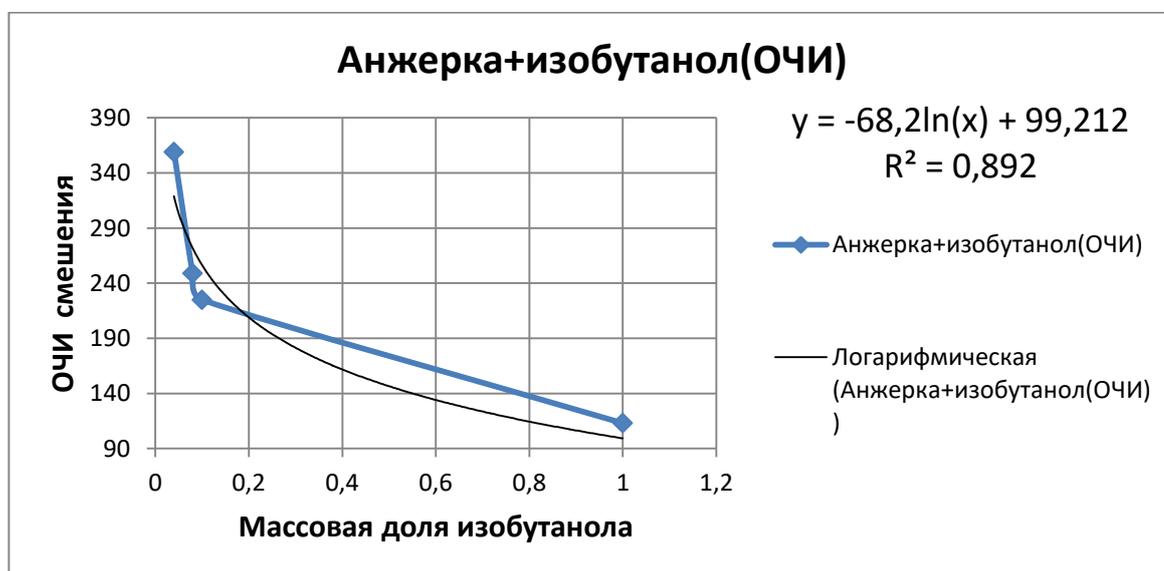


Рисунок 29 – Зависимость ОЧИ смешения изобутанола от его массовой доли

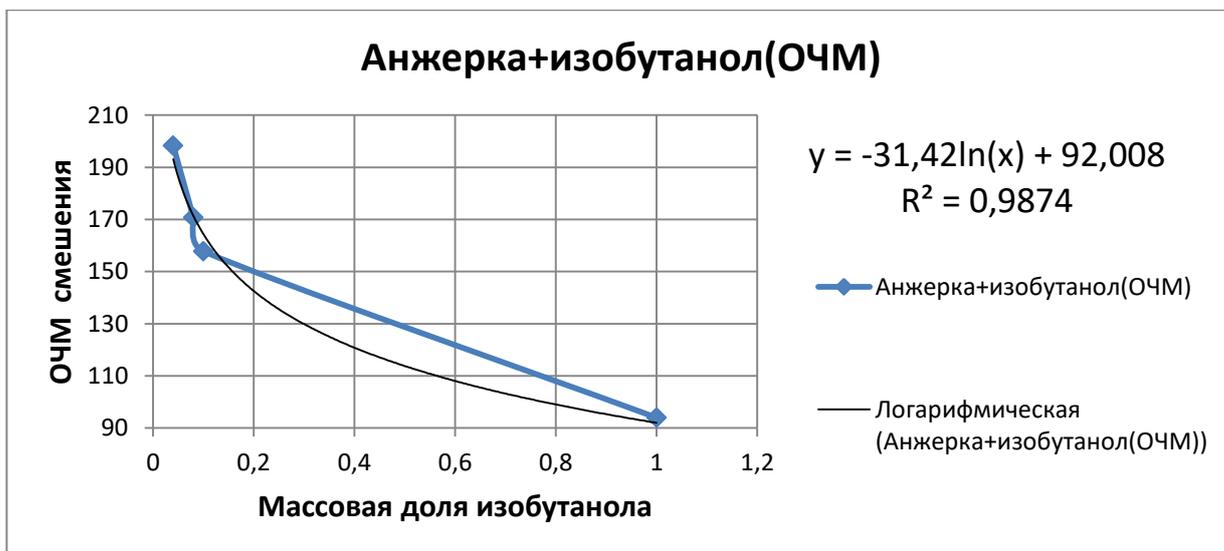


Рисунок 30 – Зависимость ОЧМ смешения изобутанола от его массовой доли

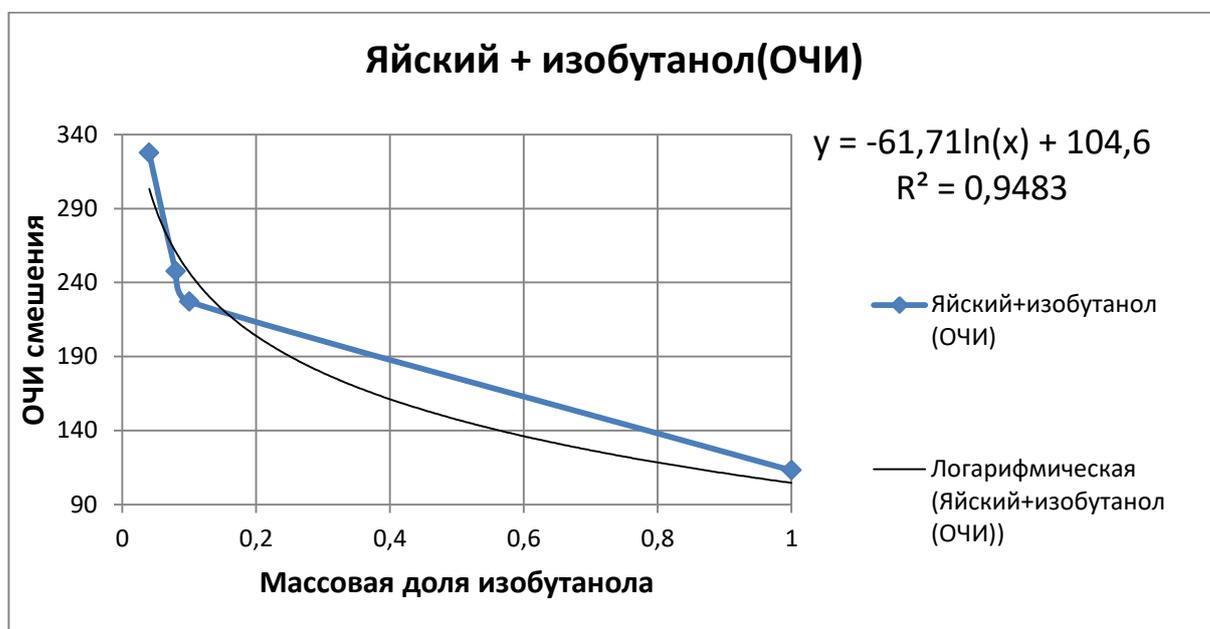


Рисунок 31 – Зависимость ОЧИ смешения изобутанола от его массовой доли

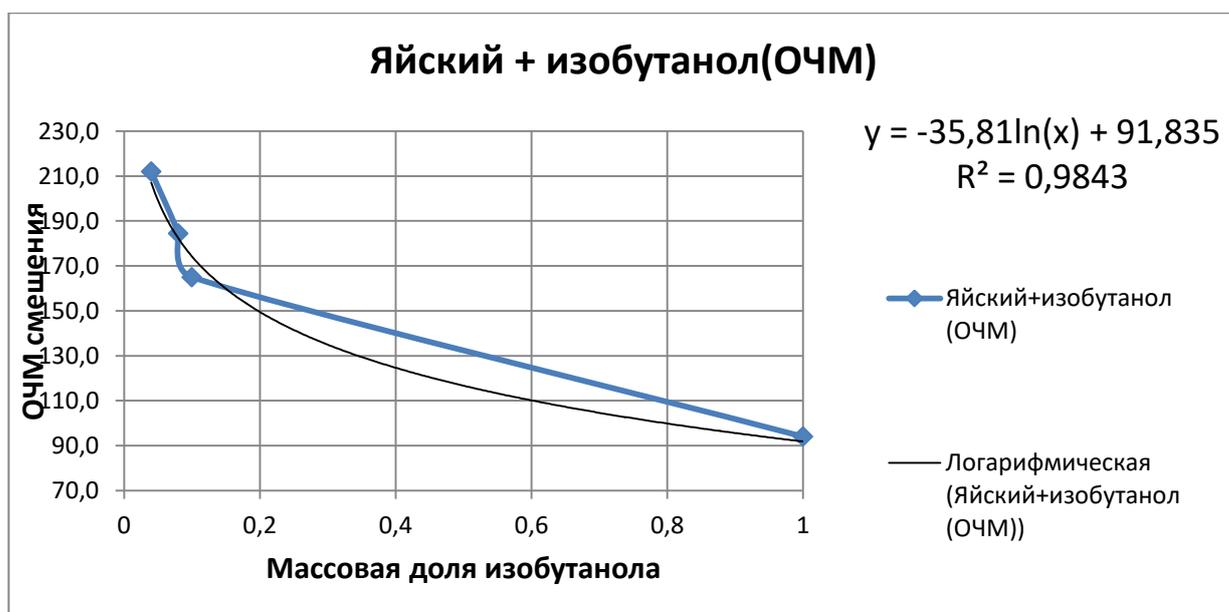


Рисунок 32 – Зависимость ОЧМ смешения изобутанола от его массовой доли

Таблица 24 – Проверка ОЧ смеси изобутанола

ОЧИ смешения	Масс.доля	ОЧИ Анжерка	Масс.доля бензина	ОЧИ смеси расч.	ОЧИ смеси exper.	Δ
318,7	0,04	78,9	0,96	88,5	90,1	1,6
256,2	0,1		0,90	96,6	93,5	3,1
ОЧМ смешения	Масс.доля	ОЧМ Анжерка	Масс.доля бензина	ОЧМ смеси расч.	ОЧМ смеси exper.	Δ
193,1	0,04	75,8	0,96	80,5	80,7	0,2
164,4	0,1		0,90	84,7	84,0	0,7
ОЧИ смешения	Масс.доля	ОЧИ Яйский	Масс.доля бензина	ОЧИ смеси расч.	ОЧИ смеси exper.	Δ
303,2	0,04	80,0	0,96	88,9	89,9	1,0
246,7	0,1		0,90	96,7	94,7	2,0
ОЧМ смешения	Масс.доля	ОЧМ Яйский	Масс.доля бензина	ОЧМ смеси расч.	ОЧМ смеси exper.	Δ
207,1	0,04	77,0	0,96	82,2	82,4	0,2
174,3	0,1		0,90	86,7	85,8	0,9

Таблица 25 – Результаты расчета ОЧ смешения этиленгликоля

Анжерский Бензин		
ОЧИ смешения	ОЧМ смешения	Массовая доля
108,9	118,3	0,04
158,9	150,8	0,08
155,9	137,8	0,1
107,0	95,0	1,0
Яйский Бензин		
ОЧИ смешения	ОЧМ смешения	Массовая доля
135,0	107,0	0,04
177,5	163,25	0,08
181,0	175,0	0,1
107,0	95,0	1,0

По данным таблицы 25 построим графики зависимости ОЧ смешения добавки от массовой доли этиленгликоля в смеси.

