

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

---

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
Отделение школы (НОЦ): Отделение химической инженерии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Исследование влияния технологических параметров на характеристики продуктов цеоформинга стабильного газового конденсата</b>

УДК 665.73.035.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Темирболат Асет Муратулы		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Киргина М.В.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин А.А.	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес О.Е.	К.Т.Н.		

# Планируемые результаты обучения по ООП

## 18.03.01 Химическая технология

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Профессиональные компетенции</b>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 3, 19, 20), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), <b>CDIO (пп. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)</b>
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач.	Требования ФГОС (ПК-7, 11, 17, 18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), <b>CDIO (пп. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)</b>
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии.	Требования ФГОС (ПК-1, 5, 8, 9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), <b>CDIO (пп. 1.2, 2.1, 4.5)</b>
P4	Разрабатывать <b>новые</b> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <b>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды.</b>	Требования ФГОС (ПК-11, 26, 27, 28), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), <b>CDIO (пп. 1.3, 4.4, 4.7)</b>
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий.	Требования ФГОС (ПК-4, 21, 22, 23, 24, 25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), <b>CDIO (п. 2.2)</b>
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <b>выводить на рынок новые материалы</b> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6, 10, 12, 13, 14, 15, ОК-6, 13, 15), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), <b>CDIO (пп. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)</b>
<b>Общекультурные компетенции</b>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5, 9, 10, 11), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), <b>CDIO (п. 2.5)</b>

P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 7, 8, 12), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), <b>CDIO (п. 2.4)</b>
P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), <b>CDIO (пп. 3.2, 3.3)</b>
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3, 4), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), <b>CDIO (пп. 4.7, 4.8, 3.1)</b>

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Мойзес О.Е.  
(Ф.И.О.)

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

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д6В	Темирболат Асет Муратулы

Тема работы:

<b>Исследование влияния технологических параметров на характеристики продуктов цеоформинга стабильного газового конденсата</b>	
Утверждена приказом директора ИШПР (дата, номер)	от 01.06.2020 г. № 153-53/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Образец стабильного газового конденсата, с одного из месторождений Западной Сибири, цеолитный катализатор КН-30.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1 Литературный обзор 1.1 Общие сведения о газовых конденсатах 1.2 Технология получения стабильного газового конденсата 1.3 Цеолитные катализаторы 1.4 Процесс цеоформинг 1.5 Переработка легкого углеводородного сырья на цеолитах 2 Объект и методы исследования 2.1 Объект исследования 2.2 Реализация цеоформинга стабильного газового конденсата на лабораторной каталитической установке 2.3 Методики исследования состава и характеристик сырья и продуктов 3 Расчеты и аналитика

	3.1 Результаты определения состава и характеристик стабильного газового конденсата 3.2 Результаты исследования влияния температуры процесса на состав характеристики продуктов цеоформинга 3.3 Результаты исследования влияния давления процесса на состав и характеристики продуктов цеоформинга 3.4 Результаты исследования влияния расхода сырья на состав и характеристики продуктов цеоформинга 4 Результаты проведенного исследования 4.1 Анализ влияния технологических параметров процесса на состав и характеристики продуктов цеоформинга 4.2 Разработка рецептур смешения бензинов 5 Финансовый менеджмент 6 Социальная ответственность
<b>Перечень графического материала</b>	Нет

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Якимова Т.Б.
«Социальная ответственность»	ассистент ООД ШБИП, к.т.н., Сечин А.А.

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

Нет

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	10.02.2020 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Киргина М.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Темирболат Асет Муратулы		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д6В	Темирболат Асет Муратулы

<b>Школа</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>Химическая технология</b>
Уровень образования	Бакалавриат		

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

1. <i>Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»: оклад доцента – 35120 руб., оклад исполнителя – 12130 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов.</i>	– районный коэффициент – 1,3; – накладные расходы – 16 %; – норма амортизации – 20 %.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.</i>	Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %.

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

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации.
Планирование и формирование бюджета проекта.	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта. Определение затрат на проектирование (смета затрат).
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	Расчет интегрального показателя эффективности.

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Д6В	Темирболат Асет Муратулы		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д6В	Темирболат Асет Муратулы

Школа	Отделение (НОЦ)	Уровень образования	Направление/специальность	Химическая технология
Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология	Химическая технология	Химическая технология

Тема ВКР:

<b>Исследование влияния технологических параметров на характеристики продуктов цеоформинга стабильного газового конденсата</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект 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:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации. Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техник безопасности при работе аналитических лабораториях (общие положения).
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	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 токсичность

	применяемых веществ; – наличие электротехнических устройств высокого напряжения; – короткое замыкание; – статическое электричество; – превышенное содержание токсичных веществ в воздухе рабочей зоны
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Основными загрязнителями атмосферы являются: – газовый конденсат; – растворы кислот; – растворы щелочей; – бензол; – толуол; – люминесцентные лампы; – макулатура.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возникновение чрезвычайных ситуаций, требующих обеспечения электро- и пожаро-взрывобезопасности на рабочем месте: – пожар; – взрыв; – наводнение и землетрясение; – розлив реагентов.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Сечин А.А.	К.Т.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Темирболат Асет Муратулы		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 98 страниц, 11 рисунков, 39 таблиц, 48 источников.

Ключевые слова: стабильный газовый конденсат, цеоформинг, цеолит, температура, давление, расход сырья, октановое число, рецептура, бензин.

Работа представлена ведением, 6 разделами и выводами, приведен список использованных источников.

Объектом исследования является процесс цеоформинга стабильного газового конденсата на цеолитном катализаторе КН-30.

Предмет исследования – тенденции влияния технологических параметров процесса цеоформинга стабильного газового конденсата на состав и характеристики получаемых продуктов.

Цель работы – исследование влияния технологических параметров на характеристики продуктов цеоформинга стабильного газового конденсата.

В ходе работы определены состав и характеристики образца стабильного газового конденсата; на лабораторной каталитической установке реализован процесс цеоформинга стабильного газового конденсата в условиях варьирования температуры, давления и расхода сырья; выявлены тенденции влияния технологических параметров процесса на состав и характеристики получаемых продуктов; разработаны рецептуры смешения бензинов.

Экономическая эффективность/значимость работы: выявленные тенденции влияния технологических параметров процесса цеоформинга стабильного газового конденсата на состав и характеристики получаемых продуктов позволят проводить процесс оптимальным образом. Переработка стабильного газового конденсата в компоненты бензинов позволит ресурсоэффективно использовать данное углеводородное сырье. Разработанные рецептуры смешения бензинов найдут применение на нефтегазодобывающих предприятиях для производства топлива для обеспечения собственных нужд предприятия.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	13
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	16
1.1 Общие сведения о газовых конденсатах.....	16
1.2 Технология получения стабильного газового конденсата.....	20
1.3 Цеолитные катализаторы.....	22
1.4 Процесс цеоформинг.....	25
1.5 Переработка легкого углеводородного сырья на цеолитах.....	27
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	32
2.1 Объект исследования.....	32
2.2 Реализация цеоформинга стабильного газового конденсата на лабораторной каталитической установке.....	33
2.2.1 Технологические параметры реализации цеоформинга стабильного газового конденсата.....	37
2.3 Методики исследования состава и характеристик сырья и продуктов.....	38
2.3.1 Методика определения углеводородного состава сырья и продуктов...	38
2.3.2 Методика расчета характеристик сырья и продуктов с помощью программного обеспечения «Compounding».....	39
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	43
3.1 Результаты определения состава и характеристик стабильного газового конденсата.....	43
3.2 Результаты исследования влияния температуры процесса на состав и характеристики продуктов цеоформинга.....	44
3.3 Результаты исследования влияния давления процесса на состав и характеристики продуктов цеоформинга.....	46
3.4 Результаты исследования влияния расхода сырья на состав и характеристики продуктов цеоформинга.....	48
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	49

4.1 Анализ влияния технологических параметров процесса на состав и характеристики продуктов цеоформинга .....	51
4.2 Разработка рецептур смешения бензинов .....	53
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	56
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	57
5.2 SWOT-анализ.....	57
5.3 Планирование исследовательских работ .....	60
5.3.1 Структура работ в рамках проводимого исследования.....	60
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	62
5.3.3 Разработка графика проведения исследования в рамках ВКР .....	65
5.4 Бюджет исследования .....	68
5.4.1 Расчет материальных затрат .....	68
5.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование .....	69
5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	70
5.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	72
5.4.5 Накладные расходы .....	72
5.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	73
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	74
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	76
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	76
6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства .....	77
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	77
6.2 Профессиональная социальная безопасность .....	78
6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования .....	78
6.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований .....	81

6.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов .....	84
6.3 Экологическая безопасность .....	84
6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .....	84
6.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду .....	85
6.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....	85
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	86
6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований .....	86
6.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	86
6.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	88
ВЫВОДЫ.....	90
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	93

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема рационального использования стабильного газового конденсата актуальна и требует системного решения. Имеющийся вариант применения этого ценного углеводородного сырья – добавление в товарную нефть для улучшения ее реологических свойств, не обеспечивают его ресурсоэффективное использование.

Разработка технологий переработки стабильного газового конденсата в ценные продукты, такие как компоненты бензинов, является крайне актуальной задачей. Наиболее перспективным направлением с точки зрения производства компонентов бензинов представляется переработка стабильного газового конденсата на цеолитных катализаторах (процесс цеоформинг). Для оптимального ведения процесса цеоформинга стабильного газового конденсата необходимо знание тенденций влияния технологических параметров процесса на состав и характеристики получаемых продуктов.

Таким образом, **целью работы** является исследование влияния технологических параметров на характеристики продуктов цеоформинга стабильного газового конденсата.

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

1. Определить состав и характеристики образца стабильного газового конденсата.
2. Реализовать на лабораторной каталитической установке процесс цеоформинга стабильного газового конденсата в условиях варьирования температуры, давления и расхода сырья.
3. Выявить тенденции влияния температуры, давления и расхода сырья процесса на состав и характеристики продуктов цеоформинга.
4. Разработать рецептуры смешения бензинов с использованием в качестве основного смесового компонента продуктов процесса цеоформинга стабильного газового конденсата. Определить оптимальные технологические

параметры реализации процесса цеоформинга стабильного газового конденсата.

**Объектом исследования** в данной работе является процесс цеоформинга стабильного газового конденсата на цеолитном катализаторе КН-30.

**Предметом исследования** являются тенденции влияния технологических параметров процесса цеоформинга стабильного газового конденсата на состав и характеристики получаемых продуктов.

**Научная новизна работы:**

1. Показано, что продукт переработки стабильного газового конденсата на цеолите по сравнению с сырьем процесса содержит в своем составе меньше н-парафинов и нафтенов, больше изопарафинов, ароматических углеводородов и олефинов.

2. Установлено, что увеличение температуры процесса ведет к увеличению содержания ароматических углеводородов и бензола, снижению содержания изопарафинов, а также к повышению октанового числа и плотности продуктов цеоформинга стабильного газового конденсата.

3. Установлено, что увеличение давления процесса ведет к снижению содержания ароматических углеводородов и изопарафинов, а также увеличению содержания нафтенов и олефинов в продуктах цеоформинга стабильного газового конденсата.

4. Установлено, что увеличение расхода сырья ведет к снижению содержания ароматических углеводородов, октанового числа и плотности продуктов цеоформинга стабильного газового конденсата.

**Практическая значимость работы:**

Показано, что переработка стабильного газового конденсата на цеолитном катализаторе позволяет повысить октановое число в среднем на 16,6 пунктов.

Разработаны рецептуры смешения бензинов марки АИ-92 с использованием в качестве основного смесового компонента продуктов

процесса цеоформинга стабильного газового конденсата. Полученные бензины соответствуют всем требованиям современных стандартов. Установлено, что с точки зрения использования продуктов цеоформинга стабильного газового конденсата в качестве смесевых компонентов бензина, оптимальными технологическими параметрами реализации процесса являются следующие: температура – 375 °С, давление – 2,5 МПа, расход сырья – 4 ч<sup>-1</sup>.

Выявленные тенденции влияния технологических параметров процесса цеоформинга стабильного газового конденсата на состав и характеристики получаемых продуктов позволят проводить процесс оптимальным образом. Переработка стабильного газового конденсата в компоненты бензинов позволит ресурсоэффективно использовать данное углеводородное сырье. Разработанные рецептуры смешения бензинов найдут применение на нефтегазодобывающих предприятиях для производства топлива для обеспечения собственных нужд предприятия.

