

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
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование возможности использования стабильного газового конденсата в качестве компонента автомобильных бензинов

УДК 665.72.048.914.2:665.73

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Алтынов Андрей Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Киргина Мария Владимировна	кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына Зоя Васильевна	кандидат технических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Самборская Марина Анатольевна	кандидат технических наук		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
P1	Осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 ОК-1, ОК-2, ОК-3), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.033 – «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»
P2	Осуществлять управление проектом на всех этапах его жизненного цикла	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2 ОПК-4, ОПК-5), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.011 – «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.033 – «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»
P3	Организовывать и руководить работой команды, выработать командную стратегию для достижения цели	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3 ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-14), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.011 – «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.033 – «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»
P4	Применять современные коммуникативные технологии в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах) для академического и профессионального взаимодействия	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4 ОПК-1, ОПК-3, ПК-5), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.011 – «Специалист по научно-

		исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P5	Проводить анализ и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-5, ОК-2, ОПК-2, ОПК-3, ПК-5), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»
P6	Определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности, разрабатывать способы ее совершенствования на основе самооценки	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6, ОК-1, ОК-3), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»
Профиль «Процессы и аппараты химической технологии»		
P7	Формулировать, разрабатывать и реализовывать методы решения научно-исследовательских задач, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств представлять и защищать результаты	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, ОПК -3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.011 – «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами» 26.014 – «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области биотехнических систем и технологий»
P8	Проводить все стадии проектирования с использованием методов математического моделирования, коммерческих симуляторов и пакетов прикладных программ, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ПК-18, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22, ПК-23), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.011 – «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами» 26.014 – «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области биотехнических систем и технологий», 19.002 – «Специалист по химической переработке нефти и газа», 19.008 – «Специалист по диспетчерско-технологическому управлению нефтегазовой отрасли», 19.012 – «Специалист по

		оперативно-диспетчерскому управлению нефтегазовой отрасли»
P9	Разрабатывать учебно-методическую документацию, ставить новые лабораторные работы, проводить практические занятия по теме, ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, УК-5, ПК-25, ПК-26), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 01.004 – «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»

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
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(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	Алтынову Андрею Андреевичу

Тема работы:

Исследование возможности использования стабильного газового конденсата в качестве компонента автомобильных бензинов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№1651/с от 13.03.2018 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Образцы стабильного газового конденсата, полученные с одного из месторождений Западной Сибири.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Обзор литературы 1.1 Стабильный газовый конденсат 1.2 Обзор способов применения стабильного газового конденсата 2 Объект и методы исследования 2.1 Технология получения стабильного газового конденсата при промышленной подготовке природного газа 2.2 Экспериментальные способы определения свойств стабильного газового конденсата 2.3 Компьютерная моделирующая система «comrounding» 2.4 Лабораторная реализация процесса «цеоформинг»

	<p>3. Результаты исследования</p> <p>3.1 Результаты определения содержания серы в образцах стабильного газового конденсата</p> <p>3.2 Результаты определения плотности образцов стабильного газового конденсата</p> <p>3.3 Результаты определения фракционного состава образцов стабильного газового конденсата</p> <p>3.4 Результаты хроматографического анализа образцов стабильного газового конденсата</p> <p>3.5 Результаты исследования образцов стабильного газового конденсата в программной среде «compounding»</p> <p>3.6 Результаты лабораторной реализации процесса «цеоформинг» с использованием стабильного газового конденсата в качестве сырья</p> <p>3.7 Результаты исследования продуктов процесса «цеоформинг» в программной среде «compounding»</p> <p>4 Анализ результатов исследования</p> <p>4.1 Анализ результатов исследования свойств образцов стабильного газового конденсата</p> <p>4.2 Анализ результатов лабораторной реализации процесса «цеоформинг»</p> <p>4.3 Разработка рецептур смешения бензинов марок аи-92 и аи-95</p> <p>5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>6 Социальная ответственность</p>
--	--

Перечень графического материала	
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Креницына Зоя Васильевна, к.т.н., доцент
«Социальная ответственность»	Авдеева Ирина Ивановна, ассистент

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Обзор литературы

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.03.2018 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Киргина Мария Владимировна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Алтынов Андрей Андреевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ61	Алтынову Андрею Андреевичу

Школа	ИШПР	Отделение	Химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	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	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования.
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования свойств и применения стабильного газового конденсата.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына Зоя Васильевна	кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Алтынов Андрей Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ61	Алтынову Андрею Андреевичу

Школа	ИШПР	Отделение	Химической инженерии
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.

Объектом исследования является стабильный газовый конденсат

Экспериментальная часть работы проводилась в лаборатории отделения химической инженерии ТПУ. Рабочая зона – лаборатория второго корпуса ТПУ.

Рабочее место – зона около вытяжного шкафа

Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.

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);

1.1 В лаборатории, где проводилось исследование, вероятно воздействие следующих вредных факторов:

- *освещение;*
- *уровень электромагнитных излучений;*
- *шум и вибрация;*
- *микроклимат;*
- *вредные вещества.*

1.2 В лаборатории при проведении работ присутствуют такие вредные вещества как:

- *этиловый спирт;*
- *бензол;*
- *растворы кислот и щелочей;*
- *пары нефтепродуктов, а именно газового конденсата*

Основные средства защиты: халаты, перчатки, защитные очки, респираторы.

К опасным факторам относятся:

- *горючесть, взрывоопасность и*

<p>– опасность поражения электрическим током электробезопасность (источники, средства защиты).</p>	<p><i>токсичность применяемых веществ;</i> - <i>наличие электротехнических устройств высокого напряжения;</i> - <i>короткое замыкание;</i> - <i>статическое электричество;</i> - <i>превышенное содержание токсичных веществ в воздухе рабочей зоны.</i></p>
<p>2. Экологическая безопасность: – 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>	<p><i>Основными загрязнителями атмосферы являются:</i> - <i>газовый конденсат;</i> - <i>растворы кислот;</i> - <i>растворы щелочей;</i> - <i>бензол;</i> - <i>толуол;</i> - <i>люминесцентные лампы;</i> - <i>макулатура.</i></p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – 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>	<p><i>Возникновение чрезвычайных ситуаций, требующих обеспечения электро- и пожаро-взрывобезопасности на рабочем месте:</i> - <i>пожар;</i> - <i>взрыв;</i> - <i>наводнение и землетрясение;</i> - <i>розлив реагентов.</i></p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p><i>К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации.</i> <i>Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами.</i> <i>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</i> <i>ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</i> <i>ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)</i></p>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Алтынов Андрей Андреевич		

Реферат

Выпускная магистерская диссертация содержит 125 с., 14 рисунков, 39 таблиц, 50 источников, 2 Приложения.

Ключевые слова: стабильный газовый конденсат, цеоформинг, октановое число, компаундирование, рецептура, бензин.

Объект исследования – образцы стабильного газового конденсата, полученные с одного из месторождений Западной Сибири.

Цель работы – исследование возможности использования стабильного газового конденсата в качестве компонента автомобильных бензинов.

В результате исследования:

1. Показана возможность использования стабильного газового конденсата в качестве основного компонента при производстве автомобильных бензинов.

2. Установлена возможность использования стабильного газового конденсата в качестве сырья процесса «Цеоформинг» с использованием цеолитного катализатора КН-30.

В ходе работы экспериментально определены физико-химические свойства и эксплуатационные характеристики образцов стабильного газового конденсата, разработаны рецептуры смешения автомобильных бензинов и реализован процесс «Цеоформинг» на лабораторной каталитической установке.

Экономическая эффективность/значимость работы: Использование продуктов процесса «Цеоформинг», полученных на основе стабильного газового конденсата, в качестве компонента автомобильных бензинов позволит газодобывающим предприятиям не только значительно снизить себестоимость производимого бензина, но и производить топливо 5-го экологического класса, пригодное для реализации на всей территории Российской Федерации и отправки на экспорт.

Оглавление

Введение.....	15
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	18
1.1 Стабильный газовый конденсат	18
1.2 Обзор способов применения стабильного газового конденсата....	21
1.2.1 Использование стабильного газового конденсата при производстве моторных топлив.....	22
1.2.2 Процесс получения высокооктановых компонентов бензинов «Цеоформинг»	24
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	31
2.1 Технология получения стабильного газового конденсата при промысловой подготовке природного газа	31
2.2 Экспериментальные способы определения свойств стабильного газового конденсата	33
2.2.1 Методика определения содержания серы	33
2.2.2 Методика определения плотности	34
2.2.3 Определение фракционного состава.....	35
2.2.4 Хроматографический анализ	35
2.3 Компьютерная моделирующая система «Compounding»	36
2.4 Лабораторная реализация процесса «Цеоформинг»	41
2.4.1 Лабораторная каталитическая установка «САТАСОН».....	41
2.4.2 Реализация процесса «Цеоформинг» на лабораторной каталитической установке.....	45
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	47
3.1 Результаты определения содержания серы в образцах стабильного газового конденсата	47
3.2 Результаты определения плотности образцов стабильного газового конденсата.....	47
3.3 Результаты определения фракционного состава образцов стабильного газового конденсата	48

3.4	Результаты хроматографического анализа образцов стабильного газового конденсата	48
3.5	Результаты исследования образцов стабильного газового конденсата в программной среде «Compounding»	50
3.6	Результаты лабораторной реализации процесса «Цеоформинг» с использованием стабильного газового конденсата в качестве сырья	50
3.7	Результаты исследования продуктов процесса «Цеоформинг» в программной среде «Compounding».....	52
4	АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	53
4.1	Анализ результатов исследования свойств образцов стабильного газового конденсата	53
4.2	Анализ результатов лабораторной реализации процесса «Цеоформинг»	55
4.3	Разработка рецептур смешения бензинов марок АИ-92 и АИ-95..	56
5	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	61
5.1	Потенциальные потребители результатов исследования	61
5.2	Диаграмма Исикава.....	62
5.3	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	62
5.4	Инициализация проекта	64
5.5	Планирование управления научно-техническим проектом	66
5.5.1	План проекта	66
5.6	Бюджет научного исследования	69
5.7	Организационная структура проекта	75
5.8	Матрица ответственности	76
5.9	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	77
5.9.1	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	77
6	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	81
6.1	Производственная безопасность	81

6.1.1 Анализ выявленных вредных факторов, которые может вызвать объект исследования	81
6.1.2 Описание рабочего места.....	82
6.1.3 Характеристика вредных факторов	82
6.1.3.1 Вредные вещества.....	82
6.1.3.2 Микроклимат на рабочем месте.....	85
6.1.3.3 Освещение на рабочем месте	86
6.1.3.4 Шумы на рабочем месте	87
6.1.3.5 Уровень электромагнитных полей (ЭМП) и мягкого рентгеновского излучения.....	88
6.1.4 Анализ выявленных опасных факторов на рабочем месте	89
6.1.4.1 Электробезопасность.....	89
6.1.4.2 Пожарная опасность	91
6.2 Охрана окружающей среды	92
6.2.1 Воздействие на атмосферу.....	92
6.2.2 Воздействие на гидросферу	92
6.2.3 Воздействие на литосферу.....	93
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	93
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	94
Выводы	96
Список публикаций студента.....	98
Список использованных источников	101
Приложение А	107
Приложение В	123

Введение

Ежегодное увеличение объемов потребления светлых нефтепродуктов вынуждает искать новые пути их получения, немаловажным также является то, что систематически ужесточаются требования по утилизации продуктов, получаемых в процессе добычи нефти (попутного нефтяного газа, стабильного газового конденсата).

Одним из способов решения описанных выше проблем является использование газового конденсата в качестве компонента товарных бензинов.

Переработка газового конденсата на территории Российской Федерации является актуальной на сегодняшний день задачей, так как прибыль при переработке газового конденсата выше, чем при аналогичной переработке нефти, ввиду большего выхода светлых нефтепродуктов.

Целью работы является исследование возможности использования стабильного газового конденсата в качестве компонента автомобильных бензинов.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Определить основные физико-химические свойства и эксплуатационные характеристики образцов стабильного газового конденсата (содержание серы, плотность, фракционный состав). Провести хроматографический анализ образцов стабильного газового конденсата.

2. Разработать рецептуры смешения автомобильных бензинов марок АИ-92, АИ-95 с использованием в качестве основного смесового компонента стабильного газового конденсата, а в качестве дополнительных компонентов – метилтретбутиловый эфир и толуол.

3. Реализовать процесс «Цеоформинг» на лабораторной каталитической установке с использованием в качестве сырья стабильного газового конденсата.

4. Разработать рецептуры смешения автомобильных бензинов марок АИ-92, АИ-95 с использованием в качестве основных смесевых компонентов стабильного газового конденсата и продуктов процесса «Цеоформинг».

Объектом исследования в данной работе являются образцы стабильного газового конденсата, полученные с одного из месторождений Западной Сибири.

Предметом исследования стали состав, физико-химические и эксплуатационные свойства стабильного газового конденсата, а также рецептуры смешения автомобильных бензинов на основе стабильного газового конденсата.

Научная новизна работы заключается в следующем:

3. Показана возможность использования стабильного газового конденсата в качестве основного компонента при производстве автомобильных бензинов.

4. Установлена возможность использования стабильного газового конденсата в качестве сырья процесса «Цеоформинг» с использованием цеолитного катализатора КН-30.

5. Показано, что реализация процесса «Цеоформинг» позволяет повысить октановое число стабильного газового конденсата по исследовательскому методу максимально на 16,7 пунктов, при температуре реализации процесса 400 °С.

6. Установлено, что наиболее предпочтительным компонентом автомобильных бензинов являются продукты процесса «Цеоформинг» при использовании стабильного газового конденсата в качестве сырья, полученные при температуре реализации процесса 375 °С.

Практическая значимость работы:

Разработанные рецептуры смешения автомобильных бензинов марок АИ-92, АИ-95, удовлетворяющие всем требованиям ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия» и Технического регламента таможенного союза ТР ТС 013 2011 «О требованиях к

автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» позволят газодобывающим предприятиям не утилизировать стабильный газовый конденсат как побочный продукт добычи природного газа, а использовать его для производства бензина и обеспечения моторным топливом собственных нужд.

Использование продуктов процесса «Цеоформинг», полученных на основе стабильного газового конденсата, в качестве компонента автомобильных бензинов позволит газодобывающим предприятиям не только значительно снизить себестоимость производимого бензина, но и производить топливо 5-го экологического класса, пригодное для реализации на всей территории Российской Федерации и отправки на экспорт.

Апробация работы: основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на: XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулева «Химия и химическая технология в XXI веке»; XXII Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр».

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Стабильный газовый конденсат

Газовые конденсаты – это жидкие смеси углеводородов, выделяемые в качестве продукта на газоконденсатных, газовых и нефтяных месторождениях. Углеводородный состав газовых конденсатов варьируются в широких пределах в зависимости от места и условий добычи [1].

Добыча газового конденсата согласно [2] ведется с больших глубин – от 2 до 5 км. В газоносных пластах при огромном давлении (до 60 МПа) и высокой температуре конденсат физически не присутствует – он образуется (конденсируется в жидкость) только при выходе смеси на поверхность, когда существенно понижаются температура и давление среды.

Газожидкостное вещество, извлекаемое из месторождений, нестабильно, поскольку содержит, кроме газа:

- легкие углеводороды: метан, бутан, пропан, этан;
- водометанольную жидкость;
- стабильный конденсат, который нужно отделить от остальных

компонентов.

Путем сложных и многостадийных технологических операций очистки продукта от газов, механических примесей, серы, хлористых солей и воды получают жидкий (при нормальном давлении) конденсат, транспортируемый для переработки на нефтехимические и топливные предприятия. Плотность газового конденсата варьируется от 660 до 840 кг/м³.

Газовые конденсаты подразделяют на два вида:

1. нестабильный газовый конденсат, в состав которого входят газообразные метан-бутановые фракции;
2. стабильный газовый конденсат в виде бензино-керосиновых фракций.

Нестабильным газовым конденсатом называется продукт, получаемый в результате конденсации при снижении давления и/или температуры углеводородного (природного, попутнонефтяного) газа. Нестабильный газовый конденсат (НГК) содержит в своем составе растворенные газы ряда C_1-C_4 .

Для того чтобы доставить нестабильный газовый конденсат на переработку его подвергают стабилизации. Стабилизируют НГК как правило, используя процесс ректификации. Так же стабилизация газового конденсата возможна при выдерживании его при атмосферном давлении и повышенной температуре для удаления летучих фракций, однако этот способ менее эффективен. Степень удаления летучих фракций определяется исходя из технических условий на ДПР (давления паров по Рейду) для цистерн и хранилищ [3].

Стабильный газовый конденсат (СГК) – газовый конденсат, получаемый путем очистки нестабильного газового конденсата от примесей и выделения из него углеводородов C_1-C_4 . В России стабильный газовый конденсат производят согласно ГОСТ Р 54389-2011 «Конденсат газовый стабильный. Технические условия» [4].

От традиционного нефтяного сырья стабильный газовый конденсат отличается высоким содержанием светлых фракций (порядка 72-100 % мас.), низким содержанием серы (для большинства СГК содержание серы $<0,1$ % мас.), полным отсутствием смолистых соединений, примесей золы и металлов.

Определение свойств СГК, как и любого нефтепродукта имеет как теоретическое, так и практическое значение. Наиболее важными определяемыми характеристиками СГК являются: плотность, вязкость, содержание серы, фракционный состав, компонентный состав и т.д.

Говоря о переработке стабильного газового конденсата нужно отметить, что очищенная смесь состоит из молекул углеводородов с количеством атомов углерода от 5 до 30. Температуры кипения конденсата – от 150 до 320 °С.

Свойства газового конденсата определяются его фракционным составом, который, в свою очередь, зависит от типа месторождения, глубины залегания, срока эксплуатации и других факторов.

Основными компонентами конденсата являются бензиновая фракция с температурой кипения от 30 до 200 °С, керосиновая фракция с температурой кипения от 200 до 300 °С и высококипящая фракция, из которой получают другие продукты.

Главные направления в переработке газового конденсата – топливное и нефтехимическое.

Переработка стабильного газового конденсата дает возможность получить:

- высококачественные бензины;
- дизельное топливо;
- керосин;
- ракетное топливо;
- котельное топливо;
- ароматические углеводороды;
- олефины и другие мономеры.

Из углеводородного сырья, полученного из газового конденсата, на нефтехимических заводах производят пластмассы, синтетические волокна, каучуки и смолы.

На сегодняшний день в России крайне актуальна проблема повышения эффективности использования СГК, в том числе и потому, что новых разрабатываемых газоконденсатных месторождений становится все больше.

Однако на практике встречается менее рациональное его использование, например, смешение его с товарной нефтью для увеличения выхода светлых нефтепродуктов. Так в работе [5] говорится, что на специальных газоперерабатывающих заводах стабильный газовый конденсат перерабатывается по технологии, подобной нефтяной, но в случае отсутствия

такой возможности, газовые конденсаты откачиваются на нефтеперерабатывающие заводы, где перерабатываются в смеси с нефтью.

Несмотря на это стоит отметить, что данный метод не всегда эффективен, поскольку добавление газового конденсата к нефти может снизить выход дистиллятов по сравнению с расчетным значением из-за агрегации высокомолекулярных соединений и усиления структурированности системы.

1.2 Обзор способов применения стабильного газового конденсата

Благодаря своим свойствам и составу стабильный газовый конденсат является перспективным сырьем в нефтепереработке и нефтехимии.

