

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Природных ресурсов

Направление подготовки Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) Химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект узла синтеза метанола

УДК 661.721.023.2-047.74

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д41	Бочарова Зинаида Александровна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сорока Л.С.	К.Х.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Троян А.А.	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова О.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Уровень образования бакалавриат

Отделение школы Отделение химической инженерии

Период выполнения осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	28.05.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела / вид работы	Максимальный балл раздела
12.12.2018– 28.12.2018	<i>Работа с литературой: теоретическая часть, выбор метода производства, описание технологической схемы (с учетом вопросов охраны ОС)</i>	25
29.12.2018– 11.02.2019	<i>Расчет материального баланса</i>	10
12.02.2019– 05.03.2019	<i>Расчет теплового баланса, аппаратные расчеты. Контроль производства (КИП реактора)</i>	15
06.03.2019– 25.03.2019	<i>Выполнение чертежа общего вида реактора</i>	10
26.03.2019– 10.04.2019	<i>Оформление пояснительной записки КП и защита проекта</i>	10
11.04.2019– 13.05.2019	<i>Выполнение чертежа технологической схемы, чертежа сборочных единиц реактора</i>	10
14.05.2019– 27.05.2019	<i>Завершение разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент». Технологический и аналитический контроль производства. Подбор вспомогательного оборудования</i>	20
28.05.2019	<i>Сдача готовой работы</i>	100

СОСТАВИЛ:**Руководитель ВКР:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сорока Л.С.	к.х.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Троян А.А.	к.х.н.		

СОГЛАСОВАНО:**Руководитель ООП:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес О.Е.	к.т.н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.03.01 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
3-2Д41	Бочарова Зинаида Александровна

Тема работы:

Проект узла синтеза метанола.

Утверждена приказом директора (дата, номер)

04.03.19 №1678/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

5 июня 2019

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

1. *Производительность тонн в год – 780000*
2. *Состав сырья – конвертированный газ.*
3. *Продукт метанол.*
4. *Продолжительность процесса – непрерывный.*
5. *Годовой фонд рабочего времени – 7200 часов.*

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. <i>Литературный обзор .</i> 2. <i>Объекты и методы проектирования.</i> 3. <i>Расчеты.</i> 4. <i>Результаты разработки.</i> 5. <i>Финансовый менеджмент, ресурсо эффективность, ресурсосбережение.</i> 6. <i>Социальная ответственность.</i></p>
--	--

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. <i>Технологическая схема .</i> 2. <i>Реактор синтеза. Вид общий.</i> 3. <i>Реактор. Сборочные единицы.</i></p>
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение.	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность.	Немцова О.А.

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

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сорока Л.С.	к.х.н.		
Ст.преподаватель	Троян А.А	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д41	Бочарова Зинаида Александровна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д41	Бочаровой Зинаиде Александровне

Школа	ИШПР	Отделение школы(НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	180301 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – узел синтеза метанола.</p> <p>Методика-проектирование.</p> <p>Рабочая зона – лаборатория ТПУ.</p> <p>Область применения – химическая промышленность.</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1.. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<p>1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.</p> <p>1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия факторов .	<p>1. Вредные вещества</p> <p>2. Повышенный уровень шума</p> <p>3. Повышенный уровень вибрации</p> <p>4. Недостаточная освещённость рабочей зоны</p> <p>5. Отклонение параметров микроклимата</p> <p>6. Электробезопасность</p> <p>7. Пожаровзрывобезопасность</p>
3. Экологическая безопасность:	<p>3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.</p> <p>3.2. Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду.</p> <p>3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.</p> <p>4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований.</p> <p>4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д41	Бочарова Зинаида Александровна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д41	Бочаровой Зинаиде Александровне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	180301 Химическая технология

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

1. <i>Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; опрос.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности производства метанола.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения НТИ 4. Определение бюджета НТИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ 	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д41	Бочарова Зинаида Александровна		

Реферат.

Выпускная квалификационная работа на тему « Проект узла синтеза метанола» содержит 93 страницы, 25 табл., 27 источника, 3 листа графического материала.

Ключевые слова: синтез-газ, колонна, тарелки, метанол-сырец, температура, давление, метанол, производство.

Выбор и обоснование метода производства, технологическая схема, инженерные расчеты, подбор оборудования, контроль производства, охрана труда и окружающей среды.