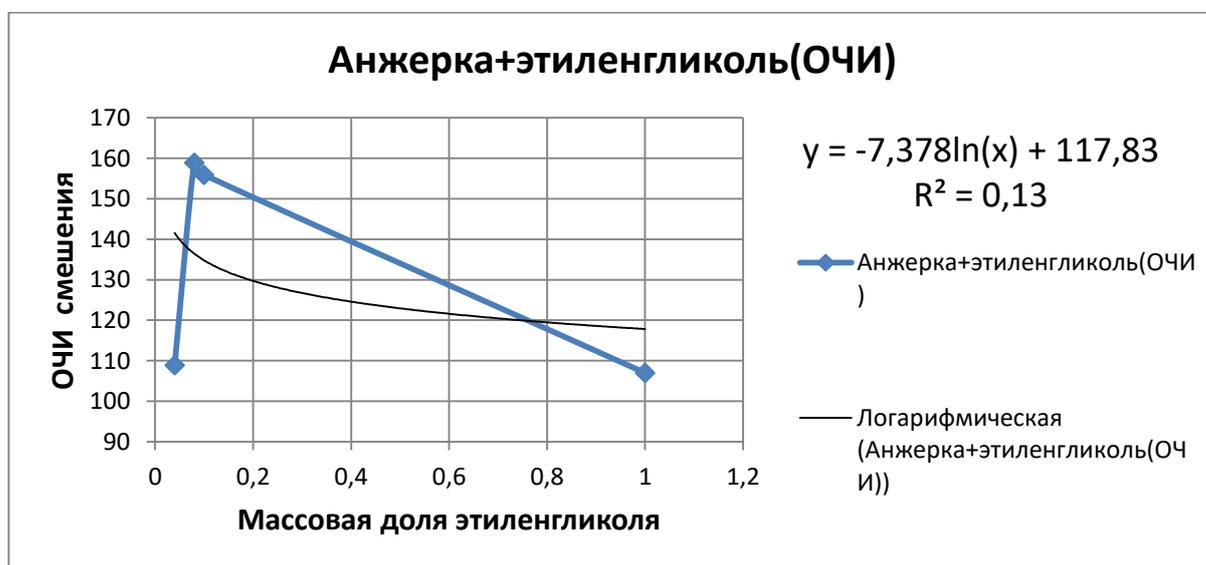


Рисунок 33 – Зависимость ОЧИ смешения этиленгликоля от его массовой доли

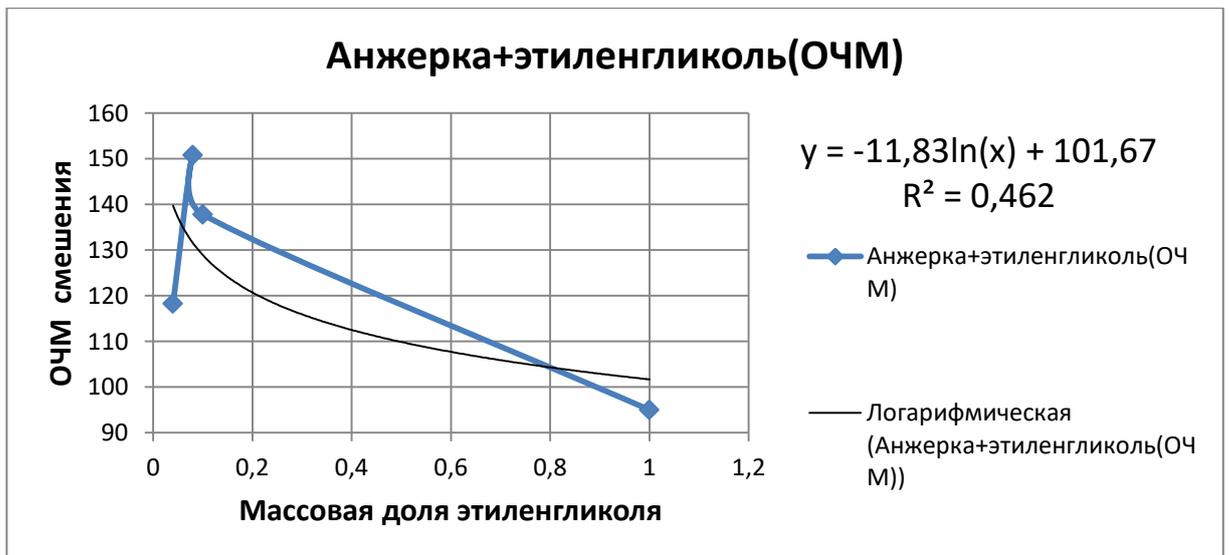


Рисунок 34 – Зависимость ОЧМ смешения этиленгликоля от его массовой доли

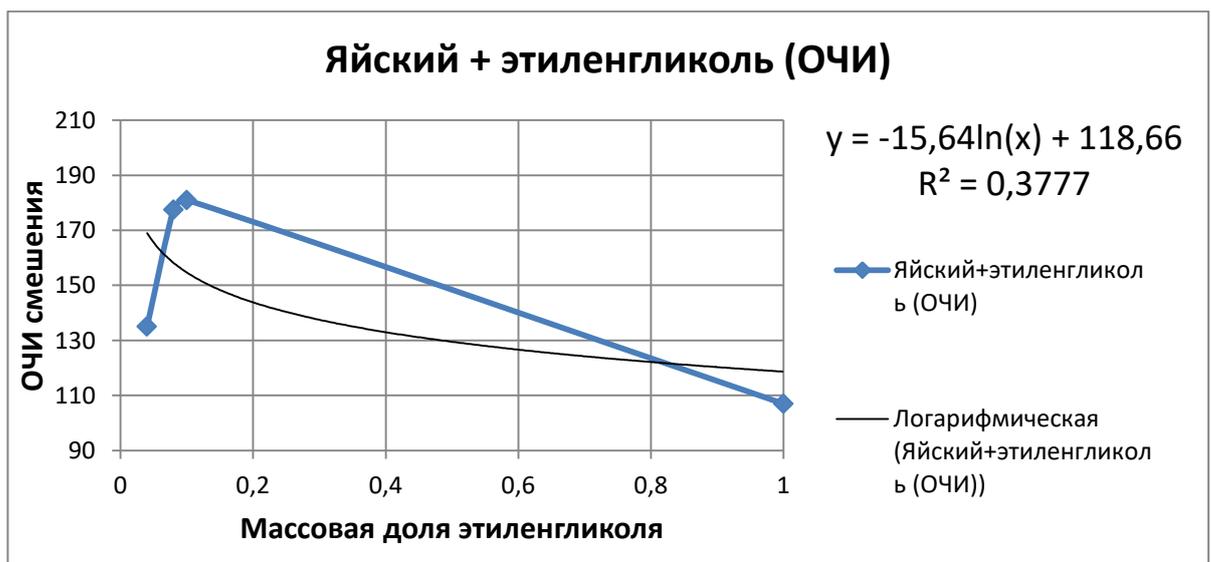


Рисунок 35 – Зависимость ОЧИ смешения этиленгликоля от его массовой доли

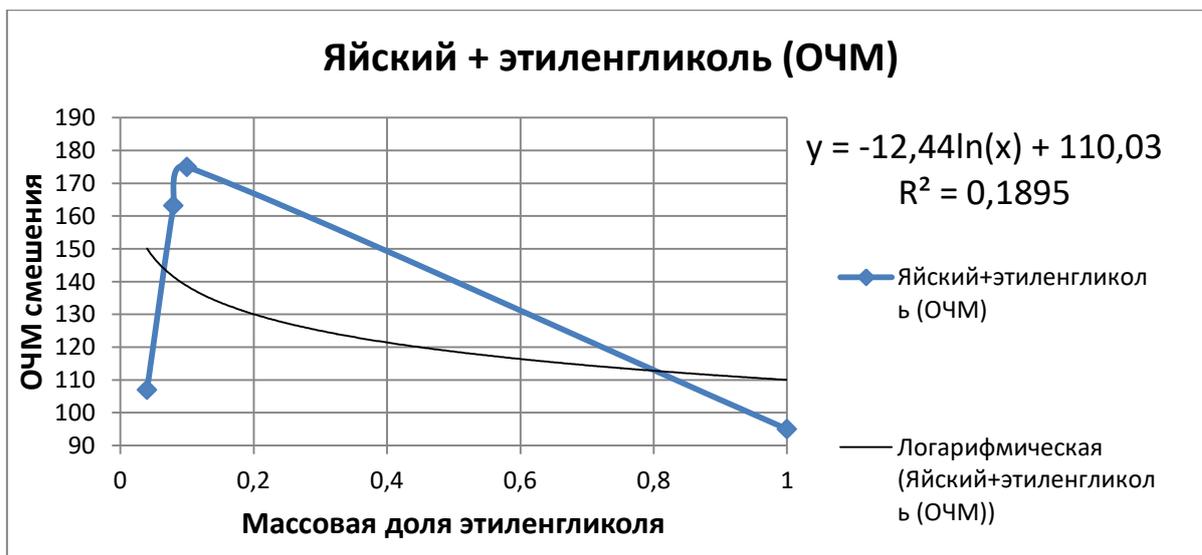


Рисунок 36 – Зависимость ОЧМ смешения этиленгликоля от его массовой доли

Таблица 26 – Проверка ОЧ смеси этиленгликоля

ОЧИ смешения	Масс.доля	ОЧИ Анжерка	Масс.доля бензина	ОЧИ смеси расч.	ОЧИ смеси exper.	Δ
141,6	0,04	78,9	0,96	81,4	80,1	1,3
134,8	0,1		0,90	84,5	86,6	2,1
ОЧМ смешения	Масс.доля	ОЧМ Анжерка	Масс.доля бензина	ОЧМ смеси расч.	ОЧМ смеси exper.	Δ
139,7	0,04	75,8	0,96	78,4	77,5	0,9
128,9	0,1		0,90	81,1	82,0	0,9
ОЧИ смешения	Масс.доля	ОЧИ Яйский	Масс.доля бензина	ОЧИ смеси расч.	ОЧИ смеси exper.	Δ
169,0	0,04	80,0	0,96	83,6	82,2	1,4
154,7	0,1		0,90	87,5	90,1	2,6
ОЧМ смешения	Масс.доля	ОЧМ Яйский	Масс.доля бензина	ОЧМ смеси расч.	ОЧМ смеси exper.	Δ
150,1	0,04	77,0	0,96	79,9	78,2	1,7
138,7	0,1		0,90	83,2	86,8	3,6

6.4 Обсуждение результатов

В результате исследования пришли к следующим заключениям:

1. Оценив адекватность применения экспресс-методов определения октанового числа для прямогонных бензинов, выяснили, что формулы, учитывающие фракционный и групповой состав бензина, дали значительную погрешность ($\delta_{\text{ср.}} = 34,6 \%$), следовательно, требуется дополнительная доработка.

2. Формулы, связывающие физико-химические свойства бензинов, показали достаточно большие отклонения ($\delta_{\text{ср.}} = 53,1 \%$). Однако, доработка формул в виде дополнительной величины, характеризующей свойства прямогонного бензина, может дать адекватные результаты.

3. Формулы, основанные на корреляции октанового и цетанового чисел, показали адекватные результаты относительно экспериментального определения. Средняя погрешность для формулы определения ЦЧ по групповому составу составила $\delta_{\text{ср.}} = 9,5 \%$ и анилиновой точке $\delta_{\text{ср.}} = 5,9 \%$.

4. Таким образом, формулы для расчета ОЧ через корреляцию ЦЧ адекватно описывают и прогнозируют свойства бензинов.

5. Анализ результатов эксперимента позволил выявить логарифмическую зависимость ОЧ смешения от содержания в смеси добавки и прямогонного бензина.

6. Предложенная логарифмическая зависимость дает адекватный результат расчета ОЧИ и ОЧМ с погрешностью в 1-2 пункта.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Предпроектный анализ

7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Все нефтехимические предприятия, лаборатории нефтяной промышленности и научно-исследовательские центры заинтересованы в получении качественных высокооктановых моторных топлив, отвечающие нормативным требованиям и стандартам, предъявляемым к ним, с минимальными затратами на процессы подготовки и дальнейшей транспортировки. Таким образом, применение расчетных экспресс-методов для определения октанового числа моторных топлив является быстрым и минимально затратным методом определения. Карта сегментирования рынка представлена на рисунке 37.