Авторы [6], рассмотрев основные физико-химические свойства исследуемого газового конденсата и его смесей с топочным мазутом в соотношении 15 % мас. и 85 % мас. соответственно, сделали вывод о возможности его применения в качестве компонента топлива для судовых дизельных двигателей. Также авторы отмечают, что при работе дизельного двигателя на топливах, в состав которых входит газовый конденсат, температура отработавших газов уменьшается по сравнению с работой на чистом топочном мазуте, это указывает на то, что в условиях дизельного двигателя облегченные газоконденсатные топлива благоприятно влияют на протекание процессов смесеобразования и последующего сгорания топлива.

Авторы работы [7] предлагают иной метод использования нефтяного сырья. В данной работе описывается, как в целях повышения эффективности и экологической безопасности разработки малосернистых месторождений были проведены испытания газового конденсата в качестве абсорбента для промышленной очистки газа от сероводорода. По результатам работ установлено, что возможно применение газового конденсата в качестве сорбента сероводорода при следующих условиях: для газов, с содержанием сероводорода не более 0,025 % об., плотность орошения, обеспечивающая регламентируемую степень очистки, должна быть не менее $1,5 \text{ м}^3/\text{тыс. м}^3$ газа и для поддержания

оптимального режима очистки газа от сероводорода время контакта газа с абсорбентом не должно превышать 11 секунд, а время контакта абсорбента с газом – 3 мин.

В работе [8], была исследована возможность применение газового конденсата в качестве растворителя для решения проблемы удаления нефтяных отложений по результатам кинетического анализа процессов их растворения. Авторы сделали заключение, что газовый конденсат, добываемый в Якутском регионе Иреляхского месторождения, является неэффективным для применения его в качестве растворителя для удаления отложений с поверхностей нефтепромыслового оборудования в осенне-зимний период работы скважин. Данное заключение обосновывается тем, что в составе конденсата доминируют насыщенные углеводороды, а ароматические находятся в подчиненных количествах, что обуславливает низкую растворимость асфальто-смолистых веществ в конденсате и его легком дистилляте, что делает их использование не перспективным.

1.2.1 Использование стабильного газового конденсата при производстве моторных топлив

Одним из наиболее перспективных направлений использования СГК является производство моторных топлив. Так авторы статьи [9] в результате лабораторных исследований смеси малосернистых газовых конденсатов Уренгойского месторождения смогли получить бензиновую фракцию, которую можно использовать для получения автомобильных бензинов или как растворитель парафиновых отложений при обработке нефтяных скважин. Помимо этого, авторы также получили керосиновую фракцию по своему качеству соответствующему авиационному топливу Jet A-1, и дизельные фракции, которые могут найти применение в производстве дизельных топлив для умеренного климата.

В работе [10], описывается возможность применения установки для получения моторных топлив из стабильного газового конденсата, которая, по

мнению авторов, является наиболее перспективной для использования в условиях одного из северных районов Российской Федерации. Рассмотренная в работе технология переработки стабильного газового конденсата позволяет автономно обеспечивать производственную технику дешевыми и качественными моторными топливами в условиях отдаленности северных районов. Также отличительной особенностью рассматриваемой установки является то, что все ее части распределены по отдельным контейнерам – блокам, что позволяет собирать установку на специализированных заводах, делая сборку более простой и качественной.

В работе [11] авторы исследуют различные схемы установки первичной переработки стабильного газового конденсата с целью получения товарных нефтепродуктов (бензин, керосин, дизельное топливо). Для выбора рациональной схемы установки фракционирования стабильного газового конденсата авторами были построены различные варианты компьютерных моделей схем фракционирования в программной среде Aspen HYSYS мощностью 1,2 млн. тон в год. Смоделированные установки не только соответствуют требованиям действующих стандартов по определяющим показателям прямогонных фракций, но и являются энергетически более выгодными, чем базовая схема.

Использование СКГ в качестве компонента бензина рассмотрено в работе [12]. По результатам проведенных исследований авторы пришли к заключению, что стабильный газовый конденсат н.к.-120 °С можно использовать в качестве базового компонента для производства автомобильных бензинов. Данное утверждение авторы подкрепляют октановым числом, которое составило 69,3-71,3 пунктов по моторному методу и 71,3-75,2 пунктов по исследовательскому методу и практическому отсутствию серы, которое составило 0,001 % мас., при норме не более 0,05 % мас.

1.2.2 Процесс получения высокооктановых компонентов бензинов

«Цеоформинг»

Процесс «Цеоформинг» – позволяет вести производство высокооктановых неэтилированных бензинов от АИ-80 до АИ-95 каталитической переработкой низкооктановых бензиновых фракций различного происхождения на цеолитных катализаторах [13].

Принципиальная схема процесса «Цеоформинг» представлена на рисунке 1.1.

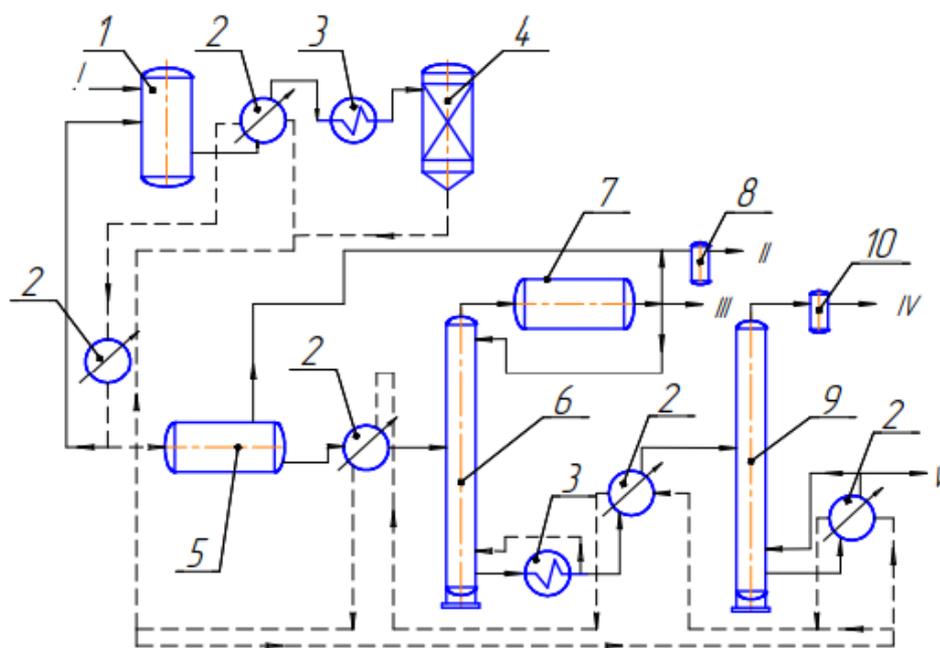


Рисунок 1.1 – Принципиальная технологическая схема процесса «Цеоформинг» [16]:

1 – емкость исходной смеси; 2 – система рекуперативных теплообменников; 3 – печи подогрева; 4 – нити реакторов; 5 – сепаратор для отделения нестабильного катализата; 6 – стабилизационная колонна; 7 – конденсатор; 8 – емкость для сбора углеводородного газа; 9 – ректификационная колонна; 10 – рефлюксная емкость паров бензина; I – прямогонная бензиновая фракция нефти (или газового конденсата); II – углеводородный газ; III – сжиженный газ; IV – бензин в парк готовой продукции; V – кубовый продукт в парк готовой продукции

Процесс предназначен для реализации на малотоннажных установках производства моторных топлив. На одной и той же установке «Цеоформинг»

можно производить бензины от АИ-80 до АИ-95, соответствующие требованиям ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия» [14] или ГОСТ Р 51105-97 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия» [15] по всем показателям без введения каких-либо добавок и дополнительного компаундирования. Также этот процесс отличается относительно простой технологической схемой и применяемым оборудованием, что влечет за собой низкие капитальные затраты на строительство. Простота технологии процесса и регулирования режима позволяет быстро менять вид готовой продукции, а именно марку, вид и класс бензина. Основным преимуществом установки цеоформинга является автономность действия, поскольку есть возможность ее применения в труднодоступных, удаленных местах добычи нефти и газового конденсата.

На установку производства высокооктанового бензина сырье – прямогонная бензиновая фракция нефти или стабильного газового конденсата – поступает в буферную емкость 1. Сырье из ёмкости 1 последовательно подают через межтрубное пространство ряда теплообменников 2 к печи 3. Нагретое сырье от печи 3 поступает в две нити реакторов 4, одна из которых работает в режиме получения бензина, другая – в режиме регенерации катализатора. В реакционной зоне реакторов 4 на катализаторе типа КН-30 происходит превращение низкооктановых компонентов сырья в высокооктановые и в газообразные углеводороды. После реактора 4 продукты реакции поступают в трубное пространство теплообменника 2. После него продукты реакции (катализат в смеси с газовой фазой) поступает в сепаратор 5, где происходит отделение углеводородного газа от нестабильного катализата. Отбираемый из сепаратора 5 углеводородный газ (C_1 - C_4 , H_2) направляют в емкость сбора газа 8, который может быть использован на установке в качестве технологического топлива. Нестабильный катализат из сепаратора 5 подают через трубное пространство теплообменника 2 в питательную секцию стабилизационной колонны 6. Верхом колонны 6 отбирают легкую фракцию, которую охлаждают

и конденсируют в конденсаторе 7. Углеводородные газы (пропан-бутановая фракция) от конденсатора 7 направляют в емкость сбора газа 8 и затем используют в качестве технологического топлива. Жидкий дистиллят из конденсатора 7 отбирают и подают частично на орошение колонны 6, а балансовую часть – сжиженный газ, направляют в парк готовой продукции. Кубовый продукт колонны 6 – стабильный катализат отбирают и подают в ребойлерную печь 3.

Часть продукта печи 3 подают в колонну 6 в качестве «горячей струи», а балансовую часть подают через теплообменник 2 в питательную секцию ректификационной колонны 9. Верхом колонны 9 отбирают пары бензина, которые охлаждают и конденсируют в воздушном холодильнике и направляют в рефлюксную емкость 10. Жидкий дистиллят из емкости 10 отбирают и подают частично на орошение колонны 9, а балансовую часть (бензин) дохлаживают в теплообменнике водяного охлаждения и направляют в парк готовой продукции. Кубовый продукт колонны 9 отбирают и подают, частично через межтрубное пространство теплообменника 2, обогреваемого продуктами реакции, в куб колонны 9 в качестве «горячей струи», а балансовую часть продукта охлаждают в теплообменнике 2 и направляют в парк готовой продукции.

В ходе процесса происходит постепенная дезактивация катализатора коксовыми отложениями, приводящая к уменьшению селективности процесса и к падению октанового числа получаемого бензина. Для поддержания постоянного уровня активности катализатора, по мере ее падения, повышают на 5-15 °С температуру реакции до конечной 450 °С, поддерживая состав (качество) бензина на одном уровне.

В Таблице 1.1 указаны основные технологические параметры процесса.

Таблица 1.1 – Технические характеристики процесса «Цеоформинг»

Параметр	Значение
Температура процесса, °С	320-450
Давление, МПа	0,5-1,5
Весовая скорость подачи сырья, т/т кат. в час	1-4

Выход фракций при использовании процесса «Цеоформинг» зависит от состава исходного сырья и режима производства, но колеблется в рамках, указанных в Таблице 1.2 параметров.

Таблица 1.2 – Материальный баланс получения товарных автомобильных бензинов процесса «Цеоформинг»

№	Режим производства	АИ-92	АИ-95
		Выход, %	
1	Углеводородные газы C ₁ -C ₄	4-6	6-10
2	Сжиженный газ*	8-10	12-18
3	Автобензин	75-80	72-77
4	Дизельная фракция (180-220 °С)	4-9	3-7
5	Потери**	1	1
Итого:		100	100

* Сжиженный газ марки смесь пропан-бутана технического или марок пропан-бутан технический или пропан-бутан автомобильный.

** Потери приняты условно.

В процессе «Цеоформинг» используется экологичный цеолитный катализатор КН-30. Производителем данной марки цеолитного катализатора является ПАО «Новосибирский завод химконцентратов». Катализатор КН-30 используется для получения высокооктановых бензинов (компонентов) из низкооктановых бензиновых фракций различного происхождения (газовые бензины, газовые конденсаты, нефти) без введения каких-либо добавок или компаундирования [17].

Катализатор создан на основе экологически чистой высококремнеземистой цеолитной системы, не содержит тяжелых металлов, не обладает взрывоопасными и пирофорными свойствами. Моноразмерность кристаллов цеолитного компонента с поверхностью, обедненной атомами алюминия позволяет значительно понизить крекирующую активность готового

катализатора и уменьшить его закоксовывание при переработке углеводородного сырья широкого фракционного состава.

Большим достоинством применяемого при цеоформинге катализатора является его стойкость к сернистым соединениям, присутствующим в нефтях и газовых конденсатах. Сероорганические соединения сырья на катализаторах КН-30 превращаются в парафиновые, ароматические углеводороды и сероводород в результате последовательно протекающих реакций [18]. Первыми из них являются реакции разрыва С–S связи меркаптанов, сульфидов, тиофенов и их производных, в результате которых образуются молекулы сероводорода и промежуточных олефинов, которые далее превращаются в парафиновые и ароматические углеводороды, а сероводород отделяется вместе с побочными продуктами процесса – газами С₁-С₄ [19].

Характеристики катализатора КН-30 представлены в Таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристики катализатора КН-30 [20]

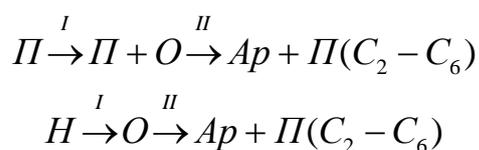
Структурный тип	ZSM-5
Массовая доля цеолита не менее, %	80
Массовая доля в порошке цеолита, %:	
SiO ₂	90,0-97,6
Al ₂ O ₃	1,4-2,7
Na ₂ O	не более 0,1
Fe ₂ O ₃	0,35-1,25
Диаметр гранул, мм	3,0-4,3
Удельная поверхность, м ²	300
Срок пробега до регенерации, ч	150-300
Насыпная плотность, г/см ³	0,60-0,86

Основные преимущества катализатора КН-30:

- устойчив к каталитическим ядам;
- отсутствие благородных металлов;
- экологичный и легко утилизируемы;
- возможность производства на любом катализаторном заводе под контролем лицензиара;

- примерное соотношение требуемой массы катализатора к сырью составляет 0,2 кг на 1 т сырья.

Процесс получения высокооктановых бензиновых фракций из углеводородного сырья, выкипающего до 200-220 °С, на цеолитсодержащих катализаторах типа КН-30 включает ряд последовательно-параллельных химических реакций кислотно-основного типа, протекающих по карбоний-ионному механизму. В целом, превращение углеводородов протекает в две основные стадии по следующей схеме:



где P – парафины, O – олефины, Ap – ароматические углеводороды, H – нафтены.

На первой стадии (I) процесса протекают реакции расщепления C–C связи углеводородов с образованием промежуточных олефиновых фрагментов, имеющие высокий эндотермический тепловой эффект реакции.

На следующей стадии (II), в результате протекания реакций перераспределения водорода в олефинах, происходит дальнейшее превращение образовавшихся олефинов в парафиновые и ароматические углеводороды, идущее с высоким экзотермическим тепловым эффектом реакции.

На данный момент в Российской Федерации существует несколько производств, на которых стабильный газовый конденсат используется в процессах получения высокооктановых компонентов бензинов. Так в работе [21] говорится, что из стабильного конденсата извлекают бензиновую (дистиллят газового бензина) и дизельную фракции (дизельное топливо). Часть бензиновой фракции перерабатывают в автомобильный бензин по средствам риформинга (ОАО «Сургутский завод стабилизации конденсата» им. В. Черномырдина, ООО «Газпром добыча Астрахань») и цеоформинга (ООО «Газпром переработка», Сосногорский газоперерабатывающий завод). На Сургутском заводе стабилизации конденсата из стабильного конденсата

извлекают в качестве товарной продукции пентан-гексановую фракцию и изопентан (высокооктановый компонент автомобильного бензина).

Авторами работы [22], рассмотрено проведение конверсии прямогонной бензиновой фракции н.к.-80 °С – к.к.-180 °С газового конденсата с использованием цеолитсодержащих катализаторов на проточной каталитической установке со стационарным слоем катализатора (объем реактора 10 см³) в интервале температур 350-425 °С, при объемной скорости подачи сырья 2 ч⁻¹, атмосферном давлении и длительности эксперимента при каждой фиксированной температуре процесса 1 ч. Авторами установлена возможность получения компонента бензина с октановым числом 93,2 пунктов по исследовательскому методу и выходом 65 % мас. жидкой фракции.

Авторами работы [23] описывается решение снабжения моторным топливом труднодоступных регионов России путем ввода в эксплуатацию малотоннажных производств нефтепродуктов (мини-НПЗ). Предлагаемая технология переработки углеводородного сырья, включает первичную перегонку (атмосферная трубчатая установка), облагораживание бензиновой фракции с получением высококачественного бензина марок АИ-92, АИ-95 при использовании процесса цеоформинга и гидрогенизационную переработку (гидрокрекинг) тяжелых фракций (мазута) с образованием бензина и дизельного топлива, отвечающего качеству ЕВРО-4, ЕВРО-5, а также малосернистого котельного топлива.

Авторы [24] определили оптимальные параметры работы аппаратов на математической модели узла фракционирования процесса цеоформинга в программной среде Aspen HYSYS. Авторы пришли к заключению, что при значительном изменении параметров процесса можно с большой вероятностью получить товарные бензины, регламентированные государственным стандартом. Для получения фракционного состава, однозначно отвечающего требованиям [15], необходимо комплексное изучение взаимного влияния варьируемых параметров (температуры процесса, давления, скорости подачи сырья).

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Стабильный газовый конденсат согласно [3] – продукт, выделяемый из природного газа, который представляет собой смесь жидких углеводородов, имеющих в молекуле более четырех или трех, в зависимости от спецификации, атомов углерода (обычно обозначается как C_{5+} , или C_{4+}).

2.1 Технология получения стабильного газового конденсата при промышленной подготовке природного газа

Поток сырьевого газа, поступающего на станцию, проходит несколько стадий для его подготовки и отправки в магистральный трубопровод.