В данной работе был рассчитан реактор синтеза метанола, производительностью 780 тыс.тонн/год. Приведена технологическая схема производства метанола, реактор синтеза метанола, сборочные единицы реактора.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был рассчитан бюджет научно-технического исследования.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены вредные и опасные факторы, а также влияние производства на окружающую среду. Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 и графическом редакторе Microsoft Visio и Автокад.

Содержание

Введение	3
1 Технико-экономическое обоснование проекта	5
2 Общая характеристика производства, его технико-экономический уровень и обоснование технологических решений	11
2.1 Общая характеристика производства	11
2.2 Характеристика сырья, материалов полупродуктов и энергоресурсов	15
2.3 Физико-химические основы процесс	21
2.4 Описание технологического процесса и схемы	27
2.6 Ежегодные нормы образования отходов производства	30
2.7 Нормы технологического режима	33
2.8 Контроль производства и управление технологическим процессом	36
2.8.1 Аналитический контроль	36
2.8.2 Перечень систем автоматического регулирования	39
2.9 Компоновка оборудования	41
3 Расчетная часть	43
3.1 Материальный баланс	43
3.2 Тепловой баланс	51
3.3 Технологический расчет	55
3.4 Механический расчет	58
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	62
5 Социальная ответственность	83
Заключение	92
Список литературы	93
Спецификация	

Введение

Метанол (метиловый спирт) является одним из важнейших по значению и масштабам производства органическим продуктом, выпускаемым химической промышленностью. Впервые метанол был найден в древесном спирте в 1661 г., но лишь в 1834 г. был выделен из продуктов сухой перегонки древесины Думасом и Пелиготом. В это же время была установлена его химическая формула. В 1857г. метанол был получен омылением метилхлорида.

Способы получения метилового спирта могут быть различны: сухая перегонка древесины, термическое разложение формиатов, гидрирование метилформиата, омыление метилхлорида, каталитическое неполное окисление метана. Однако по причинам технического и главным образом экономического характера промышленное развитие получил метод синтеза метанола из оксида углерода и водорода на гетерогенных катализаторах.

Выпуск метанола значительно превышает темпы роста производства многих продуктов химической промышленности. Увеличение выпуска метанола проводится путем интенсификации процесса, расширения существующих и строительства новых производств.

В основном современные исследования в области производства метанола направлены на совершенствование методов получения и подготовки исходного технологического газа, аппаратного оформления процесса, на разработку более активных и селективных катализаторов.

Предприятия по выпуску метанола размещены в различных экономических районах страны, поэтому и виды используемого сырья различны. Наиболее дешевый метанол получают при использовании в качестве сырья природного газа. Это и стимулирует перевод многих предприятий метанола на природный газ.

В ряде новейших технологических разработок производства метанола более полно используется тепло, выделяющееся при его синтезе. Разрабатываются также технологические схемы на основе прогрессивной техники. Одновременно с созданием крупных одноагрегатных установок с использованием низкотемпературных катализаторов имеются примеры создания крупных агрегатов, работающих при высоком давлении (250—350 кгс/см²). Однако в мировой и отечественной практике ввиду технико-экономических преимуществ намечается развитие схем производства метанола при низком давлении (50—150 кгс/см²).

Из многообразия предложенных в литературе направлений по модернизации и оптимизации действующих установок синтеза метанола одним из наиболее перспективных вариантов представляется двухстадийный синтез. Практически он сводится к включению одного или нескольких проточных реакторов в линию свежего синтез – газа.

Введением проточных реакторов снимаются основные противоречия, присущие циркуляционным схемам - стремление к возможно более полной переработке сырья, т.е. приближение состава циркуляционного потока к равновесному, с одной стороны, и связанное с этим снижение производительности единицы объема катализатора – с другой.

Бурный рост производства метанола обусловлен постоянно возрастающим многообразием сфер его применения. Традиционным основным потребителем метанола является производство формальдегида (около 50 % от всего выпускаемого метанола), используемого для получения терморезистивных смол, пластмасс, синтетических волокон. Метанол является сырьем для получения также таких продуктов как синтетический каучук (~11 %), метиламин (~9 %), а также диметилтерефталат, метилметакрилат, пентаэритрит, уротропин. Его используют в производстве фото пленки, аминов, поливинилхлоридных, карбамидных и ионообменных смол, красителей и полупродуктов, в качестве растворителя в лакокрасочной промышленности. В большом количестве метанол потребляют для получения

различных химикатов, например хлорофоса, карбофоса, хлористого и бромистого метила и различных ацеталей.