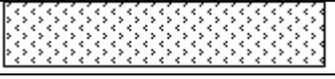
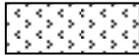
Размер компании	Вид продукции		
	Бензин	Дизельное топливо	Присадки
Крупные			
Средние			
Мелкие			

Рисунок 37 - Карта сегментирования рынка услуг по разработке высокооктановых компонентов:

-  – Аналитические центры
-  – Лаборатории, научно-исследовательские институты и нефтехимические университеты
-  – Предприятия и заводы нефтехимической отрасли

Исходя из вышесказанного, следует понимать, что целевым потребителем данной методики может стать любое заинтересованное нефтехимическое предприятие и их лаборатории.

7.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

С помощью анализа конкурентных технических решений можно оценить степень научной новизны, определить сильные и слабые стороны создаваемой методики. Оценочная карта данного анализа отображена в таблице 27.

Таблица 27 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки							
1. Точность исследования	0,2	5	4	5	1,0	0,8	1,0
2. Длительность определения	0,2	5	4	3	1,0	0,8	0,6
Экономические критерии оценки							
3. Конкурентоспособность методики	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
4. Уровень проникновения на рынок	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
5. Затраты на определение	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
6. Срок эксплуатации	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
7. Послепродажное обслуживание	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
8. Срок выхода на рынок	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
9. Наличие сертификации разработки	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Итого	1				4,85	4,05	4,15

где Б_ф – расчетные методы определения октановых чисел (разработка исследовательской работы);

Б_{к1} – метод определения октановых чисел на установке УИТ-85М;

$B_{к2}$ – метод определения октановых чисел на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j, \quad (21)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_j – балл i -го показателя.

На основании таблицы 27 можно сделать вывод, что разработка расчетных экспресс-методов определения октановых чисел может составить конкуренцию уже имеющимся на российском рынке методам определения ОЧ. К конкурентным преимуществам разработки можно отнести: высокая точность при минимальном времени определения, неограниченный срок службы при сравнительно низких затратах.

7.1.3 Диаграмма Исикавы

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) - это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Область применения диаграммы:

- Выявление причин возникновения проблемы;
- Анализ и структурирование процессов на предприятии;
- Оценка причинно-следственных связей.

Причинно-следственная диаграмма Исикавы представлена на рис.38.

Исходя из данных диаграммы на рисунке 38, можно сделать вывод, что для эффективного использования разработки необходимо минимизировать влияние человеческого фактора на результаты, следить за изменением требований к сырью.