**Апробация работы:** Основные положения работы были представлены на XXIII Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», XX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке», V Международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции, посвященной 85-летию Казахского национального университета имени аль-Фараби.

# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Общие сведения о газовых конденсатах

Газовый конденсат – это жидкая смесь углеводородов, выделяемая в качестве продукта на газовых, нефтяных и газоконденсатных месторождениях. Углеводородный состав газовых конденсатов варьируется в широких пределах в зависимости от места и условий его добычи [1].

Газовый конденсат подразделяется на нестабильный и стабильный.

Нестабильный газовый конденсат – это газовый конденсат, выделяемый из пластовых углеводородных смесей газоконденсатных и газовых месторождений и имеющий в своем составе наряду с углеводородами  $C_5$  и выше растворенные газы метан-бутановой фракции [2].

Стабильный газовый конденсат – смесь жидких углеводородов ( $C_{5+}$ ), получаемая в качестве продукта на газоконденсатных, газовых и нефтяных месторождениях, из которой в процессе подготовки удалены растворённые газы ( $C_1-C_4$ ) [3].

Добыча газового конденсата ведется с больших глубин – от 3 до 5 км, как правило газовый конденсат имеет насыщенный цвет, который меняется от светло-желтого до желто-коричневого из-за примесей нефти [4].

В газовых и газоконденсатных залежах тяжелые углеводороды существуют в газообразном состоянии. Это обусловлено высоким давлением (от 10 до 60 МПа) и высокой температурой в газовых пластах. После разбуривания в пласте происходит падение давления и температуры. Снижение давления и температуры происходит ниже точки росы и тяжелые углеводороды (от  $C_5$  и выше) конденсируются [5].

Стабильный газовый конденсат (СГК), используемый в данной работе, получают в качестве побочного продукта на месторождении в процессе удаления из природного газа растворенных углеводородов ( $C_{5+}$ ).

По итогам 2016 года добыча газового конденсата в Российской Федерации выросла на 4,5 % и достигла 34,2 млн. тонн. Согласно [6] в

2018 году добыча нефти и газового конденсата в России выросла на 1,7 % по сравнению с предыдущим годом. Лидером по добыче среди компаний стала ПАО «ГАЗПРОМ» с показателем 15,8 млн. тонн, ПАО «НОВАТЭК» добыл 3,3 млн. тонн газового конденсата. На долю прочих производителей пришлось 10,2 млн. тонн. В региональной структуре лидером по добыче является Уральский федеральный округ (75,1 % от общей добычи в 2016 г.), на втором месте – Южный федеральный округ с результатом в 11,2 %.

По итогам первого квартала 2017 г. добыча газового конденсата в Российской Федерации уменьшилась на 5,3 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, составив 8,476 тыс. тонн. Анализируя статистику по компаниям, следует отметить, что сильнее всего снизил добычу ПАО «НОВАТЭК» – почти на 14 %. При этом производители из категории «прочие», наоборот, нарастили свои объемы (+11,5 %). Что касается добычи газового конденсата на шельфе, то она также снизилась (-5,2 %). Авторами [7] было отдельно отмечено, что несмотря на падение объемов добычи газового конденсата, в условиях увеличения доли сернистых и тяжелых нефтей, в мировой структуре добычи нефти во многих странах заметно возрос интерес к газовому конденсату, как к самостоятельному виду сырья.

В источнике [2], отметили, что значительный объем извлекаемых запасов газового конденсата в Российской Федерации, который в настоящее время оценивается в 3 млрд. тонн, и добыча на уровне 17-18 млн. тонн в год с перспективой роста на фоне вовлечения в разработку все большего количества месторождений с высоким газовым фактором, позволяют говорить о стратегической значимости газового конденсата.

Ключевые факты о рынке газового конденсата:

- Российские производители полностью обеспечивают российский рынок газового конденсата;
- Производство газового конденсата по итогам 2018 года выросло на 1,7 %;

- Экспорт газового конденсата снижался на протяжении 2009 года и резко возрос с 2011 года. На данный момент экспорт газового конденсата составляет 556 млн. тонн, что является рекордом для современной Российской Федерации и максимумом с 1989 года [8].

Для того чтобы доставить нестабильный газовый конденсат на переработку его подвергают стабилизации. Технология переработки нестабильного конденсата включает процессы: очистки от серосодержащих примесей, стабилизации, обезвоживания и обессоливания, перегонки и выделения фракций моторных топлив. В некоторых случаях СГК смешивают со стабильной нефтью, тогда последние три процесса совмещены с технологией первичной переработки нефти [2].

Для стабилизации газового конденсата используют следующие методы:

1. Ступенчатое выветривание (сепарация, дегазация);
2. Ректификация в стабилизационных колоннах;
3. Комбинирование сепарации и ректификации.

Технология стабилизации газового конденсата основана на снижении растворимости низкокипящих углеводородов в конденсатах при повышении температуры и понижении давления. Обычно такая технология стабилизации применяется на месторождениях, имеющих низкий конденсатный фактор.

При больших объёмах стабилизации газового конденсата рационально использовать метод ректификации, так как сбор и утилизация газов дегазации конденсата связаны с большими энергетическими затратами. Данный процесс имеет ряд преимуществ, в частности, полученный СГК отличается низким давлением насыщенных паров. На современных установках применяют комбинирование процессов сепарации и ректификации. Использование ректификационной колонны позволяет выделить не только СГК, но и получить пропан-бутановую фракцию, что позволяет повысить технологическую гибкость процесса и уменьшить энергетические затраты.

В газоконденсатных системах в газообразном состоянии находятся высококипящие углеводороды, входящие в состав бензиновых, керосиновых,

и масляных фракций [9]. Массовая доля этана и пропан-бутановой фракции достигает 25%. Содержание неорганических соединений также может быть значительным.

Групповой углеводородный состав конденсата позволяет решить вопрос о направлении его переработки, например, с целью получения моторных топлив или сырья для химической промышленности. Состав разнообразен и зависит от месторождения, где газовый конденсат добывается. Среднее содержание ароматических углеводородов в газовых конденсатах значительно выше, чем в бензиновых фракциях, полученных из нефти путем ее переработки. Газовые конденсаты отличаются от нефтей большим содержанием нафтеновых и ароматических углеводородов. При рассмотрении состава газового конденсата по разрезу многопластовых месторождений, отмечается определенная направленность изменения состава в зависимости от глубины залежей. Обычно конденсаты нижнего слоя залежей одного и того же месторождения отличаются от верхних залежей, содержанием ароматических углеводородов. У конденсата верхних залежей в составе преобладают нафтеновые углеводороды.

После добычи и подготовки на месторождениях конденсат проходит стадии транспортировки, хранения и переработки.

Транспортировка газового конденсата с месторождений на нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) осуществляется при помощи железных дорог, автотранспорт и т.д., нередко с месторождений газовый конденсат транспортируется по конденсаторпроводам.

Для хранения газового конденсата используют нефтебазы и нефтехранилища. Такие хранилища представляют собой комплекс подземных или наземных металлических резервуаров. К ним должна примыкать железнодорожная платформа для приема и отпуска сырья или подведен конденсаторопровод.

Для конденсата строятся отдельные перевалочные комплексы в морских портах и даже установки первичной переработки на НПЗ. Из газового

конденсата как правило получают светлые фракции, такие как дизельная, бензиновая, керосиновая, а также минимум мазута.

## 1.2 Технология получения стабильного газового конденсата

В ходе подготовки газа на установке осуществляется низкотемпературная сепарация (НТС) с дросселированием, которая обеспечивает разделение пластового газа (газоконденсатной смеси, поступающей от кустов скважин) на газ сухой отбензиненный (СОГ) и СГК (стабилизация конденсата производится по технологии ступенчатого разгазирования). Качество газа на выходе с установки комплексной подготовки газа (УКПГ) должно соответствовать требованиям СТО Газпром 089-2010 «Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам. Технические условия», качество конденсата – требованиям [10].

Подготовленный газ с установки комплексной подготовки газа поступает в газотранспортную систему, а СГК – на дальнейшую транспортировку.

На Рисунке 1.1 представлена блок-схема технологии получения СГК.

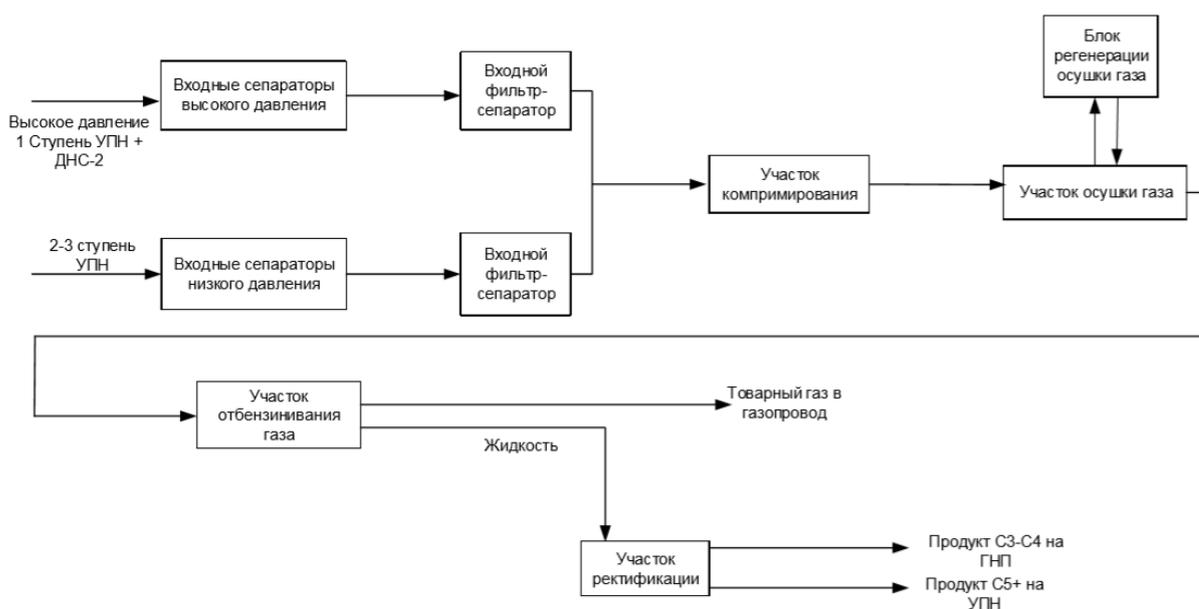


Рисунок 1.1 – Блок-схема технологии получения СГК

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

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 на линию низкого и высокого давления.

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 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 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 после чего поступает в общий коллектор нагнетания компрессорных частей и далее в холодильник, где охлаждается.

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, при этом температура газа понижается. Выделившаяся жидкая фаза является нестабильным газовым конденсатом.

Стабилизация осуществляется на участке газодифракционирования, а именно в тарельчатой ректификационной колонне. Жидкость, пройдя ряд технологических аппаратов и трубопроводов, поступает на тарелку подачи сырья. Назначение колонны – получение пропан-бутановой фракции (C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>). В процессе ректификации с ректификационной колонны отводят три продукта: топливный газ, пропан-бутановую фракцию и СГК.

### 1.3 Цеолитные катализаторы

На сегодняшний день значительная часть процессов нефтепереработки и нефтехимии являются каталитическими. В США и Европе в 90 % процессов химической технологии применяют промышленные катализаторы [11].

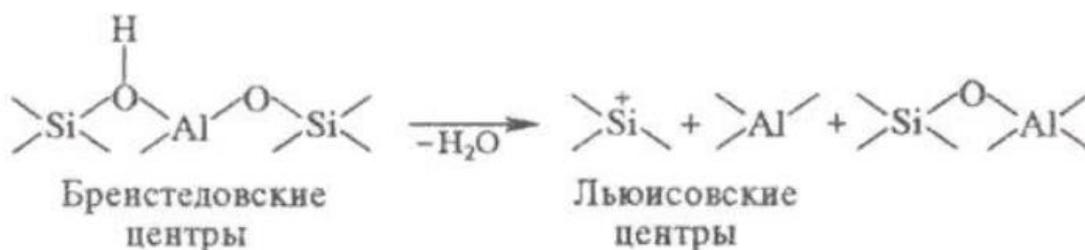
В Таблице 1.1 отражены основные виды промышленных цеолитсодержащих катализаторов.

