

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

---

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Проект узла сероочистки метана</b>

УДК 662.767.1.074.37.03-047.74

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д4А	Головкова Дарья Вячеславовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ротарь Ольга Васи- льевна	к.х.н., стар- ший научный сотрудник		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король Ирина Сте- пановна	к.х.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волгина Татьяна Ни- колаевна	к.х.н., доцент		

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

Школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность): Химическая технология

Отделение школы (НОЦ) химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д4А	Головкова Дарья Вячеславовна

Тема работы:

<b>Проект узла сероочистки метана</b>
---------------------------------------

Утверждена приказом директора (дата, номер)	25.12.2017 №10042
---	-------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Сероочистка метана с использованием в качестве сорбента оксида цинка. Процесс непрерывный; основной аппарат – контактный аппарат цилиндрической формы. В аппарате находятся два слоя сорбента, расположенные на тарелках с решетками.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>В ходе работы были разработаны следующие разделы: теоретическая часть;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– объект и методы исследования;</li> <li>– инженерные расчеты, включающие материальный, тепловой, механический расчеты, расчет вспомогательного оборудования;</li> <li>– контроль производства;</li> <li>– финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>– социальная ответственность.</li> </ul> <p>Заключение по работе</p>

<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Схема технологическая. 2. Реактор. Вид общий. 3. Реактор. Сборочный чертеж
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Король Ирина Степановна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	18.09.2017
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ротарь Ольга Васильевна	к.х.н., старший научный сотрудник		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д4А	Головкова Дарья Вячеславовна		

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

Школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность): Химическая технология

Уровень образования Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) химической инженерии

Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.12.17	<i>Работа с литературой: теоретическая часть, выбор метода производства, описание технологической схемы (с учетом вопросов охраны ОС)</i>	25
12.02.18	<i>Расчет материального баланса</i>	10
04.03.18	<i>Расчет теплового баланса, аппаратные расчеты. Контроль производства (КИП реактора)</i>	15
19.03.18	<i>Выполнение чертежа общего вида реактора</i>	10
08.04.18	<i>Оформление пояснительной записки КП и защита проекта</i>	10
13.05.18	<i>Выполнение чертежа технологической схемы, чертежа сборочных единиц реактора</i>	10
27.05.18	<i>Завершение разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент» Контроль производства (аналитический контроль). Подбор вспомогательного оборудования</i>	10
30.05.18	<i>Сдача готовой работы</i>	
04.06.18	<i>Размещение в ЭБС</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бондалетова Л.И.	к.х.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волгина Т.Н	к.х.н., доцент		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д4А	Головковой Дарье Вячеславовне

<b>Школа</b>	Природных ресурсов	<b>Отделение школы</b>	Химическая инженерия
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ</i>
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	<i>Проведение оценки экономической эффективности исследования получения полиметилметакрилата суспензионным способом</i>
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
<p align="center">1. Оценка конкурентоспособности технических решений                  2. Матрица SWOT                  3. График проведения НИИ                  4. Определение бюджета НИИ                  5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ</p>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	06.04.2018
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Д4А	Головкова Дарья Вячеславовна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д4А	Головковой Дарье Вячеславовне

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Отделение химической инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	18.04.01 Химическая технология

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – природный газ (87-98 % метана) с. Методика – проектирование узла сероочистки метана. Рабочая зона – лабораторное помещение ОХИ ТПУ. Область применения – химическая промышленность
--	--

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

<b>1. Производственная безопасность</b>	1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований. 1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 2.2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования. 2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований. 3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта. 3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	4.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства. 4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Король Ирина Степановна	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Д4А	Головкова Дарья Вячеславовна		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код ре- зультата	Результат обучения
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i><b>Универсальные компетенции</b></i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации

## Реферат

Дипломный проект состоит из: 89 страниц, 42 таблицы, 7 рисунков, 48 источника литературы, 4 листов графического материала.

Ключевые слова: природный газ, метан, сероводород, сорбент, адсорбция.

Объектом проектирования является аппарат для сероочистки метана.

Целью ВКР является расчет аппарата сероочистки природного газа.

В работе было выполнено:

- расчет материального баланса;
- расчет теплового баланса;
- механический расчет.

На основании расчета построен чертеж общего вида аппарата, сборочные единицы реактора. Приведена технологическая схема производства.

Пояснительная записка содержит такие разделы, как:

- Обзор литературы;
- Расчет и аналитика;
- Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;
- Социальная ответственность;
- Заключение.

Дипломный проект выполнен с использованием графического редактора Microsoft Visio и текстовом редакторе Microsoft Word 2016, а также Компас 3D-V16 и записанный на USB носитель.

## Нормативные ссылки

В работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 1.5104-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам

ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.

ГОСТ 2.104-2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.

ГОСТ 3.1404-86 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.

ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам

ГОСТ 5542-2014 Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия

## Оглавление

Реферат .....	8
Введение.....	13
1 Теоретическая часть.....	14
1.1 Физико-химические основы технологического процесса .....	14
1.1.1 Обоснование выбора метода производства.....	14
1.1.2 Выбор сорбента .....	23
1.1.3 Химизм процесса.....	25
1.1.4 Механизм процесса.....	25
1.1.5 Кинетика процесса .....	26
1.2 Характеристика производства .....	27
1.2.1 Характеристика производимой продукции, исходного сырья, материалов и полупродуктов .....	27
1.2.2 Выбор и обоснование технологической схемы производства .....	29
1.2.3 Описание средств автоматизации и приборов контроля производства	30
1.2.4 Аналитический контроль .....	33
2 Инженерные расчеты.....	35
2.1 Материальный баланс.....	35
2.2 Тепловой баланс .....	41
2.3 Механический расчет.....	46
2.3.1 Обоснование конструкции основного аппарата .....	46
2.3.2 Расчет высоты и диаметра аппарата .....	47
2.3.3 Расчёт диаметра штуцеров .....	48
2.3.4 Расчет толщины стенок обечайки .....	48
2.3.5 Расчет днища и крышки .....	49
2.3.6 Расчет опор аппарата .....	51
2.3.7 Расчет люков для загрузки и выгрузки сорбента.....	52
2.3.8 Расчет вспомогательного оборудования.....	53
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	55

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	55
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	55
3.1.2 SWOT-анализ.....	57
3.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	60
3.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	60
3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	60
3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	62
3.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	63
3.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	67
3.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	67
3.3.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ .....	68
3.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	69
3.3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	71
3.3.4.5 Накладные расходы.....	72
3.3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	72
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	73
4 Социальная ответственность .....	76
4.1 Производственная безопасность.....	76
4.1.1 Вредные и опасные факторы, которые может создать объект проектирования .....	76
4.1.2 Вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при проведении работ .....	76
4.1.3 Требования и мероприятия по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	77

4.2 Экологическая безопасность.....	80
4.3.1 Вероятные ЧС, которые могут произойти при проектировании в лаборатории .....	81
4.3.2 Действия в случае возникновения ЧС и мероприятия по их предотвращению .....	81
Заключение .....	83
Список литературы .....	84

## Введение

Метан является основным компонентом в составе природного газа (до 97%). В природном газе содержатся этан, пропан, бутан и более тяжелые углеводороды с количеством атомов углерода больше пяти. Так же в составе есть и неорганические соединения такие как водород (в небольших количествах) -  $H_2$ , углекислый газ -  $CO_2$ , гелий – He, азот -  $N_2$  и соединения, имеющие в своем составе серу.