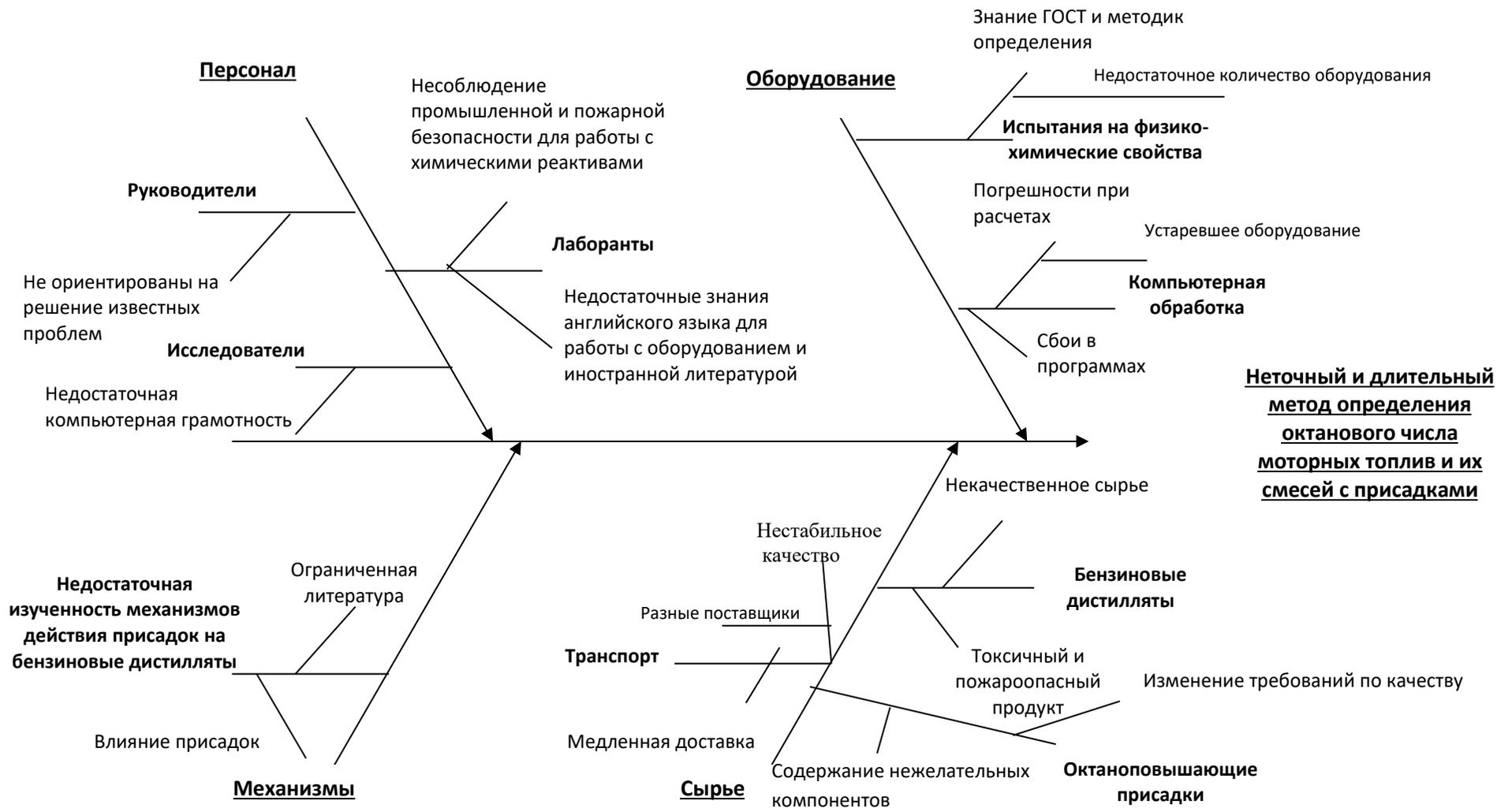


Рисунок 38 – Причинно-следственная диаграмма

7.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для полного завершения научного проекта необходимо провести оценку степени ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний.

Таблица 28 – 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	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	5
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4

Продолжение таблицы 28

11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	58	59

Ниже представлена формула, через которую можно вычислить суммарную оценку готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика):

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (22)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Поскольку значение $B_{\text{сум}}$ получилось 58-59, то у данной разработки перспективность выше среднего, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации.

7.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

В результате анализа существующих методов коммерциализации научных разработок был выбран инжиниринг, как самостоятельный вид деятельности,

который подразумевает разработку новых методов определения октанового числа, а также модификацию уже имеющихся методов.

7.2 Инициация проекта

В рамках процессов инициации проекта определяется устав научного проекта, который включает в себя цели и результаты проекта, организационную структуру проекта, ограничения и допущения.

1) Цели и результат проекта

Для начала необходимо предоставить информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 29 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Испытательные лаборатории предприятий нефтехимической промышленности	Расчетный экспресс-метод октанового числа бензинов с помощью лабораторных испытаний
Научно-исследовательские институты	Определение и прогноз октановых чисел бензинов
Аналитические центры	Анализ и модификация определения октановых чисел моторных топлив
Исследователи	Экспресс-расчет октанового числа моторных топлив

Таблица 30 – Результаты и цели проекта

Цели проекта:	Исследование, расчет и модификация экспресс-методов определения октанового числа моторных топлив как с октаноповышающими добавками, так и без них.
Ожидаемые результаты проекта:	Применение расчетных методов смешения для определения октанового числа смесей с добавками.
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие результатов экспресс-расчета октанового числа с экспериментальными данными.
Требования к результату проекта:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Адекватность экспресс-методов 2. Воспроизводимость метода 3. Проведение быстрого и точного анализа 4. Возможность расчета октанового числа для смесей бензина с добавками.

2) Организационная структура проекта

В данном разделе освещены следующие моменты: участники рабочей группы проекта и роль каждого из них, а также функции каждого участника. Информация об организационной структуре представлена в таблице 31.

Таблица 31 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Самборская М.А., НИ ТПУ, Доцент отделения химической инженерии	Руководитель магистерской диссертации	Координирует деятельность магистранта	70

Продолжение таблицы 31

2	Креницына З.В., НИ ТПУ, Доцент отделения социально- гуманитарных наук	Эксперт проекта	Координирует выполнение раздела финансовый менеджмент	2
3	Авдеева И.И., НИ ТПУ, Ассистент отделения контроля и диагностики	Эксперт проекта	Координирует выполнение раздела социальная ответственность	2
4	Сыскина А.А., НИ ТПУ, Доцент отделения иностранных языков	Эксперт проекта	Координирует выполнение раздела на иностранном языке	2
5	Батоева Ч.А., НИ ТПУ, студент	Магистрант	Исполнитель, выполняющий отдельные работы по проекту	800
ИТОГО:				876

3) Ограничения и допущения проекта

Все факторы, служащие ограничением степени свободы участников команды проекта, образуют ограничения проекта.

Таблица 32 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Сроки проекта:	
Дата утверждения плана управления проектом	20.03.2017
Дата завершения проекта	22.05.2018

7.3 Планирование управления научно-исследовательским проектом

7.3.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график. Линейный график представляется в виде таблицы 33.

Таблица 33 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Дли-сть, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Составление и утверждение технического задания	12	20.03.2017	31.03.2017	Самборская М.А.
2	Постановка целей и задач исследования	9	01.04.2017	09.04.2017	Самборская М.А., Батоева Ч.А.
	Поиск и изучение теоретических материалов по теме	31	10.04.2017	10.05.2017	Батоева Ч.А.
	Патентный поиск	21	11.05.2017	31.05.2017	Батоева Ч.А.
	Календарное планирование работ по теме	4	28.08.2017	31.08.2017	Самборская М.А., Батоева Ч.А.
3	Выбор и проведение экспериментальных исследований	91	01.09.2017	30.11.2017	Батоева Ч.А.
	Анализ и сопоставление результатов, и проведение расчетов	31	01.12.2017	31.12.2017	Батоева Ч.А.
4	Оценка эффективности проведенных исследований	12	08.01.2018	19.01.2018	Самборская М.А., Батоева Ч.А.
	Определение целесообразности проведения НИОКР	21	20.01.2018	09.02.2018	Самборская М.А., Батоева Ч.А.
	Анализ полученных результатов	39	10.02.2018	20.03.2018	Самборская М.А., Батоева Ч.А.
	Оформление дипломной работы	63	21.03.2018	22.05.2018	Самборская М.А., Батоева Ч.А.
Итого:		334	20.03.2017	22.05.2018	

На основе таблицы 33 построим диаграмму Ганта (табл.34), которая используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

7.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям:

- Материальные затраты НТИ;
- Затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- Основная заработная плата исполнителей;
- Дополнительная заработная плата исполнителей;
- Отчисления на социальные нужды;
- Накладные расходы.

7.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены) [16].