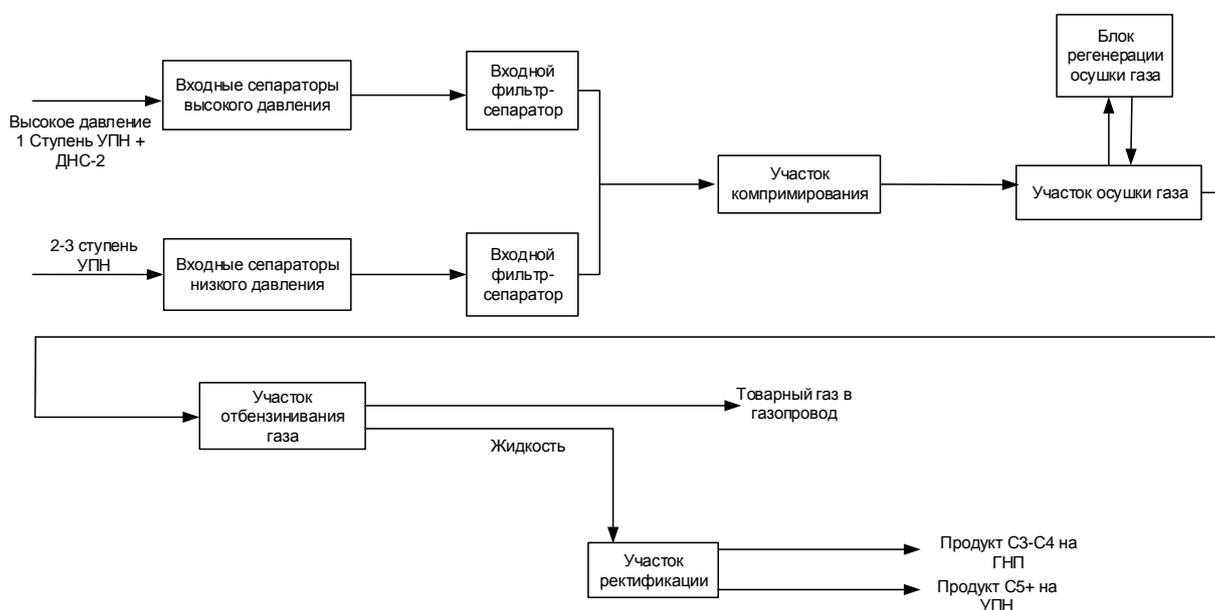


Рисунок 2.1 – Блок-схема получения стабильного газового конденсата

Первым этапом подготовки сырьевого газа является участок «Входа», где происходит его частичная сепарация и фильтрация от нежелательных примесей. Технологический участок разделен на два параллельных потока, а именно высокого давления и низкого давления. Сырьевой газ приходит с температурой от минус 5°C до 18°C с давлением 100-125 кПа (изб.) для линии низкого давления и 400-460 кПа (изб.) для линии высокого давления соответственно.

Далее сырье отправляется на участок «Компримирования». С участка «Входа» низкого давления поток поступает на линию всасывания первой ступени компримирования, а с участка «Входа» высокого давления на вторую ступень компримирования.

После участка компримирования газ с температурой 30-40 °С и давлением 6750 кПа (изб.) отправляется на адсорбционную осушку с предварительной фильтрацией для удаления твердых частиц и капельной жидкости. Показателем осушенного газа является точка росы по воде.

Сухой газ участка «Осушки» с температурой 40 °С и давлением 6700 кПа (изб.) делится на два потока и поступает на всасы компрессорных частей двух параллельно работающих детандер-компрессоров на участке «Отбензинивания газа».

В компрессорной части каждого компрессора газ сжимается до давления 7325 кПа (изб.) и температуры 55 °С и поступает в общий коллектор нагнетания компрессорных частей и далее в холодильник, где охлаждается до температуры 40 °С летом и 30 °С зимой. После холодильника газ проходит ряд теплообменников и емкостей, предназначенных для сепарации газа от жидкости и возвращается на вход детандерных частей.

В детандере происходит расширение газа с давления 7165 кПа (изб.) до давления 5560 кПа (изб.). При этом температура газа понижается от минус 0,6 °С до минус 12,7 °С.

Выделившаяся жидкая фаза является нестабильным газовым конденсатом. Стабилизация осуществляется на участке «Газофракционирования», а именно в тарельчатой ректификационной колонне. Жидкость, пройдя ряд технологических аппаратов и трубопроводов, поступает на тарелку подачи сырья.

Назначение колонны – получение пропан-бутановой фракции (C₃/C₄). Ректификационная колонна представляет собой 18-тарельчатую колонну, работающую при 180 °С и давлении низа 2050 кПа (изб.). В процессе

ректификации с ректификационной колонны отводят три продукта: топливный газ, пропан-бутановую фракцию и стабильный газовый конденсат.

2.2 Экспериментальные способы определения свойств стабильного газового конденсата

При рассмотрении стабильного газового конденсата в качестве компонента автомобильного бензина важным является исследовать те свойства СГК, которые регламентируется согласно ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия» для бензинов в Российской Федерации. Согласно [14] регламентируются содержание серы, плотность, фракционный состав, углеводородный состав.

2.2.1 Методика определения содержания серы

Информация о содержании серы в нефтепродуктах имеет большое практическое значение. Присутствие сернистых соединений увеличивает токсичность выхлопных газов автомобильных топлив, как за счет увеличения в них концентрации оксидов серы и твердых частиц, так и за счет снижения эффективности работы каталитического нейтрализатора транспортного средства. Помимо токсичности, содержание сернистых соединений отрицательно сказывается на антидетонационных свойствах автомобильных бензинов. Также сернистые нефтепродукты обладают высокой коррозионной агрессивностью, что во много раз сокращает срок службы металлических изделий и оборудования.

Определение содержания серы в нефтепродуктах проводится в соответствии с ГОСТ Р 51947-2002 «Нефть и нефтепродукты. Определение серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии» [25].

Данный метод обеспечивает быстрое и точное измерение общей серы в нефти и нефтепродуктах с минимальной подготовкой образца. Среднее время анализа образца 3 минуты.

Сущность метода состоит в том, что испытуемый образец помещают в пучок лучей, испускаемых источником рентгеновского излучения. Измеряют характеристики энергии возбуждения от рентгеновского излучения и сравнивают полученный сигнал счетчика импульсов с сигналами счетчика, полученными при испытании заранее подготовленных калибровочных образцов.

2.2.2 Методика определения плотности

Плотность образцов нефтепродуктов определяется согласно методике, представленной в ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности» [26].

Метод основан на определении относительной плотности – отношении массы испытуемого продукта к массе воды, взятой в том же объеме и при той же температуре. Так как за единицу массы принимают массу 1 см³ воды при температуре 4 °С, то плотность, выраженная в г/см³, будет численно равна плотности по отношению к воде при температуре 4 °С.

Также возможно определение плотности нефтепродуктов с помощью ареометра.

Сущность метода заключается в погружении ареометра в испытуемый продукт, снятии показания по шкале ареометра при температуре определения. В случае необходимости определения плотности при другой температуре, плотность пересчитывают по следующей формуле:

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + \nu(t - 20) \quad (2.1)$$

где ρ_4^t – относительная плотность при температуре анализа, кг/м³; ρ_4^{20} – относительная плотность при 20 °С, кг/м³; ν – средняя температурная поправка плотности на 1 °С; t – температура, при которой проводится анализ, °С.

2.2.3 Определение фракционного состава

Фракционный состав является определяющей характеристикой при установлении области применения нефтепродуктов. Пределы гарантируют качество продуктов с соответствующими характеристиками испаряемости.

Условия испытания по методу с применением автоматического оборудования эмпирически подобраны так, что они коррелируют с условиями перегонки при использовании ручного оборудования, а также с другими характеристиками испаряемости.

Фракционный состав определяется, согласно методике, представленной в ГОСТ 2177-99 «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава» [27]. Сущность метода заключается в перегонке 100 см³ испытуемого образца при условиях, соответствующих природе продукта, и проведении постоянных наблюдений за показаниями термометра и объемами конденсата.

2.2.4 Хроматографический анализ

Сущность хроматографического метода заключается в использовании для разделения веществ избирательной сорбции.

Хроматографический анализ проводился на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000» в соответствии с ГОСТ Р 52714-2007 «Бензины автомобильные. Определение индивидуального и группового углеводородного состава методом капиллярной газовой хроматографии» [28].

Хроматограф лабораторный аналитический газовый «Хроматэк-Кристалл 5000» предназначен для качественного и количественного анализа смесей органических и неорганических веществ с температурой кипения до 300 °С при аналитическом контроле производственных процессов, а также при выполнении разнообразных исследовательских работ в химической, нефтехимической, фармацевтической промышленности, при контроле окружающей среды.

Принцип действия хроматографа основан на применении методов газоадсорбционной и газожидкостной хроматографии в изотермическом режиме линейного программирования температуры колонок.

2.3 Компьютерная моделирующая система «Compounding»

В отделении химической инженерии Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета была создана компьютерная моделирующая система (КМС) для сопровождения процесса производства товарных бензинов «Compounding» (рисунок 2.2).

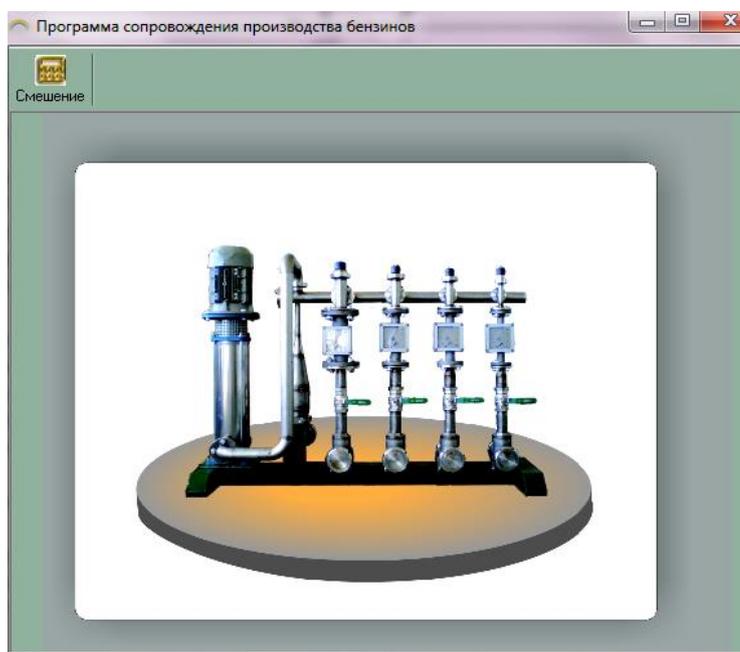


Рисунок 2.2 – Главное диалоговое окно моделирующей системы «Compounding»

Компьютерная моделирующая система «Compounding» позволяет осуществлять расчет следующих характеристик бензинов и углеводородных потоков:

1) Октановые числа по моторному и исследовательскому методу на основе учета межмолекулярных взаимодействий между углеводородами бензиновой смеси:

$$ОЧ_{см} = \sum_{i=1}^n (ОЧ_i \cdot C_i) + B \quad (2.2)$$

где $ОЧ_{см}$ – октановое число смешения бензинов, пункты; B – суммарное отклонение октановых чисел от аддитивности; C_i – концентрация i -го компонента, % мас.

$$B = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^n B_i B_j C_i C_j \quad (2.3)$$

B_i, B_j – величины, характеризующие склонность i -й молекулы к межмолекулярному взаимодействию с j -й молекулой, которую можно выразить через дипольные моменты молекул:

$$B_i = \alpha \left(\frac{D_i}{D_{max}} \right)^n \quad (2.4)$$

где α и n – кинетические параметры, определяющие интенсивность межмолекулярных взаимодействий в зависимости от дипольного момента D , для молекулы толуола численно равные 2,21 и 1,09 соответственно; D_{max} – максимальный дипольный момент молекул ароматических углеводородов C_{9+} .

2) Плотность смеси по формуле Менделеева:

$$\rho_4^t = \rho_4^{20} - \Delta t \cdot (t - 20) \quad (2.5)$$

где ρ_4^t – плотность при температуре t , кг/м³; ρ_4^{20} – плотность при температуре 20 °С, кг/м³; Δt – температурная поправка к плотности на 1 °С.

3) Вязкость смеси по формуле Оррика и Эрбара:

$$\ln \frac{\eta}{\rho M} = \alpha + \frac{\beta}{T} \quad (2.6)$$

где η – вязкость, сП; T – температура, К; ρ – плотность при $T = 20$ °С; M – молярная масса; α, β – константы, зависящие от природы вещества.

4) Давление насыщенных паров по уравнению Антуана:

$$\ln P_T = A - B / (T + C) \quad (2.7)$$

где T – температура, К; A, B, C – физико-химические константы.

5) Содержание различных углеводородов, таких как бензол, ароматические и олефиновые углеводороды.

Исходными данными в системе для расчета характеристик бензинов являются данные об углеводородном составе потоков, то есть данные

хроматографического анализа. Для унификации входных данных «Compounding» снабжен блоком автоматической обработки хроматограмм. Обработывая хроматограммы, система сводит их к 110 ключевым компонентам. На основе полученных данных о содержании ключевых компонентов осуществляется расчет.

Также помимо расчета физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик бензинов и углеводородных потоков, компьютерной моделирующей системой «Compounding» реализована возможность расчета свойств смесей. Данный расчет производится при помощи соотношения смешиваемых компонентов, что позволяет осуществлять подбор рецептур смешения бензинов различных марок.

С помощью программного комплекса «Compounding», были рассчитаны свойства образцов стабильного газового конденсата и других смесевых компонентов.

Для осуществления расчетов в программный комплекс «Compounding» были загружены необходимые компоненты смешения бензинов, а именно обработанные хроматограммы трех образцов стабильного газового конденсата, метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) и толуола (рисунок 2.3).

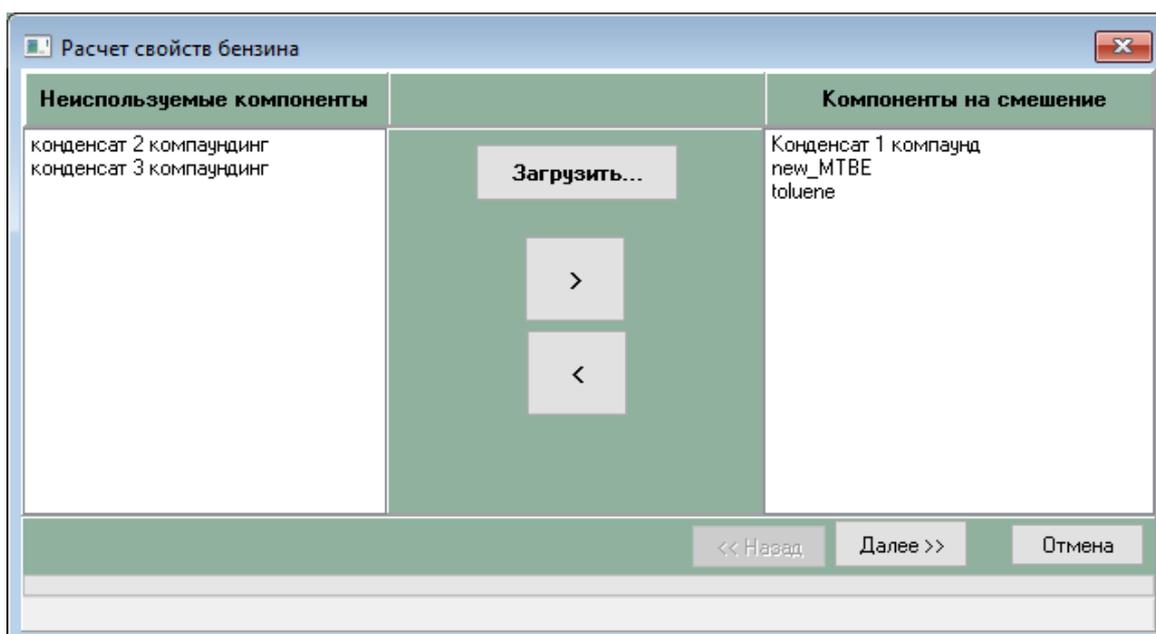


Рисунок 2.3 – Окно загрузки компонентов

Далее с помощью программы последовательно рассчитываем свойства всех смесевых компонентов. Пример расчета для стабильного газового конденсата представлен на рисунке 2.4

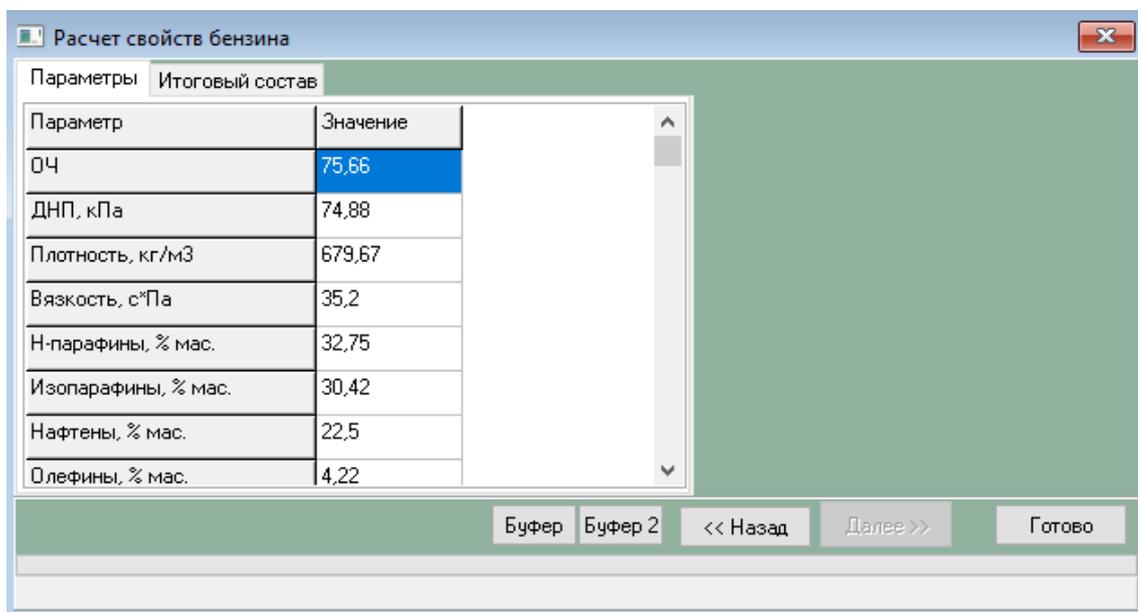


Рисунок 2.4 – Рабочее окно, содержащее результаты расчета параметров стабильного газового конденсата

Расчет оптимальной рецептуры смешения бензина в программной среде «Compounding» осуществлялся по следующему алгоритму:

- 1) Загрузка компонентов смешения в КМС «Compounding»:

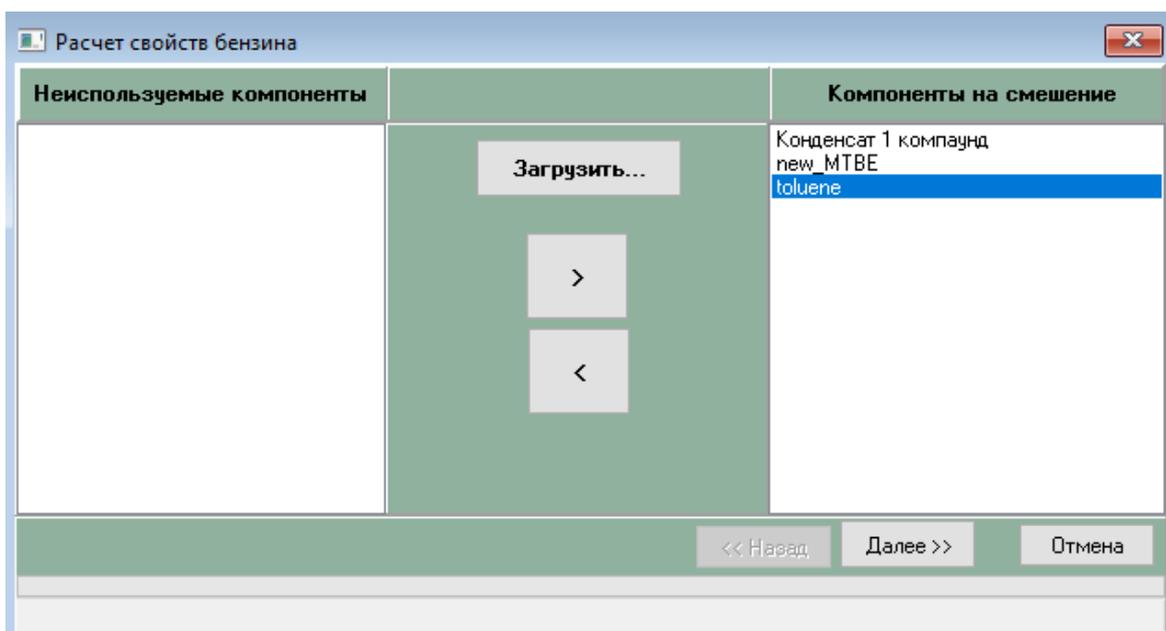


Рисунок 2.5 – Окно загрузки компонентов

2) Присваивание процентного содержания каждого компонента в смеси, но не допуская общего содержания более 100%.