Очистка природного газа из соединений серы является важнейшим процессом в химической промышленности. Соединения серы являются ядами для катализаторов процесса конверсии синтеза метанола. Необходимо также заметить, что при сжигании газов, неочищенных от серы, образуется сернистый ангидрид, которые загрязняет атмосферу.

Таким образом, очистка горючих газов от серы не только повышает их качество, но и обеспечивает большую чистоту атмосферы промышленного района. Выбор схемы и методы очистки зависит от требований, предъявляемых к степени очистки сырья, исходного содержания сернистых соединений в сырье, производительности установки, технологических параметров процесса очистки, температуры и давления.

В настоящее время для установок по производству синтез-газа норма содержания сернистых соединений после сероочистки установлена на уровне не более  $0,1 \text{ мг/ м}^3$ . Для обеспечения указанной нормы применяется метод двухступенчатой схемы сорбционной каталитической очистки. На первой ступени в присутствии катализатора происходит гидрирование органических соединений с последующим поглощением сероводорода оксидом цинка на второй ступени, что позволяет обеспечивать содержание серы, необходимой для защиты никелевых катализаторов риформинга [1].

## 1 Теоретическая часть

### 1.1 Физико-химические основы технологического процесса

#### 1.1.1 Обоснование выбора метода производства

Очищенный природный газ является исходным сырьем для производства метанола. Природный газ в своём составе содержит метан, этан и другие углеводороды, азот, кроме того содержит примеси сернистых соединений. Сернистые соединения как органические, так и неорганические являются ядами для катализаторов, применяемых в химической промышленности, ухудшают качество продукции, вызывают коррозию аппаратуры и трубопроводов с образованием сульфида, вызывает загрязнение атмосферы.

Наиболее чувствительные к отравляющим действием сернистых соединений никелевые катализаторы парового риформинга и медьсодержащие катализаторы низкотемпературной конверсии оксида углерода. Вследствие этого природный газ подвергается тщательной очистки от сернистых соединений.

В состав органической серы чаще всего входят сероуглерод, окись углерода, тиофена и меркаптаны, сульфид и дисульфиды.

Состав и содержание органической серы в различные технологические газы зависит от способа и режимы их получения, содержание и состав и соединение серы с исходным Сырьем. Концентрация серной органических примесей в различных газах обычно колеблется от нуля до нескольких десятков процентов. В отечественных месторождениях природного газа большая часть органической серы находится в виде меркаптанов.

Токсичность серосодержащих соединений как примесей, отравляющих катализатор, различна. Наиболее сильнодействующая и трудноудаляемая примесь тиофен [2].

Существует множество методов очистки природного газа, которые условно относят к трем группам – абсорбционные, адсорбционные и катали-

тические методы (рисунок 1). Наиболее распространены первые методы, допускающие любое начальное содержание примесей в газе, а адсорбционные процессы используют при малых начальных содержаниях примесей (3–5% об.), но при этом они позволяют глубоко очистить газ [3].

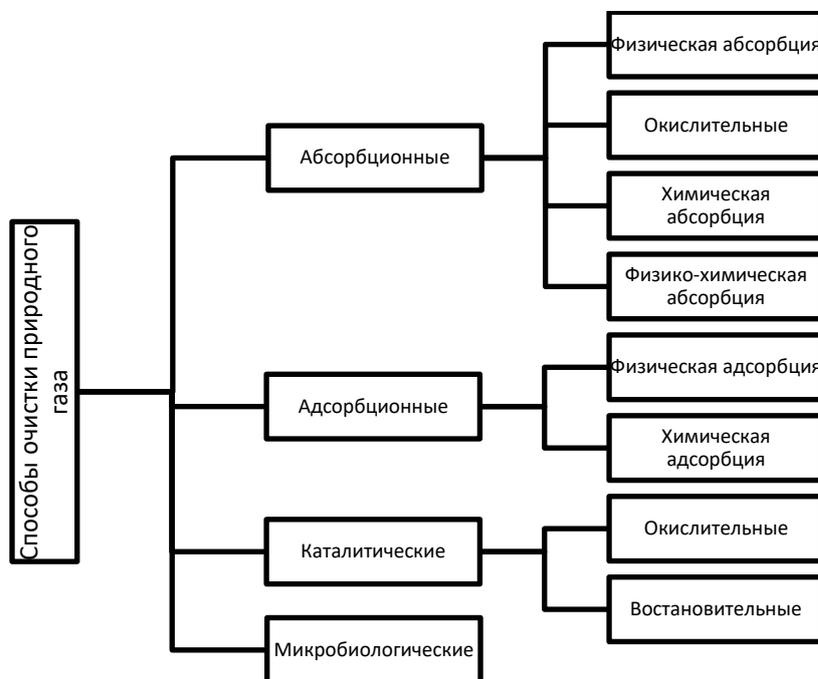


Рисунок -1 Основные способы очистки природного газа

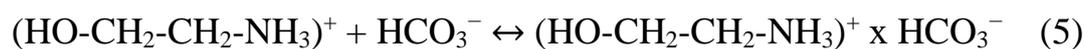
Абсорбционные методы по характеру используемого абсорбента делятся на методы хемосорбции (химической абсорбции), физической абсорбции, окислительные и комбинированные.

Хемосорбционные процессы основаны на химическом взаимодействии сероводорода с активным компонентом называемым абсорбентом. В качестве адсорбента, а таких процессах применяют амины и щелочные растворы. Процессы химической абсорбции являются процессами с высокой избирательностью по отношению к кислым компонентам, а также позволяют достигать высокой степени очистки от сероводорода.

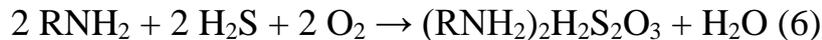
Хемосорбционные способы нашли широкое применение для очистки углеводородных газов от сероводорода и других кислых компонентов [4-8].