Таблица 35 – Сырье, материалы и комплектующие изделия

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бензин прямогонный	НПЗ г. Анжеро-Судженск	5 (л)	65,0	325,0
Бензин прямогонный	НПЗ г. Яя	5 (л)	57,0	285,0
Добавка	Этанол	1 (л)	90,0	90,0
Добавка	Амиловый спирт	1 (л)	262,0	262,0
Добавка	Изоамиловый спирт	1 (л)	218,0	218,0
Добавка	Изобутанол	1 (л)	170,0	170,0
Добавка	Этиленгликоль	1 (л)	140,0	140,0
Добавка	МТБЭ	1 (л)	275,0	275,0
Мерный цилиндр	250 мл	6 шт.	835,0	5010,0
Мерный цилиндр	25 мл	2 шт.	515,0	1030,0
Пипетка градуированная	10 мл	4 шт.	36,0	144,0

Пипетка градуированная	5 мл	4 шт.	75,0	300,0
Груша резиновая	90 мл	1 шт.	80,0	80,0
Мерный стакан	250 мл	2 шт.	300,0	600,0
Всего за материалы				8929,0
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				447,0
Итого по статье C_m				9376,0

7.4.2 Специальное оборудование для экспериментальных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене [16].

Таблица 36 – Затраты на спецоборудование для научных работ

Наименование	Марка	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.	Амортизационные отчисления, руб.
Октанометр	«Октан-ИМ»	1	55700,0	55700,0	11140,0
Газовый хроматограф	"Хроматэк-Кристалл 5000"	1	1050000,0	1050000,0	210000,0
Персональный компьютер	Samsung	1	35000,0	35000,0	7000,0
Итого:				1140700,0	1368840,0

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$H_a = \frac{100\%}{T_{\text{ни}}} = \frac{100\%}{5} = 20\% , \quad (23)$$

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}} \cdot N_a / 100}{12} \cdot T = \frac{55700 \cdot \frac{20}{100}}{12} \cdot 12 = 11140,0 \quad (24)$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость, руб.;

T – время использования оборудования, в мес.

$T_{\text{пи}}$ – время полезного использования, лет (в среднем время полезного использования оборудования составляет 5 лет).

7.4.3 Основная заработная плата исполнителей

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда) [16].

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

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (25)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (10 – 15 % от $Z_{\text{осн}}$).

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (26)$$

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (27)$$

где $Z_{\text{м}}$ – 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;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени каждого работника НТИ представлен в таблице 37.

Таблица 37 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Консультант ФМ	Консультант СО	Консультант ИЯ
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней:				
- выходные дни	104	104	104	104
- праздничные дни	14	14	14	14
Потери рабочего времени:				
- отпуск	48	48	48	48
- невыходы по болезни	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	199	199	199

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (28)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 38 – Расчет основной заработной платы

Категория	З _б , руб.	k _д	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель							
ППС 3	26300,0	0,35	1,3	46156,5	2412,2	11	26534,2
Консультант ФМ							
ППС 3	26300,0	0,35	1,3	46156,5	2412,2	11	26534,2
Консультант СО							
ППС1	17000,0	0,35	1,3	29835,0	1559,2	11	17151,2
Консультант ИЯ							
ППС3	26300,0	0,35	1,3	46156,5	2412,2	11	26534,2

В табл. 39 приведены расчёты основной и дополнительной заработной платы исполнителей.

Таблица 39 – Заработная плата исполнителей

Исполнитель	З _{осн}	З _{доп}	С _{зп}
Руководитель	26534,2	3184,1	29718,3
Консультант ФМ	26534,2	3184,1	29718,3
Консультант СО	17151,2	2058,1	19209,3
Консультант ИЯ	26534,2	3184,1	29718,3
Итого:	96753,8	11610,4	

7.4.4 Отчисления на социальные нужды

В данной статье расходами отражаются обязательные отчисления по установленным законодательствам Российской Федерации, нормам органов государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (29)$$

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 законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2016 году водится пониженная ставка – 20%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 40.

Таблица 40 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная зарплата, руб.	Дополнительная зарплата, руб.	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.
Руководитель	26534,2	3184,1	5943,7
Консультант ФМ	26534,2	3184,1	5943,7
Консультант СО	17151,2	2058,1	3841,9
Консультант ИЯ	26534,2	3184,1	5943,7
$k_{\text{внеб}}$	0,20		Итого: 21673,0

7.4.5 Накладные расходы

В данную статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. Определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5) \quad (30)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Величину коэффициента накладных расходов $K_{\text{накл}}$ допускается взять в размере 16%. Результаты расчета накладных расходов на НИИ приведены в таблице 41.

7.4.6 Бюджет затрат научно-исследовательской работы

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы 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.

Таблица 41 – Бюджет затрат НИИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание	Аналог 1	Аналог 2
1	Материальные затраты НИИ	9376,0	Таблица 9	7865,0	10163,0
2	Затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ	1368840,0	Таблица 10	1600000,0	1805000,0
3	Затраты на основную заработную плату исполнителей	96753,8	Таблица 13	93677,4	101225,0
4	Затраты на дополнительную заработную плату исполнителей	11610,4	Таблица 13	11241,3	12147,0
5	Отчисления на социальные нужды	21673,0	Таблица 14	20609,0	23269,5
6	Накладные расходы	241320,5	16% от суммы статей 1-5	277342,8	312288,7
7	Бюджет затрат НИИ	1749573,7	Сумма статей 1-6	2010735,5	2264093,2

На основании таблицы 41 можно сделать вывод, что основные затраты НТИ приходятся на специальное оборудование для проведения экспериментальных работ.

7.5 Организационная структура проекта

В качестве организационной структуры магистерской диссертации выберем проектную структуру. Проектные структуры управления комплексными видами деятельности требуют непрерывной координации квалифицированных сотрудников различных функциональных и линейных подразделений при жестких ограничениях по срокам, качеству работ и затратам на материальные, финансовые и трудовые ресурсы. На рисунке 39 отразим организационную структуру проекта.

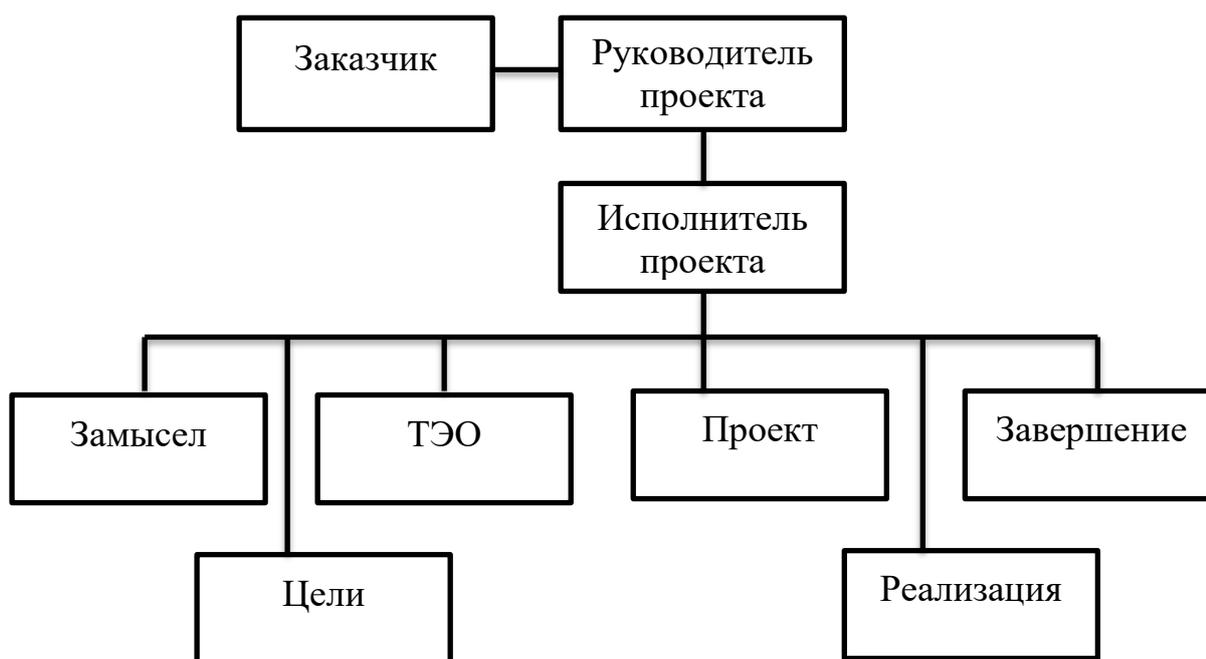


Рисунок 39 – Проектная структура научного исследования

7.6 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 [16].

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (31)$$

где I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

Определим интегральный финансовый показатель разработки и аналогов:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{1749573,7}{2264093,2} = 0,77$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{2010735,5}{2264093,2} = 0,89$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{2264093,2}{2264093,2} = 1,00$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы.