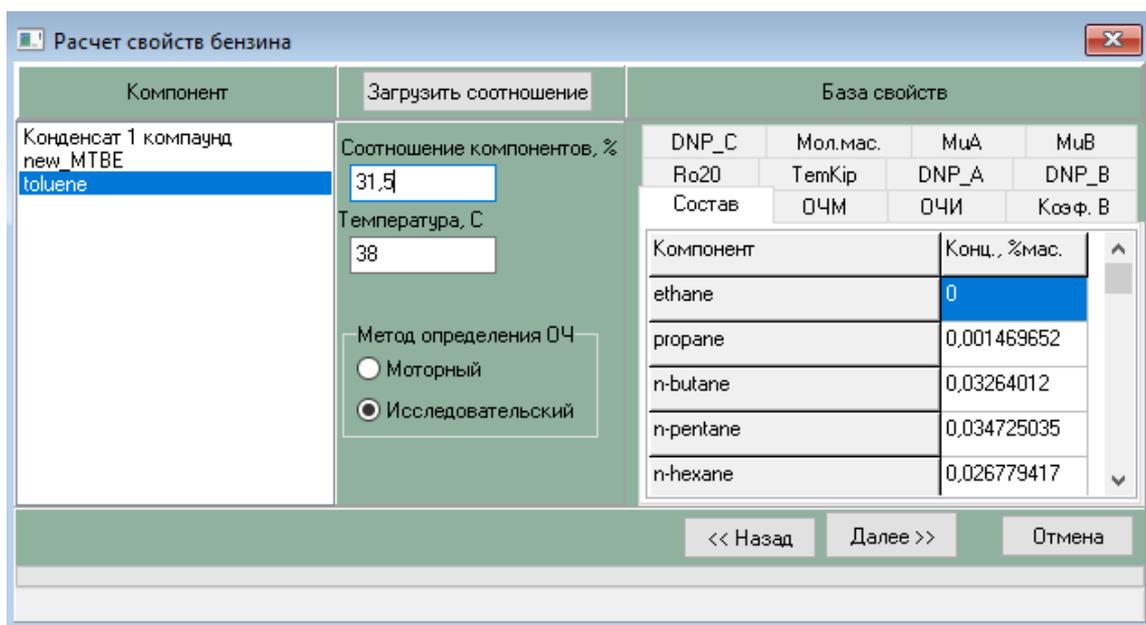


Рисунок 2.6 – Окно расчета свойств бензина

3) Определение параметров бензина, приготовленного по заданной рецептуре:

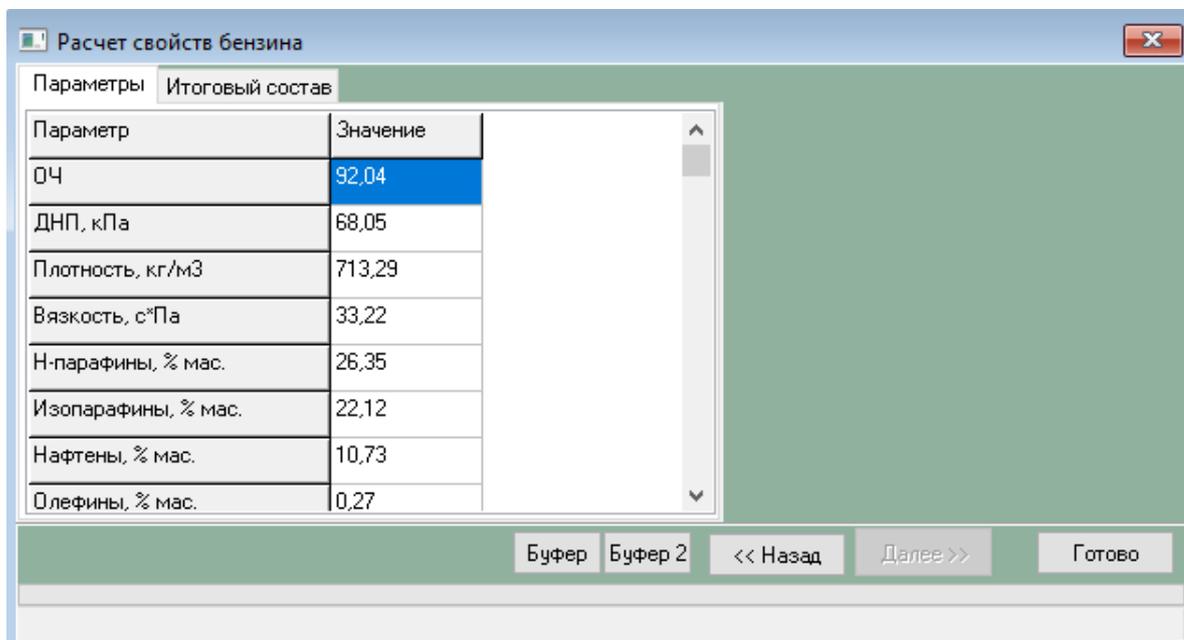


Рисунок 2.7 – Рабочее окно определения параметров бензина, полученного по заданной рецептуре

2.4 Лабораторная реализация процесса «Цеоформинг»

Лабораторные испытания по получению высокооктанового автомобильного бензина в ходе процесса «Цеоформинг» проводились на каталитической установке «САТАСОН».

2.4.1 Лабораторная каталитическая установка «САТАСОН»

Экспериментальная установка предназначена для исследования процессов, протекающих в условиях повышенного давления в проточном режиме, при максимальном давлении 90 бар и максимальной температуре 700 °С.

Технологическая схема установки «САТАСОН» представлена на рисунке 2.8.

Азот (аргон) в реакторной системе необходим для продувки системы, разбавления реакционной смеси и проведения теста на герметичность. Подается азот (аргон) из баллона и при помощи ручки регулятора давления РПС.1 выставляется необходимое давление, которое контролируется по манометрам, установленными в корпусе регулятора и, далее, через вентиль запорный ВЗ.3 («Опрессовка N₂») подается в реакторную систему.

Водород используется в системе как газовый реагент и подается аналогично азоту (аргону) из баллона, через вентиль запорный ВЗ.3, регулятор давления РПС.2, вентиль запорный ВЗ.4 и противопоыльный фильтр Ф на регулятор расхода газа РРГ1.

Далее водород, через запорный клапан ВЗ.5, через обратный клапан ОК подается в каталитический реактор.

Оксид углерода используется в системе как газовый реагент и подается аналогично азоту (аргону) из баллона, через вентиль запорный ВЗ.6, регулятор давления РПС.3, вентиль запорный ВЗ.7 и противопоыльный фильтр Ф на регулятор расхода газа РРГ2.

Далее оксид углерода, через запорный клапан ВЗ.8, через обратный клапан ОК подается в каталитический реактор.

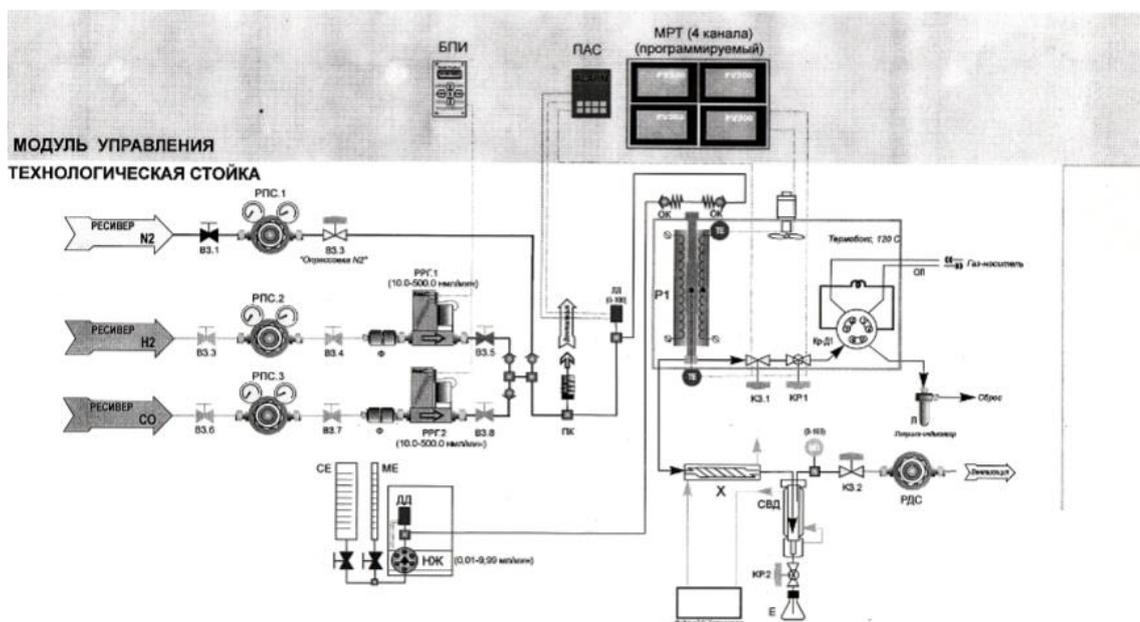


Рисунок 2.8 – Технологическая схема установки «САТАСОН»

ВЗ – вентиль запорный; РПС – регулятор давления газа «после себя»; СЕ – сырьевая емкость;

МЕ – мерная емкость; НЖ – насос жидкостной дозировочный;

Ф – противопыльный фильтр; РРГ – регулятор расхода газа; ОК – обратный клапан;

М – манометр показывающий; МК – манометр контактный; ПК – предохранительный клапан; ТЕ – термоэлектрический преобразователь термопара хромель-алюмель; Р – реактор высокого давления; Х – трубчатый холодильник; СВД – сепаратор высокого давления; КЗ – клапан запорный; КР – клапан регулирующий; МП – манометр показывающий; ДД – датчик

давления; Е – емкость приемная; РДС – регулятор давления газа «до себя»; БПИ – блок питания/ управления/ индикации; ПАС – прибор аварийной сигнализации;

МРТ – микропроцессорный регулятор температуры

На линии подачи смеси водорода, оксида углерода и азота установлены цифровой датчик давления ДД соединенный с прибором аварийной сигнализации ПАС и пружинным предохранительным клапаном ПК. На датчике давления ДД устанавливаются нижний и верхний предел давления, которые должны соответствовать рабочему давлению: -10% от рабочего по нижнему пределу и +10% по верхнему. В случае какой-либо нештатной ситуации на установке по превышению давления или понижению (разрыву трубопровода) внутренние контакты датчика давления замыкаются и устройство ПАС обесточивает питание на установку, регуляторы расхода газа РРГ.1,2; перекрывают подачу газов тем самым предотвращая аварийную

ситуацию. Предохранительный клапан ПК также необходим для предотвращения аварийной ситуации при превышении давления в реакторной системе более чем 100 бар.

Жидкий исходный реагент из сырьевой емкости СЕ и мерной емкости МЕ, которые через шаровые вентили могут подключаться к реакторной системе как индивидуально, так и параллельно, подается на жидкостной насос НЖ, работающий без пульсаций. На установке имеются две дозировочные емкости: одна, мерная МЕ (~50 мл), для калибровки, проверки работоспособности жидкостного насоса и для проведения кратковременных экспериментов, другая, емкостью СЕ (2000 мл), для дозирования сырья при длительных и круглосуточных испытаниях.

Перед началом работы насоса НЖ рекомендуется провести процедуру обезвоздушивания линий, для чего можно использовать шприц, входящий в комплект насоса. Процедуру обезвоздушивания необходимо проводить до тех пор, пока не исчезнут какие-либо пузырьки в трубках. После проведения процедуры обезвоздушивания линий можно осуществлять подачу жидкого сырья в реакторную систему.

Реакторный блок состоит из реактора, электрической печи и системы обратных клапанов. Реактор представляет собой трубу из нержавеющей стали, с внутренним диаметром 12 мм, максимальным объемом загружаемого катализатора 7,0 см³. Обогрев реактора обеспечивает однозонная электрическая печь, позволяющая поддерживать температуру по слою катализатора с погрешностью ± 5 °С. Реакторный блок снабжен контролирующей термопарой, расположенной в слое катализатора. Регулирующую термопару можно установить в печи реактора, через специальное отверстие в верхней части реактора, или в термопарном кармане, расположенном в испарителе реактора (дополнительная опция).

Блок разделения продуктов состоит из прямоточного холодильника и сепаратора высокого давления.

После разделения продуктов, в сепараторе высокого давления, конденсат сливается через клапан регулирующий КР.2 в приемник конденсата Е.

Газовые продукты выходят из сепаратора высокого давления СВД через боковой штуцер, клапан запорный КЗ.2, редуктор обратного давления РДС в вытяжную вентиляцию и в систему аналитического контроля.

Для проведения хроматографических анализов парогазовой смеси непосредственно из реактора в реакторной системе предусмотрены клапан запорный КЗ.1, предназначенный для открывания и запираания потока на анализ, клапан регулирующий КР.1 для регулирования потока через кран-дозатор Кр-Д1. По ловушке-индикатору можно визуальнo контролировать количество смеси, проходящей через кран-дозатор Кр-Д1-6/2.

Технические характеристики к каталитической установке «САТАСОН» отражены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики каталитической установки «САТАСОН»

Наименование параметра	Особенности
Максимальное рабочее давление на установке, атм.	90
Тип реактора	проточный
Диапазон температур реактора, °С	50-700
Размер зерен катализатора, мм	0,5-2,0
Внутренний диаметр реактора, мм	12,0
Диапазон регулирования расходов по водороду, н.мл/мин	10-500
Диапазон регулирования расходов по жидкости, н.мл/мин	0,01-9,99
Напряжение питания, В	220

Основным технологическим узлом установки является реактор с печью. В данной установке используется специальный реактор проточного типа, позволяющий работать в условиях повышенных давлений, с навесками катализатора до 5,0 см³.

Верхний участок корпуса реактора (90 мм) используется для предварительного нагрева, испарения и подготовки исходной реакционной смеси. Для лучшей теплопередачи от стенки реактора к сырью в испарителе

сделаны специальные каналы, увеличивающие поверхность теплообмена для испарения, подогрева и смешения исходных реагентов. В средней зоне реактора размещается катализатор, разбавленный толченым кварцем.

Загрузка катализатора осуществляется через верхний фланец реактора, выгрузка – через нижний фланец (рисунок 2.9).

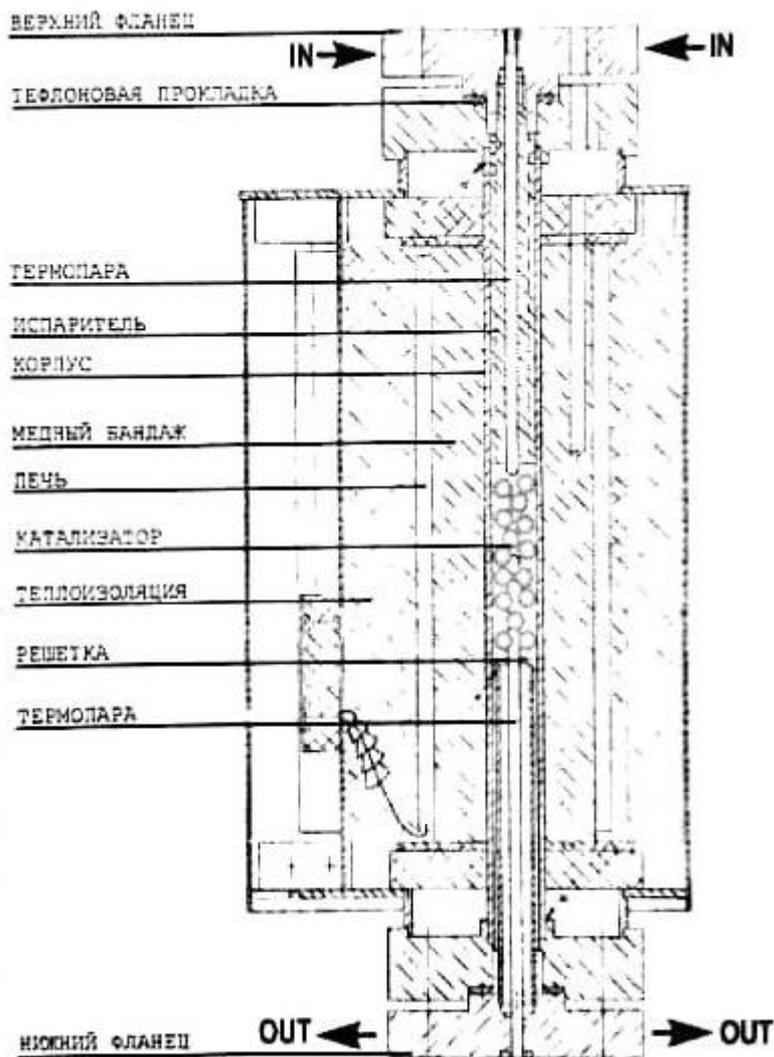


Рисунок 2.9 – Схема проточного реактора каталитической установки «CATACON»

2.4.2 Реализация процесса «Цеоформинг» на лабораторной каталитической установке

В ходе работы был реализован процесс «Цеоформинг» с использованием стабильного газового конденсата в качестве сырья. Для этого в лабораторную каталитическую установку был загружен катализатор марки КН-30, объемом

10 см³. На этапе предварительной подготовки катализатор был подвергнут измельчению в ступке и просеян через сита для отбора частиц размером 0,5-1 мм.

После этапа измельчения до нужного размера «свежий» катализатор загрузили в реактор проточного типа. Следующим подготовительным этапом является его активация. Активация катализатора необходима для удаления из последнего адсорбированной влаги и органических веществ с поверхности.

В ходе активации, катализатор КН-30 был подвергнут прокаливанию в течении 5 часов при температуре 500 °С в токе азотовоздушной смеси. Испытание проводили при технологических параметрах, отраженных в таблице 2.2 с использованием образца стабильного газового конденсата №1, в качестве сырья. Расход сырья составил 0,33 мл/мин.

Таблица 2.2 – Технологические параметры реализации процесса «Цеоформинг» на лабораторной каталитической установке

Испытание	Температура, °С	Давление, МПа
1	375	1
2	400	
3	425	

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Стремительный рост количества автомобилей в последние годы создает все большую потребность в топливе для них, тем самым, вынуждая производителей искать новые источники сырья. Наиболее популярным автомобильным топливом в России является бензин.