Таблица 1.1 – Виды промышленных цеолитсодержащих катализаторов

Название цеолита и формула элементарной ячейки	Средний размер каналов, нм	Средний размер полостей, нм	Соотношение атомов Si/Al
Тип А $\text{Na}_{12}[\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}] \times 24\text{H}_2\text{O}$	0,41	0,66; 1,14	1,0-1,05
Тип X $\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{192 \times n}\text{O}_{384}] \times 260\text{H}_2\text{O}$	0,74	0,66; 1,18	1,2-1,3
Тип Y $\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{192 \times n}\text{O}_{384}] \times 260\text{H}_2\text{O}$	0,74	0,66; 1,18	1,7-2,1
Морденит $\text{Na}_8[\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}] \times 28\text{H}_2\text{O}$	0,67	–	5,0
Эрнонит $(\text{K}_2, \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Na}_2)_{4,5}[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}] \times 28\text{H}_2\text{O}$	0,36	0,63; 1,30	3,0
Оффретит $\text{Na}_5[\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36}] \times 15\text{H}_2\text{O}$	0,64	0,6; 0,74	3,5
ZSM-5 $\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192}] \times 16\text{H}_2\text{O}$	0,51	–	-30

Активность и стабильность цеолитсодержащих катализаторов определяется главным образом соотношением атомов Si/Al в кристаллическом каркасе цеолита, размерами и строением полостей и каналов цеолита [12].

Различают моно- и бифункциональные цеолитсодержащие катализаторы. Монофункциональные катализаторы содержат кислотные брэнстедовские (протоны, связанные с каркасными атомами кислорода) и льюисовские центры (катионы щелочных металлов, атомы, находящиеся в местах с дефицитом кислорода или местах расположения катионов):



Каталитическое действие таких цеолитсодержащих катализаторов связано с их способностью образовывать карбениевые ионы, поэтому они способны ускорять реакции крекинга, изомеризации и диспропорционирования алкилароматических углеводородов, переноса водорода и др.

Бифункциональные цеолитсодержащие катализаторы помимо кислотных центров содержат катионы металлов VI и VIII групп, заряд которых компенсирует избыточный отрицательный заряд в каркасе цеолита. Наличие таких катионов определяет способность цеолитсодержащих катализаторов ускорять окислительно-восстановительные реакции. В связи этим на бифункциональных цеолитсодержащих катализаторах протекают два типа реакции:

- на кислотных центрах происходят реакции, характерные для монофункциональных катализаторов;
- на катионах металлов – реакции гидрирования – дегидрирования.

На Рисунке 1.2, представлена структура цеолитного катализатора типа А. На Рисунке 1.3 представлен цеолитный катализатор типа ZSM.

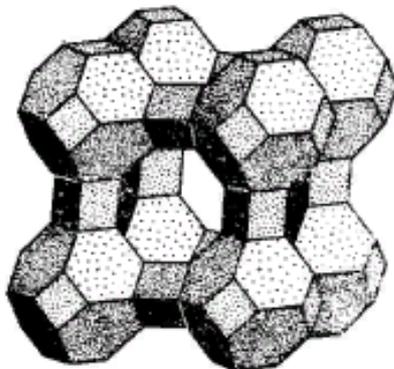


Рисунок 1.2 – Структура цеолитного катализатора типа А



Рисунок 1.3 – Цеолитный катализатор типа ZSM

Наиболее важные направления, выделяемые в области промышленного катализа это усовершенствование цеолитных катализаторов существующих процессов, таких как крекинг, гидрокрекинг, риформинг и т.д., а также разработка новых высокоэффективных катализаторов.

Цеолиты широко используются не только в химии, химической технологии, но и во многих других областях науки (биохимии, минералогии, геологии, океанографии) и в технике. Их применяют, например, при выделении и очистке парафиновых углеводородов, осушке хладагентов, и разделении газов.

В настоящее время на цеолитных катализаторах работают почти все промышленные установки для получения моторных топлив. Замена ими традиционных алюмосиликатных катализаторов дает общий экономический эффект, исчисляемый сотнями миллионов долларов в год [13]. Цеолитные катализаторы успешно начинают применять и при получении ценных органических продуктов.

Цеолитные катализаторы получают на основе экологически чистой высококремнеземистой цеолитной системы, которая не содержит тяжелых металлов, термически стабильна, устойчива по отношению к таким контактными ядам, как сернистые и азотсодержащие соединения, тяжелые металлы. Способность поверхности цеолитов к катионному обмену, а также их высокая механическая прочность позволяют использовать цеолиты в качестве носителей каталитически активной массы [14]. Цеолиты

характеризуются обедненной алюминием поверхностью, что значительно снижает крекинговую активность готового катализатора и его закоксованность при переработке углеводородного сырья с широким фракционным составом.

Многочисленными экспериментами установлено, что чем цеолит богаче кремнием, тем прочнее его структура. Структура получаемого цеолита зависит от температуры, соотношения метасиликата и алюмината натрия и особенно от природы щелочного компонента. В последние годы стали применять различные органические основания, например, гидроксиды тетраалкиламмония или их добавки к щелочам. Таким путем были получены новые типы цеолитов, среди которых практический интерес представляют высококремнистые цеолиты типа ZSM [15].

Именно данный тип цеолитов практичен и целесообразен в переработке стабильного газового конденсата.

#### **1.4 Процесс цеоформинг**

Процесс цеоформинг – промышленно освоенная технология производства высокооктановых бензинов на цеолитных катализаторах, разработанная научно-инженерным центром «Цеосит» Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН. Впервые реализация процесса с применением безводородной технологии была проведена в 1982-1990 гг. с использованием пилотного оборудования. Процесс внедрен в промышленность, как в Российской Федерации, так и за рубежом.

В процессе цеоформинг на цеолитсодержащем катализаторе прямогонные бензиновые фракции с температурой конца кипения до 200 °С перерабатываются в высокооктановые бензины. Для реализации процесса применяются катализаторы, которые приготовлены на основе синтетических высококремнеземных цеолитов, обладающих кислотно-основным действием [16].

При переработке в процессе цеоформинга состав бензинов меняется: снижается содержание н-парафинов и нафтенов и возрастает доля высокооктановых компонентов – изопарафинов и ароматических углеводородов, в результате чего происходит повышение октанового числа углеводородных фракций от 40-60 пунктов до 85-88 пунктов по моторному методу [17].

Технологическая схема установки цеоформинга [18] представлена на Рисунке 1.4. Сырьё 1) отбирают насосом из сырьевой емкости и под давлением 1,0-1,2 МПа подают через теплообменник в реакторный блок; 2) первоначально в трубное пространство испарителя-перегревателя, где испаряют и перегревают до температуры реакции (360-460 °С), а затем в трубное пространство реактора, загруженное катализатором цеоформинга. В трубном пространстве реактора на цеолитсодержащем катализаторе КН-30 при температуре реакции 360-460 °С, давлении 1,0 МПа и весовой скорости подачи сырья 2 ч<sup>-1</sup> происходит превращение низкооктановых компонентов сырья в высокооктановые и в газообразные углеводороды.

Принципиальная технологическая схема цеоформинга представлена на Рисунке 1.4.

Сырьё насосом Н1 прокачивается через рекуперативный теплообменник Т, где нагревается за счет тепла продуктов реакции, затем в печи П1 до температуры 450 °С и в паровом состоянии поступает в два параллельно работающих реактора Р1 и Р2. Из реакторов продукты реакции проходят рекуперативный теплообменник Т, холодильник Х1 и в сепараторе С1 разделяются на газ и конденсат. Конденсат прокачивается насосом Н2 и поступает в ректификационную колонну РК, в которой разделяется на товарный бензин и тяжелый остаток. Колонна оборудована конденсатором-холодильником Кд, сепаратором С2, насосами Н3, Н4, печью П2. Бензиновая фракция с верхней части колонны отводится в конденсатор-холодильник Кд, далее в сепаратор С2 и, образующийся товарный бензин идет на склад готовой

продукции. Тяжелая фракция с куба колонны РК идет на дальнейшую переработку.

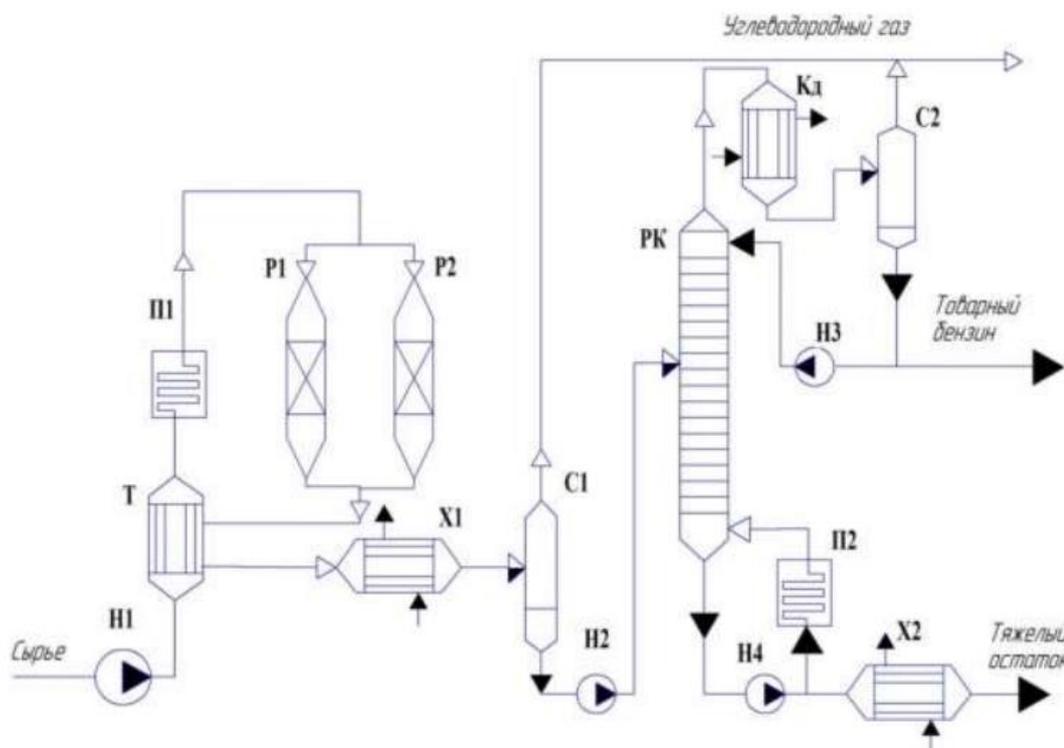


Рисунок 1.4 – Принципиальная технологическая схема процесса цеоформинг

H1-H3 – насосы; P1, P2 – реакторы; X1, X2 – холодильники; C1, C2 – сепараторы;

П1, П2 – печи; РК – ректификационная колонна; Кд – конденсатор холодильник

## 1.5 Переработка легкого углеводородного сырья на цеолитах

Для реализации процессов переработки различного углеводородного сырья (газовые конденсаты, попутные нефтяные газы, нефть) на сегодняшний день необходима целесообразная модернизация существующих технологий и разработка новых [19]. Перспективным является разработка высокоэффективных катализаторов для получения моторных топлив и индивидуальных углеводородов, сырья для нефтехимии.

Современную нефтепереработку и нефтехимию невозможно представить без катализаторов на основе цеолитов. Наиболее распространенным типом применяемых цеолитов являются цеолиты типа ZSM, которые обладают высокой активностью, благодаря уникальным особенностям строения.

Особенностью цеолитов является способность адсорбировать молекулы, размер которых меньше размеров его пор. Этот эффект используют в процессах разделения газов и смесей углеводородов. Так, цеолит СаА применяют в промышленном масштабе для отделения парафиновых углеводородов линейного строения от разветвленных углеводородов. Несмотря на то, что цеолит имеет поры определенного размера, размер пор цеолита может быть незначительно изменен путем ионного обмена. Так, у цеолита типа А при замене катионов  $\text{Na}^+$  на  $\text{K}^+$  размер пор уменьшается до 0,3 нм, а при замене на  $\text{Ca}^{2+}$  – увеличивается до 0,5 нм. Такой особенностью обладают и другие типы цеолитов.

Наиболее крупнотоннажными процессами переработки легкого углеводородного сырья (природного, попутного газа) являются процессы алкилирования и олигомеризации [20]. При олигомеризации максимальная активность катализатора достигается при температуре 70 °С (выход углеводородов  $\text{C}_8$  составив 35,1 % мас.).