1 Технико-экономическое обоснование выбранного метода производства

Технико-экономические показатели производства метанола определяют применимость того или иного процесса в промышленности. С целью определения наиболее экономичной схемы производства метанола были рассчитаны технико-экономические показатели следующих производств, (порядковый номер соответствует вариантам схем):

- 1) схема синтеза метанола с не совмещенной колонной и выносным теплообменником;
- 2) схема синтеза метанола с совмещенной насадкой колонны;
- 3) схема синтеза метанола с отводом тепла реакции из катализаторной зоны;
- 4) схема синтеза метанола с паровым котлом - утилизатором на конвертированном газе;
- 5) схема синтеза метанола под давлением 5 МПа;
- 6) схема синтеза метанола под давлением 9 МПа;
- 7) схема синтеза метанола на агрегате мощностью 750 тыс. т/год.

Важнейший экономический показатель производства по той или иной технологической схеме – себестоимость выпускаемого продукта. В ней находит отражение и достигнутый уровень развития техники, и организация производства, а также уровень производительности труда и использование средств производства.

Себестоимость метанола складывается из затрат на сырье и материалы, энергетику, заработную плату, амортизацию, из цеховых, общезаводских и вне производственных расходов. В последние годы

наблюдается снижение себестоимости метанола-ректификата за счет внедрения крупных, практически полностью автономных по энергии, агрегатов. Технико-экономическое исследование производства метанола показывает, что снижение себестоимости продукта и удельных капитальных вложений при увеличении мощности агрегата происходит неравномерно и только до определенного предела. Наибольший эффект дает увеличение мощности до 300 тыс. т в год (себестоимость снижается на 40 %, а удельные капитальные вложения на 31 %). При дальнейшем увеличении мощности снижение затрат происходит очень медленно. Так, для снижения себестоимости еще на 10% требуется довести мощность агрегата до 1 млн. тонн в год, т.е. увеличение ее в 3,3 раза.

Одновременно с повышением мощности производства необходимо увеличить надежность и длительность эксплуатации агрегата без остановок, так как пуск крупнотоннажного агрегата связан со значительными дополнительными материальными затратами сырья и энергетических ресурсов.

Снижение удельных капитальных вложений при увеличении мощности происходит в результате сокращения расхода металла на трубопроводы, газгольдерное и складское хозяйство, расходов на строительство и приборы контроля. Себестоимость метанола снижается за счет создания энергозамкнутого цикла с максимальным использованием тепла, уменьшения эксплуатационных и амортизационных расходов.

Выбор производительности отдельных агрегатов зависит от мощности производства в целом. Например, при мощности производства 800 тыс.т в год экономически целесообразно создавать агрегаты производительностью по 400 тыс. т в год, при мощности 1,5 млн. т в год более благоприятны два агрегата по 750 тыс. т в год каждый, а при мощности 3 млн. т в год - три агрегата по 1 млн. т в год.

С другой стороны, метанол как конечный продукт производства используется многочисленными малотоннажными потребителями,

находящимися часто на большом расстоянии друг от друга и от предприятия-поставщика, т.е. плотность потребления метанола невелика. Самый крупный потребитель – производство формальдегида, но масштабы его еще отстают от производства метанола, и, кроме того, плотность потребления формальдегида и продуктов его переработки невелика. Таким образом, экономия, достигнутая за счет укрупнения – создания агрегата мощностью более 800 тыс. тонн в год, может быть перекрыта затратами на перевозку метанола-ректификата.

Фактическая себестоимость метанола действующих в настоящее время в мировой практике производств колеблется в широких пределах. При переходе к теплоэнергетическим схемам себестоимость метанола-ректификата снижается в 1,5 раза (табл.1). При этом изменяется структура себестоимости (табл. 2). Например, в схеме 1 стоимость сырья и энергетических ресурсов примерно одинакова и составляет 80% себестоимости продукта. В то же время в схемах 6 и 7 стоимость сырья составляет около 50%, а энергетические затраты – всего лишь 4%. Вообще повышение мощности производства в 2,5 раза от 40 до 100 тыс. т в год (схема 1 и 5) снижает себестоимость метанола на 11%. Резкое снижение себестоимости наблюдается при переходе к тепло-энергетической схеме (схема 6 и 7), при этом значительно уменьшаются энергетические затраты, однако в 3,0-3,5 раза увеличиваются затраты на содержание и эксплуатацию оборудования. Себестоимость метанола-ректификата снижается на 38,2% при увеличении мощности производства от 40 до 750 тыс. т в год.