Одним из перспективных компонентов использования, которого возможно при производстве автомобильного бензина является стабильный газовый конденсат, получаемый в качестве побочного продукта при добыче нефти.

Цель исследования установить возможность использования газового конденсата при производстве автомобильных бензинов.

Исследование имеет достаточно высокий коммерческий потенциал и является ресурсосберегающей технологией. Использование газового конденсата при производстве автомобильных бензинов увеличивает сырьевую базу производства и позволяет эффективно утилизировать газовый конденсат.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности научно–исследовательского проекта.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Сегментирование рынка приведено на рисунке 5.1.

Сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка: нефтеперерабатывающие заводы различной мощности.

Размер компании	Компоненты бензина					
	Риформат	Изомеризат	Алкилат	Катализат	Прямогонный бензин	Стабильный газовый конденсат
Крупные НПЗ						
Средние НПЗ						
Мелкие НПЗ						

Рисунок 5.1 – Карта сегментирования рынка

5.2 Диаграмма Исикава

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. Диаграмма Исикавы для данной работы представлена на рисунке 5.2.

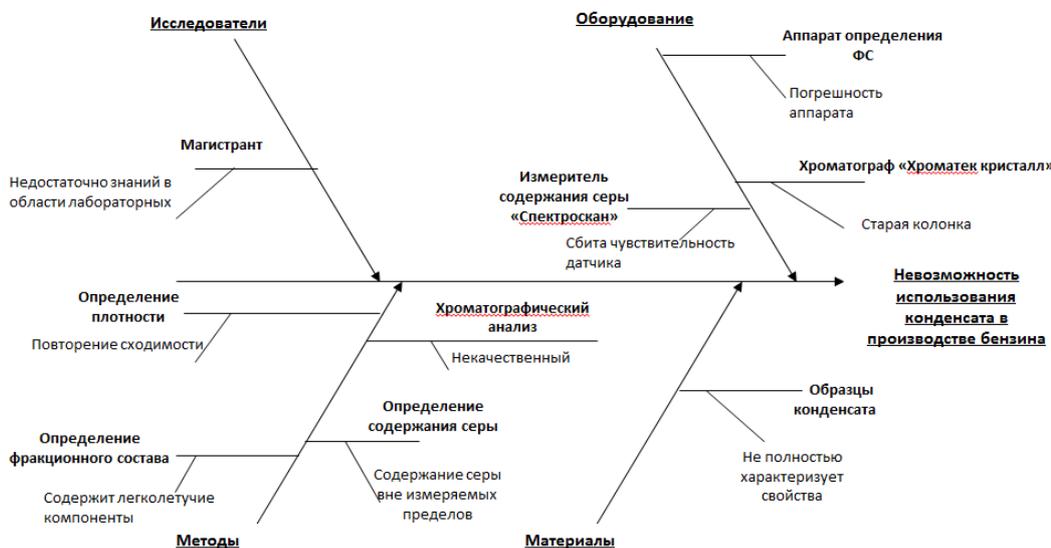


Рисунок 5.2 – Диаграмма Исикава

5.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

В данном разделе была оценена степень готовности научной разработки к коммерциализации и определен уровень собственных знаний для ее

проведения. Для этого была составлена таблица, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. (таблица 5.1)

Таблица 5.1 – 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	3
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	2
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11	Проработаны вопросы сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	3
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	4

13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	51	47

Суммарное значение баллов данной таблицы позволяет говорить о готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации выше среднего.

5.4 Инициализация проекта

Для определения нового проекта необходимо составление Устава проекта. В рамках магистерской работы в уставе проекта предполагается наличие таких критериев, как цели и результаты проекта, организационная структура проекта, ограничения и допущения проекта (таблицы 5.2-5.4).

Таблица 5.2 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
Научное объединение направления (студенты, магистранты, аспиранты, преподаватели)	Освоение принципиально новой (для научной группы) области исследования; Коммерческое продвижение проекта; Развитие и укрепление связей с отраслью промышленности (производственные компании, заводы) в области совместных научных разработок.
Представители промышленности (компании, заводы)	Получение проекта, способствующего оптимизации, энерго- и ресурсосбережению действующего производства; Развитие и укрепление связей с научным объединением (университет) в области совместных научных разработок.

Университет, к которому относится научное объединение	Продвижение статуса учебного заведения, повышение научного престижа.
Научные объединения сторонние (конкурирующие)	Опасения в связи с появлением конкурентоспособного проекта.

Таблица 5.3 – Цели и результаты проекта

Цели проекта	Установить, свойства стабильного газового конденсата; Разработать рецептуры приготовления бензинов с использованием стабильного газового конденсата.
Ожидаемые результаты проекта	Экспериментально обоснованное заключение о возможности применения стабильного газового конденсата при производстве автомобильных бензинов; Разработка рецептур приготовления бензинов различных марок с использованием стабильного газового конденсата.
Критерии приемки результата проекта	Адекватность относительно действующего промышленного процесса; Универсальность.
Требование к результату проекта	Максимальное соответствие критериям приемки результата проекта

Таблица 5.4 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функция	Трудозатраты, час.(за 1 год)
1	Киргина М.В. Доцент ОХИ ИШПР	Руководитель проекта	Координирование проекта, консультирование	50
2	Алтынов А.А. магистрант ОХИ ИШПР	Исполнитель по проекту	Сбор и анализ литературных данных, выполнение научной работы	648
3	Криницина З. В.доцент, НИ ТПУ	Эксперт проекта	консультирование	2
4	Авдеева И.И. доцент, НИ ТПУ	Эксперт проекта	консультирование	2
5	Сыскина А. А. доцент, НИ ТПУ	Эксперт проекта	консультирование	2

Таблица 5.5 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	167817, руб
Источник финансирования	ТПУ
Сроки проекта:	01.09.2017–31.05.2018
Дата утверждения плана управления проектом	01.09.2017
Дата завершения проекта	31.05.2018

5.5 Планирование управления научно-техническим проектом

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ.

5.5.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта был построен календарный график проекта в виде таблицы (таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Календарный график проекта

Название	Период дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
Литературный обзор по теме проекта	91	01.09.17	30.11.17	Алтынов А.А.
Постановка цели и задач	10	01.12.17	10.12.17	Алтынов А.А. Киргина М.В.
Разработка плана экспериментальных работ	20	11.12.17	31.01.18	Алтынов А.А. Киргина М.В.
Подбор оборудования и методов исследования	20	01.01.18	21.01.18	Алтынов А.А.
Проведение лабораторных испытаний	30	21.01.18	21.02.18	Алтынов А.А.
Разработка рецептур производства автомобильных бензинов	40	22.02.18	31.03.18	Алтынов А.А. Киргина М.В.

Обсуждение результатов. Доработка экспериментальной части ВКР	30	01.04.18	30.04.18	Алтынов А.А. Киргина М.В.
Оформление ВКР	31	01.05.18	31.05.18	Алтынов А.А.

Так же была построена диаграмма Ганта для реализуемого проекта (Рисунок 6.3). Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы с разбивкой по месяцам и декадам за период времени выполнения научного проекта. Выполняемые работы на диаграмме Ганта выделяются различными цветами в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. В нашем случае работы выполняемые исполнителем (магистрантом) обозначены черным цветом, а работы, выполняемые руководителем (научный руководитель) обозначены серым цветом.

Наименование работы	Участники	Длительность работы в календарных днях	Наращение технической готовности	Удельный вес каждой работы	Продолжительность выполнения работ декады																											
					Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май			
					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Литературный обзор по теме проекта	Исполнит.	91	15	15	■																											
Постановка цели и задач	Руковод.	10	20	5																												
	Исполнит.	10																														
Разработка плана экспериментальных работ	Руковод.	20	25	5																												
	Исполнит.	20																														
Подбор оборудования и методов исследования	Исполнит.	20	35	10																												
Проведение лабораторных испытаний	Исполнит.	30	45	25																												
Разработка рецептур производства автомобильных бензинов	Руковод.	10	70	20																												
	Исполнит.	40																														
Обсуждение результатов. Доработка экспериментальной части ВКР	Руковод.	10	90	10																												
	Исполнит.	30																														
Оформление ВКР	Исполнит.	31	100	10																												

Рисунок 5.3 – Диаграмма Ганта

5.6 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 должны быть сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды и накладные расходы.

5.6.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по теме проводимого исследования. Расчет стоимости материальных затрат производился по действующим прейскурантам и ценам с учетом НДС.

Результаты расчета затрат на сырье, материалы и покупные изделия в процессе проведения НИР представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Пикнометры	3 шт.	520	1560
Спирт этиловый	1 л	370	370
Пипетки, градуированные на 1 см ³	5 шт.	75	350
Стаканы на 25, 50, 100 см ³	5 шт.	50	250
Стеклянные палочки	10 шт.	5	50
Стеклянные воронки	5 шт.	50	250
Бутылки полиэтиленовые объемом 0,5 литра	10 шт.	10	100

Колбы КРН	4 шт.	400	1600
Перчатки	1 уп.	250	250
Шприцы	50 шт.	10	500
Всего за материалы:			5280
Транспортно-заготовительные расходы (5%)			264
Итого по статье:			5544

5.6.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включены все затраты, связанные с использованием специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме исследования. В нашем случае, стоимость оборудования, используемого при выполнении научного проекта, учитывается в виде амортизационных отчислений, так как все необходимое оборудование уже имеется в организации. Результаты расчета амортизационных отчислений приведены в Таблице 6.8.

Таблица 5.8 – Расчет затрат по статье «Специальное оборудование для научных работ»

№, п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования шт.	Стоимость используемого оборудования, руб.	Период службы, год	Срок применения, дн.	Амортизация оборудования, руб.
1	Дистиллятор для приготовления воды очищенной ЧЗБТ	1	35000	10	10	96
2	Сушильный шкаф ШС 80 01 СПУ	1	18700	10	20	102
3	Хроматограф "Хроматэк-Кристалл-5000"	1	825300	5	3	1357

4	Аппарат для разгонки нефтепродуктов автоматический	1	374000	5	5	1025
5	Термостат жидкостный	1	143000	7	5	280
6	Аппарат для определения содержания серы спектроскан-S	1	1180000	5	1	647
Итого по статье						3506

5.6.3 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников 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.

Таблица 5.9 – Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб/день.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Литературный обзор по теме проекта	Исполнитель	91	61,8	16933,2
2	Постановка цели и задач	Исполнитель	10		

Продолжение таблицы 5.9

3	Разработка плана экспериментальных работ	Исполнитель	20	61,8	16933,2
4	Подбор лабораторной посуды и оборудования	Исполнитель	20		
5	Проведение лабораторных испытаний	Исполнитель	30		
6	Разработка рецептур производства автомобильных бензинов	Исполнитель	40		
7	Обсуждение результатов. Доработка экспериментальной части ВКР	Исполнитель	31		
8	Оформление ВКР	Исполнитель	31	876,7	54355,4
9	Постановка цели и задач	Руководитель	10		
10	Разработка плана экспериментальных работ	Руководитель	20		
11	Разработка рецептур производства автомобильных бензинов	Руководитель	21		
12	Обсуждение результатов. Доработка экспериментальной части ВКР	Руководитель	10		
Итого:				71288,6	

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (5.1)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (5.2)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно–техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (5.3)$$

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.

Таблица 5.10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	273	273
Количество нерабочих дней при шестидневной рабочей неделе (выходные дни + праздничные дни)	52	52
Потери рабочего времени –отпуск –невыходы по болезни	0	0
Действительный фонд рабочего времени	221	221

За период с сентября 2017 по май 2018 количество дней: $30+31+30+31+31+28+31+30+31=273$. Согласно производственным календарям за 2017 и 2018 годы при шестидневной рабочей неделе количество выходных и праздничных дней: $4+5+5+5+11+5+5+5+7=52$. Таким образом, действительный фонд рабочего времени составляет 221 день.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (5.4)$$

где Z_6 – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_6);

$k_д$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_р$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 5.11 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_6 , руб	$K_{пр}$	$K_д$	$K_р$	$Z_м$, руб	$Z_дн$, раб.дн	$T_р$, раб.дн	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	26300	0,3	0,5	0,3	55230	876,7	62	54355,4
Исполнитель	1854	0	0	0,3	2410	61,8	273	16871,4

5.6.4 Дополнительная заработная плата научно–производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (5.5)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 5.12 приведена форма расчёта дополнительной заработной платы.

Таблица 5.12 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная, руб	54355,4	16871,4
Дополнительная, руб	5435,5	–
Итого по статье $C_{зп}$, руб	76662	

5.6.5 Отчисления на социальные нужды и накладные расходы

Статья отчисления на социальные нужды включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (5.6)$$

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

Отчисления на социальные нужды составляет 27,1 % от суммы заработной платы всех сотрудников.

В статью накладные расходы включены затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (5.7)$$

где $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Результаты расчета затрат на проведение исследования сведем в таблицу 5.13.

Таблица 5.13 – Смета затрат на выполнение научно–исследовательской работы

Статьи затрат	Затраты, руб
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	5544
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	3506
Заработная плата	76662
Отчисления на социальные нужды и накладные расходы	82105
Итого	167817

5.7 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур проектов: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры используем таблицу .14.

Таблица 5.14 – Виды организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

Выполнение данного исследования можно представить в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура представлена на рисунке 5.4.



Рисунок 5.4 – Проектная организационная структура проекта

5.8 Матрица ответственности

С целью распределения ответственности между участниками проекта сформирована матрица ответственности таблица 5.15.

Таблица 5.15 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель	Исполнитель
Литературный обзор по теме проекта	С	О
Постановка цели и задач	О	С

Разработка плана экспериментальных работ	У	И
Подбор лабораторной посуды и оборудования	С	О
Проведение лабораторных испытаний	У	И
Разработка рецептур приготовления бензинов	У	И
Обсуждение результатов. Доработка экспериментальной части ВКР	О	У
Оформление ВКР	С	О

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

5.9 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

5.9.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально–экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более)

вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} \quad (5.8)$$

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).

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

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a \quad (5.9)$$

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (5.10)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя приведен ниже.

Таблица 5.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
Качество получаемого продукта	0,2	4	4	5
Утилизация конденсата	0,3	5	1	1
Себестоимость производимого продукта	0,3	5	4	3
Энергосбережение	0,2	5	3	4
Итого	1	14	8	10

$$I_{mt} = 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,8$$

$$I_{A1} = 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 1 + 0,3 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 2,9$$

$$I_{A2} = 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 1 + 0,3 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 = 3,0$$

Аналог 1 – это производство бензина на небольших нефтеперерабатывающих заводах.

Аналог 2 – это производство бензина на крупных нефтехимических предприятиях.

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

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} \quad (5.11)$$

$$I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad (5.12)$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (5.13)$$

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

Таблица 5.17 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	1	0,92
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	2,9	3
3	Интегральный показатель эффективности	5,5	2,9	3,3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	X	1,90	1,69

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Таким образом, видно, что использование стабильного газового конденсата при производстве автомобильных бензинов позволяет понизить себестоимость продукта без существенных потерь качества, а также эффективно утилизировать газовый конденсат.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность – это уровень добровольного отклика на социальные потребности работников, лежащие вне определяемых законом или регулируемыми органами требований, это действия, предпринимаемые во благо общества добровольно.

Для обеспечения соблюдения требований охраны труда на предприятии существуют контролирующие органы власти, в качестве которых выступают Правительство РФ и уполномоченные исполнительные органы на местах, а также Федеральная служба по труду и Государственные инспекции труда.

В целях выявления вредных и опасных производственных факторов, и осуществления мероприятий по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда и в соответствии со ст. 209 ТК РФ проводится аттестация рабочих мест по условиям труда.

Объектом исследования данной работы стал стабильный газовый конденсат.

Цель работы – определение возможности применения стабильного газового конденсата в качестве компонента автомобильных бензинов.

6.1 Производственная безопасность

6.1.1 Анализ выявленных вредных факторов, которые может вызвать объект исследования

Человек подвергается воздействию опасностей в своей трудовой деятельности, которая осуществляется в пространстве, называемом производственной средой.

В производственной среде объективно складываются вредные и опасные факторы, негативно воздействующие на человека в процессе его жизнедеятельности.

6.1.2 Описание рабочего места

Рабочим местом является химическая лаборатория инженерной школы природных ресурсов отделения химической инженерии. Лаборатория обеспечена вентиляцией, водоснабжением и канализацией. Полы выполнены из негорючей и не впитывающей жидкости плитки. Столы имеют гладкие поверхности из материалов, мало сорбирующих вредные вещества, и легко поддаются очистке. Работа с вредными и легколетучими веществами производится в вытяжных шкафах, обеспечивающих изоляцию работающих от опасной среды. Помещение хорошо освещено в светлое время суток, а при недостатке освещения используется искусственное освещение.

В условиях химических лабораторий в задачи производственной санитарии входит предупреждение профессиональных отравлений, предотвращение воздействия на работающих ядовитых и раздражающих веществ, производственной пыли, шума и других вредных факторов, определение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе производственных помещений, система вентиляции и отопления, рационального освещения и т.п.

Согласно отраслевым нормам [30] работник химической лаборатории обеспечивается специальной одеждой, средствами индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), защитными перчатками и защитными очками.

6.1.3 Характеристика вредных факторов

6.1.3.1 Вредные вещества

Вредные вещества в организм человека проникают через дыхательные пути (основной путь), а также через кожу, с пищей, если человек принимает ее, находясь на рабочем месте. Поскольку вредные вещества оказывают негативное (токсическое) действие на организм человека, то их воздействие является опасным или вредным производственным фактором.

В результате воздействия этих веществ у человека возникает отравление – болезненное состояние, тяжесть которого зависит от продолжительности воздействия, концентрации и вида вредного вещества.

Контакт с стабильным газовым конденсатом (СГК) оказывает воздействие на центральную нервную систему, вызывает раздражение кожного покрова, слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей [31].

В Таблице 6.1 отражены вредные вещества, применяемые в лабораторных условиях, класс опасности, ПДК и их воздействием на организм.

Таблица 6.1 – Вредные вещества и их характеристика

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Воздействие на организм
Соляная кислота	5	2	Туман соляной кислоты раздражает верхние дыхательные пути и слизистые оболочки глаз. При попадании на кожу – вызывает ожоги.
Едкий натр	0,5	2	При попадании на кожу и слизистые оболочки, особенно глаза, вызывает тяжелые химические ожоги и хронические заболевания кожных покровов. Особенно опасно попадание в глаза.
Спирт этиловый	1000	4	При остром отравлении этиловым спиртом отмечается рвота, замедление дыхания и сердечных сокращений, потеря сознания.
СГК	300	2	При длительном вдыхании паров СГК наблюдается наркотический эффект с последующей рвотой и потерей сознания. При длительном контакте СГК с кожным покровом возможно обморожение.