В подготовке и переработке попутного нефтяного газа цеолиты также используют в качестве адсорбентов. Процесс осушки на цеолитах включает в себя стадию поглощения воды, и процесс десорбции – выделение воды из пор цеолита [21].

В работе [22] авторами предлагается переработка легкого углеводородного сырья, содержащего парафиновые углеводороды  $\text{C}_2$ - $\text{C}_{12}$ , которая осуществляется путем ароматизации сырья в реакторе с турбулентным псевдооживленным слоем цеолитного катализатора типа пентасила при повышенных давлении и температуре, с последующим отделением продуктов реакции от катализатора и выделением целевого продукта, границей выкипания которого является диапазон выкипания бензиновой фракции. Также авторы отмечают, что предпочтительно осуществлять процесс при поддержании параметров внутри реактора в диапазоне температур 425-475 °С и давлении от 0,2 до 2,0 МПа, а также при кратности циркуляции катализатора 3-6 мас. ч. на 1 мас. ч. сырья.

В работе [23] авторами предлагается конверсия попутных нефтяных газов (ПНГ)  $C_3-C_4$  в жидкие углеводороды на цеолитных катализаторах, модифицированных оксидами галлия и цинка. Для переработки ПНГ было предложено модифицированные цеолитные катализаторы типа ZSM-5. Исследования показали, что цеолитные катализаторы, модифицированные оксидами галлия и цинка, имеют более высокую селективность по ароматическим углеводородам. Применение модифицированных катализаторов, позволило увеличить выход жидких продуктов на 10-15 % при температуре процесса 525-600 °С.

Еще одним из направлений использования цеолитов является их применение в качестве катализаторов для превращения низкооктановых компонентов бензиновых фракций в высокооктановые. К достоинствам данных катализаторов относится высокая активность и селективность, устойчивость по отношению к каталитическим ядам, а к недостаткам – высокая крекирующая способность и быстрая дезактивация [24].

Авторы работы [25] рассматривают процесс превращения прямогонных бензинов газового конденсата в высокооктановые бензины на цеолитном катализаторе H-ЦКЕ-Г, модифицированном бинарными системами оксидов Sn (III) и Bi (III). В данной работе, авторы провели анализ активности катализатора в температурном интервале 350-425 °С. Было установлено, что при конверсии прямогонного бензина на исходном цеолите содержание ароматических углеводородов увеличивается в 5-6 раз, а на модифицированном – в 10 раз. Таким образом, проведенные исследования показали, что использование модифицирующих добавок позволяет получить катализаторы с большей каталитической активностью и селективностью для процессов переработки прямогонных бензиновых фракций газового конденсата в высокооктановые компоненты бензина.

Автор научной работы [26] поставил вопрос о переработке углеводородов в ценные продукты нефтехимии, которые актуальны и интересны современному миру. В данной исследовании рассмотрена

каталитическая активность алюминия и железосиликатных цеолитов типа MFI. В работе было показано, что октановые числа катализата, полученного с использованием алюмосиликата, и содержание ароматических углеводородов в нем выше, чем у катализата полученного с использованием в качестве катализатора силиката железа.

Способ получения высокооктанового бензина из прямогонной бензиновой фракции с применением процессов цеоформинга и гидроконверсии прямогонных бензинов в углеводороды C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> на цеолитах структуры FAU был рассмотрен авторами работы [27]. Технология гидроконверсии прямогонного бензина с последующим дегидрированием полученных пропана и бутана до соответствующих олефинов является эффективной альтернативой существующим способам получения углеводородов C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> и обеспечивает исключение недостатков, имеющих в процессе пиролиза. Также в работе изучены зависимости выхода продукта и его октанового числа при использовании разных видов катализатора в процессе цеоформинг [27].

Результаты каталитических исследований, синтезированных образцов приведены в Таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты превращения прямогонных бензиновых фракций газового конденсата на цеолитных катализаторах

Катализатор	T <sub>p</sub> , °C	Выход продуктов, % мас.								ОЧИ
		г.ф.	ж.ф.	Состав жидкой фазы						
				Ар	Б	И-п	Н	П	О	
ВКЦ (SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	350	47,2	52,8	35,6	2,7	32,25	20	10,9	1,3	93,5
	375	53,1	46,9	36,7	2,6	32,3	20,6	9	1,4	92,9
	400	59,5	41,5	43,4	4	27,4	18	9,9	1,3	95,4
ВКЦ (SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	350	30,3	69,7	19	1	43,6	19,2	17,4	1	88,4
	375	39,0	61,0	25,3	1,7	41,5	17,9	14,3	1	91,6
	400	44,8	55,2	29,1	2,4	39,3	17,8	12,7	1,2	93,9

Где T<sub>p</sub> – температура реакции, °C; г.ф. – газовая фаза; ж.ф. – жидкая фаза; Ар – ароматические углеводороды; Б – бензол; И-п – изопарафины; Н – нафтены; П – парафины; О – олефины; ОЧИ – октановое число, исследовательский метод.

Из таблицы видно, что для обоих образцов с повышением температуры процесса характерно снижение выхода жидких углеводородных продуктов.

Введение на стадии синтеза железа приводит к увеличению выхода целевого жидкого продукта на 14-18 % мас. Полученные жидкие продукты, содержат большее количество ароматических углеводородов и изопарафинов.

Авторами работы [28] исследовано влияние цеолитных катализаторов структуры ZSM-5 и FAU на качество и выход целевых продуктов при переработке прямогонных бензинов. Также рассмотрен способ получения высокооктанового бензина из прямогонной бензиновой фракции с использованием процессов цеоформирования и гидроконверсии прямогонных бензинов в углеводороды C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> на цеолитах структуры FAU.

Испытания проводились на лабораторной экспериментальной системе, предназначенной для изучения процессов, проходящих под высоким давлением в режиме потока [29]. Сырье подавалось в реактор со скоростью 1,2 ч<sup>-1</sup> при температуре 350-430 °С и давлении 1,3 МПа, которое создавалось потоком сырья. Ключевыми показателями процесса были выход бензиновой фракции н.к.-180 °С и ОЧИ. Эксперимент состоял из двух тестов, каждый из которых включал 2 этапа – тесты до и после регенерации. Катализаторы kat-1 и kat-2 были испытаны в интервале температур 350-430 °С с шагом 10 °С. Авторы работы пришли к выводу, что выход бензиновой фракции н.к.-180 °С при использовании kat-2 практически на 4,74 % выше, чем при использовании kat-1.

Таким образом, на сегодняшний день в Российской Федерации крайне актуальна проблема повышения эффективности использования СГК. В связи с отсутствием рациональных способов использования, СГК после выделения из газа при подготовке, возвращают в нефть с целью улучшения ее реологических свойств [30]. Вместе с тем СГК представляет собой легкое углеводородное, высоко ценящееся в нефтепереработке и в нефтехимическом производстве. Авторами работы [30] показана возможность переработка СГК в компоненты автомобильных бензинов.

Одним из наиболее перспективных направлений использования СГК является его переработка в компоненты автомобильного бензина на цеолитном катализаторе в процессе цеоформинг.

## 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Объект исследования

В качестве сырья для реализации цеоформинга в данной работе использован СГК, полученный с одного из месторождений Западной-Сибири Российской Федерации. Маркировка СГК в Российской Федерации проводится в соответствии с ГОСТ Р 54389-2011 «Конденсат газовый стабильный. Технические условия» [10]. СГК, выделяемый и природного газа в процессе подготовки, получают согласно технологии, представленной в разделе 1.2.

В работе для разработки рецептур смешения бензинов, помимо СГК и продуктов его переработки на цеолите (ПЦФ), использовались дополнительные смесевые компоненты – толуол и метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ).

МТБЭ используется в качестве высокооктанового компонента для получения автомобильных бензинов. Бензины, полученные компаундированием высокооктановых углеводородных фракций с добавкой МТБЭ обладают пониженной токсичностью, высокой детонационной стойкостью и стабильностью.

Толуол получают при переработке нефти – в процессе каталитического риформинга бензиновых фракций. Толуол применяется, в качестве добавки для синтеза других веществ. В производстве автомобильного бензина применяется для изготовления высокооктанового топлива.

Выбор данных компонентов обусловлен их высокими показателями по октановому числу, относительной дешевизной и доступностью на рынке.

Для реализации цеоформинга СГК в работе использован цеолитный катализатор марки КН-30, производство ПАО «Новосибирский завод химконцентратов» [31]. Характеристики цеолитного катализатора марки КН-30 представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные параметры цеолитного катализатора КН-30

Структурная форма	Цеолит типа ZSM-5
Диаметр гранул, мм	3,0-4,3
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,60-0,86
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	не менее 300
Механическая прочность на раздавливание по образующей, МПа	не менее 4,2
Массовая доля цеолита, %	не менее 80
Массовые доли в порошке цеолита, %	оксид кремния 90,0-97,6; оксид алюминия 1,4-2,7; оксид натрия не более 0,1; оксид железа 0,35-1,25

## 2.2 Реализация цеоформинга стабильного газового конденсата на лабораторной каталитической установке

Цеоформинг SGK был реализован на лабораторной каталитической установке «САТАСОН».

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

Технологическая схема установки «САТАСОН» представлена на Рисунке 2.1.

Азот в реакторной системе необходим для продувки системы, разбавления реакционной смеси и проведения теста на герметичность. Подается азот 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 N<sub>2</sub>) подается в реакторную систему.

На линии подачи газа установлен цифровой датчик давления (ДД) соединенный с прибором аварийной сигнализации (ПАС) и пружинным предохранительным клапаном (ПК). На датчике давления 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.

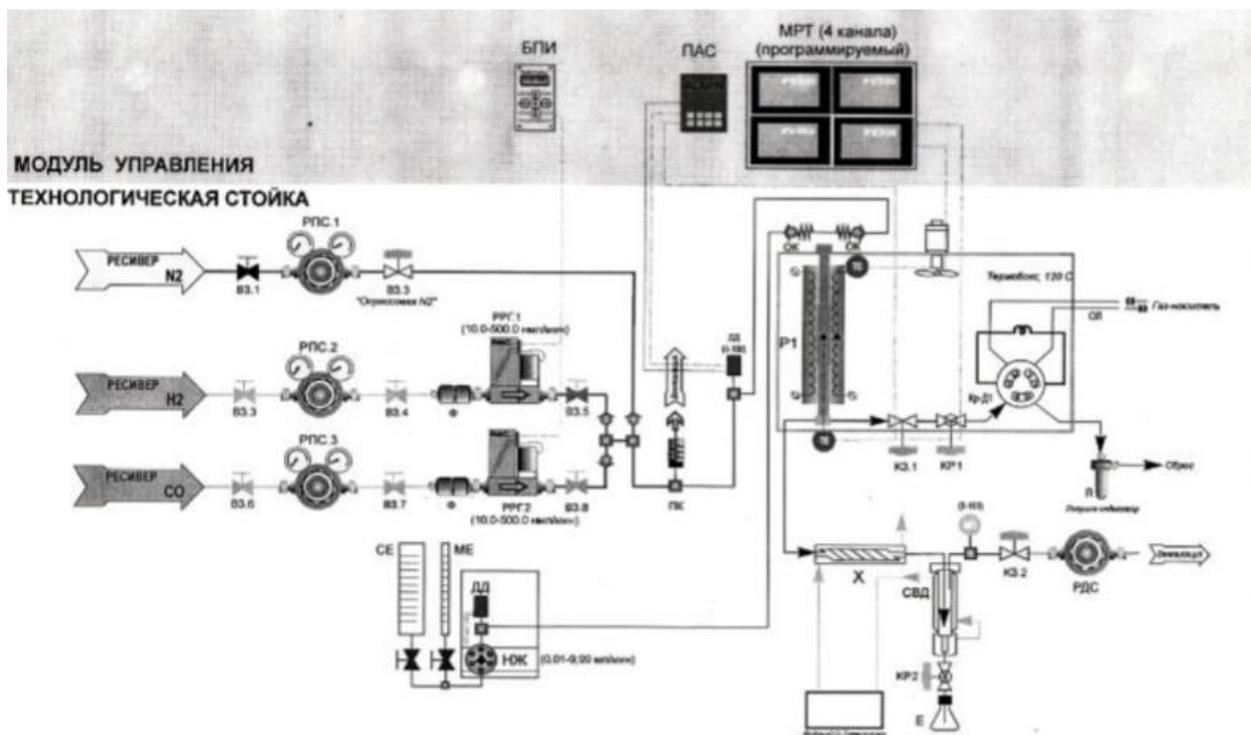


Рисунок 2.1 – Технологическая схема установки «CATACON»

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

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 10 см<sup>3</sup>.