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i^a \quad , \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i^p \quad (32)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;
 a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 42 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Точность исследования	0,25	5	4	4
2. Длительность определения	0,20	5	4	4
3. Наличие сертификации разработки	0,1	4	4	5
4. Затраты на определение	0,20	5	5	4
5. Универсальность применения	0,15	4	4	5
6. Конкурентоспособность методики	0,1	5	4	4
ИТОГО	1	4,75	4,20	4,25

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле [16]:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \dots \quad (33)$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (34)$$

где $Эср$ – сравнительная эффективность проекта; $I_{mэ}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{mэ}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,77	0,89	1,0
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,75	4,20	4,25
3	Интегральный показатель эффективности	6,19	4,72	4,25
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения		0,76	0,69

Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что предпочтительным является разработка по текущему проекту исполнения, так как данный вариант исполнения является наиболее экономичным и ресурсоэффективным.

8 Социальная ответственность

Работа на химических производствах – это, несомненно, риск. Это связано с тем, что на них применяются ядовитые, едкие, взрыво- и пожароопасные вещества, кроме того многие процессы необходимо вести при повышенных температурах и давлении. Но при грамотной и осторожной работе этот риск сводится к минимуму. Во многих химических производствах существует возможность аварий, пожаров, отравлений, предотвращение которых связано со строгим соблюдением норм и правил охраны труда.

Совершенствование законодательной и нормативной правовой базы, системы социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также повышения роли экспертизы условий труда в целях создания безопасных условий труда, разработки и внедрения безопасных техники и технологий.

Целью проектирования экологической безопасности является обеспечение надежной и безопасной работы производства, включая аварийные ситуации, и разработку системы мер, позволяющих максимально снизить или полностью исключить возможность угрозы для жизни и здоровья человека, и окружающей среды.

8.1 Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды

В процессе трудовой деятельности человек подвергается воздействию вредных и опасных факторов. Эта деятельность осуществляется в пространстве, называемом производственной средой. В условиях производства на человека в основном действуют техногенные, т.е. связанные с техникой, опасности, которые принято называть опасными и вредными производственными факторами.

Воздушная среда в помещении лаборатории может загрязняться производственной пылью и различными газообразными выбросами. Для

характеристики вредности различного вида загрязнения воздуха используют значения предельно-допустимой концентрации (ПДК). Принята следующая трактовка ПДК: ПДК – это такая концентрация, которая при восьми часовом рабочем дне не вызывает изменений в организме человека в течение всей жизни. Класс опасности вещества определяется по таблице ПДК по ГН 2.2.5.1313-03 [17].

В лаборатории используются следующие вещества:

Таблица 43 – Сведения о токсичности веществ

Наименование вещества	ПДК паров в воздухе рабочей зоны, мг/м ³ ГОСТ 12.1.005-88 [18]	Класс опасности ГОСТ 12.1.007-76 [19]	Воздействие на человека
1	2	3	4
Бензин	100	4	Токсичное, раздражает слизистую оболочку и кожу человека, вызывает тяжелое отравление. В случае отравления, вызванном вдыханием небольших концентраций паров бензина, наблюдаются симптомы, похожие на алкогольную интоксикацию: психическое возбуждение, эйфория, головокружение, тошнота, слабость, рвота, покраснение кожных покровов. В тяжелых случаях могут наблюдаться галлюцинации, обморочные состояния, судороги.
Спирт этиловый	1000	4	Возникают стойкие психические расстройства, наблюдается частичная потеря памяти. Холодная липкая кожа, гиперемия лица, снижение температуры тела, рвота.
Ацетон	200	4	Состояние опьянения, головокружение, тошнота, боль в животе, обмороки, раздражения носоглотки. При отравлении парами ацетона у человека наблюдаются раздражения слизистых оболочек, первыми из которых страдают глаза, приобретающие неестественный красный цвет.

Этиленгликоль	5	3	Токсичен, обладает наркотическим действием, при попадании на кожу приводит к дерматиту, экземе.
Изобутанол	10	3	Сильное токсическое действие, воздействие на кожу, раздражение слизистых оболочек.
Толуол	1	2	Оказывает наркотическое воздействие, вызывая сильные галлюцинации и диссоциативное состояние.
Уксусная кислота	5	3	При отравлении парами кислот возникает раздражение и ожог глаз, слизистых оболочек носоглотки, гортани, носовые кровотечения, боль в горле, охриплость голоса из-за спазма голосовой щели. При этом особенно опасны отеки гортани и легких. При попадании кислоты на кожу возникают химические ожоги, глубина и тяжесть которых определяются концентрацией кислоты и площадью ожога.
Серная кислота	1	2	
Азотная кислота	2	3	
Соляная кислота	5	3	
Гексан	300	4	Поражаются не только поверхностные ткани (роговица), но и более глубокие. Исходом может быть слепота. Набухание и размягчение кожных покровов, язвы, экземы, раздражение слизистых оболочек дыхательных путей.

Поскольку в химической лаборатории предприятия проводят испытания с использованием вредных веществ, которые влияют на здоровье работников, то при работе в химической лаборатории необходимо соблюдать следующие требования к технике безопасности [19]:

1. При работе с химическими реактивами в лаборатории должны находиться не менее двух сотрудников.

2. Приступая к работе, сотрудники обязаны осмотреть и привести в порядок свое рабочее место, освободить его от ненужных для работы предметов.

3. Перед работой проверяется исправность оборудования, рубильников, наличие заземления и пр.

4. Работа с едкими и ядовитыми веществами, а также с органическими растворителями проводится только в вытяжных шкафах.

5. Запрещается набирать реактивы в пипетки ртом, для этой цели используют резиновую грушу или другие устройства.

6. При определении запаха химических веществ, следует нюхать осторожно, направляя к себе пары или газы движением руки.

7. Работы, при которых возможно повышение давления, перегрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов, также выполняются в вытяжных шкафах. Работающий должен надеть защитные очки (маску), перчатки и фартук.

8. При работах в вытяжном шкафу створки шкафа следует поднимать на высоту не более 20 - 30 см так, чтобы в шкафу находились только руки, а наблюдение за ходом процесса вести через стекла шкафа.

9. При работе с химическими реактивами необходимо включать и выключать вытяжную вентиляцию не менее чем за 30 минут до начала, и после окончания работ.

10. Смешивание или разбавление химических веществ, сопровождающееся выделением тепла, следует проводить в термостойкой или фарфоровой посуде.

11. При упаривании в стаканах растворов следует тщательно перемешивать их, так как нижний и верхний слои растворов имеют различную плотность, вследствие чего может произойти выбрасывание жидкости.

12. Во избежание ожогов, поражений от брызг и выбросов нельзя наклоняться над посудой, в которой кипит какая-либо жидкость.

13. Ни при каких обстоятельствах нельзя допускать нагревание жидкостей в колбах или приборах, не сообщающихся с атмосферой.

14. Нагретый сосуд нельзя закрывать притертой пробкой до тех пор, пока он не охладится до температуры окружающей среды.

15. Нагревание посуды из обычного стекла на открытом огне без асбестированной сетки запрещено.

16. При нагревании жидкости в пробирке нужно ее держать отверстием в сторону от себя и от остальных сотрудников.

Коллективный защитный характер носят работа под вытяжным шкафом, герметизация, вентиляция производственных помещений, отделка помещений особыми материалами, систематическая уборка помещений, медосмотры, профпитание.

Также применяют средства индивидуальной защиты: халат, перчатки, маски, очки, специальная обувь, респираторы, изолирующие противогазы.

8.2 Метеоусловия

Метеорологические условия производственной среды регламентируются санитарными нормами промышленных предприятий согласно СанПиН 2.2.4.548-96.

Чтобы в зимний период рабочие могли обогреться, а в летнее укрыться от зноя и осадков, в помещении создается специальный микроклимат: в теплый период года температура воздуха должна быть 20 - 22 °С, а в холодный период - 22 - 24 °С, относительная влажность воздуха – 30 - 60 %, скорость воздуха – 0,2 - 0,5 м/с, хорошее освещение, отопление, удобная для отдыха мебель, светлые тона комнаты способствуют более быстрому восстановлению работоспособности [20].

Для разбавления вредных паров веществ до допустимого значения ПДК используется приток воздуха. Также по требованию производства есть аварийная вентиляция, включение которой предусмотрено автоматически.

В лаборатории создание микроклимата обеспечивается работой форточек, дверей, приточной вытяжной вентиляцией. Летом помещения проветриваются с помощью вентиляторов, в зимнее время помещения нагревают центральным отоплением, что полностью соответствует требованиям СП 60.13330.2012. Рабочее место соответствует требованиям к микроклимату производственных помещений согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [20].

8.3 Производственное освещение

Одним из важнейших элементов благоприятных условий труда является рациональное освещение помещений и рабочих установок. В лаборатории применяется естественное и искусственное освещение.

Нормирование естественного освещения промышленных зданий сводится к нормированию коэффициента естественного освещения. Согласно СП 52.13330.2016 для работ, выполняемых в лаборатории и относящихся к точным освещенности должен быть не менее 1,5 % [21].