Таблица 1

Сравнительная себестоимость метанола-ректификата
и технико-экономические показатели различных схем производства

Показатели	Схемы производства					
	1	2	3	5	6	7
Себестоимость 1 т метанола-ректификата, %						
Сырье и материалы	100	76	105	111	75,8	62,5
Энергетические затраты	100	71	61,461	70,1	6,0	6,4
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	100	226	146	86	323	356
Заработная плата с начислениями	100	157	93,7	117	25,5	27,4
Цеховые расходы	100	55,2	75,4	60,4	9,6	10,7
Общезаводские расходы	100	263	87	104	80	80
Внепроизводственные расходы	100	77,1	154	100	147	147
Мощность одной технологической линии, %	100	100	137	275	1000	1875
Полная себестоимость 1 т метанола-ректификата, %	100	92,1	88,9	89,4	64	61,8
Удельные капитальные вложения, %	100	94,4	92,9	52,9	101	101
Приведенные затраты, %	100	96,2	89,7	82,4	71,3	69,5
Производительность труда, %	100	100	186	180	555	694

Удельные капитальные вложения в строительство производства метанола мало зависят от мощности и изменяются всего лишь на 9 % при увеличении ее в 10-15 раз (см. табл.1). Резкое снижение капитальных вложений (примерно в 2 раза) наблюдается только в схеме 5 использования синтез-газа, отходящего из производства ацетилена.

Полная оценка затрат на получение метанола определяется приведенными затратами на единицу продукции. Изменение приведенных

затрат в различных схемах достигает 30%. Повышение мощности производства резко увеличивает производительность труда, однако в стоимостном выражении это практически не заметно, так как затраты на заработную плату составляют всего лишь 0,6-2 % себестоимости продукта.

Таблица 2

Структура себестоимости метанола-ректификата в различных схемах производства

Статьи затрат, %	Схемы производства					
	1	2	3	5	6	7
Сырье и материалы	39	32	47,2	49,6	46,9	40,2
Энергетические затраты	41	31	28,5	32,3	3,9	4,3
Заработная плата с начислениями	1,4	2,4	1,5	1,9	0,6	0,6
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	8,3	20	13,7	8	42	47,9
Цеховые расходы	5,5	3,3	4,6	3,7	0,8	0,9
Общезаводские расходы	3,0	8,6	2,9	3,5	3,7	3,9
Внепроизводственные расходы	0,9	0,7	1,6	1,0	2,1	2,2
Полная себестоимость	10	100	100	100	100	100

Для агрегатов малой и средней мощности можно отметить следующие направления снижения себестоимости метанола:

–повышение степени использования основных фондов за счет мобилизации имеющихся резервов;

–повышение производительности труда, экономии сырья и материалов – снижение энергетических затрат при эксплуатации производств в оптимальных условиях.

Перевод производства метанола при высоком давлении на низкотемпературные катализаторы приводит к увеличению производительности агрегатов и повышению качества метанола-сырца, т.е.

достигается лучшее использование основных фондов, снижаются энергетические и сырьевые затраты. Применение воздушного охлаждения при синтезе и ректификации не только снижает сырьевые и энергетические затраты, но и уменьшает опасность загрязнения метанолом водных ресурсов.

В настоящее время создаются производства метанола большой мощности на основе низкотемпературного синтеза под давлением 5-10 МПа. Поскольку в этих схемах (схема 6 и 7) основные затраты приходятся на сырье и на содержание оборудования, то для снижения себестоимости метанола необходимо рационально использовать сырье и снижать стоимость оборудования. Исходный газ получают конверсией природного газа в трубчатых печах под давлением. Повышенное содержание остаточного метана и высокая концентрация водорода против оксидов углерода в исходном газе приводит к увеличению расходного коэффициента по сырью. Кроме того, соотношение реагирующих компонентов в цикле выше оптимального. С целью снижения расхода исходного газа и поддержания оптимального состава циркуляционного газа целесообразно применение в отделении подготовки исходного газа высокотемпературной конверсии метана. Высокая температура в конвекторе метана позволяет увеличить давление в отделении подготовки исходного газа и соответственно приведет к дальнейшему снижению расхода энергии для сжатия свежего газа.