Обогрев реактора обеспечивает однозонная электрическая печь, позволяющая поддерживать температуру по слою катализатора с погрешностью  $\pm 5$  °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 прямого холодильника и сепаратора высокого давления. После разделения продуктов, в сепараторе высокого давления, конденсат сливается через клапан, регулируемый (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 каталитической установки «САТАСОН» представлены в Таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики установки «САТАСОН»

<b>Параметр</b>	<b>Значение</b>
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

Основными технологическим узлом установки является реактор с печью. Используемый реактор проточного типа позволяет работать в условиях повышенных давлений. Конструкция реактора представлена на Рисунке 2.2.

Верхний участок корпуса реактора равный 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. Загрузка осуществляется через верхний фланец реактора, выгрузка – через нижний.

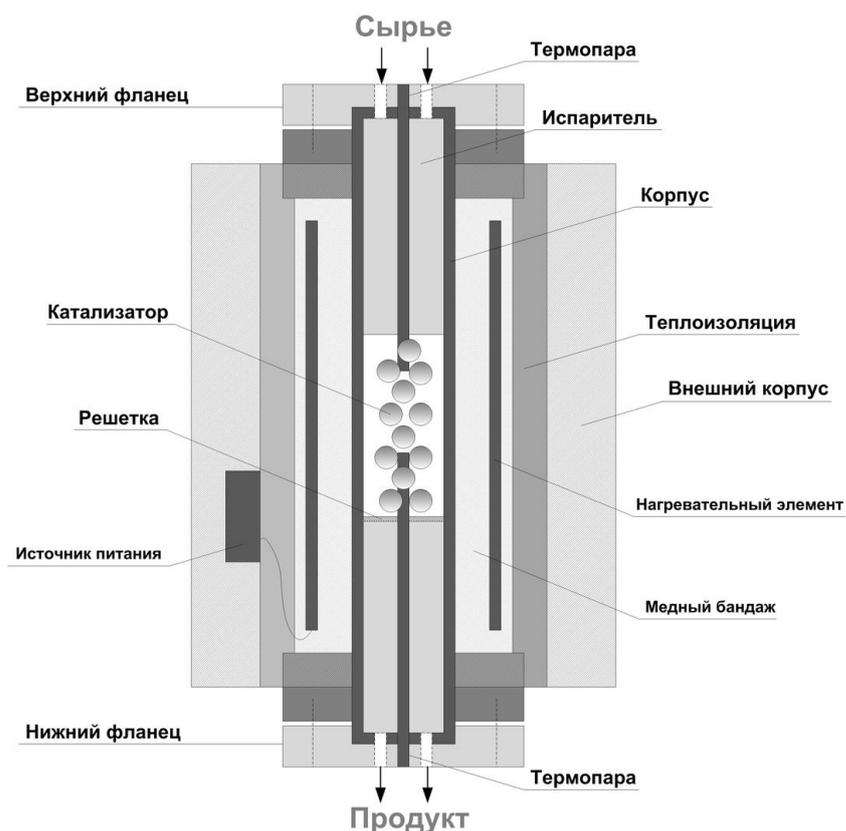


Рисунок 2.2 – Конструкция каталитического реактора установки «CATACON»

### 2.2.1 Технологические параметры реализации цеоформинга стабильного газового конденсата

Реализация цеоформинга СГК осуществлялась в условиях варьирования температуры процесса в пределах 325-425 °С с шагом 25 °С (испытания 1, 2, 3, 8, 9); давления процесса в пределах 2,5-4,5 МПа с шагом 1,0 МПа (испытания 1, 6, 7); расхода сырья в пределах 2-4 ч<sup>-1</sup> с шагом 1 ч<sup>-1</sup> (испытания 1, 4, 5). В Таблице 2.3 представлены технологические параметры проведения испытаний.

Таблица 2.3 – Технологические параметры испытаний

Испытание	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продукт	пцф 1	пцф	пцф 3	пцф 4	пцф 5	пцф 6	пцф 7	пцф 8	пцф 9
Температура, °С	325	350	375	375	375	375	375	400	425
Давление, МПа	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	4,5	2,5	2,5
Расход сырья, ч <sup>-1</sup>	2	2	2	3	4	2	2	2	2

## 2.3 Методики исследования состава и характеристик сырья и продуктов

### 2.3.1 Методика определения углеводородного состава сырья и продуктов

Сущность хроматографического метода заключается в разделении веществ путем избирательной сорбции.

Хроматографический анализ в данной работе проводится на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000» (Рисунок 2.3) в соответствии с методикой, представленной в ГОСТ Р 52714-2007 «Бензины автомобильные. Определение индивидуального и группового углеводородного состава методом капиллярной газовой хроматографии» [32].

Газовый хроматограф работает согласно общим принципам хроматографии. Это значит, что элементы смеси распределяются между двумя фазами: подвижной (элюентом) и неподвижной. Для газового хроматографа характерно проведение исследований, где в качестве подвижной фазы выступает газ. Чаще всего в качестве элюента выступают гелий, водород и азот. Неподвижной фазой может быть, как твердое тело, так и жидкое вещество.



Рисунок 2.3 – Лабораторный аналитический хроматограф «Хроматэк-Кристалл 5000»

Лабораторный аналитический хроматограф «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.

### **2.3.2 Методика расчета характеристик сырья и продуктов с помощью программного обеспечения «Compounding»**

Формирование качественных и количественных характеристик промышленного топлива происходит на стадии смешения (компаундирования).

Оптимизация процесса компаундирования бензинов наиболее часто заключается в поиске оптимальной рецептуры смешения – соотношения компонентов бензина, при котором можно получить продукты требуемого качества с использованием наиболее дешевых и профицитных компонентов, при этом значительно снижая затраты на производство.

Большинство существующих программных продуктов, используемых для расчета рецептур смешения бензинов не учитывает неаддитивность октановых чисел. В Томском политехническом университете было разработано программное обеспечение (ПО) «Compounding», позволяющее рассчитывать показатели качества и рецептуру смешения бензина с учетом неаддитивности смешения потоков по октановому числу.

В основе разработанного ПО лежат закономерности для расчета октанового числа, учитывающие межмолекулярные взаимодействия компонентов смеси, вызывающие неаддитивность данного параметра:

$$B = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n B_i B_j c_i c_j \quad (2.1)$$

$$B_i = \alpha \left( \frac{D_i}{D_{\max}} \right)^n \quad (2.2)$$

$$OЧ_{\text{см}} = \sum_{i=1}^{97} (OЧ_i \cdot c_i) + B \quad (2.3)$$

где  $C_i, C_j$  – концентрация углеводородов в смеси;  $\alpha$  и  $n$  – кинетические параметры, которые определяют зависимость интенсивности межмолекулярных взаимодействий от дипольного момента  $D$ ;  $B_i, B_j$  – величины, которые характеризуют склонность к межмолекулярному взаимодействию  $i$ -й и  $j$ -й молекул;  $D_{\max}$  – максимальный дипольный момент;  $OЧ_{\text{см}}$  – октановое число смеси.

Основное диалоговое окно ПО «Compounding» представлено на Рисунке 2.4.



Рисунок 2.4 – Основное диалоговое окно ПО «Compounding»

Исходными данными для расчета в ПО «Compounding» являются данные хроматографического анализа (индивидуальный углеводородный состав). При обработке хроматограмм, ПО сводит их к ключевым компонентам и на основе полученных данных производится расчет.

Кроме расчета октановых чисел углеводородных потоков и их смесей по исследовательскому (ОЧИ) и моторному (ОЧМ) методам, ПО «Compounding» позволяет осуществлять расчет давления насыщенных паров (ДНП), плотности, содержания олефинов, ароматических углеводородов, бензола и других групп углеводородов.

Расчет характеристик смесей производится при помощи задания соотношения смешиваемых компонентов, что позволяет осуществлять разработку рецептур смешения бензинов различных марок и экологических классов.

Диалоговое окно загрузки смешиваемых компонентов в ПО «Compounding» представлено на Рисунке 2.5.

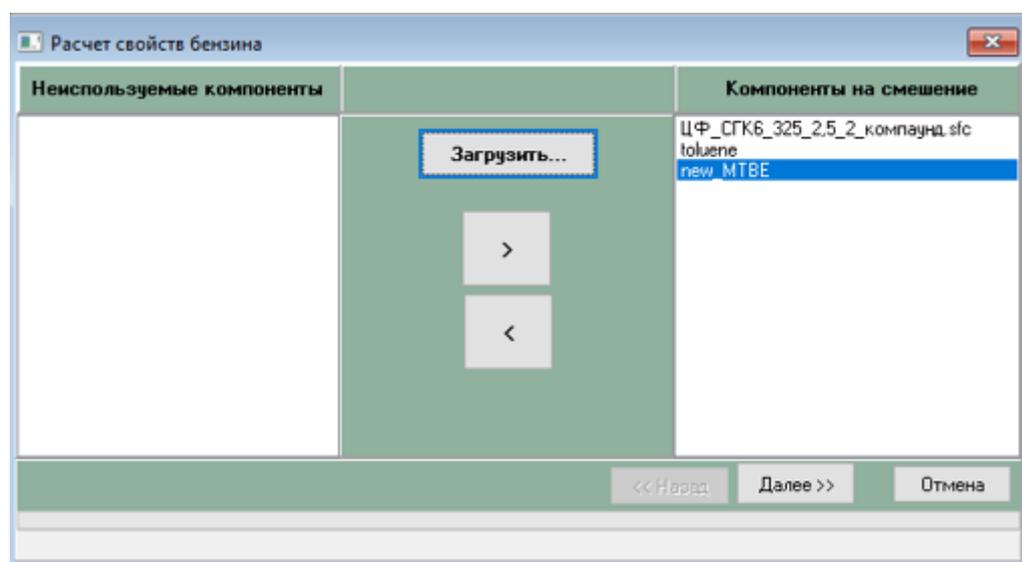


Рисунок 2.5 – Диалоговое окно загрузки компонентов

Диалоговое окно задания соотношения смешиваемых компонентов представлено на Рисунке 2.6. Каждому смесевому компоненту задается его содержания (доля) в смеси. Сумма всех компонентов в смеси должна составлять 100 %.

Пример результата расчета характеристик полученного продукта в ПО «Compounding» представлен на Рисунке 2.7.