Рассмотрим МЭА-способ хемосорбентом является водный раствор моноэтаноламина с содержанием 15–30 % мас.

Реакция МЭА с сероводородом и диоксидом углерода протекает по схеме:



Растворы МЭА обеспечивают тонкую очистку газа от сероводорода в широком диапазоне концентраций. МЭА химически стабилен и в сравнении с другими аминами он мало поглощает углеводороды. Недостатками МЭА являются относительно высокая реакционная способность по отношению к органическим соединениям серы, содержащимся в газе, а также высокая коррозионная активность его растворов. Кроме этого, отмечено, что реакция МЭА с  $\text{H}_2\text{S}$  может протекать в присутствии следов кислорода с образованием не регенерируемого соединения тиосульфата этаноламина:



Таким образом, при всех достоинствах – достаточной глубины очистки, малой абсорбции углеводородов – процесс МЭА имеет ряд существенных недостатков:

- образование необратимых химических соединений метилэтиламина с  $\text{COS}$ ,  $\text{CS}_2$  и  $\text{O}_2$ ;
- вспениваемость в присутствии жидких углеводородов, ингибиторов коррозии и механических примесей;
- большие потери от испарения; низкая эффективность по меркаптанам; не селективность к  $\text{H}_2\text{S}$  в присутствии  $\text{CO}_2$ .

Для улучшения технико-экономических показателей процесса очистки газа от кислых компонентов за счет сокращения эксплуатационных затрат служит модификация ДЭА-способа с использованием водного раствора смеси метилдиэтанолamina и диэтанолamina. Было выявлено, что оп-

тимальное содержание ДЭА в смеси составляет около 30–50 %. Использование смешанного поглотителя позволяет варьировать соотношение ДЭА/МДЭА в растворе исходя из поставленной задачи по степени очистки газа. Использование в смеси абсорбентов до 50–70% значительно менее коррозионно-активно. Третичный амин (МДЭА) обладает высокой поглощающей способностью по отношению к кислым газам  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ . Благодаря квазифизическому характеру абсорбции, на регенерацию абсорбента требуются лишь весьма незначительные затраты энергии.

Адаптация параметров и характеристик растворителя к различным случаям применения достигается путем изменения уровня концентрации активатора.

Достоинства МДЭА/ДЭА-процесса:

- низкое энергопотребление;
- малые инвестиционные затраты;
- коррозионно-пассивный растворитель;
- низкие потери растворителя;
- растворитель обладает химической и термической устойчивостью;
- малые потери углеводородов и иных инертных компонентов.

На рисунке 2 представлена схема очистки газа растворами этаноламинов. Поступающий на очистку газ и абсорбент подаются в абсорбер А-1 противотоком. Насыщенный кислыми компонентами газа раствор с низа абсорбера А-1 подается в верхнюю часть десорбера Д-1, предварительно подогреваясь в теплообменнике Т-2 регенерированным раствором амина.

Раствор амина, в свою очередь, дополнительно охлаждаясь водой или воздухом в теплообменнике Т-1, подается на верх абсорбера. Кислый газ из десорбера Д-1 охлаждается для конденсации водяных паров в Т-3, а конденсат-флегма непрерывно возвращается обратно в систему для поддержания заданной концентрации раствора амина.



Если в очищаемом газе есть COS и CS<sub>2</sub>, то использование первичных аминов (МЭА) нецелесообразно из-за образования и накопления в абсорбенте труднорегенерируемых и не регенерируемых соединений.

Первичные амины более реакционноспособны и равновесное давление H<sub>2</sub>S над их растворами ниже, чем над растворами вторичных аминов. Поэтому при избыточном давлении ниже 0,7 МПа используют только первичные амины. Предельно допустимая поглотительная способность абсорбента ограничивается как нормами допустимой коррозии аппаратуры, так и предельно допустимой теплотой хемосорбции.

Понижение температуры процесса абсорбции приводит к увеличению извлечения целевых компонентов, но уменьшает селективность процесса из-за возрастания растворимости углеводородов в аминовых растворах. Повышение температуры увеличивает селективность процесса по отношению к кислым компонентам, но может привести к увеличению остаточного содержания кислых компонентов в очищенном газе.

Взаимодействие H<sub>2</sub>S с любыми аминами протекает с образованием гидросульфида и сульфида мгновенно.



Увеличение давления при постоянных температуре и концентрации амина повышает степень очистки газа от кислых компонентов, так как увеличивается движущая сила процесса.

Обычно очистку газов растворами амина проводят при давлении от 2 до 7 МПа.

Процессы физической абсорбции основаны на физическом растворении извлекаемых компонентов в различных абсорбентах.

В отличие от хемосорбционных способов методом физической адсорбции можно наряду с сероводородом и диоксидом углерода извлекать серооксид углерода, сероуглерод, меркаптаны. Поэтому в некоторых случаях (при повышенных парциальных давлениях кислых компонентов и когда нет

необходимости тонкой очистки газа) выгоднее использовать физические абсорбенты, которые отличаются более низкими затратами на регенерацию.

В комбинированных процессах используют смесь поглотителей – хемосорбенты и абсорбенты. Комбинированный метод позволяет достигать тонкой очистки природного газа как от сероводорода и диоксида углерода, так и от сероорганических соединений.

В основу окислительных процессов входит необратимое превращение поглощаемого сорбентом сероводорода в элементарную серу. Сорбент в этом случае содержит катализатор окисления и представляет собой водно-щелочной раствор катализатора, в качестве которого используют комплексное соединение хлорида железа с динатриевой солью этилендиаминтетрауксусной кислоты или горячий раствор мышьяковых солей щелочных металлов.