Поэтому при работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования по технике безопасности согласно [32]:

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

2. Приступая к работе, сотрудники осматривают и приводят в порядок свое рабочее место, освобождая его от ненужных для работы предметов.
3. Перед работой проверяют исправность оборудования, рубильников, наличие заземления и пр.
4. Работа с едкими и ядовитыми веществами, а также с органическими растворителями работники лаборатории проводят только в вытяжных шкафах.
5. При работе с пипетками используются резиновые груши или другие устройства.
6. Для определения запаха химических веществ, пары или газы лаборанты направляют к себе движением руки.
7. Работы, при которых возможно повышение давления, перегрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов, выполняются в вытяжных шкафах. При этом работающий надевает защитные очки (маску), перчатки и фартук.
8. При работах в вытяжном шкафу створки шкафа поднимают на высоту не более 20-30 см так, чтобы в шкафу находились только руки, а наблюдение за ходом процесса проводится через стекла шкафа.
9. При работе с химическими реактивами работник обязательно включает и выключает вытяжную вентиляцию не менее чем за 30 минут до начала, и после окончания работ.
10. Смешивание или разбавление химических веществ, сопровождающееся выделением тепла, поэтому данные работы проводятся в термостойкой или фарфоровой посуде.
11. При упаривании в стаканах растворов их тщательно перемешивают, так как нижний и верхний слои растворов имеют различную плотность, вследствие чего может произойти выбрасывание жидкости.
12. Рабочий проводя нагрев посуды из обычного стекла на открытом огне использует асбестированную сетку.
13. При нагревании жидкости в пробирке ее направляют отверстием в сторону от себя и от остальных сотрудников.

14. Ни при каких обстоятельствах работник не допускает нагревание жидкостей в колбах или приборах, не сообщающихся с атмосферой.

15. Каждый нагретый сосуд работник не закрывает притертой пробкой до тех пор, пока он не охладится до температуры окружающей среды.

6.1.3.2 Микроклимат на рабочем месте

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием микроклимата – климата внутренней среды этих помещений.

Санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны регламентируются [33].

В Таблице 6.2 отражены оптимальные параметры микроклимата рабочей зоны

Таблица 6.2 – Оптимальные параметры микроклимата

Сезон	Температура воздуха, t, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный (средне суточная температура меньше 10 °С)	22-24	60-40	0,1
Теплый (среднесуточная температура воздуха 10 °С и выше)	23-25	60-40	0,1

Микроклимат лаборатории обеспечивается при помощи приточной вытяжной вентиляции, и положением окон и дверей. В теплый период года сотрудники лаборатории используют вентиляторы для проветривания помещения, в холодный – центральное отопление для обогрева.

Кратность воздухообмена – отношение объема воздуха, подаваемого в помещение или удаляемого из него за 1 час, к объему помещения, – при сохранении комнатной температуры составляет 4 – 6 час⁻¹[34].

Основываясь на выше изложенном материале можно прийти к заключению, что рабочее место полностью соответствует нормам и правилам, описанным в нормативно технической документации.

6.1.3.3 Освещение на рабочем месте

Важное значение для создания благоприятных условий труда имеет рациональное освещение. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет проведение работ, ведет к снижению производительности труда и может явиться причиной несчастных случаев.

В компьютерных залах организовано естественное и искусственное освещение, согласно нормам [35-37]. Естественное освещение обеспечивается через оконные проемы с коэффициентом естественного освещения не ниже 1,2% в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5% на остальной территории.

Естественное освещение характеризуется изменяющейся освещенностью на рабочих местах в течение суток года, которое обуславливается световым климатом.

Нормирование естественного освещения сводится к нормированию коэффициента естественного освещения (КЕО) в соответствии с санитарными нормами и правилами. Величина КЕО при верхнем или комбинированном естественном освещении должна быть равна 4%, а при боковом – 1,5% [36].

Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим.

В лаборатории, где проводилось исследование, применяется комбинированная система освещения, то есть общее искусственное и местное освещение согласно [38].

Для обеспечения нормативных значений освещенности в помещении проводится чистка стекол оконных рам и светильников, а также производится замена перегоревших световых приборов.

6.1.3.4 Шумы на рабочем месте

Производственные процессы в химической лаборатории сопровождаются значительным шумом.

Воздействие шума длительное время приводит к снижению остроты слуха и зрения, повышению кровяного давления, утомлению центральной нервной системы, ослаблению внимания, увеличению количества ошибок в действиях рабочего, снижению производительности труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться причиной несчастного случая.

Для химической лаборатории характерны следующие виды шумов:

- механический шум (при трении, биении узлов и деталей машин делительных воронок, механической мешалки);
- аэрогидродинамический шум (возникает в аппаратах при больших скоростях движения газа или жидкости и при резких направлениях их движения и давления).
- Электродинамический шум – обусловлен действием электро- или магнитодинамических сил, электрической дуги или коронного разряда.

В качестве средств индивидуальной защиты для органов слуха от шума и вибрации в лаборатории применяют наушники, вкладыши, шлемы, костюмы.

Наушники понижают негативное воздействие в диапазоне от 7 до 38 дБ с частотой от 125 до 8 000 Гц.

Вкладыши закрывают слуховой проход. Этот вид дешев, компактен, применителен ко многим ситуациям, но не всегда результативен, т.к. снижает уровень негативного воздействия всего на 5 – 20 дБ.

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

В заключении раздела можно сделать вывод, что в лаборатории соблюдаются меры безопасности относительно рабочих шумов на рабочем месте.

6.1.3.5 Уровень электромагнитных полей (ЭМП) и мягкого рентгеновского излучения.

Одним из вредных факторов, влияющих на здоровье человека, является ЭМП. Превышении допустимых уровней ЭМП приводит к вредному воздействию на иммунную, эндокринную, нервную системы человека. Влиянию ЭМП подвержены кровеносная система, иммунная и половая системы, головной мозг, глаза.

Согласно [39] допустимые уровни ЭМП, создаваемых электронной техникой на рабочем месте пользователя представлены в Таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемые ЭВМ на рабочем месте

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5Гц – 2Гц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400к Гц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5Гц – 2Гц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электрического поля		15 В/м

Мощность экспозиционной дозы в соответствии с [40] мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии от экрана 0,05 м не превышает 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч), что соответствует нормативам.

Исходя из того, что полное исключение воздействия ЭМП электронной техники невозможно, можно максимально его снизить, путем рационального размещения рабочих мест.

6.1.4 Анализ выявленных опасных факторов на рабочем месте

6.1.4.1 Электробезопасность

Работа проводилась в химической лаборатории, где находится следующее электрооборудование: сушильные шкафы, муфельные печи, электрические плитки, термостаты. Это оборудование может вызвать опасность поражения электрическим током.

Электробезопасность установки обеспечивается в любых возможных нормальных и аварийных эксплуатационных ситуациях. Источниками электрической опасности являются:

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

Электробезопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц обеспечивается выполнением следующих мероприятий:

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

Согласно [41] для контроля предельно допустимых значений напряжений прикосновения и токов было измерено напряжения и токи в

местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека. Класс точности измерительных приборов не ниже 2,5.

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

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

Для снижения интенсивности возникновения зарядов статического электричества:

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

Во взрывоопасных производствах, где могут накапливаться заряды статического электричества, технологическое и транспортное оборудование изготовлено из материалов, имеющих удельное объемное электрическое сопротивление не выше 105 Ом·м.

Лаборатория, где проводилась научно исследовательская работа, 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.

6.1.4.2 Пожарная опасность

Лаборатория отделения химической инженерии относится к пониженной пожароопасности по степени пожароопасности – к категориям «Д» – производства, связанные с обращением с легковоспламеняющимися жидкостями, а также обработкой несгораемого материала согласно [42].

Взрывоопасная среда в лаборатории может образоваться вследствие пролива растворителей. Легковоспламеняющиеся жидкости нельзя нагревать на открытом огне, также держать вблизи открытого огня, поэтому жидкости нагревают на водяной бане. Огнеопасные вещества нельзя сливать в канализацию, слив производится в специальные сосуды.

При возникновении пожара необходимо принять все меры по его локализации и тушению. Для этого обеспечен проход между лабораторными столами, выходы не загромождены различными предметами. При возникновении возгорания все сотрудники должны действовать четко, в соответствии с заранее разработанной программой согласно инструкции.

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

1. огнетушитель углекислотный газовый типа ОУ – 5 для тушения всех видов горючих веществ и электроустановок, кроме веществ, горящих без доступа воздуха;
2. порошковый огнетушитель ОП-5, предназначенный для тушения небольших очагов возгорания щелочных металлов;
3. асбестовое одеяло, которое используется при тушении обесточенных электропроводов, горячей одежды;
4. ящик с песком для тушения обесточенных горящих на горизонтальной поверхности проводов.

Таким образом, лаборатория, где была выполнена данная дипломная работа, оснащена всеми противопожарными устройствами и соответствует требованиям пожарной безопасности [42].

6.2 Охрана окружающей среды

Химическая лаборатория не является особо опасным объектом воздействия на окружающую среду.

В данном случае существует несколько подходов к проблеме защиты окружающей среды:

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

6.2.1 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.

6.2.2 Воздействие на гидросферу

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. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию [43].

6.2.3 Воздействие на литосферу

Твердые отходы (люминесцентные лампы и макулатура), которые могут отрицательно влиять на литосферу собираются в специальные контейнеры, которые вывозятся автотранспортом на городской полигон для захоронения промышленных отходов. Данные операции проводятся специализированными и аттестованными компаниями, имеющими лицензию на данный вид деятельности.

Соблюдение всех правил безопасного ведения процесса в лаборатории позволяет избежать несчастных случаев и тяжелых последствий.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одним из важнейших факторов в безопасности жизнедеятельности людей является подготовленность к чрезвычайным ситуациям (ЧС).

Чрезвычайную ситуацию можно квалифицировать следующим образом:

- ЧС, связанная с авариями (пожары, взрывы, выброс вредных веществ в окружающую среду);
- ЧС, связанная со стихийными бедствиями (землетрясения, наводнения, ураганы, смерчи, снежные бури, заносы, оползни, обвалы, эпидемии, лесные и торфяные пожары);
- ЧС конфликтного характера (вооруженное нападение, волнения в отдельных районах, вызванные выступлениями экстремистских групп, применения оружия массового поражения).

Аварийное состояние на установках может быть вызвано следующими причинами:

- прекращение подачи электроэнергии;
- прекращение подачи охлаждающей воды;
- аварией на соседней установке;
- нарушения в системах канализации и сброса оборотной воды;
- пожар на установке;

- неисправность блока бесперебойного питания.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией в лаборатории является разлив нефтепродукта и его компонентов и, как следствие, пожар. Мероприятия, проводимые во время чрезвычайных ситуаций, представляют собой проведение спасательных работ и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге поражения. Данные мероприятия проводятся на основании положения комплекса государственных стандартов по предупреждению и ликвидации чрезвычайной ситуации и определены в [44]. Технические и организационные меры по предотвращению пожара или взрыва и противопожарной защите осуществляются в соответствии с [45] и [46].

Для предотвращения пожара сотрудник лаборатории должен выполнять следующие действия:

- вызвать пожарную часть, объяснив место очага возгорания;
- нажать ручной пожарный извещатель;
- в случае невозможности потушить возгорание собственными силами (большая площадь возгорания) покинуть лабораторию.

Стихийными бедствиями, характерными для Томской области, могут быть наводнения, провалы грунта и снежные заносы.

Во время военных конфликтов приводятся в боевую готовность формирования гражданской обороны. При угрозе нападения по радиотрансляционной сети передают сигналы «Воздушная тревога», «Отбой воздушной тревоги», «Радиационная опасность» и «Химическая тревога».

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В целях сохранения и повышения работоспособности, ускорения адаптации к действию неблагоприятных условий труда, профилактики заболеваний работающим в контакте с химическими веществами, 2 раза в год проводят витаминизацию.

В соответствии с [47] проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на работах с вредными веществами.

В соответствии с [48] и [49] каждому работнику лаборатории выдаются средства индивидуальной защиты и смывающие вещества в соответствии с нормами выдачи на 1 работника в месяц. Для исключения возможности несчастных случаев должны проводиться обучение и проверка знаний работников требований безопасности труда в соответствии с [50].

Вывод:

Таким образом, можно заключить, что лаборатория отделения химической инженерии в полном объеме соответствует требованиям, предъявляемым в области пожарной и производственной безопасности.

Рабочее место, где проводились работы при написании магистерской диссертации, отвечает всем требованиям, предъявляемым к нормам освещения, шума и микроклимата.

Так же важно отметить, что при надлежащем обращении с отходами и правильной их утилизации объект исследования и деятельность лаборатории не представляют опасности для экологии.

Список публикаций студента

№	Наименование работы, ее вид	Характер работы	Выходные данные	Объем, стр.	Соавторы
Научные работы всего: 17					
Статьи, в рецензируемом журнале из перечня ВАК: 1					
1	«Разработка расчетных методов определения эксплуатационных характеристик и низкотемпературных свойств дизельных топлив»	Печатная	Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2018 – №. 2. – С. 8-20	14	И.А. Богданов, М.В. Киргина
Статьи в изданиях рецензируемых базами данных SCOPUS, Web of Science: 1					
1	«Determination of operational characteristics of diesel fuel: A study on computational methods»	Печатная	11th International Forum on Strategic Technology (IFOST – 2016): Proceedings: in 2 vol., Novosibirsk, June 1-3, 2016. – Novosibirsk: NSTU, 2016 – Vol. 2 – pp. 615-618	4	I.A. Bogdanov, M.V. Kirgina, B.V. Sakhnevich
Доклады и тезисы докладов, опубликованные в материалах российской, международной (всероссийской) конференции: 18					
1	Методика расчета низкотемпературных свойств дизельных фракций	Печатная	Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 Апреля 2016. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016 – Т. 2 – С. 452-453	2	И.А. Богданов
2	Quality monitoring of diesel fuel available at filling stations of Tomsk city	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулева, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, Томск, 17-20 Мая 2016. – Томск: ТПУ, 2016 – С. 495-496	2	I.A. Bogdanov
3	Обзор расчетных способов определения низкотемпературных свойств дизельных топлив	Печатная	Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 7-11 Ноября 2016. – Томск: ТПУ, 2017 – Т. 1 – С. 138-139	2	И.А. Богданов, М.В. Киргина
4	Определение низкотемпературных свойств дизельных топлив с использованием методов математического моделирования	Печатная	Научная сессия ТУСУР-2017: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 55-летию	3	И.А. Богданов, М.В. Киргина

			ТУСУРа. В 8 частях, Томск, 10-12 Мая 2017. – Томск: В-Спектр, 2017 – Т. 4 – С. 123-125		
5	Software for control and planning the production of diesel fuels	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, Томск, 29 Мая-1 Июня 2017. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017 – С. 428-429	2	I.A. Bogdanov, M.V. Kirgina
6	Разработка программного комплекса для сопровождения и планирования производства дизельных топлив	Печатная	Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина, Томск, 3-7 Апреля 2017. – Томск: ТПУ, 2017 – Т. 2 – С. 292-293	2	И.А. Богданов, М.В. Киргина
7	Программный комплекс для сопровождения и планирования производства дизельных топлив «DIESEL+»	Печатная	XVII Сатпаевские чтения: материалы Международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников, Павлодар, 12-13 Апреля 2017. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2017 – Т. 19 – С. 241-244	4	И.А. Богданов, М.В. Киргина
8	Разработка расчетных методов определения температуры застывания и цетанового индекса смесевых дизельных топлив	Печатная	XXVII Менделеевская конференция молодых ученых: сборник тезисов, Уфа, 23-28 Апреля 2017. – Уфа: «Издательство «Диалог», 2017 – С. 69	1	И.А. Богданов
9	Методика расчета цетанового индекса смесевых дизельных топлив с учетом возникающей неаддитивности	Печатная	V научные чтения, посвященные памяти академика А.Е.Фаворского: сборник тезисов докладов школы-конференции молодых учёных с международным участием, Иркутск, 20-24 Февраля 2017. – Иркутск: ИИХ СО РАН, 2017 – С. 118	1	И.А. Богданов, М.В. Киргина
10	Расчетные способы определения предельной температуры фильтруемости дизельных топлив	Печатная	Переработка углеводородного сырья. Комплексные решения (Левинтерские чтения): материалы Всероссийской научной конференции, Самара, 3-5 Ноября 2016. – Самара: СамГТУ, 2016 – С. 13-14	2	И.А. Богданов, М.В. Киргина
11	Методика расчета цетановых индексов смесевых дизельных топлив	Печатная	Переработка углеводородного сырья. Комплексные решения (Левинтерские чтения): материалы Всероссийской научной конференции, Самара, 3-5 Ноября 2016. – Самара: СамГТУ, 2016 – С. 13-14	2	И.А. Богданов, М.В. Киргина

12	Исследование возможностей использования стабильного газового конденсата в качестве сырья процесса цеоформинга	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Мая 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 340-341	2	И.А. Богданов, М.В. Киргина
13	Investigation of the composition and properties of straight-run diesel fuels	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Мая 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 480-481	2	И.А. Богданов
14	Stable gas condensate as raw material of the zeoforming process: possibilities of use	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Мая 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 469-470	2	И.А. Богданов
15	Использование стабильного газового конденсата при производстве автомобильных бензинов	Печатная	XVIII Сатпаевские чтения: материалы Международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников, Павлодар, 11 Апреля 2018. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 – Т. 17 – С. 190-194	5	И.А. Богданов, М.В. Киргина

Список использованных источников

1. Пименов Г.Г. Стабильный газовый конденсат – надежный поставщик доходов в бюджет РФ // Национальные экономики в условиях глобальных и локальных трансформаций. Сборник статей международной научно-практической конференции. – 2017. – с. 115-119.
2. Геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений / под ред. Л.М. Зорькина, Н.В. Лопатина. – Москва: Недра, 1980. – 300 с.
3. Газовый конденсат стабильный [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://lngas.ru/natural-gas-lng/gazovyj-kondensat-stabilnyj.html>, свободный. – Дата обращения 30.04.2018.
4. ГОСТ Р 54389-2011. Конденсат газовый стабильный. Технические условия. М.: Стандартинформ. – 2012 – 15 с.
5. Технология переработки природных энергоносителей: учебное пособие / А.К. Мановян. – Москва: Химия КолосС, 2004. – 455 с.
6. Бабаев Г.М. Некоторые результаты исследования работы судового дизеля при использовании газоконденсатных топлив // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Технологический центр. – 2015. – с. 40-43.
7. Шестерикова Р.Е., Шестерикова Е.А. Результаты изучения влияния технологических факторов на очистку газа от сероводорода газовым конденсатом на пилотной установке // Вестник Северо-Кавказского Федерального университета. – 2013. – №3 (36). – с. 85-92.
8. Иванова И.К. Подбор потенциально эффективных реагентов для удаления нефтяных отложений по результатам кинетического анализа процессов их растворения // Материалы XVII международной заочной научно-практической конференции. Технические науки – от теории к практике. – 2013. – с. 87-91.
9. Гильмутдинов А.Т., Нестеров И.Д. Энергосберегающая технология фракционирования малосернистого стабильного газового конденсата //

Нефтегазопереработка-2013: материалы междунар. науч.-практ. конф., 22 мая 2013 г. / ИНХП РБ; УГНТУ. – Уфа. – 2013. – с. 34-35.

10. Костенко А.В., Голубенко М.М., Эстрин С.О. Получение моторных топлив из газоконденсата // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование. – 2017. – с. 12-14.

11. Гончаренко М.В., Носенко В.Н. Исследование схем работы установки первичной переработки стабильного газового конденсата // Сборник статей V Региональной конференции магистрантов, аспирантов и молодых ученых по физике, математике и химии. ОмГУ им. Ф.М. Достоевского. – 2017. – с. 1591-1595.