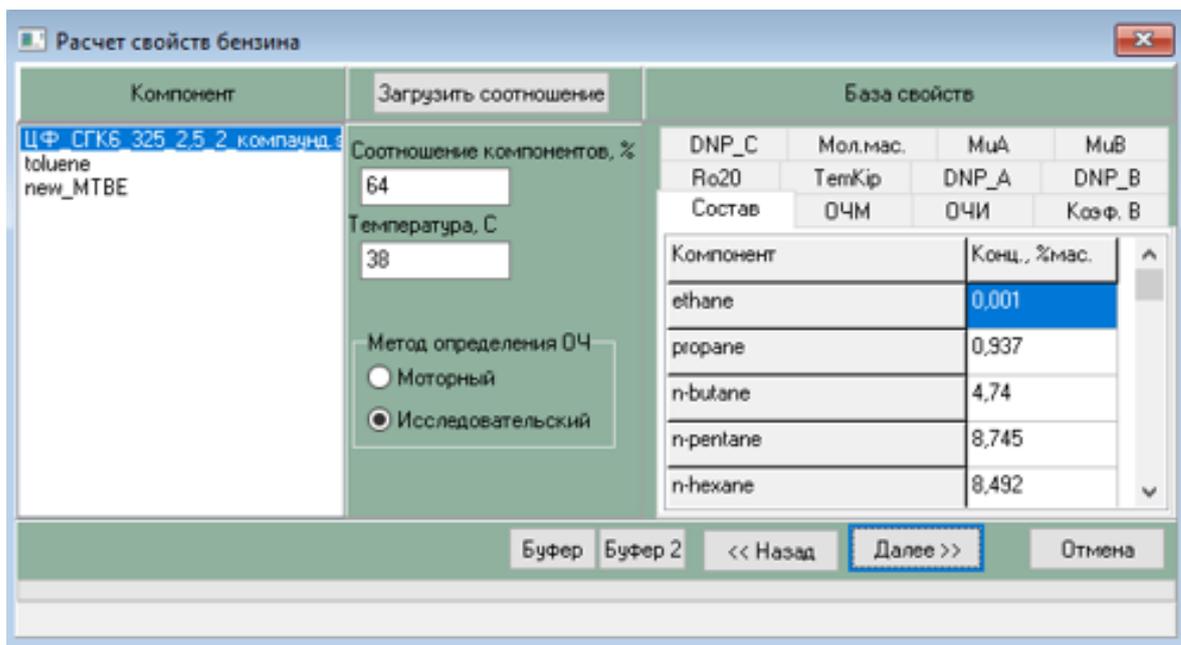


Рисунок 2.6 – Диалоговое окно задания соотношения смешиваемых КОМПОНЕНТОВ

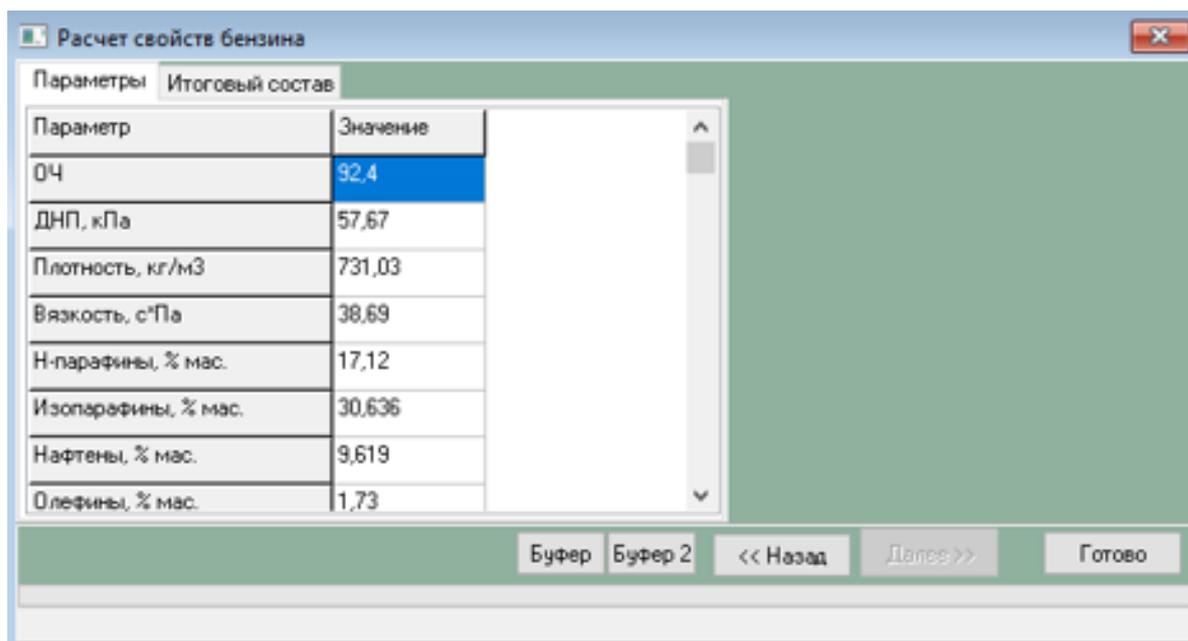


Рисунок 2.7 – Диалоговое окно выдачи результатов расчета

## **5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

В данном разделе подробно разобран коммерческий потенциал данного исследования и его перспективы на рынке. Проведена оценка ресурсоэффективности проделанной работы. Описан и составлен план необходимого комплекса работ.

Газовый конденсат – это жидкая смесь углеводородов, выделяемая в качестве продукта на газовых, нефтяных и газоконденсатных месторождениях. Углеводородный состав газовых конденсатов варьируется в широких пределах в зависимости от места и условий его добычи

В производстве стабильного газового конденсата главную роль отводят на такое эксплуатационное свойство как низкотемпературные показатели, поскольку они влияют на нормальную подачу газового конденсата по системе питания в двигатели. Несоответствие данных показателей установленным нормам в свою очередь может привести к забивке фильтров или вывести двигатель из рабочего состояния.

Данное исследование имеет достаточно высокий коммерческий потенциал, короткий срок реализации в связи с большой потребностью и является ресурсосберегающей технологией, т.к. полученные расчетные методы позволяют за короткое время рассчитать низкотемпературные свойства газового конденсата и сэкономить на дорогостоящем оборудовании для их определения. В конечном итоге это отразится на себестоимости стабильного газового конденсата и позволит держаться в рамках установленных норм.

## 5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные потребители и сегменты, влияющие на спрос продукта (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Сегментирование рынка

		Размер компании		
		Малая	Средняя	Крупная
Способ определения	Расчетный метод			
	Экспериментальный метод			

В данной таблице представлены потенциальные потребители стабильного газового конденсата.

## 5.2 SWOT-анализ

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

Таблица 5.2 – Первый этап SWOT-анализа

	<b>СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ:</b>	<b>СЛАБЫЕ СТОРОНЫ:</b>
	С1. Быстрое получение результатов	Сл1. Отсутствие программного обеспечения научной разработки
	С2. Экономия в плане производственных установок	Сл2. Необходимость наличия фракционного состава смеси
	С3. Более низкая стоимость по сравнению с производственными методами	Сл3. Большой срок внедрения на производство
	С4. Квалифицированный персонал	Сл4. Более низкая погрешность у конкурентов
	С5. Простота использования	
	С6. Допустимая погрешность	

Окончание Таблицы 5.2

<b>ВОЗМОЖНОСТИ:</b>	<b>СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ:</b>	<b>СЛАБЫЕ СТОРОНЫ:</b>
В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт		
В2. Повышение стоимости конкурентных разработок		
В3. Создание расчетной программы		
В4. Увеличение спроса на продукт как в России, так и за границей		
В5. Создание более сложных и в свою очередь более точных зависимостей		
<b>УГРОЗЫ:</b>		
У1. Разработка аналогичной зависимости		
У2. Внедрение дополнительных государственных требований к сертификации продукции		
У3. Отсутствие спроса на новые расчетные методы		

На основании табл. 5.2 сделаем интерактивную матрицу проекта, где «+» - сильное соответствие сторон возможностям; «-» - слабое соответствие; «0» - сомнение между «+» и «-», что будет являться вторым этапом SWOT-анализа.

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица планирования «Сильные стороны и возможности»

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

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица планирования «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	-	0	-	-
	В2	+	+	0	-
	В3	+	0	+	0
	В4	-	-	+	-
	В5	0	-	-	+

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта							
Угрозы		С1	С2	С3	С4	С5	С6
	У1	+	+	+	0	+	+
	У2	-	+	-	0	-	-
	У3	-	0	+	0	+	+

Таблица 5.6 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	+	-	+
	У2	-	-	-	0
	У3	0	-	+	+

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (табл. 5.7).

Таблица 5.7– Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ:</b>	<b>СЛАБЫЕ СТОРОНЫ:</b>
	С1. Быстрое получение результатов	Сл1. Отсутствие программного обеспечения научной разработки
	С2. Экономия в плане производственных установок	Сл2. Необходимость наличия фракционного состава смеси
	С3. Более низкая стоимость по сравнению с производственными методами	Сл3. Большой срок внедрения на производство
	С4. Квалифицированный персонал	Сл4. Более низкая погрешность у конкурентов
	С5. Простота использования	

## Окончание Таблицы 5.7

	<b>СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ:</b>	<b>СЛАБЫЕ СТОРОНЫ:</b>
	С6. Допустимая погрешность	
<b>ВОЗМОЖНОСТИ:</b>		
В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт	Введение расчетных методов в производство	В связи с отсутствием программы, возможно отставание от конкурентов с последующим падением спроса на продукцию
В2. Повышение стоимости конкурентных разработок		
В3. Создание расчетной программы		
В4. Увеличение спроса на продукт как в России, так и за границей		
В5. Создание более сложных и в свою очередь более точных зависимостей		
<b>УГРОЗЫ:</b>		
У1. Разработка аналогичной зависимости	Простота в использовании и экономичность метода вполне способны ослабить влияние перечисленных угроз	При создании конкурентами расчетных методов с более низкой погрешностью, а также с большим сроком внедрения на производство есть риск потери занятой ниши рынка. При добавлении к этому отсутствие программного обеспечения для расчетных методов увеличивает угрозу потери рынка
У2. Внедрение дополнительных государственных требований к сертификации продукции		
У3. Отсутствие спроса на новые расчетные методы		

## 5.3 Планирование исследовательских работ

### 5.3.1 Структура работ в рамках проводимого исследования

Для выполнения исследований в рамках ВКР формируется рабочая группа, в состав которой входят: студент-дипломник, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 5.8

Таблица 5.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Обзор современных методов и патентных исследований по выбранному направлению	Руководитель, бакалавр
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск необходимых материалов для экспериментальных расчетов	Руководитель,
			бакалавр
	6	Проведение экспериментов	Заведующий лабораторией, бакалавр
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр	
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка и усовершенствование расчетных методов	Руководитель, бакалавр
	11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель, бакалавр
Оформление отчета по НИР	12	Составление пояснительной записки	Руководитель, бакалавр
	13	Сдача работы на рецензию	Бакалавр
	14	Предзащита	Руководитель, бакалавр
	15	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр
	16	Защита дипломной работы	Бакалавр

### 5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение трудоемкости выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{maxi}}}{5} \quad (5.1)$$

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

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

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

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ожі}}}{\text{Ч}_i}, \quad (5.2)$$

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

$\text{Ч}_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

- Расчет трудоемкости составления технического задания

$t_{\min i}$  составляет 2 чел-дней;

$t_{\max i}$  составляет 5 чел-дней;

$$t_{\text{ожі}}(\text{Инж}) = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = 3,2 \text{чел} - \text{день}.$$

- Расчет трудоемкости подбора и изучения материалов

$t_{\min i}$  составляет 12 чел-дней;

$t_{\max i}$  составляет 40 чел-дней;

$$t_{\text{ожі}}(\text{Рук}) = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = 23 \text{чел} - \text{день}.$$

- Расчет трудоемкости теоретических расчетов и обоснований

$t_{\min i}$  составляет 5 чел-дней;

$t_{\max i}$  (Э) составляет 16 чел-дней;

$$t_{\text{ожі}}(\text{Э}) = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = 9,4 \text{чел} - \text{день}.$$

- Расчет трудоемкости приготовления образцов СГК

$t_{\min i}$  составляет 1 чел-дней;

$t_{\max i}$  (Э) составляет 4 чел-дней;

$$t_{\text{ожі}}(\text{Э}) = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = 2,2 \text{чел} - \text{день}.$$

- Расчет трудоемкости экспериментальной части исследования

$t_{\min i}$  составляет 14 чел-дней;

$t_{\max i}$  составляет 36 чел-дней;

$$t_{\text{ожі}}(\text{Э}) = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = 22,8 \text{чел} - \text{день}.$$

- Расчет трудоемкости анализа результатов эксперимента

$t_{\text{mini}}$  составляет 19 чел-дней;

$t_{\text{maxi}}$  составляет 42 чел-дней;

$$t_{\text{ожі}}(\text{Э}) = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{maxi}}}{5} = 28,2 \text{чел} - \text{день}.$$

- Расчет трудоемкости оформления отчета о проделанной работе

$t_{\text{mini}}$  составляет 5 чел-дней;

$t_{\text{maxi}}$  составляет 12 чел-дней;

$$t_{\text{ожі}}(\text{Э}) = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{maxi}}}{5} = 7,8 \text{чел} - \text{день}.$$

- Расчет продолжительности каждой работы  $T_p$  (учитывается параллельность выполнения работ несколькими рабочими)

Расчет проводится по формуле [35]:

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ожі}}}{\text{Ч}_i},$$

$\text{Ч}_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

$T_p$  составления технического задания составит 3,2 дня.

$T_p$  подбора и изучения материалов составит 7,7 дней.

$T_p$  теоретических расчетов и обоснований составит 9,4 дней.

$T_p$  приготовления образцов СГК составит 2,2 дня.

$T_p$  экспериментальной части исследования составит 22,8 дней.

$T_p$  анализа результатов эксперимента 9,4 дней.

$T_p$  оформления отчета о проделанной работе 7,8 дней.