Таблица 1 - характеристика процессов очистки природного газа абсорбционным методом

Способ очистки	Процессы	Абсорбент
Хемосорбция	Амин-гард	Алканоламин ,вода
	Адип	Диизопропаноламин, вода
	Бенфильд	Карбонат калия ,вода , добавки бенфильд
	Катакарб	Раствор поташа , ингибитор коррозии , катализатор
	Экономин	Дигликольамин, вода
Физическая абсорбция	Ректизол	Холодный метанол
	Сепасольв-МПЕ	Диалкиловый эфир полиэтиленгликоля
	Селексол	Диметиловый эфир полиэтиленгликоля
	Флюор	Пропиленкарбонат
	Эстасольван	Трибутилфосфат
Комбинированные процессы	Сульфинол	Диизопропаноламин (метилдиэтаноламин) 30–40 % ,сульфофан (диоксид тетрагидротиофена) 40–60 % , вода 5–15 %
	Оптисол	Амин физический растворитель, вода

Продолжение таблицы 1

	Укарсол	Вторичный или третичный амин физический растворитель вода
	Флексорб	Пространственно затрудненный амин физический растворитель вода
Окислительные процессы		Катализатор окисления, представляет собой водно-щелочной раствор катализатора, в качестве которого, используют комплексное соединение хлорида железа с динатриевой солью этилендиаминтетрауксусной кислоты или горячий раствор мышьяковых солей щелочных металлов

Адсорбционные методы очистки газа основаны на селективном извлечении сероводорода твердыми поглотителями – адсорбентами. Сероводород может вступать в химическое взаимодействие с адсорбентом (химическая адсорбция) или удерживаться физическими силами взаимодействия (физическая адсорбция). Химическая адсорбция не широко применяется в промышленности вследствие сложностей, которые возникают на стадии регенерации адсорбента. Физическая адсорбция отличается легкой регенерацией адсорбента и широко используется в химической промышленности для тонкой очистки газов от сероводорода и сероорганических соединений. В качестве сорбентов наиболее распространены синтетические цеолиты и активные угли.

Главными недостатками процессов адсорбционной очистки являются высокие эксплуатационные затраты и полупериодичность процесса, в связи с чем процессы чаще используют для тонкой очистки газа от остаточных количеств сероводорода и других кислых компонентов после предварительной очистки методом абсорбции [9-23].

Каталитические методы очистки используют тогда, когда в газе присутствуют сернистые соединения, недостаточно полно удаляемые с помощью жидких поглотителей или адсорбентов.

В промышленности так же применяются методы каталитического гидрирования, которые основаны на взаимодействии сернистых соединений с водородом (гидрирование) или с водяным паром (гидролиз). В качестве катализаторов в этих процессах используют оксиды кобальта, никеля и молибдена, нанесенные на оксид алюминия.

Ведущее место в мировой практике в области очистки углеводородного газа от кислых компонентов занимают аминовые процессы. Они применяются для очистки природного газа уже несколько десятилетий, но до настоящего времени остаются основными – примерно 70 % от общего числа установок [4-20].

Одним из новых и перспективных направлений в области сероочистки газов в настоящее время являются процессы, основанные на использовании микроорганизмов – тионовых бактерий, окисляющих соединения, содержащие серу. Сероводород и другие соединения серы окисляются большинством фототрофных бактерий, причем многие из них являются автотрофами. Для этих микроорганизмов восстановленные соединения серы служат Н-донорами при ассимиляции углекислоты и в других процессах, а источником энергии является свет. В отличие от этого большинство так называемых тионовых бактерий-типичные хемоавтотрофы, т. е. они используют восстановленные соединения серы не только как Н-доноры, но и в качестве источников энергии и способны расти на чисто минеральных средах, ассимилируя углекислоту.

Рассмотрим далее процесс поглощения сероводорода. Глубокую очистку газов от сероводорода обеспечивают адсорбционные методы очистки.

Процесс адсорбции дает возможность почти полностью извлечь из газа загрязняющие компоненты, при этом происходит глубокая очистка газов. При неэффективности других методов применяют адсорбционные методы разделения. Адсорбция проходит на поверхности твердого пористого тела – адсорбента, где ненасыщенные поверхностные силы вступают во взаимодействие с силовыми полями адсорбируемых молекул.

Адсорбенты, которые используются в системах очистки газов, должны удовлетворять следующим требованиям: иметь большую адсорбционную способность при поглощении компонентов при небольших концентрациях их в газах, иметь высокую селективность, иметь высокую механическую прочность, обладать способностью к регенерации и иметь низкую стоимость.

### 1.1.2 Выбор сорбента

Выбор поглотителя является основной задачей технологии очистки газа от сернистых соединений. Независимо от способов очистки поглотители должны соответствовать следующим требованиям и должны иметь:

- Высокую поглотительную емкость по кислым компонентам в широком интервале их парциального давления в газе;
- Низкие давления насыщенных паров, чтобы обеспечить их минимальные потери с очищенным газом;
- Низкую коррозионную активность
- Низкие скорости старения
- Высокую устойчивость к побочным реакциям с различными примесями
- Должны быть биоразлагаемыми и как можно менее ядовитыми
- Должны быть дешевыми и не опасными для человека.

Рассмотрим поглотители сухого способа очистки:

- Гидрат окиси железа;
- Активированный уголь;
- Синтетические цеолиты;

– Оксид цинка.

При очистке гидратом окиси железа поглощается сероокись углерода, меркаптаны, но тиофен –не поглощается. Недостаток этого сорбента в том, что он имеет малую сероемкость и регенерация поглотителя невозможна.

При очистке на активированных углях легче адсорбируется тиофен, сероуглерод, плохо адсорбируется сероокись углерода и дисульфиды. Преимущество- удаление остатков тяжелых углеводородов (нафталина, бензольных углеводородов и др.) одновременно с соединениями серы, которые затрудняют адсорбцию серосодержащих примесей [1].

Достоинством этих сорбентов является высокая степень очистки газа. Преимущество активированного угля по сравнению с гидратом окиси железа являются меньшие гидравлические сопротивления (120-180 мм.вод.ст. вместо 400-800) и меньшие металлозложения, а недостатками- сложность технологической схемы и обслуживания, а также чувствительность к содержанию углеводородов.

Использование в качестве сорбента синтетические цеолиты дает возможность удаления из газа циклических соединений серы и меркаптанов, тиофена в значительных количествах (15-20%).

Основными характеристиками оксида цинка являются статическая и динамическая сероемкость, а также повышенная удельная поверхность и адсорбционная емкость. В этом процессе степень очистки газа составляет около 100%. Сероводород непосредственно реагирует с ZnO с образованием ZnS.

Регенерацию поглотителя проводят окислением сульфида цинка при температуре не выше 450°C (при более высокой температуре удельная поверхность, пористость поглотителя уменьшаются) [1].

### 1.1.3 Химизм процесса

Поглощение сероводорода, который содержится в природном газе и образовавшегося на этапе гидрирования, происходит на гранулах окиси цинка.

Температура процесса составляет 350-400 °С, а сероемкость сорбента достигает 30%. Остаточное содержание серы в газе до 1мг/м<sup>3</sup>. Процесс достаточно универсальный, широко используется в промышленности, однако при этом хемосорбент не подлежит регенерации.

Эту реакцию можно выразить как:  $ZnO + H_2S \rightarrow ZnS + H_2O$ .

Процесс поглощения сопровождается выделением тепла и является необратимой экзотермической реакцией.