12. Парфёнова Н.М., Григорьев Е.Б., Косякова Л.С., Шафиев И.М. Углеводородное сырье Южно-Киринского месторождения: газ, конденсат, нефть // ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ». – 2016. – с. 133-144.

13. Инжиниринговая компания «ХИММАШ-АППАРАТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://him-apparat.ru/ceoforming/>, свободный. – Дата обращения 02.05.2018.

14. ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия». М.: Стандартинформ, 2014 – 16 с.

15. 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 – 21 с.

16. Российская Академия Естествознания [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://www.scienceforum.ru/2014/766/1486>, свободный. – Дата обращения 02.05.2018.

17. Степанов В.Г., Ионе К.Г. Производство моторных топлив из прямогонных фракций нефти и газовых конденсатов с применением процесса «Цеоформинг»// Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – №6. – с. 809-822.

18. ПАО «НЗХК» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: https://www.nccp.ru/products/zeolite_catalysts, свободный. – Дата обращения 02.05.2018.
19. Величкина Л.М. Отечественные технологии безводородной переработки низкооктановых бензиновых фракций на цеолитсодержащих катализаторах // Химическая технология. – 2008. – №4. – с. 1580-165.
20. Библиотека диссертаций [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.dslib.net>, свободный. – Дата обращения 02.05.2018.
21. Научная электронная библиотека disserCat [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.dissercat.com>, – Дата обращения 02.05.2018.
22. Ерофеев В.И., Хомяков И.С. Конверсия прямогонных бензинов в высокооктановые бензины на цеолитах типа ZSM-5, модифицированных гетерополисоединениями Мо // Успехи современного естествознания. – 2015. – №1 – с. 1364-1368.
23. Токарев Ю.И., Андреев Р.В. Малотоннажное производство нефтепродуктов для отдаленных нефтегазовых регионов РФ // ООО «Русские нефтехимические технологии» Нефтепереработка. – 2015. – с. 46-47.
24. Машина В.В. Моделирование оптимального режима выделения товарного продукта процесса цеоформинга // VI Международная студенческая электронная научная конференция. «Студенческий научный форум». – 2014. – с. 1-9.
25. ГОСТ Р 51947-2002. Нефть и нефтепродукты. Определение серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии. М.: Стандартинформ, 2006 – 12 с.
26. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности. М.: Стандартинформ, 2006 – 28 с.
27. ГОСТ 2177-99. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава. М.: Стандартинформ, 2006 – 15 с.

28. ГОСТ Р 52714-2007. Бензины автомобильные. Определение индивидуального и группового углеводородного состава методом капиллярной газовой хроматографии. М.: Стандартинформ, 2007 – 22 с.

29. Технический регламент таможенного союза от 31 декабря 2012 г. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902307833/>, свободный. – Дата обращения: 26.05.2018.

30. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: Стандартинформ, 2007. – 10 с.

31. ГОСТ Р 54389-2011. Конденсат газовый стабильный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2012. – 22 с.

32. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения). Министерство природных ресурсов РФ. – М., 2003. – 12 с.

33. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Стандартинформ, 2008. – 37 с.

34. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.548-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 1 октября 1996 г., № 21. Москва.

35. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 6.04.2015 г)// СПС Консультант.

36. Естественное и искусственное освещение: санитарные нормы и правила СНиП 23-05-95 утверждены Постановлением Минстроя России от 2 августа 1995 г. № 18-78. Москва.

37. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий: санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03: утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 6 апреля 2003 г. Москва.

38. Безопасность Жизнедеятельности [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:http://www.bezzhd.ru/63_sozdanie_blagopriyatnyh_uslovij_truda/proizvodstvennoe_osveschenie., свободный. – Дата обращения 28.04.2018.

39. ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 8 с.

40. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03: утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 13 июня 2003 г. № 118 г. Москва.

41. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. – М.: Стандартинформ, 2008. – 20 с.

42. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/.](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/), свободный. – Дата обращения: 28.04.2018.

43. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ГН 2.1.5.2280-07 RU. – Изд. офиц. – ГН 2.1.5.2280-07 введены впервые с 15.12.2007. – Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. – 11 с.: ил. – 2.1.5.

44. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 11 с.

45. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности инструмента [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/.](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/), свободный. – Дата обращения: 28.04.2018.

46. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 7 с.

47. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.rg.ru/2011/10/28/medosmotr-dok.html>., свободный. – Дата обращения: 28.04.2018.

48. Технический регламент от 24 декабря 2009 г. О безопасности средств индивидуальной защиты [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.rg.ru/2010/03/30/tehreg-site-dok.html>., свободный. – Дата обращения: 28.04.2018.

49. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130472/., свободный. – Дата обращения: 28.04.2018.

50. ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.

Приложение А

Stable gas condensate and its application

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Алтынов Андрей Андреевич		

Руководитель ВКР _____

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Киргина Мария Владимировна	к.т.н.		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Сыскина Анна Александровна	к.фил.н.		

1 STABLE GAS CONDENSATE AND ITS APPLICATION

1.1 Stable gas condensate

Gas condensates are liquid hydrocarbon mixtures that are produced in gas condensate, gas and oil fields. The hydrocarbon composition of gas condensates varies within wide limits, depending on the location and conditions of extraction [1].

The gas condensate is produced from great depths - from 2 to 5 km [2]. In gas-bearing formations, at a huge pressure (up to 60 MPa) and high temperature, condensate is not physically present, it forms (condenses into a liquid) only when the mixture withdraws on the surface, and the temperature and pressure of the medium decrease substantially.

The gas-liquid substance withdrawn from the reservoir is unstable because it contains, in addition to gas:

- light hydrocarbons: methane, butane, propane, ethane;
- water-methanol liquid;
- stable condensate, which must be separated from other components.

By complex and multi-stage technological operations of product purification from gases, mechanical impurities, sulfur, chloride salts and water, a liquid (at normal pressure) condensate, transported for processing to petrochemical and fuel enterprises, is obtained. Density of gas condensate varies from 660 to 840 kg/m³.

Gas condensates are divided into two types:

1. Unstable gas condensate, which includes gaseous methane-butane fractions;
2. Stable gas condensate in the form of gasoline-kerosene fractions.

Unstable gas condensate is a product obtained as a result of condensation with increasing pressure and decreasing the temperature of hydrocarbon (natural, oil-and-gas) gas. Unstable gas condensate (UGC) contains in its composition the dissolved gases of the series C₁-C₄.

In order to deliver unstable gas condensate for processing, it is stabilized. UGK is stabilized as a rule using the rectification process. Also, stabilization of gas condensate is possible when it is kept at atmospheric pressure and elevated temperature to remove volatile fractions, however this method is less effective. The removal rate of volatile fractions is determined on the basis of the technical conditions for RVP (Reid vapor pressure) for tanks and storage facilities [3].

Stable gas condensate (SGC) is a gas condensate obtained by cleaning unstable gas condensate from impurities and separating hydrocarbons C1-C4 from it. In Russia, stable gas condensate is produced in accordance with USS R 54389-2011 “Stable gas condensate. Specifications” [4].

As opposed to traditional petroleum feedstock, stable gas condensate is characterized by a high content of light fractions (about 72-100% by weight), low sulfur content (for most SGC sulfur content <0.1 wt.%), also it is absolutely free from impurities of resinous compounds, ash and metal.

The determination of UGS properties, as well as of any oil product, has both theoretical and practical significance. The most important determinable characteristics of UGS are: density, viscosity, sulfur content, fractional composition, component composition, etc.

If speak about the processing of stable gas condensate it should be noted that the purified mixture consists of hydrocarbon molecules with the number of carbon atoms from 5 to 30. The condensate boiling point is from 150 to 320 °C.

The properties of gas condensate are determined by its fractional composition, which, in turn, depends on the type of deposit, depth of occurrence and other factors.

The main components of the condensate are a gasoline fraction with a boiling point of 30 to 200 °C, a kerosene fraction with a boiling point of 200 to 300 °C.

The main directions in the processing of gas condensate are the fuel production and feedstock for petrochemicals.

- Processing of stable gas condensate makes it possible to obtain:
- high-quality gasolines;

- diesel fuel;
- kerosene;
- rocket fuel;
- fuel oil;
- aromatic hydrocarbons;
- olefins and other monomers.

From hydrocarbon feedstock obtained from stable gas condensate, petrochemical plants produce plastics, synthetic fibers, rubbers and resins.

Today in Russia the problem of increase in the efficiency of SGC use is extremely actual including because there are more and more new developed gas condensate fields.

However, in practice there is less rational use of SGC, for example, it is mixed with commercial oil for increase in the yield of light oil products. So in work [5] it is said that at the special gas processing plants stable gas condensate is processed using technology similar to oil, but in the absence of such opportunity, gas condensates are pumped out to oil refineries, where they are processed in a mixture with oil.

It should be noted that this method of processing is not always effective, because adding gas condensate to oil can reduce the yield of distillates in comparison with the calculated value due to the aggregation of high-molecular compounds and strengthening the structurization of the system.

1.2 Overview the methods of using stable gas condensate

Due to its properties and composition, stable gas condensate is a lucrative feedstock in oil refining and petrochemical industry.

The authors of [6], having considered the basic physico-chemical properties of the gas condensate and its mixtures with furnace oil in a ratio of 15 wt. % and 85 wt. %, concluded that it could be used as a component of fuel for marine diesel engines. Also, the authors note that when the diesel engine is operating on fuels containing gas condensate, the temperature of the exhaust gases decreases compared

to operation on clean furnace oil, which indicates that under the conditions of a diesel engine, light gas condensate fuels favorably influence on the mixture processes formation and combustion of fuel.

The paper [7] describes how to test the gas condensate as an absorbent for commercial gas purification from hydrogen sulphide in order to increase the efficiency and ecological safety of the low-sulfur deposits development. According to the results of the work, it is established that the use of gas condensate as a hydrogen sulfide sorbent is possible under the following conditions: for gases with a hydrogen sulfide content of not more than 0.025% by volume, the liquid spray rate must be at least $1.5 \text{ m}^3/\text{m}^3$ of gas and to maintain the optimal regime of gas purification from hydrogen sulfide. The resident time of the gas with the absorbent should not exceed 11 seconds, and the resident time of the absorbent with the gas should not exceed 3 minutes.

In the paper [8], the possibility of using gas condensate as a solvent to solve the problem of removing oil deposits was investigated. The results of the kinetic analysis of oil deposits dissolution processes are described. The authors concluded that the gas condensate produced in the Yakutsk region on the Irelyakhskoye field is ineffective for use as a solvent for the removal of deposits from the surfaces of oilfield equipment during the autumn-winter period of well operation. This conclusion is justified by the fact that the saturated hydrocarbons dominate in the stable gas condensate, and the aromatic hydrocarbons are in residual amounts, which cause the low solubility of asphalt-resinous substances in the condensate and its light distillate, and makes their use not promising.

1.2.1 Use of stable gas condensate in the production of motor fuels

One of the most promising areas of using SGC is the production of motor fuels. The authors of the paper [9] as a result of laboratory studies of the low-sulfur gas condensates mixture of the Urengoy field could produce a gasoline fraction that can be used for production of gasolines or as a solvent for paraffin deposits in the treatment of oil wells. In addition, the authors also obtained a kerosene fraction that

in quality corresponds to Jet A-1 aviation fuel, and diesel fractions that can be used in the production of diesel fuels for the temperate climate.

The possibility of using a process unit for obtaining motor fuels from stable gas condensate is described in source [10]. In the authors' opinion, this process unit is the most promising for use in conditions in the Russian Federation northern regions. The technology of processing stable gas condensate considered in the work allows autonomously providing production equipment with cheap and high-quality motor fuels in conditions of remoteness of northern regions.

In the work [11], the authors study various schemes of process units for the primary processing of stable gas condensate in order to obtain commercial petroleum products (gasoline, kerosene, diesel fuel). To select a rational scheme stable gas condensate fractionation unit, the authors constructed various versions of computer models for fractionation schemes. The schemes are constructed in the Aspen HYSYS software environment with a capacity of 1.2 million tons per year. The constructed units not only meet the requirements of the current standards for determining the parameters of straight-run fractions, but also are more energy efficient than the basic production scheme.

The use of SGC as a component of gasoline is considered in [12]. Based on the results of the studies, the authors concluded that stable gas condensate IBP-120 °C can be used as a base component for the production of motor gasolines. This statement is supported by the octane number, which was 69.3-71.3 points by the motor method and 71.3-75.2 points by the research method and the practical absence of sulfur in SGC which amounted to 0.001% by weight, at a rate of no more than 0.05% wt.

1.2.2 The process of high-octane gasoline production “Zeoforming”

The “Zeoforming” process allows the production of high-octane unleaded gasolines from AI-80 to AI-95 brands, by catalytic processing of low-octane gasoline fractions of various origins on zeolite catalysts [13].

The basic technological scheme of the “Zeoforming” process is shown in Figure 1.1.

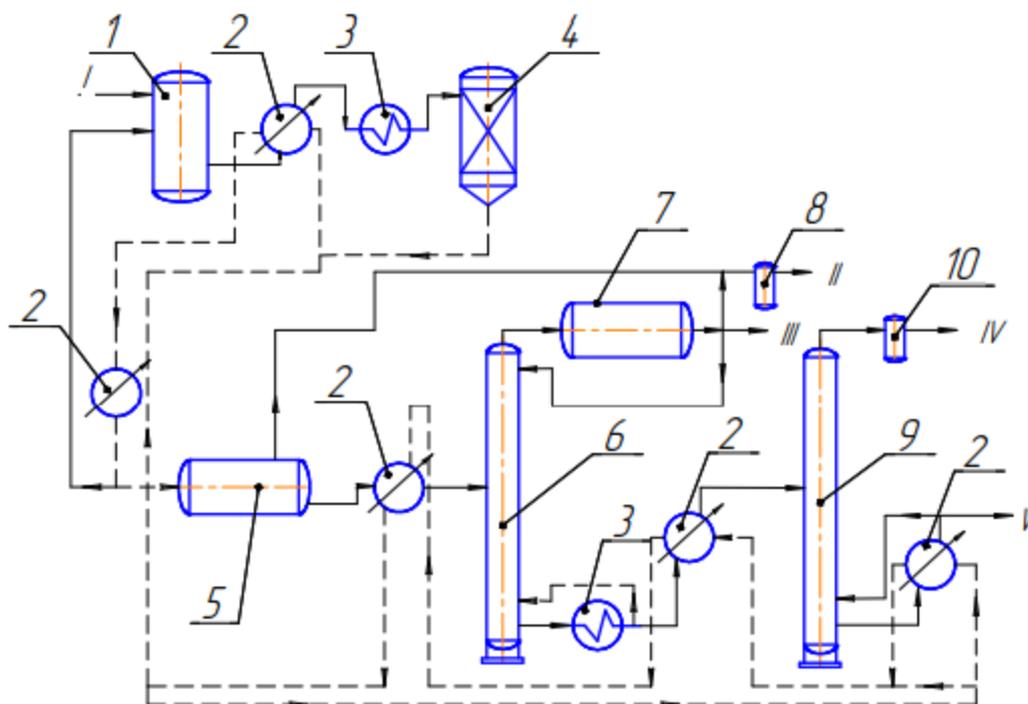


Figure 1.1 – The basic technological scheme of the “Zeoforming” process [16]:

- 1 – feedstock tank; 2 – recuperators system; 3 – furnace; 4 – reactors; 5 – separator;
- 6 – stabilisation column; 7 – condenser; 8 – hydrocarbon gas tank; 9 – distillation column;
- 10 – gasoline vapour reflux accumulator;
- I – straight-run gasoline fraction of oil (or gas condensate); II – hydrocarbon gas; III – liquefied gas; IV – gasoline; V – bottom product.

The process is designed for the implementation of small-tonnage production of motor fuels. On the same "Zeoforming" unit, it is possible to produce different gasoline brand from AI-80 to AI-95, which meet the requirements of USS 32513-2013 “Automotive fuels. Unleaded petrol. Specifications” [14] or USS R 51105-97 “Gasolines for combustion engines. Unleaded gasoline. Specifications” without the introduction of any additives and additional compounding. Also, this process is characterized by a relatively simple technological scheme and the equipment used, which entails low capital costs for construction. Simplicity of process technology and regulation of the behavior allows changing the type of finished products: brand, type

and class of gasoline. The main advantage of zeoforming unit is its autonomy action, since it is possible to use it in remote oil and gas condensate production areas.

On the unit of production of high-octane gasoline, the feedstock - straight-run gasoline fraction of oil or stable gas condensate - enters in the feedstock tank 1. The feedstock from the tank 1 is sequentially fed through the heat exchangers shell side 2 to the furnace 3. The heated feedstock from furnace 3 enters two reactors 4, one of which works in the gasoline production mode, the other in the catalyst regeneration mode. In the reaction zone of reactors 4 on a KN-30 catalyst, the low-octane components of the feedstock are converted into high-octane and gaseous hydrocarbons. After the reactor 4, the reaction products enter shell side of the heat exchanger 2. After this, the reaction products (liquid mixed with the gas phase) enter the separator 5 where the hydrocarbon gas separates. The hydrocarbon gas (C_1-C_4 , H_2) withdrawn from the separator 5 is sent to a hydrocarbon gas tank 8, which can be used as a process fuel in the plant. The unstable liquid product from the separator 5 is fed through the shell side of the heat exchanger 2 to the feed section of the stabilization column 6. A light fraction is withdrawn from the column 6 by the top, and after that it is cooled and condensed in the condenser 7. Hydrocarbon gases (propane-butane fraction) from the condenser 7 are sent to a gas tank 8 and then used as a process fuel. The liquid distillate from the condenser 7 is withdrawn and fed partly to the column 6 for refluxing and the balance part, sent to the finished product park. The bottom stable product of column 6 is withdrawn and fed to a furnace 3. A part of the product of the furnace 3 is fed to the column 6 and the balance portion is fed through the heat exchanger 2 to the feed section of the distillation column 9. The gasoline vapors from the column 9 are withdrawn, cooled and condensed in an air cooler and sent to a reflux accumulator 10. The liquid distillate from the reflux accumulator 10 is withdrawn and fed partly to the irrigation of the column 9, and the balance portion (gasoline) is cooled in the water heat exchanger and sent to the finished product park. The bottom product of the column 9 is withdrawn and supplied, partly through the shell side of the heat exchanger 2 heated by the reaction

products, to the bottom of the column 9 as a hot stream, and the balance portion of the product is cooled in the heat exchanger 2 and sent to the finished product.

During the process, the catalyst gradually deactivates because of coke deposits formed, it is leading to a decrease process selectivity and octane number of the gasoline produced. To maintain catalyst activity level constant, as it falls, an increase by 5-15 ° C of the reaction temperature to a final 450 ° C maintains the composition (quality) of gasoline at the same level. Table 1.1 shows the main technological parameters of the process.

Table 1.1 – The main technological parameters of the “Zeofforming” process

Parameter	Value
Operating temperature, °C	320-450
Pressure, MPa	0.5-1.5
Fresh feed rate, ton/ton catalyst per hour	1-4

The final yield of the product obtained using the Zeofforming process depends on the composition of the feedstock and the production regime, but varies within the parameters specified in Table 1.2.