### 5.3.3 Разработка графика проведения исследования в рамках ВКР

При выполнении дипломных работ студенты становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (5.3)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по формуле (5.4):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (5.4)$$

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

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

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

Рассчитанные временные показатели проведения научного исследования приведены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Временные показатели проведения исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ожг}$ , чел-дни			
составление технического задания	2	5	3,2	Руководитель	3,2	4,7
подбор и изучение материалов	12	40	23	Руководитель Бакалавр	7,7	11,3
теоретические расчеты и обоснования	5	16	9,4	Бакалавр	9,4	13,8
Приготовление образцов	1	4	2,2	Бакалавр	2,2	3,2
экспериментальная часть исследования	14	36	22,8	Бакалавр	22,8	33,5
анализ результатов эксперимента	19	42	28,2	Бакалавр Руководитель Зав лаб	9,6	14,1
Оформление отчета о проделанной работе	5	12	7,8	Бакалавр Зав лаб	7,8	11,5
<b>Итого:</b>					Р – 20 Б – 60 Зав лаб – 17	Р – 30 Б – 87 Зав лаб – 17

На основе данной таблицы составлен календарный план-график.

В таблице 5.10 приведен календарный план график в рамках выпускной квалификационной работы.

Таблица 5.10 – календарный план-график проведения работ в рамках ВКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				январь		февраль			март			Апрель			Май		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление ТЗ	Руководитель	5	■													
2	подбор и изучение материалов	Бакалавр Руководитель	12		○		■										
3	теоретические расчеты и обоснования	Бакалавр	14							○							
4	Приготовление образцов	Бакалавр	4								○						
5	экспериментальная часть исследования	Бакалавр	34											○			
6	анализ результатов эксперимента	Бакалавр Руководитель Зав лабораторией	15												○	■	■
7	Оформление отчета о проделанной работе	Бакалавр	12														○

○ - Инженер  
 ■ - Руководитель  
 ■ - заведующий лабораторией

## 5.4 Бюджет исследования

В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 5.4.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \text{Ц}_i \cdot N_{\text{расхи}} \quad (5.5)$$

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

$N_{\text{расхи}}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$\text{Ц}_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в табл. 5.11

Таблица 5.11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Колба химическая	рубль	30	150	5175
Халаты лабораторные	рубль	2	1300	2990
Мерные стаканы	рубль	10	90	1035
тетрадь	рубль	2	40	92
Ручка пишущая	рубль	3	12	42
Пластиковые бутылки	рубль	4	12	56
Итого				9390

#### 5.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Ноутбук	1	26000	29900
2.	Микрошприц	1	1750	2013
3.	Аппарат для измерения низкотемпературных свойств	1	200000	230000
4.	Калькулятор	2	200	430
Итого				262343

$$H_a = \frac{100\%}{T_{\text{дн}}} = \frac{100\%}{5} = 20\%$$

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}} \cdot H_a / 100}{12} \cdot T = \frac{262343 \cdot \frac{20}{100}}{12} \cdot 12 = 52468$$

$$A = \frac{52468}{366} \cdot 60 = 8601$$

### 5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (5.6)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (5.7)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}} \quad (5.8)$$

где  $Z_{м}$  – 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;

$F_{д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 5.13).

Таблица 5.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Зав лаб
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	44	48	44
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
- отпуск	56	28	56
- невыходы по болезни	2	2	2
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	273	249

В представленной ниже таблице посчитана основная заработная плата, в ходе научно исследовательского проекта, работников, принимавших участие в разработке данного исследования. Расчет основной заработной платы приведен в табл. 5.14.

Таблица 5.14 – Расчет основной заработной платы

№ п / п	Наименование этапов	Исполнители по категориям			Трудо-емкость, чел.-дн.			Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.			
		руководитель	бакалавр	Зав лаб										
1.	Составление ТЗ	Руководитель			3,2			1,406			6,748			
2.	подбор и изучение материалов	руководитель	бакалавр		3	20		1,406	0,829		5,062	19,896		
3.	теоретические расчеты и обоснования	бакалавр			9,4			0,829			9,948			
4.	Приготовление образцов	бакалавр			2,2			0,829			2,98			
5.	экспериментальная часть исследования	бакалавр			22,8			0,829			22,88			
6.	анализ результатов эксперимента	бакалавр	руководитель	Зав лаб	15	8,2	5	0,829	1,406	1,406	14,9	15,18	8,43	
7.	Оформление отчета о проделанной работе	бакалавр			7,8			0,829			7,96			
												Итого: 113,984		

В таблице 5.14 представлены величины окладов сотрудников, и также приведена ежедневная заработная плата за один рабочий день.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (12)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$Z_{\text{доп}} \text{ Рук} = 4847 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{доп}} \text{ Инж} = 3133 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{доп}} \text{ эксп} = 4847 \text{ рублей}$$

#### 5.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (5.11)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, в ТПУ он равен 0,302.

Таблица 5.15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	38016	4847
Бакалавр	26112	3133
Зав лабораторией	38016	4847
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2%	
<b>Итого 34719</b>		

#### 5.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование

материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}} \quad (5.12)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Результаты расчета представлены в табл. 5.16.

#### 5.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл.5.16.

Таблица 5.16 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Рук	Бак	Зав лаб
1. Материальные затраты НИИ	9390		
2. Затраты на специальное оборудование (амортизация)	8601		
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	26990	75564	8430
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4847	3133	4847
5. Отчисления во внебюджетные фонды	34719		
6. Накладные расходы	66843		
7. Бюджет затрат НИИ	440746		

Исходя из данных табл. 5.16, можно сделать вывод, что основные затраты исследовательского проекта приходятся на специальное оборудование для проведения эксперимента.

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

Интегральный финансовый показатель разработки для данной работы равен 1, в силу того, что стоимость *i*-го варианта исполнения численно равна максимальной стоимости исполнения работы.

Интегральный показатель ресурсоэффективности нашего варианта исполнения равен 3,65.

Расчет интегрального показателя проводился на основании данных, представленных в таблице 5.17.

Таблица 5.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Способствует увеличению качества производимого газового конденсата в стране	0,1	5
2. Удобство в проведении исследования на практике в силу его простоты, не требуемой специального обучения	0,2	4
3. Экономичность	0,2	5
4. Низкая себестоимость в сравнении с более дорогими методами подбора	0,3	5
5. Надежность	0,2	5
ИТОГО	1	

Интегральный показатель эффективности данного варианта исполнения разработки ( $I_{исп.1}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя и численно равен 3,65.

Ниже представлена таблица, определяющая эффективность проекта.

Таблица 5.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,65
3	Интегральный показатель эффективности	3,65
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1

В данном разделе подробно разобран коммерческий потенциал данного исследования и его перспективы на рынке. Проведена оценка ресурсоэффективности проделанной работы. Описан и составлен план необходимого комплекса работ.

Описав и проанализировав потенциальных потребителей результатов исследования, проведен SWOT-анализ и показана итоговая матрица стратегии данной работы.

С позиции финансовой и ресурсной эффективности, данные показатели позволяют сделать вывод, о том, что выбранный вариант исполнения эффективен.

## **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 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 [34] проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на работах с вредными веществами.

В соответствии с [35] и [36] 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 [37].

### **6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства**

К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации.

Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техник безопасности при работе аналитических лабораториях (общие положения)

### **6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

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

## **6.2 Профессиональная социальная безопасность**

### **6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования**

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 [39].

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 <sup>3</sup>	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 [40]:

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.

## **6.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований**

Далее представлены описания вредных и опасных факторов, описанных выше.

- Отклонение показателей микроклимата Микроклимат производственного помещения – это состояние внутренней среды помещения, влияющие на работоспособность посредством температуры и влажности.

В качестве источника возникновения отклонений показателей микроклимата могут выступать: климатические условия снаружи помещения в зависимости от времени года, отключение отопления, неэффективная работа вентиляции. Воздействие отклонений на человека проявляется в ускоренном переутомлении, при повышении температуры, обморожении и простудных заболеваниях при низких температурах. Также высокая температура способствует пересыханию слизистых оболочек дыхательных путей. Допустимые нормы температуры и влажности воздуха в рабочей зоне производственного помещения согласно ГОСТу 12.1.005-88 [41]: в холодный период оптимальная температура составляет 22-24°C при влажности воздуха 40-60%. Допустимая температура составляет 18-26 °С, при влажности воздуха 75%; в теплый период оптимальная температура составляет 23-25°C при влажности воздуха 40-60%. Допустимая температура составляет 20-30°C при допустимой влажности 55% (при 28°C).

Для минимизации воздействия данного фактора предлагаются следующие средства защиты: толщина стен не менее 0,8 метров, вентиляторы, система отопления, спецодежда. □ Отсутствие или недостаток естественного и искусственного света на рабочем месте

- Отсутствие или недостаток света в рабочей зоне является важным вредным фактором, влияющим на работоспособность и работу инженера.

Источником возникновения недостатка естественного света может служить недостаточное количество окон и светопроемов, обеспечивающих допустимый коэффициент освещенности.

Источником возникновения недостатка искусственного света может служить в отдаленности освещения от рабочего места, невозможность управления световым потоком, перепады напряжения сети, питающей осветительные приборы.

Воздействие фактора недостатка света на организм человека может проявляться в ухудшении зрительного функционирования, воздействии на психику и эмоциональное состояние человека, вызывании усталости центральной нервной системы. Следует отметить, что качества освещения также влияет на предотвращение воздействия вредного фактора. Неравномерное освещение провоцирует проблемы адаптации, снижая видимость. Допустимые нормы освещенности рабочего помещения согласно ГОСТу Р 55710-2013 [42]: значение освещенности в зоне непосредственного окружения составляет не менее 500 лк; равномерность освещенности составляет не менее 0,60; объединенный показатель дискомфорта составляет не более 19; коэффициент освещенности не должен превышать 10%. Для минимизации вредного воздействия освещенности необходимо прибегать к таким средствам защиты как приобретение дополнительных светильников, использование ламп, работающих от переменного тока частотой 400 Гц и выше.

- Повышенная уровень шума на рабочем месте

Шум, как раздражающий фактор, оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. При работе с ПК возможно появление нервного напряжения и снижение работоспособности. Источники шума - процессор компьютера, электролампы, системы вентиляции и отопления. В соответствии СН 2.2.4/2.1.8.562–96 уровень шума на рабочем месте пользователей ПК не должны превышать значений 50 дБА. В помещениях всех типов образовательных учреждений, в которых эксплуатируются ПЭВМ, уровень вибрации не должен превышать допустимых значений в соответствии [43] с СН 2.2.4/2.1.8.566–96. «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Рабочее место не имеет собственных источников вибрации, но испытывает обще технологические воздействия. Следовательно, согласно классификации по источнику возникновения вибрации, рабочее место относится к Категории 3 и Типу В.

- **Повышенный уровень электромагнитных излучений**

Одним из наиболее вредных факторов является ЭМП, которое при превышении допустимых уровней оказывает вредное влияние на нервную, иммунную, эндокринную системы человека. Наиболее подвержены влиянию ЭМП кровеносная система, головной мозг, глаза, иммунная и половая системы. Основным источником ЭМ излучений от мониторов ПЭВМ является трансформатор высокой частоты строчной развёртки, который размещается в задней или боковой части. Кроме того, усилить пагубное воздействие ЭМП может продолжительное время работы, теснота помещения и большое число ПК. Кроме того, нарушается работа нервной системы, ослабевает память, повышается утомляемость, нарушается режим сна. Согласно [44] ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности» при напряженности электрического поля в диапазоне в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц и в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц временные допустимые уровни электромагнитного поля составляют 25 В/м и 2,5 В/м соответственно. А мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса видео дисплейного терминала не должна превышать 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч).

- **Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу**

Источником возникновения утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу лаборатории может стать поломка вытяжки, некачественные колбы для хранения образцов, пыль при загрузке катализатора. Воздействие вредного фактора может повлиять на организм человека путем длительного вдыхания паров компонентов и газообразных продуктов синтеза с последующим отравлением, аллергическая реакция, ожоги.

Допустимые нормы содержания токсичных веществ в воздухе и при попадании на кожу согласно ГОСТу 12.1.005-88 составляет 5001-50000 мг/куб.м и соответственно 501-2500 мг/кг.

Для минимизации воздействия вредного фактора предлагаются такие средства защиты как респираторы, перчатки резиновые, противогазы.

### **6.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов**

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

В соответствии с техническим регламентом 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, инструктажи и проверка работников на знание требований безопасности труда. За государственный и ведомственный контроль по охране труда отвечает штаб ГО ЧС, отдел по охране труда.