### 1.1.4 Механизм процесса

По мере поступления газа, содержащего серу ( $H_2S$ ), на частицы сорбента, поверхностный слой  $ZnO$  вступает в реакцию, скорость которой ограничена лишь диффузией газа.  $ZnO$  внутри гранул реагирует медленнее за счет диффузии твёрдого вещества до тех пор, пока не прореагирует вся  $ZnO$ .

Поглощение сероводорода протекает на таблетке (грануле)  $ZnO$  и постепенно продвигается от периферии к центру, включая следующие стадии:

1. Диффузия молекул сероводорода к поверхности поглотителя –  $ZnO$  (внешняя диффузия);
2. Диффузия молекул сероводорода через инертную область ( $ZnS$ ) – (внутренней диффузии);
3. Химическая реакция на поверхности поглотителя:  
 $ZnO + H_2S = ZnS + H_2O$
4. Диффузия газа с поверхности поглотителя в объем газовой фазы.

Лимитирующей стадией процесса поглощения является внутренняя диффузия.

Количество вещества, поглощаемое в единицу времени таблеткой, пропорционально поверхности раздела между отработанной и неотработанной зонами таблетки. Эта зона с течением времени уменьшается, и наблюдаемая скорость процесса поглощения снижается [24].

#### 1.1.5 Кинетика процесса

Химическая реакция протекает на поверхности чистой окиси цинка, и концентрация последней остается постоянной, и, следовательно, кинетическое уравнение имеет вид:

$$W = k * c^n; \quad (9)$$

где W- скорость химической реакции; k- константа скорости; с- мольная концентрация сероводорода.

Порядок реакции n равен единице.

Рассмотрим процессы, происходящие на сорбенте.

Диффузия через инертную область:

$$dcl dl = D * \Delta c \quad (10)$$

где D- Эффективный коэффициент диффузии;  $\Delta$ - оператор Лапласа.

Условие протекания процесса на поверхности определяется подводом вещества из потока:

$$\beta(c_{00} - c_s) = -D(grad c_s) \quad (11)$$

где,  $\beta$ - коэффициент массоотдачи ;  $c_s$ - концентрация сероводорода на поверхности сорбента ;  $c_{00}$ - концентрация сероводорода в ядре потока [10].

Внешняя диффузия определяет подвод вещества к поверхности только в начальной промежуток времени, пока еще не образовался слой сульфида цинка. В дальнейшем процесс, лимитируется внутри-диффузионной стадией , поэтому  $c_{00} \approx c_s$ . В общем случае концентрация в ядре потока – функция времени , т.е.  $c_{00} = c_s$ . Условие на внутренней границе слоя сернистого цинка  $c=0$ .

## 1.2 Характеристика производства

### 1.2.1 Характеристика производимой продукции, исходного сырья, материалов и полупродуктов

Исходным сырьем для очистки метана от сероводорода является природный газ.

Природный газ содержит в своем составе метан, этан и другие высшие углеводороды, азот, а также примеси сернистых соединений приблизительно следующего состава:

объемная доля в %.

$\text{CH}_4$  - (87 - 97)

$\text{C}_2\text{H}_6$  - (1,5 - 4,1)

$\text{C}_3\text{H}_8$  - (1 - 5,9)

$\text{C}_4\text{H}_{10}$  - (0 - 3,8)

$\text{N}_2$  - (1 - 2,1)

$\text{CO}_2$  - (0 - 1,2)

Общее содержание сернистых соединений (в пересчете на серу) до 80 мг/нм<sup>3</sup>.

Меркаптаны, дисульфиды и другие сернистые соединения до 60 мг/нм<sup>3</sup>.

Сероводород - до 20 мг/нм<sup>3</sup>.

Газовый конденсат - (0,15) мг/нм<sup>3</sup>.

Температура (от -55 до 36) °С.

Давление - (25 -28) кг/см<sup>2</sup> изб.

Производимой продукцией является очищенный от сернистых соединений природный газ с содержанием метана от 87-97%.

Состав природного газа, подаваемого на очистку, содержит в своем составе метан, этан и другие высшие углеводороды, азот, а также примеси сернистых соединений.

Общее содержание сернистых соединений (в пересчете на серу) до 80 мг/нм<sup>3</sup> в том числе: меркаптанов до 20 мг/нм<sup>3</sup>, сероводорода до 20 мг/нм<sup>3</sup>, дисульфидов и других органических соединений до 40 мг/нм<sup>3</sup>.

Содержание жидких углеводородов до 15 г/нм<sup>3</sup>.

Давление – (5÷12) кг/см<sup>2</sup> избыточное.

Температура – от (-55 до 36) °С.

Сероводород – пожаро-взрывоопасный газ без цвета с характерным запахом, действует как наркотик [25].

Для адсорбционной очистки используют сорбент ZnO. Обычно в аппарате находится два слоя адсорбента оксида цинка., насыпная плотность от 640 до 1600 кг/м<sup>3</sup>; D частицы=10 мм.

Физические и химические свойства окиси цинка, которые относятся к рабочим характеристикам, определяются не только эффективностью адсорбции серы, но и физической целостностью при рабочих условиях [19].

Сорбент обладает следующими свойствами:

- Небольшая площадь поверхности
- Высокая прочность бокового раздавливания
- Низкие потери при истирании
- Хорошая водостойкость.

Таблица 2-Рабочие параметры для обессеривания углеводородов

Температура	300-400 °С
Давление	До 60 бар
Объемная скорость	500-4000 м <sup>3</sup> /ч

При работе в следующих условиях подходит окись цинка марки ГИАП- 10.

Таблица 3- Характеристика сорбента ГИАП-10

Характеристика	ГИАП-10
ZnO (вес, %)	90
Связующее (вес,%)	10

Продолжение таблицы 3

Форма	экструдаты
Размет (мм.)	4,5
Насыпная плотность (кг/л)	1,1
Площадь поверхности (м <sup>2</sup> /г)	50
Прочность бокового раздавливания (Н)	100

Очищенный природный газ после аппаратов сероочистки должен содержать серы менее 0,4 мг/нм<sup>3</sup> [25].

### 1.2.2 Выбор и обоснование технологической схемы производства

Природный газ содержащий до 40 мг/м<sup>3</sup> органических соединений серы и сжатых до давления 30 кгс/см<sup>3</sup>, нагревается до температуры 350-400 °С. Для нагрева используется огневой подогреватель, в котором сжигается топливный природный газ. Установка такого подогревателя позволяет осуществлять пуск и наладивание процесса сероочистки независимо от работы всей системы.

Перед поступлением природного газа в подогреватель к нему примешивают водород в виде азото-водородной смеси в количестве 15% (от объема природного газа).