Искусственное освещение нормируется в единицах освещенности – люксах (лк). По санитарным нормам освещенность должна быть 300 лк, при этом используются люминесцентные лампы типа ЛБУ. Они позволяют создать искусственный свет, приближающийся к естественному, по сравнению с другими лампами экологичны и благополучны с генетической точки зрения.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов [21].

В лаборатории, где проводилось исследование, используется комбинированная система освещения, то есть общее искусственное и местное освещение. Освещенность на рабочей поверхности рабочего места составляет 300 лк, освещенность поверхности экрана составляет 200 лк, что соответствует требованиям СП 52.13330.2016 и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

8.4 Шумы и вибрации

Производственные процессы в химической лаборатории сопровождаются значительным шумом и вибрацией.

Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего

ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях рабочего, снижается производительность труда.

Под действием вибрации происходит угнетение периферической нервной системы; ослабление памяти; повышение энергетических затрат организма; изменения в нервной и костно-суставной системах; повышение артериального давления.

Предел слухового восприятия человека составляет 140 дБ; уровень интенсивности в 150 дБ не переносим для человека; 180 дБ вызывает усталость металла; 190 дБ вызывает заклепки из стальных конструкций.

Снижение шума достигается следующими методами:

- уменьшение шума и вибрации в источнике их образований;
- изоляция источников шума и вибрации средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения; архитектурно-планировочные решения, предусматривающие рациональное размещение оборудования, машин и механизмов;
- применение средств индивидуальной защиты согласно техническому регламенту о безопасности средств индивидуальной защиты [23].

Физически вибрация характеризуется частотой, амплитудой, скоростью и ускорением. Пороговое ощущение вибрации возникает у человека, когда ускорение вибрации достигает 1% от нормального ускорения силы тяжести, а неприятное, болезненное ощущение – при достижении ускорения 4-5% от нормального.

Основные мероприятия по борьбе с вибрацией:

1. виброизоляция – применение пружинных, резиновых и др. амортизаторов или упругих прокладок;
2. правильная организация труда и отдыха;
3. применение динамических виброгасителей;
4. жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы;

5. применение средств индивидуальной защиты [23].

В качестве *средств индивидуальной защиты* работающих используют специальную обувь на массивной резиновой подошве. Для защиты рук служат рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки, которые изготавливают из упругодемпфирующих материалов.

Регламентируемые перерывы продолжительностью 20 – 30 минут, являющиеся составной частью режимов труда, устанавливаются через 1 – 2 часа после начала смены и через 2 часа после обеденного перерыва.

8.5 Влияние психофизиологических факторов

Психофизиологические факторы – по характеру действия подразделяются на физические и нервно-психические перегрузки. Физические перегрузки подразделяются на статические и динамические.

На работу в лаборатории влияют следующие нервно-психические факторы – умственное перенапряжение, монотонность труда, физические и эмоциональные перегрузки.

Итак, психофизиологические факторы постоянно или временно повышают возможность возникновения опасностей, но это не значит, что их наличие всегда приводит к опасной ситуации. Такие факторы опасностей непосредственно влияют на физические и физиологические процессы, работоспособность, настроение, производительность труда, жизнедеятельность в целом.

Основные меры по предупреждению психофизиологических факторов:

- 1) нормализация условий труда;
- 2) минимизация физической нагрузки;
- 3) исключение фиксированной рабочей позы;
- 4) проведение производственной гимнастики с рациональным комплексом физических упражнений;
- 5) организация комнат психологической разгрузки;

- б) использования специфических и общеукрепляющих лечебно-профилактических мероприятий;
- 7) применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня (рабочей смены).

8.6 Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды

Термическая опасность

В лаборатории используются приборы, которые имеют термическую опасность – сушильный шкаф, электрическая плита, муфельная печь, колбонагреватели, горячие жидкости. Во избежание термических ожогов необходимо избегать прикосновений к наружным поверхностям и дверце, поскольку эти части установок могут иметь повышенную температуру. При извлечении горячих чашек, тиглей необходимо использовать специальные щипцы, рукавицы, обувь, одежду. При расплавлении щелочи и других едких веществ воспользоваться респираторами.

Во избежание поражения электрическим током не прикасаться к поврежденным и неисправным выключателям, штепсельным розеткам, вилкам.

Электробезопасность

В соответствии с ГОСТ 12.2.007-75 «Изделия электротехнические» все действующие на производстве электрооборудования по способу защиты человека от поражения током подразделяется на 5 классов защиты: 0, 0I, I, II, III. В соответствии с этой классификацией, в качестве мероприятий по обеспечению безопасности работы с электрооборудованием могут быть приведены следующие: изоляция токоведущих частей, малое напряжение в электрических цепях, защитное заземление, защитное отключение, использование оболочек блокировок для предотвращения возможности случайного прикосновения к токоведущим частям [24].

Важную роль в обеспечении безопасности персонала имеют *защитные средства и предохранительные приспособления*, к которым относятся: шланги изолирующие; клещи изолирующие и электроизмерительные; указатели напряжения; изолирующие накладки, колпаки и клещи; слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками; временные ограждения; предупредительные плакаты и знаки безопасности; диэлектрические перчатки, боты, галоши, каски, очки в соответствии с техническим регламентом № 1213 [23].

Во взрывоопасных зонах в электроустановках с напряжением до 1000 В применяется заземленная или изолированная нейтраль. Для предупреждения возможности накопления разрядов статического электричества предусмотрено заземление оборудования, трубопроводов.

Здания и сооружения подлежат молниезащите в соответствии с СО 153-34.21.122-2003 для зданий и сооружений, отнесенных к 1 категории молниезащиты. В лаборатории предусмотрена защита зданий, оборудования путем присоединения корпусов установок, и приборов к заземляющему устройству и установкой молниеприемников [25].

Лаборатория, где проводилась НИР, относится к 1 классу, то есть к помещениям без повышенной опасности – это сухое (влажность менее 60%), не пыльное помещение с нормальной температурой и изолирующими полами.

8.7 Охрана окружающей среды

Существует два подхода к проблеме защиты окружающей среды:

- путем максимально эффективной очистки;
- создать замкнутую безотходную технологическую систему.

Для лаборатории наиболее применим первый путь. Для таких выбросов, как пары органических растворителей существуют следующие методы очистки:

- для первой группы перечисленных веществ – адсорбционные и электрохимические методы. В условиях лаборатории наиболее применим адсорбционный метод;

- для второй группы – адсорбционные методы с последующей десорбцией и сжиганием паров (каталитическое сжигание в печах) [26].

Воздействие на атмосферу

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то можно ограничиться только адсорбцией. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента. В качестве адсорбента наиболее часто используют активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров [26].

Воздействие на гидросферу

Отработанные органические сливы собираются в специальную герметично закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию. Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой [27].

Воздействие на литосферу

Нефтяное загрязнение почв относится к числу наиболее опасных, поскольку оно принципиально изменяет свойства почв. Нефть обволакивает почвенные частицы, в результате почва не смачивается водой, гибнет микрофлора, растения не получают должного питания. Частицы почвы слипаются, а сама нефть постепенно переходит в иное состояние, ее фракции

становятся более окисленными, затвердевают, и при высоких уровнях загрязнения почва напоминает асфальтоподобную массу.

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов имеет огромное экономическое и социальное значение. Соблюдение всех правил безопасного ведения процесса в лаборатории позволяет избежать несчастных случаев и тяжелых последствий. Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения.

8.8 Защита в чрезвычайных ситуациях

Пожаровзрывобезопасность

Лаборатория кафедры топлива относится к невзрывоопасным по степени пожароопасности – к категориям «А» – производства, связанные с обращением с легковоспламеняющимися жидкостями, а также обработкой несгораемого материала согласно [28].

Повышенная пожарная опасность объектов нефтяной промышленности определена такими факторами, как:

- наличие нефтяных паров в воздушной среде производственных помещений и технологических площадок;
- высокая температура и давление нефтепродуктов;
- наличие электроэнергии в электрооборудовании и электроприборах.

Для тушения возможного загорания и пожаров лаборатория оснащена специально оборудованным щитом, на котором установлены:

а) огнетушитель углекислотный газовый типа ОУ – 2 для тушения всех видов горючих веществ и электроустановок, кроме веществ, горящих без доступа воздуха;

б) порошковый огнетушитель ОПС – Ю, предназначенный для тушения небольших очагов возгорания щелочных металлов;

в) ручной пенный огнетушитель ОХП, применяемый для тушения установок, находящихся под напряжением;

г) асбестовое одеяло, которое используется при тушении обесточенных электропроводов, горячей одежды;

д) ящик с песком для тушения обесточенных горящих на горизонтальной поверхности проводов.

К средствам индивидуальной защиты относятся: противогаз, респираторы, защитные накидки, маски; противопожарное полотно, диэлектрические средства защиты, аптечка.

Таким образом, лаборатория, где была выполнена данная дипломная работа, оснащена всеми противопожарными устройствами и соответствует требованиям пожарной безопасности.

В любой лаборатории всегда существует вероятность возникновения аварийной ситуации. Для ликвидации аварии разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий.