При выполнении данной работы были использованы следующие виды средства индивидуальной защиты: перчатки из латекса, спецодежда, защитные очки. Также обязательно проводятся технологические перерывы и регулярные проветривания.

## **6.3 Экологическая безопасность**

### **6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

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.

### **6.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду**

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.

*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 [44].

*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.

### **6.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

Для борьбы с загрязнением атмосферы на каталитической установке применяют следующие меры:

- воздух, с компрессорных установок проходит очистку в

центробежных циклонах, после чего сбрасывается в атмосферу;

- газы, которые не могут быть использованы в дальнейшем для переработки подаются на факельную установку;
- совершенствование производства и создания новых технологий (например, безотходная технология для совместного получения АИ-93 и А76, переход на производство неэтилированного бензина, уменьшение ароматических углеводородов в бензине;
- каталитический дожиг выбросов;
- использование котлов утилизаторов для использования тепла отходящих газов с целью снижения теплового загрязнения атмосферы;
- сооружения линий аварийных сбросов давления в факельную линию.

## **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Ниже представлены возможные чрезвычайные ситуации:

- Техногенного характера (аварийная ситуации в лаборатории и при работе с ПК);
- Социального характера (террористический акт); Наиболее типичной и опасной является ЧС техногенного характера.

Самые вероятные типы ЧС, которые могут произойти в процессе исследования: разлив и возгорание компонентов при соприкосновении с огнем и при эксплуатации ПК.

### **6.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований**

В ходе эксперимента возможно возникновение пожаров, взрывов, разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураганов, землетрясений. Здания защищаются от прямых ударов молнии молнеприемниками, воспринимающими разряд на себя, заземлителями,

служащими для отвода тока в землю и токопроводами, соединяющими молнеприемники и заземлители. Для обеспечения безопасности людей рекомендуется ограждать заземлители или во время грозы не допускать людей к заземлителям на расстояние ближе 5-6 метров. Заземлители располагаются вдали от дорог. В случае стихийного бедствия (урагана, землетрясения) необходимо отключить воду, электричество и покинуть помещение согласно плану эвакуации.

В связи с нестабильной международной обстановкой, массовыми террористическими актами, нужно предусмотреть возможности начала военных действий и связанных с ними нападений на объекты с использованием средств массового поражения. По сигналу «воздушная тревога» производится отключение воды и электроэнергии в лаборатории, затем организованная эвакуация работающих в лаборатории согласно плану эвакуации.

Для химической лаборатории топлива наиболее вероятная ЧС – это техногенная авария в виде пожара. Возникновение пожара считается производственной аварией, так как он наносит значительный материальный ущерб и может вызвать остановку технологического процесса. Любой пожар легче всего ликвидировать в начальной стадии, приняв меры к локализации очага, чтобы не допустить образования площади горения. Успех быстрой локализации очага пожара в начальной стадии зависит:

- от наличия огнетушительных средств и умения применять их;
- от наличия пожарной связи и сигнализации для оповещения о возникновении пожара и вызова пожарной помощи.

При загорании электрических аппаратов или веществ около проводов, находящихся под током во время тушения пожаров всегда имеется опасность поражения током. Поэтому в здании или его части, где производится тушение пожара, электрическая сеть должна быть отключена.

### **6.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

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 [46].

Технические и организационные меры по предотвращению пожара или взрыва и противопожарной защите осуществляются в соответствии с [47] и [48].

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».

#### **Заключение:**

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
<b>Публикации в ведущих рецензируемых научных Российских и зарубежных журналах и изданиях, входящих в перечень ВАК: 1</b>					
1	Исследование влияния состава сырья и технологических параметров на характеристики продуктов цеоформинга стабильного газового конденсата	Печатная	Нефтепереработка и нефтехимия, 2019, №11, с. 9-14.	6	Богданов И.А. Киргина М.В. Алтынов А.А. Белинская Н.С.
<b>Доклады и тезисы докладов, опубликованные в материалах российской Международной (Всероссийской) конференции: 5</b>					
1	Выбор оптимальных технологических параметров переработки стабильного газового конденсата на цеолитном катализаторе в компоненты автомобильного бензина	Печатная	Материалы V Международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции, посвященной 85-летию Казахского национального университета им. аль-Фараби «Химические технологии функциональных материалов», Новосибирск, 2019, с. 96-98.	3	Алтынов А.А. Богданов И.А. Киргина М.В.
2	Изучение физико-химических свойств стабильного газового конденсата	Печатная	Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», посвященного 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К.В. Радугина, Томск, 2019, Т. 2, с. 375-376.	2	Алтынов А.А.
3	Производство автомобильных бензинов с использованием продуктов процесса «Цеоформинг» и стабильного газового конденсата в качестве сырья	Печатная	Материалы XX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2019, с. 399-400.	2	Алтынов А.А.
4	Gasoline production using the zeoforming process products and stable gas condensate as feedstock	Печатная	Материалы XX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2019, с. 522-523.	2	Altynov A.A.
5	Исследование свойств и состава продуктов цеоформинга стабильного газового конденсата, полученных при различных температурах	Печатная	Тезисы докладов XXIII Всероссийской конференции молодых учёных-химиков (с международным участием), Нижний Новгород, 2020, с. 535.	1	Алтынов А.А. Богданов И.А.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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. Скрыбина А.Н. Развитие методов газохроматографического анализа нестабильного газового конденсата применительно к актуальным проблемам газовой промышленности: Автореф. дисс. канд. тех.наук. М., 2009. 26 с.
3. Алтынов А.А., Богданов И., Белинская Н.С., Попок Е.В., Киргина М.В. Производство автомобильных бензинов с использованием стабильного газового конденсата и продуктов процесса «Цеоформинг» в качестве смесевых компонентов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2019 – № 2. – с. 217-242.
4. Новости нефти и газа Neftegaz.ru [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://neftegaz.ru/>. – Дата обращения 05.04.2020.
5. Вторая индустриализация России Nimiya.ru [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://втораяиндустриализация.рф/gazovyy-kondensat-svoystva-dobyicha-primeneniye/>. – Дата обращения 19.04.2020.
6. Экономика в России ТАСС [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://tass.ru/ekonomika/5971425>. – Дата обращения 01.05.2020.
7. Сделано у нас Sdelanounas.ru [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/116801/>. – Дата обращения 18.04.2020.
8. Топ-5 про полимеры и не только MPLAST.BY [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://mplast-by.turbopages.org/s/mplast.by/novosti/2017-05-31-gazovyy-kondensat-2017-itogi-otraslevoy-konferentsii-creon-energy/>. – Дата обращения 19.04.2020.
9. Гриценко А.И., Мискевич В.Е., Островская Т.Д., Юшкин В.В. Газоконденсатная характеристика месторождений Западной Сибири /

- Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений. – 1979. – № 10. – С. 39-45.
- 10.ГОСТ Р 54389-2011. Конденсат газовый стабильный. Технические условия. М.: Стандартинформ. – 2012 – 15 с.
- 11.Топ-5 про полимеры и не только MPLAST.BY [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://mplast-by.turbopages.org/s/mplast.by/novosti/2017-05-31-gazovyiy-kondensat-2017-itogi-otraslevoy-konferentsii-creon-energy/>. – Дата обращения 19.04.2020.
- 12.Химик Химик.ru [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/5137.html>. – Дата обращения 22.05.2020.
- 13.Наука и человечество Oldbooks.ru [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.oldbooks.matrixboard.ru/index1984-053.htm>. – Дата обращения 20.04.2020.
- 14.Мастерская своего дела MSD.com.ua [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://msd.com.ua/tehnologiya-katalizatorov/ceolitnye-katalizatory/>. – Дата обращения 20.04.2020.
- 15.Цеолитные катализаторы Oldbooks.ru [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.oldbooks.matrixboard.ru/index1984-053.htm>. – Дата обращения 19.04.2020.
- 16.ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия». М.: Стандартинформ, 2014 – 16 с.
- 17.Velichkina L.M. Hydrogen-free domestic technologies for conversion of low octane gasoline distillates on zeolite catalysts // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2009. – Vol. 43. – No. 4. – p. 486-493.
- 18.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.

- 19.Кубасов А.А. Цеолиты в катализе сегодня и завтра // Статьи Соросовского Образовательного журнала в текстовом формате. Технические науки – 2000. – с. 55-57.
- 20.Хомяков И.С. Переработка легкого углеводородного сырья на алюмо- и железосиликатном высококремнеземном цеолите // Инновационные технологии в науке и образовании – 2016. – № 4. –с. 41-43.
- 21.Способ переработки легкого углеводородного сырья FinfPatent.ru [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://findpatent.ru/patent/204/2041918.html>. – Дата обращения 8.04.2020.
- 22.Мигачева Д.С. Конверсия попутных нефтяных газов C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> в жидкие углеводороды на цеолитных катализаторах, модифицированных оксидами галлия и цинка / Д.С. Мигачева, В.В. Хасанов, В.И. Ерофеев; науч. рук. В.И. Ерофеев // Творчество юных – шаг в успешное будущее: Арктика и её освоение: материалы IX Всероссийской научной молодежной конференции с международным участием с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина, г. Томск, 10-14 октября 2016 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – с. 518-521.
- 23.Татаркина А.И., Хомяков И.С., Волгина Т.Н. Превращение прямогонных бензинов газового конденсата на модифицированных цеолитных катализаторах // Изд-во Ассоциация научных сотрудников «Сибирская академическая книга». – 2014. – №1. – с. 53-59.
- 24.Каримова А.Р., Давлетшин А.Р., Рахимов М.Н., Мурзабекова А.Б. Суперкислотные катализаторы на основе кислотно активированного монтмориллонита в синтезе Фишера-Тропша // Нефтегазохимия. – 2017. – № 4. – с. 18-34.
- 25.Хомяков Иван Сергеевич. Переработка легкого углеводородного сырья на алюмо- и железосиликатном высококремнеземном цеолите // ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 2016 – №4. – С. 41-43.

- 26.RU 2446883 С1, пат. РФ. Цеолитсодержащий катализатор, способ его получения и способ превращения прямогонной бензиновой фракции в высокооктановый компонент бензина с пониженным содержанием бензола // В.И. Ерофеев, Е.А. Ерофеева.
- 27.Каримова А.Р., Давлетшин А.Р., Хамзин Ю.А., Имашева М.У. Исследования влияния цеолитных катализаторов структуры ZSM-5 и FAU на качественный выход целевых продуктов при переработке прямогонных бензинов// Уфимский государственный нефтяной технический университет. Башкирский химический журнал. Изд-во: ООО «Научно-исследовательский институт истории науки и техники». – 2018. – Т. 25. – № 4. – с. 110-115.
- 28.Синева Л.В., Кульчаковская Е.В., Асалиева Е.Ю., Мордкович В.З. Контроль негативного влияния воды на активность и стабильность пропиточного со катализатора синтеза Фишера-Тропша // Нефтегазохимия. – 2017. – №3. – с. 56-60.
- 29.Статистический сборник ТЭК России – 2018. Выпуск – июнь 2019. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. с. 14
- 30.Алтынов А.А., Богданов И., Киргина М.В. Исследование возможности использования стабильного газового конденсата в качестве компонента автомобильных бензинов // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018 – Т. 2. – С. 369-370.
- 31.ПАО «Новосибирский завод химконцентратов» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: [http://www.nccp.ru/products/zeolite\\_catalysts/](http://www.nccp.ru/products/zeolite_catalysts/). свободный – Дата обращения 02.05.2020.
- 32.ГОСТ Р 52714-2007. Бензины автомобильные. Определение индивидуального и группового углеводородного состава методом капиллярной газовой хроматографии. М.: Стандартинформ, 2007 – 22 с.

33. Технический регламент таможенного союза от 31 декабря 2012 г. «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902307833/>, свободный. – Дата обращения: 26.05.2018.
34. 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: 08.05.2020.
35. 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: 08.05.2020.
36. 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/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130472/), свободный. – Дата обращения: 08.05.2020.
37. ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.
38. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: Стандартинформ, 2007. – 10 с.
39. ГОСТ Р 54389-2011. Конденсат газовый стабильный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2012. – 22 с.
40. 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.
41. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

- 42.ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
- 43.СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
- 44.ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
- 45.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.
- 46.ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 11 с.
- 47.Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности инструменту [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.
- 48.ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 7 с.