В огневые подогреватели смесь природного и продувочных газов нагревается до 350 °С.

Нагрев смеси природного и продувочных газов ведется с шестью инжекционными горелками.

Необходимое содержание водорода с смеси природного и продувочного газа от 3 до 5% об.

Далее газ направляется на гидрирование и последующую адсорбционную очистку.

В контактном аппарате на алюмокобальтмолибденом катализаторе, находящемся в восстановленном состоянии при температуре до 400 °С и объемной скорости 1000-2000 ч<sup>-1</sup> происходит превращение сероорганических соединений в сероводород. После аппарата гидрирования газ направляется в два параллельно работающие реакторы сероочистки.

Каждый реактор имеет два слоя сорбента.

Содержание органических сернистых соединений после гидрирования не должна превышать 1 мг/м<sup>3</sup> [25].

### 1.2.3 Описание средств автоматизации и приборов контроля производства

Развитие автоматизации химической промышленности связано с возрастающей интерфиксацией технологических процессов, увеличением производства, использованием агрегатов большой мощности, а также усложнением технологических схем.

Автоматизация процессов имеет особое значение в химической технологии, это связано с взрывопожароопасностью перерабатываемых веществ, их токсичностью и агрессивностью, и для предотвращения вредных выбросов в окружающую среду.

Управление технологическим процессом вручную невозможно, так как производство имеет следующие особенности:

- Наличие большого количества точек контроля и управлением процесса;
- Высокая чувствительность к нарушениям заданного режима;
- Необходимость своевременного воздействия на процесс в случае отклонения от заданных условий протекания.

Вследствие чего в настоящее время без автоматизации эксплуатация процессов химической технологии практически не мыслима. Для поддержания ровного протекания процессом, им нужно управлять.

Управление – это целенаправленное воздействие на объект, которое обеспечивает его оптимальное функционирование и количественно оценивается величиной критерии качества.

Частным случаем управления является регулирование.

Регулирование – это поддержание выходных величин объекта вблизи требуемых постоянных или переменных значений с целью обеспечения нормального режима его работы посредством подачи на объект управляемых воздействий.

Устройство, которое обеспечивает поддержание выходных параметров объекта вблизи требуемых значений, называют автоматическим регулированием.

Для процесса сероочистки природного газа от сернистых соединений используется двухступенчатая очистка. На первой стадии сернистые соединения подвергаются гидрированию с образованием сероводорода, на второй стадии происходит поглощение сероводорода оксидом цинка.

Задача управления процессом сероочистки состоит в достижении концентрации сернистых соединений в газе да  $0,01 \text{ мг/нм}^3$ , при установленной производительности оборудования и оптимальных условиях процесса.

Основными регулируемыми технологическими величинами процесса являются степень поглощения. На полноту протекания реакции поглощения оказывают влияние ряд параметров процесса- температура, давление и расход газа [25].

Узел сероочистки метана регулируется и контролируется регулируется следующими приборами:

Давление после реактора поз. Р-1 контролируется с помощью прибора РІ-1.

Контроль за температурой в слое адсорбента осуществляется приборами: в реакторе поз. А-3(1) -ТІ-1; в реакторе поз. А-3(2) -ТІ-3 на щите ЦПУ. Предельно допустимая температура до  $380 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Контроль температуры газа после реакторов осуществляется приборами: после поз. А-3(1) -ТІ-2; после поз. А-3(2) -ТІ-4 на щите ЦПУ.

От превышения давления газа, реакторы поз. А-3(1), (2) защищены предохранительным клапаном PSV-1, давление открытия которых 33,53 кг/см<sup>2</sup>.

Расход газа для аппаратов поз. А-3(1) и А-3(2) регулируется с помощью расходомеров FIRC-1 и FIRC-2 соответственно.

Контроль давления газа в реакторах осуществляется приборами: поз. А-3(1) -PI-2; в реакторе поз. А-3(2) -PI-3 на щите ЦПУ. Максимальное значение давление до 28 кг/см<sup>2</sup>.

Таблица 4– Технологический контроль узла сероочистки метана

	Контролируемый параметр	Средства контроля	Ед. изм.	Предельно-допустимые параметры	Кто контролирует
1	Давление после реактора гидроочистки поз.Р-2	Манометр PI-1	кг/см <sup>2</sup>	до 30	аппаратчик периодически 1 раз в 2 часа запись в рапорт
2	Давление в реакторе сероочистки п. А-3(1)	Манометр PI-2	кг/см <sup>2</sup>	до 28	аппаратчик периодически 1 раз в 2 часа запись в рапорт
3	Температура в реакторе сероочистки п.А-3(1)	Т-1	°С	до 380	аппаратчик постоянно 1 раз в 2 часа запись в рапорт
4	Температура после реактора сероочистки п. А-3(1)	Т-2	°С	до 380	аппаратчик постоянно 1 раз в 2 часа запись в рапорт
5	Давление в реакторе сероочистки поз. А-3(2)	манометр PI-3	кг/см <sup>2</sup>	до 28	Аппаратчик периодически 1 раз в 2 часа запись в рапорт
6	Температура в реакторе сероочистки п.А-3(2)	Т-3	°С	до 380	аппаратчик постоянно 1 раз в 2 часа запись в рапорт

Продолжение таблицы 4

7	Температура после реактора сероочистки п.А-3(2)	Т-4	°С	до 380	аппаратчик постоянно 1 раз в 2 часа запись в рапорт
---	---	-----	----	--------	--

1.2.4 Аналитический контроль

Аналитический контроль является неотъемлемой частью основного производственного процесса. Контроль производства на всех его стадиях очень важен, так как от этого зависит не только чистота выхода продукта, но и сохранность используемого оборудования.