Уменьшение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования возможно за счет снижения габаритов оборудования, трубопроводов и коммуникаций, что достигается при осуществлении синтеза на низкотемпературных катализаторах под давлением 25-30 МПа.

Таким образом, одним из путей дальнейшего улучшения технико-экономических показателей производства метанола большой единичной мощности может быть создание схемы получения метанола с использованием высокотемпературной конверсии метана при давлении 5–15 МПа и синтеза метанола под давлением 25-30 МПа на низкотемпературных катализаторах.

2 Общая характеристика производства, его технико-экономический уровень и обоснование технологических решений.

2.1 Общая характеристика производства

ООО «Сибирская метанольная химическая компания» или ООО "Сибметакхим" (СМХК, Томск), создан и зарегистрирован в Томске в 2006 г. как совместное предприятие ОАО "Востокгазпром" и ОАО "СИБУР Холдинг". ООО «Сибирская метанольная химическая компания» - одно из крупнейших предприятий отрасли. Завод производит метиловый спирт - ценнейшее химическое сырье. Производство метанола введено в эксплуатацию в 1983 году. Объем выпуска - до 750 тыс. тонн метанола в год.

ООО «Сибирская метанольная химическая компания» работает круглосуточно и круглогодично - с ежегодным перерывом на один месяц, в течение которого на заводе осуществляется капитальный ремонт. Сегодня завод производит 2,5 тысячи тонн метанола в сутки.

Завод работает по следующей схеме: Природный газ по газопроводу поступает на завод, в две печи реформинга, где превращается в синтез-газ - смесь окиси углерода и водорода. Проходя через котлы-утилизаторы, синтез-газ охлаждается. При этом образуется большое количество пара. Получаемый газ сжимается с помощью мощного компрессора и поступает на установку синтеза, откуда выходят метанол-сырец и возвратный газ. Метанол-сырец подается на ректификацию, где метанол отделяется от других веществ. Далее идет стандартизация метанола, на него выдается паспорт, после чего метанол отправляется к потребителю.

Метанол (метиловый спирт) используется в производстве пластмасс, синтетических волокон, синтетического каучука, уксусной кислоты, органического стекла, в качестве добавки к моторным топливам.

Метанол поставляется через Финляндию в страны Европы (Германия, Италия, Швеция и др.) и в США. В России крупнейшими потребителями являются нефтегазодобывающие и транспортирующие предприятия.

Природный газ содержит в своем составе метан, этан и другие высшие углеводороды, азот, а также примеси сернистых соединений.

Сернистые соединения как органические, так и неорганические являются ядами для катализаторов, используемых в процессе конверсии и синтеза метанола. Поэтому природный газ подвергается тщательной очистке от сернистых соединений.

Органические сернистые соединения сначала подвергаются гидрированию водородом в присутствии кобальт-молибденового катализатора. При этом органические соединения серы превращаются в сероводород, который затем поглощается активированной окисью цинка.

Процесс получения синтез-газа, необходимого для синтеза метанола, основан на каталитической конверсии углеводородов природного газа с водяным паром в трубчатой печи в присутствии никелевого катализатора при $P_{изб} = 1.8 \text{ Мпа}$ [18 кг/см^2] и $T = 860 \text{ }^\circ\text{C}$ (на выходе из реакционных труб).

Синтез метанола предусматривается под давлением 8 Мпа [80 кг/см^2] и температуре $(210 - 270) \text{ }^\circ\text{C}$ в присутствии медьсодержащего катализатора.

Отгонка примесей, содержащихся в метаноле-сырце, предусматривается последовательно в колоннах предварительной и основной ректификации без давления.

Описанный метод получения метанола помимо указанных основных стадий включает в себя ряд вспомогательных и в целом состоит из следующих стадий:

- компримирование природного газа центробежным компрессором с $P_{изб} = (0.5 - 1.2) \text{ Мпа}$ [$(5 - 12) \text{ кг/см}^2$] до $P_{изб} = 3 \text{ Мпа}$ [30 кг/см^2];

- двухступенчатая очистка природного газа от сернистых соединений (гидрирование и поглощение);

- каталитическая конверсия углеводородов очищенного природного газа с водяным паром в трубчатой печи при $P_{изб} = 1.8 \text{ Мпа}$ [18 кг/см^2] и $T = 860 \text{ }^\circ\text{C}$;

- компримирование полученного синтез-газа с $P_{изб} = 1.4$ Мпа [14 кг/см^2] до $P_{изб} = 8.0$ Мпа [80 кг/см^2] центробежным компрессором с подачей его на всас циркуляционного компрессора цикла синтеза метанола;

- синтез метанола при давлении примерно $P_{изб} = 80 \text{ кг/см}^2$;

- двухстадийная ректификация метанола-сырца.