Оперативная часть плана ликвидации возможных аварий предусматривает способы оповещения об аварии (сигнализация), пути выхода людей из опасных зон, включений аварийной вытяжной вентиляции. К сигнализации безопасности относятся световые, звуковые и цветовые сигналы, знаковая сигнализация и различные указатели. План ликвидации аварий изучает весь персонал, а так же работники спасательной станции и пожарной части.

При возникновении пожара обслуживающему персоналу необходимо:

- производство остановить, на щите нажав кнопку “стоп”, что приведет к автоматической отработке программы “стоп”;

- локализовать очаг возгорания, соблюдая все необходимые меры безопасности, сообщить начальнику смены, позвонить по телефону 01;

- тушение электрооборудование и электропроводки осуществляется только после их обесточивания, либо использовать углекислотный огнетушитель.

В аварийных ситуациях, когда атмосфера лаборатории внезапно оказывается зараженной ядовитыми парами или газами, оставаться в помещении для ликвидации последствий аварии только в противогазе, при отключенных нагревательных приборах.

После дезактивации помещение необходимо проветрить. При возникновении пожара необходимо отключить электронагревательные приборы, вентиляцию, убрать огнеопасные вещества в безопасное место, одновременно, по возможности ликвидировать очаг. Все работники лаборатории должны быть обеспечены *средствами индивидуальной защиты*: противогазы, респираторы, маски, изолирующая защитная одежда, аптечка, перчатки, в соответствии с техническим регламентом № 1213 [23]. При необходимости персонал эвакуируется в безопасное место [28].

8.9 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

На работах с вредными и опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением или осуществляемых в неблагоприятных условиях, работникам выдаются бесплатно по установленным нормам специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты. *Средствами защиты* считаются костюмы изолирующие, средства защиты органов дыхания, ног, рук, головы, лица, глаз, органов слуха, средства защиты от падения с высоты и т.д.

На объекте нефтехимического предприятия необходимо выделять помещения или места для размещения аптечек с медикаментами, носилок, фиксирующих шин и других средств для оказания первой помощи пострадавшим.

За работу во вредных условиях труда работникам выдается молоко или другие равноценные пищевые продукты. Норма выдачи молока составляет 0,5 л за смену независимо от ее продолжительности (утв. Постановлением Минтруда России от 31 марта 2003 г. N 13).

Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели (пятидневная с двумя выходными днями, шестидневная с одним выходным днем, рабочая неделя с предоставлением выходных дней по скользящему графику, неполная рабочая неделя), работу с ненормированным рабочим днем для отдельных категорий работников, продолжительность ежедневной работы (смены), в том числе неполного рабочего дня (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе, число смен в сутки, чередование рабочих и нерабочих дней, которые устанавливаются "правилами" внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективным договором, соглашениями.

В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается.

Режим работы, порядок предоставления выходных дней и ежегодных оплачиваемых отпусков определяются по соглашению между работником и работодателем - физическим лицом. При этом продолжительность рабочей недели не может быть больше, а продолжительность ежегодного оплачиваемого отпуска меньше, чем установленные настоящим Кодексом [29].

Таким образом, объектом исследования раздела магистерской диссертации «Социальная ответственность» служили образцы прямогонных бензиновых дистиллятов и их смеси с октаноповышающими добавками. Рассмотрены следующие темы по экологической безопасности: обеспечение надежной и безопасной работы рабочего места, включая аварийные ситуации, и разработка системы мер, позволяющих максимально снизить или полностью исключить возможность угрозы для жизни и здоровья человека, и окружающей среды.

Рабочее место полностью соответствует требованиям промышленной, пожарной безопасности и охране труда. Производственное помещение и рабочая зона удовлетворяет санитарным и нормативным требованиям.

Заключение

В процессе изучения литературных источников рассмотрены основные виды модификаторов и проанализирован механизм действия, выбраны расчетные экспресс-методы определения октанового числа прямогонных бензинов.

Исследованы 2 образца прямогонных бензиновых дистиллятов разных НПЗ и их смесей с высокооктановыми компонентами на основные физико-химические показатели, необходимые при расчете ОЧ.

Изучены методы и приборы экспериментального определения состава и свойств прямогонного бензина. Проведен расчет октановых чисел и выявлены формулы, адекватно прогнозирующие детонационную стойкость. Для расчета ЦЧ рекомендуется использовать формулу расчета по групповому составу.

Разработаны рецептуры смешения прямогонных бензинов с октаноповышающими компонентами и проведены проверочные расчеты октанового числа через наиболее перспективные формулы.

Список публикаций

1. Батоева Ч.А., Карпова А.М. Разработка методов расчета эксплуатационных свойств моторных топлив // Материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени профессора Л.П. Кулёва. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – С. 306-307
2. Батоева Ч.А., Карпова А.М. Разработка методов расчета октановых чисел смешения // Материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени профессора Л.П. Кулёва. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – С. 347-348

Список используемых источников

1. Астапов В.Н. Аналитический обзор электрофизических характеристик углеводородных жидкостей и применение их в информационно-измерительных системах для контроля качества топлив / Научное обозрение. Технические науки. – 2016. - №5. – 5-27 с.
2. ТР ТС 013/2011. Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту».
3. ГОСТ Р 51105-97. Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5, 6, с Поправкой). – М.: Стандартинформ, 2009. – 8 с.
4. ГОСТ Р 51866-2002. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4). – М.: Стандартинформ, 2009. – 22 с.
5. Физические особенности изменения октанового числа автомобильных бензинов при использовании октановых добавок / Гетеромагнитная микроэлектроника / А.Н. Павлов, А.В. Ляшенко, Е.В. Болотов, А.А. Солопов. - 2009. - № 7. 104 – 108 с.
6. Электронный архив ТПУ [Электронный ресурс]: Исследование, моделирование и модификация эксплуатационных свойств моторных топлив; А.М. Карпова – Электрон.дан.- Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск, 2017. URL: <http://www.earchive.tpu.ru>, свободный. – Загл.с экрана. – Яз.рус., англ. Дата обращения: 05.03.2018 г.
7. Скобелев В.Н., Беляков А.В., Хотунцова С.В. К механизму действия аминов как присадок, увеличивающих детонационную стойкость моторных топлив / Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института. - 2013. - № 19. - 71 – 74 с.

8. Эффективность применения спиртов и аминов в качестве антидетонационных присадок / А.В. Шарифуллин, Л.Р. Байбекова, В.Н. Шарифуллин, А.Г. Юнысов, С.Г. Смердова / Вестник Казанского технологического университета. - 2015. - Т.18. № 1. - 181 – 183 с.
9. Данилов А. М. Применение присадок в топливах: 3-е изд., доп. - СПб.: Химиздат, 2010. – 368 с.
10. Данилов А. М. Введение в химмотологию. – М.: Изд-во «Техника», 2003. – 463 с.
11. R. Gra, O. Galup, M. Antuch, Rev. Cienc. Quimic. – 1985
12. J. Muhl, V. Srica, Determination of reformed gasoline octane number by n.m.r. spectrometry. Fuel – 1987
13. О связи детонационной стойкости n-алканов с магнитными свойствами и электронной структурой молекул / К.И. Подъячева, С.В. Дезорцев, С.А. Шуткова, И.И. Гарипов / Башкирский химический журнал. - 2014. - Т. 21. № 2. - 51 – 57 с.
14. Anderson J.E. High octane number ethanol-gasoline blends: Quantifying the potential benefits in the United States / J.E. Anderson, D.M. Diccico, J.M. Ginder, U. Kramer, T.G. Leone, H.E. Raney-Pablo, T.J. Wallington / Fuel. – Ltd. Elsevier. – 2012. – P. 585-594
15. Fahim M.A., Al-Sahhaf T.A., Elkilani A.S. Fundamentals of petroleum refining. – 2010. – P. 493
16. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
17. ГН 2.2.5. 1313-03. Федеральный закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения №52-93» от 30 марта 1999 г. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»

18. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартинформ, 2008. – 95 с.
19. ГОСТ 12.1.007 – 76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2007. – 7 с.
20. СанПиН 2.2.4.548-96. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.
21. СП 52.13330.2016. Свод правил «Естественное и искусственное освещение». – М.: Стандартинформ, 2017. – 106 с.
22. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-10. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 54 с.
23. ТР ТС 019/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты».
24. ГОСТ 12.2.007.0-75. Система стандартов безопасности труда. «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» (с изменениями N 4 от 16 января 2015 года). – М.: Стандартинформ, 2008. – 11 с.
25. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – 2003. – 60 с.
26. ГОСТ 17.2.3.02-2014. Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями. – М.: Стандартинформ, 2014. – 22 с.
27. ГОСТ 17.1.3.05—82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.
28. ГОСТ Р 22.0.02 – 2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. – М.: Стандартинформ, 2016. – 8 с.
29. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. 05.02.2018)