Таблица 5 – Аналитический контроль

№ № п/п	Наименование сырья, продукта и места его отбора	Контролируемый параметр	Единицы измерения	Нормы и технологические показатели	Частота контроля	Кто контролирует
1	2	3	4	5	6	7
1	Природный газ на выходе из основного слоя поглотителя реакторов поз. А-3(1),(2)	H <sub>2</sub> S (сероводород)	мг/м <sup>3</sup>	0,01-0,40	По требованию	Лаборант лаборатории производства метанола
2	Природный газ на выходе из реакторов сероочистки поз. А-3(1),(2)	H <sub>2</sub> S (сероводород)	мг/м <sup>3</sup>	0,01-0,40	По требованию	Лаборант лаборатории производства метанола
3	Природный газ на выходе из реакторов сероочистки поз. А-3(1), (2)	H <sub>2</sub> S (сероводород)	мг/м <sup>3</sup>	0,01-0,40	1 раз в неделю	Лаборант лаборатории-производства метанола
		СН <sub>4</sub> (метан)	Объемная доля, %	86,0-97,0	- « -	
		С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub> (этан)	- « -	0,10-4,00	- « -	
		С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub> (пропан)	- « -	0,10-6,00	- « -	
		С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub> (бутан)	- « -	0,01-4,00	- « -	
		С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub> (пентан)	- « -	0,01-4,00	- « -	
		С <sub>6</sub> Н <sub>14</sub> (гексан)	- « -	0,01-4,00	- « -	

Продолжение таблицы 5

		СО <sub>2</sub> (диоксид углерода)	- « -	0,10-1,00	- « -	
		N <sub>2</sub> (азот)	- « -	0,10-2,00	- « -	
		H <sub>2</sub> (водород)	- « -	0,50-5,00	- « -	

### 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Источником метана является природный газ, который в свою очередь является полезным ископаемым. Часто является попутным газом при добыче нефти. Природный газ в условиях залегания в земных недрах находится в газовом состоянии в виде отдельных скоплений или в виде газовой шапки нефтегазовых месторождений.

Очищенный от сероводорода природный газ (90% метана) используется как исходное сырье в химической промышленности для получения разнообразных органических веществ, к примеру, пластмасс. Так же метан является исходным сырьем для производства ацетилена, аммиака, метанола и цианистого водорода. В химической промышленности метан используется не только для получения различных пластмасс, но также и для производства каучука, органических кислот и спирта. Именно с использованием природного газа стало возможно создавать многие химические вещества, которые не существуют в природе, например - полиэтилен.

**Целевой рынок:** химические предприятия по производству ацетилена, аммиака, метанола, органических кислот и спирта. Так же предприятия, специализирующиеся на производстве мономеров и полимеров.

##### 3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (35)$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

В таблице 20 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области сероочистки метана.

Таблица 20 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{k1}$	$B_{k2}$	$K_{\phi}$	$K_{k1}$	$K_{k2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Выход продукта	0,3	5	4	3	1,5	1,2	0,9
2. Энергоемкость процессов	0,1	4	5	4	1,2	1,5	1,2
3. Безопасность	0,3	4	3	3	1,2	0,9	0,9
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
4. Цена	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
5. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5

Продолжение таблицы 20

6. Финансирование научной разработки	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
<b>Итого:</b>	1				5,3	4,9	4,2

Б<sub>ф</sub> – продукт проведенной работы;

Б<sub>к1</sub> – «Sulfurex»;

Б<sub>к2</sub> – «LO-CAT».

### 3.1.2 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.

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проект.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Первый этап SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Опыт разработки сложных малых и средних месторождений природного газа.</p> <p>С2. Высокотехнологичное оборудование</p> <p>С3. Четкая организационная структура</p> <p>С4 Поддержка местной власти по финансированию социальных проектов</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1.Проведение реорганизации в компании</p> <p>Сл2. Большой кредитный портфель</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Хорошая репутация как среди потребителей, так и у простого населения</p> <p>В2. Наличие стабильного рынка сбыта</p>		

Продолжение таблицы 21

<b>Угрозы:</b> У1. Изменение цен на газ У2. Переманивание специалистов другими предприятиями У3. Природные катастрофы		
--	--	--

Интерактивные матрицы представлены в таблицах 22,23,24,25.

Таблица 22 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

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

Таблица 23 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта			
		Сл1	Сл2
Возможности проекта	B1	-	-
	B2	-	+

Таблица 23 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4
Угрозы	У1	+	-	-	+
	У2	-	-	+	-
	У3	+	+	+	0

Таблица 25 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1	Сл2
	У1	+	+
	У2	+	-
	У3	-	-

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 26).

Таблица 26– Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Опыт разработки сложных малых и средних месторождений природного газа.</p> <p>С2. Высокотехнологичное оборудование</p> <p>С3. Четкая организационная структура</p> <p>С4 Поддержка местной власти по финансированию социальных проектов</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1.Проведение реорганизации в компании</p> <p>Сл2. Большой кредитный портфель</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Хорошая репутация как среди потребителей, так и у простого населения</p> <p>В2. Наличие стабильного рынка сбыта</p>	<p>1.Увеличение объемов добычи природного газа</p> <p>2.Поддержание репутации социально ответственной компании</p>	<p>1.Четкое распределение обязанностей внутри компании</p> <p>2.Проведение опросов у сотрудников компании</p>

Продолжение таблицы 26

<b>Угрозы:</b>		
У1. Изменение цен на газ	1.Поддержка местной власти по финансированию социальных проектов	1.Привлечение молодых специалистов
У2. Переманивание специалистов другими предприятиями	2.Специальные программы по обучению сотрудников и повышению квалификации	2.Изучение и проработка всех возможных кризисных ситуаций
У3. Природные катастрофы		3.Привлечение инвестиций

3.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 27- Морфологическая матрица для методов сероочистки метана

	1	2	3
А. Сорбент	Оксид цинка	NaOH	Гликольамин
Б. Температура, °С	350–390	–60 до +45	от 0 до –26
В. Давление, МПа	до 4	0,05	более 0,4 МПа
Г. Остаточное количество H <sub>2</sub> S в газе , г/м <sup>3</sup>	0,5	От 0,02 до 0	0,07

3.3 Планирование научно-исследовательских работ

3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: специалист, инженер, главный инженер, лаборант. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 28).

Таблица 28 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Главный инженер

Продолжение таблицы 28

Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Проведение патентных исследований	Инженер, лаборант, специалист
	4	Выбор направления исследований	Инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер, лаборант
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Специалист
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер, лаборант, специалист
	9	Утверждение лучшего результата	Главный инженер
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	11	Определение целесообразности проведения ОКР	Инженер
Проведение ОКР	Специалист		
Разработка технической документации и проектирование	12	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Специалист
	13	Выбор и расчет конструкции	Инженер, специалист
	14	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Инженер, специалист
	15	Утверждение технической документации и схемы.	Главный инженер
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	16	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	Инженер, специалист
	17	Лабораторные испытания макета	Лаборант
Оформление отчета, но НИР (комплекта документации по ОКР)	18	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Главный инженер

Продолжение таблицы 28

	19	Оформление патента	Генеральный директор
	20	Размещение рекламы	Менеджер

### 3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожi}$  используется формула (36):

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (36)$$

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

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной

$i$  – ой работы, чел. – дн.;

$t_{\max i}$  – 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  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (37)$$

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

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

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

Результаты расчетов представлены в таблице 29.