Table 1.2 – The material balance of the “Zeofforming” process for production of gasoline

№	Material balance	AI-92	AI-95
		Product yield, %	
1	Hydrocarbon gases C ₁ -C ₄	4-6	6-10
2	Liquefied gas	8-10	12-18
3	Gasoline	75-80	72-77
4	Diesel fractions (180-220 °C)	4-9	3-7
5	Outage	1	1
Total sum:		100	100

In the Zeofforming process, an environmentally friendly zeolite catalyst KN-30 is used. This type of catalyst is produced by the Novosibirsk Chemical Concentrates Plant. KN-30 is used to produce high-octane gasoline (components) from low-octane gasoline fractions of various origins (gas condensate, oil, other light fractions) without the introduction of any additives or compounding [17].

The catalyst is based on an ecologically clean high silica zeolite system, does not contain heavy metals, does not possess explosive and pyrophoric properties. The

monosized crystal zeolite component with a surface depleted in aluminum atoms allows a significant reduction of the cracking activity of the finished catalyst and reduces its coking during the processing of a hydrocarbon feed of a broad fractional composition.

A great advantage of the catalyst used in the zeoforming process is its resistance to sulphur compounds present in oils and gas condensates. The organosulfur compounds contained in feedstock on KN-30 catalysts are converted into paraffinic, aromatic hydrocarbons and hydrogen sulphide, as a result of successive reactions [18]. The first in the chain of reactions are the reactions of cleavage of the C-S bond of mercaptans, sulphides, thiophenes and their derivatives, resulting in the formation of hydrogen sulphide and intermediate olefins molecules. Then, these molecules converted into paraffinic and aromatic hydrocarbons. The hydrogen sulphide is separated together with the by-products of the process - gases C1-C4 [19]. The characteristics of the catalyst KN-30 are presented in Table 1.3.

Table 1.3 – The characteristics of the catalyst KN-30 [20]

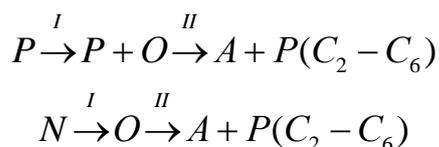
Structure type	ZSM-5
Mass fraction of zeolite not less than, %	80
Mass fraction of the substance in the zeolite not less than, %:	
SiO ₂	90.0-97.6
Al ₂ O ₃	1.4-2.7
Na ₂ O	0.1
Fe ₂ O ₃	0.35-1.25
Pellet diameter, mm	3.0-4.3
BET surface area, m ² /g	300
Cycle length, h	150-300
Bulk weight, g/cm ³	0.60-0.86

The main advantages of the catalyst KN-30:

- resistant to catalytic poisons;
- absence of precious metals;
- environmentally friendly and easily recyclable;
- the possibility of production at any catalyst plant under the control of the licensor;

- approximate ratio of the catalyst required mass to the feedstock is 0.2 kg per 1 ton of feedstock.

The process of high-octane gasoline fraction production from hydrocarbon feedstock boiling up to 200-220 °C on zeolite-containing catalysts of the KN-30 type includes a series of parallel chemical reactions of acid-base type proceeding along the carbon-ion mechanism. In general, the conversion of hydrocarbons proceeds in two main stages according to the following scheme:



where *P* - paraffins, *O* - olefins, *A* - aromatic hydrocarbons, *N*-naphthenes.

In the first stage of the process, the cleavage of the C-C hydrocarbons bond proceeds to form intermediate olefinic fragments having a high endothermic thermal effect.

On the next stage, as a result of the hydrogen redistribution reactions in olefins, the olefins are converted to paraffinic and aromatic hydrocarbons, with a high exothermic effect.

Nowadays there are several productions in the Russian Federation where stable gas condensate is used in the processes of obtaining high-octane gasoline components. So in the work [21] it is said that gasoline (gasoline distillate) and diesel fraction (diesel fuel) are extracted from the stable gas condensate.

The gasoline fraction obtained from the condensate is processed into motor gasoline through reforming processes (Surgut Condensate Stabilization Plant, Astrakhan Gas Processing Plant) and zeoforming (Sosnogorsk Gas Processing Plant). At the Surgut plant for the stabilization of condensate from stable condensate, the pentane-hexane fraction and isopentane (high-octane component of gasoline) are extracted as marketable products.

The authors of the paper [22] studied the conversion of a straight-run gasoline fraction of 80-180 °C extracting from gas condensate. In the study they used zeolite-containing catalysts and unit with a stationary catalyst bed (reactor volume 10 cm³).

The studies were conducted at a temperature range of 350-425 ° C, with a volumetric feed rate of 2 h⁻¹, atmospheric pressure and the duration of the experiment at each fixed process temperature of 1 h. As a result of the study, the authors established the possibility of obtaining a component of gasoline with octane number 93.2 points by the analytical method and 65 wt.% yield of the liquid fraction.

The solution of the problem of motor fuel production in remote regions of the Russian Federation by commissioning low-tonnage production of petroleum products (mini-refineries) are described in the paper [23]. The offered technology of hydrocarbon feedstock processing, includes primary distillation, processing of gasoline fraction to produce high-quality gasoline AI-92, AI-95 brands using the process of zeoforming, and hydrogenation of heavy fractions (hydrocracking) with obtained gasoline and diesel fuel, as well as low-sulfur boiler fuel.

The authors [24] determined the optimum parameters of the zeoforming unit operation on the mathematical model in the Aspen HYSYS software environment. According to the results of the work, the authors came to the conclusion that with a change in process parameters, it is possible to obtain commodity gasoline with meet the state standard requirements. However, to obtain a fractional composition that uniquely meets the requirements of [15], a complex study of the mutual influence of the variable parameters (process temperature, pressure, etc.) is necessary.

2 Experimental methods for determining the properties of stable gas condensate

When considering stable gas condensate as a component of motor gasoline, it is important to investigate those properties of SGC that are regulated in accordance with USS 32513-2013 “Automotive fuels. Unleaded petrol. Specifications” in the Russian Federation. According to [14], the sulfur content, density, fractional composition, hydrocarbon composition are regulated.

2.1 Method for sulfur content determination

Information of the sulfur content in petroleum products is great practical importance. The presence of sulfur compounds increases the toxicity of automotive fuels exhaust gases, both by increasing the concentration of sulfur oxides and particulates in them, and by reducing the efficiency of the vehicle catalytic converter. In addition to toxicity, the sulfur compounds adversely effects on the anti-knock properties of motor gasolines. Also, sulfurous petroleum products have a high corrosive aggressiveness, which greatly reduces the service life of metal products and equipment.

Determination of sulfur content in petroleum products is carried out in accordance with USS R 51947-2002 “Petroleum and petroleum products. Determination of sulphur by method of energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry” [25].

This method provides a fast and accurate measurement of total sulfur content in petroleum products with minimal sample preparation. The average analysis time is 3 minutes. The summary of the method is that the test sample is placed in a beam of rays emitted by an X-ray source. The characteristics of the excitation energy from X-ray radiation are measured and the obtained signal is compared with the signals obtained by testing the pre-prepared calibration samples.

The image of the laboratory unit for sulfur content determination is presented in Figure 2.1.



Figure 2.1 – Device for sulfur content determination “Spectroscan-S”

2.2 Method for density determination

Density of oil products samples is determined in accordance with the methodology presented in USS 3900-85 “Petroleum and petroleum products. Methods for determination of density” [26].

The method is based on determining the relative density - the ratio of the test product mass to the water mass which taken in the same volume and at the same temperature. Since a mass of 1 cm^3 of water is taken as a unit of mass at a temperature of $4 \text{ }^\circ\text{C}$, the density expressed in g/cm^3 will be numerically equal to the density with ratio to water at a temperature of $4 \text{ }^\circ\text{C}$. The image of different density bottles are presented in Figure 2.2.

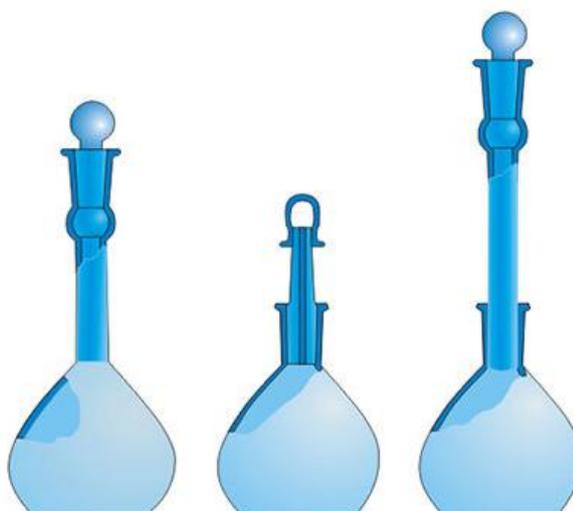


Figure 2.2 – Density bottle for density determination

2.3 Determination of fractional composition

Fractional composition is the defining characteristic when establishing the field of oil products application.

The test conditions using the automatic equipment are empirically selected so that they correlate with the distillation conditions when using manual equipment, as well as with other characteristics of volatility.

The fractional composition is determined, according to the procedure presented in USS 2177-99 “Petroleum products. Methods for determination of distillation characteristics” [27]. The summary of the method consists in distillation of 100 cm³ of the test sample under conditions corresponding to the nature of the product, and conducting constant observations of the thermometer readings and condensate volumes. The image of the laboratory unit for fractional composition determination is presented in Figure 2.3.



Figure 2.3 – Automatic device for determining the fractional composition “OptiDist”

2.4 Chromatographic analysis

The summary of the chromatographic analysis method is the use of selective sorption for the separation of substances.

Chromatographic analysis was carried out on a gas chromatograph “Chromatec-Crystal 5000” in accordance with USSR R 52714-2007 “Motor gasolines. Determination of individual and group hydrocarbon composition by method of capillary gas chromatography” [28]. The analytical laboratory gas chromatograph "Chromatec-Crystal 5000" is designed for qualitative and quantitative analysis of organic and inorganic substances mixtures with a boiling point up to 300 ° C. It use in analytical control of production processes, as well as in performing a variety of research in the chemical, petrochemical, pharmaceutical industries, environmental monitoring. The image of the chromatograph “Chromatec-Crystal 5000” is presented in Figure 2.4.



Figure 2.4 – Chromatograph “Chromatec-Crystal 5000”

Приложение В

Таблица 1 – Результаты определения углеводородного состава образцов стабильного газового конденсата и продуктов процесса «Цеоформинг»

№ компонента	Вещество	Концентрация, % мас.					
		СГК			ППЦ		
		Образец	Образец	Образец	Образец	Образец	Образец
		1	2	3	1 375°C	2 400°C	3 425°C
1	ethane (P2)	0	0	0	0,021	0,018	0
2	propane(P3)	0,003	0	0,003	3,75	1,864	0,389
3	n-butane(P4)	11,099	7,198	9,055	7,604	2,514	1,64
4	n-pentane(P5)	18,502	22,732	20,039	6,726	2,016	2,176
5	n-hexane(P6)	10,026	12,194	10,266	2,779	1,168	2,312
6	n-heptane(P7)	3,529	3,974	3,547	0,563	0,113	0,326
7	n-octane(P8)	0,844	0,08	0,004	0,066	0,276	0,241
8	n-nonane (P9)	0,011	0,011	0,011	1,008	4,641	4,924
9	n-decane(P10)	0,016	0	0,027	0,997	4,574	5,741
10	P11+	0,032	0,003	0,098	1,028	2,604	6,541
11	i-butane (I4)	1,776	0,584	1,028	3,992	1,176	0,496
12	i-pentane (I5)	14,694	17,703	16,19	11,431	3,762	2,856
13	2,2-dimethylpropane(I5)	0,136	0	0,15	0,126	0,062	0,052
14	2-methylpentane (I6)	7,534	9,195	7,721	3,706	1,026	1,241
15	3-methylpentane(I6)	4,028	4,908	4,12	3,103	1,072	0,902
16	2,2-dimethylbutane(I6)	0,254	0	0,258	0,447	0,378	0,124
17	2,3-dimethylbutane(I6)	0,792	0,947	0,808	1,216	0,747	0,325
18	2-methylhexane (I7)	2,444	0,005	2,47	1,678	0,776	0,742
19	3-methylhexane(I7)	1,943	2,314	1,962	1,033	0,233	0,38
20	3-ethylpentane(I7)	0,172	0,214	0,165	0,22	0,188	0
21	2,2-dimethylpentane(I7)	0	0	0	0	0	0
22	2,3-dimethylpentane(I7)	0	0	0	0	0	0,029
23	2,4-dimethylpentane(I7)	0,318	0,36	0,323	0,638	0,877	0,429
24	3,3-dimethylpentane (I7)	0	0	0	0	0	0
25	2,2,3-trimethylbutane(I7)	0,024	0,01	0,024	0,057	0,081	0,017
26	2-methylheptane(I8)	0,659	0	0	0,268	0	0
27	3-methylheptane(I8)	0,571	0,548	0,264	0,346	0,234	0,211
28	4-methylheptane(I8)	0,25	0,279	0,592	0,213	0,011	0,033
29	3-ethylhexane(I8)	0	0	0	0	0	0
30	2,2-dimethylhexane(I8)	0,018	0,031	0,016	0,929	0,006	0
31	2,3-dimethylhexane(I8)	0,084	0	0	0,056	0	0
32	2,4-dimethylhexane(I8)	0,141	0,142	0,136	0,273	0,451	0,33
33	2,5-dimethylhexane(I8)	0	0,097	0,104	0,169	0,2	0,153
34	3,3-dimethylhexane (I8)	0,022	0	0,02	0,019	0,007	0

Продолжение таблицы 1

35	3,4-dimethylhexane(I8)	0	0	0	0,019	0,005	0
36	methylethylpentanes(I8)	0,049	0	0,295	0,43	0,282	0,276
37	2,2,3-trimethylpentane(I8)	0,004	0	0,004	0	0,023	0
38	2,2,4-trimethylpentane(I8)	0,004	0	0,004	0	0,016	0
39	2,3,3-trimethylpentane(I8)	0	0	0	0	0	0
40	2,3,4-trimethylpentane(I8)	0,034	0	0,038	0,071	0,162	0,139
41	I8	0	0	0	0	1,64	0
42	Methyloctanes(I9)	0,206	0	0,111	1,387	0,029	0
43	Dimethylheptanes(I9)	0,352	0,284	0,167	1,376	0,174	0,164
44	trimethylhexanes(I9)	0,044	0,145	0,044	2,723	0,253	0,182
45	I9	0,159	0,038	0,217	2,786	0,371	0,344
46	Methylnonanes(I10)	0	0	0,001	0,019	0,018	0
47	Dimethyloctanes(I10)	0	0	0,005	0,013	0,033	0
48	I10	0	0	0	0,024	0	0
49	I11+	0,024	0	0,004	0,026	0,079	0,162
50	Cyclopentane(N5)	1,608	0,016	1,712	0,502	0,148	0,194
51	Methylcyclopentane(N6)	5,624	6,885	5,77	1,86	0,517	0,828
52	Cyclohexane(N6)	1,931	0	1,971	0,325	0,073	0,213
53	ethylcyclopentane(N7)	0,497	0,613	0,499	0,232	0,057	0,093
54	dimethylcyclopentanes(N7)	3,212	3,901	3,254	1,847	0,539	0,153
55	n-propylcyclopentane(N8)	0	0	0	0	0	0
56	i-propylcyclopentane(N8)	0	0	0	0,02	0	0
57	ethylmethylcyclopentanes(N8)	0,478	0,105	0,199	0,078	0,222	0,182
58	trimethylcyclopentanes(N8)	0,457	0,201	0,691	2,377	0,038	1,243
59	methylcyclohexane(N7)	2,663	0	2,658	3,059	0,2	0
60	1,2-dimethylcyclohexanes(N8)	0,168	0,242	0	0	0	0
61	1,3-dimethylcyclohexanes(N8)	0,287	0,301	0	0,405	0	0
62	N8	0,399	0,094	0	0,306	0,586	0,456
63	N9	0,425	0,023	0,018	1,282	0,787	3,205
64	N10+	0,003	0	0,122	0,718	0,06	1,275
65	Benzene(A6)	0,142	0,172	0,152	1,591	5,944	2,984
66	toluene (A7)	0,269	0,031	0,288	6,284	24,574	20,034
67	Ethylbenzene(A8)	0,017	0,005	0,142	1,304	3,872	3,868
68	dimethylbenzene(A8) = xylols	0,116	0,016	0,034	5,613	25,526	26,195
69	i-propylbenzene(A9)	0	0	0	0	0	0
70	n-propylbenzene(A9)	0	0	0	0	0	0
71	methylethylbenzenes(A9)	0,035	0	0	0,011	0,007	0
72	1,3,5-trimethylbenzene(A9)	0,009	0	0	0	0	0
73	1,2,4-trimethylbenzene(A9)	0	0	0	0	0,009	0
74	1,2,3-trimethylbenzene(A9)	0,006	0	0,005	0	0	0
75	A9	0	0	0	0	0	0
76	tetramethylbenzenes(A10)	0,005	0	0,012	0,348	0,002	0,206

Продолжение таблицы 1

77	A10	0,106	0	0,018	0,128	0,42	1,407
78	A11+	0,056	0	0,1	1,551	0,901	2,311
79	butene-1(O4)	0	0	0	0	0	0,072
80	butene-2(O4)	0	0,006	0	0,054	0,026	0
81	isobutylene(O4)	0	0	0	0,049	0,025	0
82	O4	0	0	0	0	0,008	0
83	pentene-2(O5)	0	0	0,008	0,029	0,016	0
84	pentene-1(O5)	0	0	0	0,058	0,001	0,063
85	Cyclopentene(O5)	0	0	0	0	0,001	0
86	Methylbutenes-1(O5)	0	0	0	0,04	0,022	0,001
87	2-methylbutene-2(O5)	0	0	0	0,141	0,074	0
88	O5	0	0	0	0	0	0
89	hexene-1(O6)	0	0	0	0	0	0
90	hexene-2(O6)	0	0	0	0	0	0
91	hexene-3(O6)	0	0,013	0	0,016	0	0
92	cyclohexene(O6)	0	0	0	0	0	0
93	methylcyclopentenes(O6)	0	0,006	0	0	0	0
94	methylpentenes-1(O6)	0	0,051	0,001	0,004	0,001	0
95	methylpentenes-2(O6)	0	0	0,002	0,063	0,001	0,01
96	O6	0	0,016	0	0,013	0,009	0
97	heptene-1(O7)	0	0	0	0	0	0
98	heptene-2(O7)	0	0	0	0	0	0
99	heptene-3(O7)	0	0	0	0	0	0
100	methylhexenes(O7)	0,042	2,438	0,041	0,074	0,053	0,03
101	dimethylpentenes-1(O7)	0,001	0	0	0	0	0
102	dimethylpentenes-2(O7)	0	0	0	0,108	0	0
103	trimethylbutenes(O7)	0	0	0	0	0	0
104	O7	0	0,071	0,001	0,879	0,043	0,146
105	octene-1(O8)	0	0	0	0	0,002	0
106	octene-2(O8)	0,047	0,032	0,651	0,06	0	0
107	octene-3(O8)	0	0	0	0,01	0	0
108	octene-4(O8)	0	0	0	0	0	0
109	O8	0,002	0,563	0,842	0,443	0,373	0,304
110	O9+	0,051	0,115	0,504	4,398	0,46	0,315