### 3.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

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 (таблица 36), на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Данный график строится на основе таблицы. 35.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой (38):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (38)$$

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.

Результаты представлены в таблице 29

Таблица 29 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни	$t_{\text{max}}$ , чел-дни	$t_{\text{ожид}}$ , чел-дни			

Продолжение таблицы 29

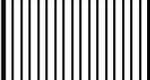
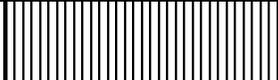
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление ТЗ	3	2	2	5	3	3	4	2	2	Руководитель	3	2	2	4	3	3		
Изучение литературы	25	24	23	26	27	26	25	25	24	Инженер	2 6	2 6	2 5	3 7	3 6	3 5		
Патентный поиск	3	4	3	5	5	4	4	4	3	Инженер	2 5	2 5	2 4	3 8	3 7	3 6		
Выбор напр. исслед.	3	3	2	4	4	3	3	3	2	Руков., инж.	4	4	3	6	7	5		
Лабораторные испытания	26	27	25	27	30	28	26	28	26	Руков., инж., лаборант	9	9	9	1 3	1 4	1 3		
Введение в производство	45	47	28	47	48	49	46	47	36	Руков., инж., лаборант	1 5	1 6	1 2	2 3	2 3	1 8		

На основе таблицы 29 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Результаты календарного план-графика проведения НИОКР представлены в таблице 30.

Таблица 30 - Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	$T_{ki}$ , дни	Продолжительность выполнения работ												
			февраль		март			апрель			май				
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	4													
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	6													
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	37													
Патентный обзор литературы	Бакалавр	38													
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	12													
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	40													
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	5													

Продолжение таблицы 30

Вид работы	Исполнители	$T_{ki}$ , дней	Продолжительность выполнения работ												
			февраль		март			апрель			май				
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	4													
Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант ЭЧ	5													
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	4													
Составление пояснительной записки	Бакалавр	15													

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
			

### 3.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

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

#### 3.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данной ВКР требуются материальные затраты на:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

Материальные затраты данного НТИ представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3

Продолжение таблицы 31

Природный газ:	м <sup>3</sup>	800 0	800 0	800 0	4	4	4	32000	32000	32000
Сорбент	кг	800 0	850 6	835 0	150	150	150	1200000	1140000	1184100
<b>Итого:</b>								<b>1232000</b>	<b>1172000</b>	<b>1216100</b>

3.3.4.2. Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}, \quad (39)$$

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

$T_{\text{пи}}$  – время полезного использования, год.

Результаты расчетов приведены в таблице 32.

Таблица 32-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.	Адсорбер	2	736000	1472000
Итого				1472000

Таблица 33 – Ежегодные амортизационные отчисления

№ п/п	Наименование оборудования	Общая стоимость оборудования, руб.	Время полезного использования, руб.	Годовая амортизация, руб.
1.	Адсорбер	1472000	15	98133
Итого				98133

### 3.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья 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:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (40)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от  $Z_{осн}$ ).

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p , \quad (41)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} , \quad (42)$$

где  $Z_m$  –месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб.дн.

В таблице 34 представлен баланс рабочего времени работников НИИ.

Таблица 34–Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	365	365	365	365

Продолжение таблицы 34

Количество нерабочих дней				
выходные дни:	91	91	91	91
праздничные дни:	14	14	14	14
Потери рабочего времени				
отпуск:	28	28	28	28
невыходы по болезни:	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	232	232	232	232

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (43)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – зарплатная плата по тарифной ставке, руб.;

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

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 35.

Таблица 35– Расчет основной заработной платы

Категория	$Z_{\text{тс}}$ , руб.	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ , руб.	$Z_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель								
ППС3	12067,25	0,35	3620	1,3	25884,25	1206,725	11,8	14239,35
Бакалавр								
ППС1	2600,0	0,35	780	1,3	5578,3	260,0	58,2	15132
Консультант ЭЧ								
ППС3	20080,9	0,35	6024,27	1,3	43073,5	2008,09	5	10040,45
Консультант СО								
ППС3	20080,9	0,35	6024,27	1,3	43073,5	2008,09	5	10040,45

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 36.

Таблица 36 - Общая заработная

Исполнитель	$Z_{осн}$ , руб.	$Z_{доп}$ , руб.	$Z_{зн}$ , руб.
Руководитель	14239,35	2135,9	16375,25
Бакалавр	15132	2269,8	1740,8
Консультант ЭЧ	10040,45	1506,07	11546,52
Консультант СО	10040,45	1506,07	11546,52
Итого	49452,25	7417,84	56870,09

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (44)$$

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

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

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина этих отчислений определяется по формуле (45):

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (45)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 %. Однако на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году водится пониженная ставка – 27,1 %.

В таблице 37 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 37 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	14239,35	2135,9
Бакалавр	15132	2269,8
Консультант ЭЧ	10040,45	1506,07
Консультант СО	10040,45	1506,07
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,305	
Итого:	<b>17345,4</b>	

#### 3.3.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4), \quad (46)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов  $k_{\text{нр}}$  допускается взять в размере 16 %. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 444514,5руб.

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 38.

Таблица 38 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	1232000	1172000	1216100	Таблица 12
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	1472000	1472000	1472000	Таблица 13
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	49452,25	49452,25	49452,25	Таблица 17
4 Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7417,84	7417,84	7417,84	Таблица 17
5. Отчисления во внебюджетные фонды	17345,4	17345,4	17345,4	Таблица 18
6. Накладные расходы	444514,5	434914,5	441970,5	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	3222730,0	3153130,0	3204286,0	Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 38 основные затраты НТИ приходятся на материалы и спецоборудование.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (47)$$

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

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

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

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

Таблица 39- Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Выход продукта	0,3	5	4	3
2. Энергоемкость процессов	0,1	4	5	4
3.Безопасность	0,3	4	3	3
4. Цена	0,1	5	4	3
5. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	5
6. Финансирование научной разработки	0,1	4	4	4
<b>ИТОГО</b>	<b>1</b>	<b>4,5</b>	<b>4,2</b>	<b>3,7</b>

Критерий «энергоемкость процессов» применим для данного научного исследования, так как оборудование используется одинаковое, а сорбенты применяются разные, из-за этого процессы происходят при разных температурах, давлении и при различном расходе сорбента.

В таблице 40 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 40 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,96	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	3,8	4,4
3	Интегральный показатель эффективности	4,7	4,34	4,53
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,89	0,94

Из сравнительного анализ интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод о том, что предпочтительней по техническим задачам с позиции финансовой и ресурсной эффективности, является первое исполнение для сероочистки метана, но и третий вариант не уступает в эффективности.