В качестве приводов компрессоров, вентиляторов и дымососов к трубчатой печи, большинство рабочих насосов установлены паровые турбины, которые работают на паре, вырабатываемом в производстве метанола.

Пар для процесса конверсии углеводов и ректификации, а также для паровых турбин получается, в основном, за счет использования тепла конвертированного и дымовых газов. Недостающее количество пара предусматривается получать в специальном вспомогательном котле, работающем на природном газе.

К питательной воде котлов-утилизаторов и вспомогательного котла предъявляются особые требования и для подготовки воды предусмотрена специальная установка деминерализации.

Охлаждение технологических потоков, а также конденсация водяного пара после паровых турбин предусмотрена, в основном, в аппаратах воздушного охлаждения.

Управление основными стадиями процесса централизованно и осуществляется из центрального пункта управления (ЦПУ).

Производство метанола состоит из следующих блоков:

- блока сероочистки и конверсии в составе одного агрегата сероочистки и 2-х агрегатов конверсии природного газа;

- блока компрессии в составе одного компрессора природного газа, одного компрессора синтез-газа и одного циркуляционного компрессора;

- блока синтеза метанола в составе 2-х агрегатов синтеза;

- блока ректификации метанола-сырца в составе одного агрегата предварительной ректификации и 2-х агрегатов основной ректификации.

В состав производства метанола также входят:

- вспомогательный котел;
- установка деминерализации речной воды;
- оборотный цикл;
- факельная установка;
- склад метанола с насосной и наливной эстакадой.

Основное оборудование (реакторы, колонны, компрессоры) установлено без резерва и рассчитано на непрерывную работу производства в течении 7200 часов (300 суток), после чего технологическая линия останавливается для проведения ремонтов.

Технологический процесс производства метанола разработан английской фирмой ICI (Ай-Си-Ай).

Проект во всех частях выполнен английской фирмой "Дэйви Пауэр Гэз".

Проект привязки производства метанола к условиям площадки строительства в Томске выполнен Северодонецким Госнииметанолпроектом.

Суточная выработка метанола-ректификата - 2513 т/сут.

Категория производства метанола по его технико-экономическому уровню - высшая. (1)

2.2 Характеристика производимой продукции, исходного сырья, материалов и полупродуктов

Наименование показателя	Норма для марки		Метод анализа
	А ОКП 24 2111 0130	В ОКП 24 2111 0140	
1. Внешний вид	Бесцв. прозрачная жидкость без нерастворимых примесей		По 6.3
2. Плотность при 20°C, г/см ³	0,791 – 0,792		По 6.4
3. Смешиваемость с водой	Смешивается с водой без следов помутнения, опалесценции		По 6.5
4. Температурные пределы: - предел кипения, °С - 99% продукта перегоняется в пределах, °С, не более	64,0 – 65,5		По ГОСТ 25742.1
5. Массовая доля воды, %, не более	0,8	1,0	
5. Массовая доля воды, %, не более	0,05	0,08	По 6.6
6. Массовая доля свободных кислот в пересчете на муравьиную кислоту, %, не более	0,0015		По ГОСТ 25742.2
7. Массовая доля альдегидов и кетонов в пересчете на ацетон, %, не более	0,003	0,008	По 6.7
8. Массовая доля летучих соединений железа в пересчете на железо, %, не более	0,00001	0,0005	По ГОСТ 25742.8
9. Испытание с перманганатом калия, мин., не менее	60	30	По ГОСТ 25742.5
10. Массовая доля аммиака и аминосоединений в пересчете на аммиак, %, не более	0,00001	-	По ГОСТ 25742.7
11. Массовая доля хлора, %, не более	0,0001	0,001	По ГОСТ 25742.6
12. Массовая доля серы, %, не более	0,0001	0,001	По ГОСТ 25742.3
13. Массовая доля нелетучего остатка после испарения, %, не более	0,001	0,002	По 6.8
14. Удельная электрическая проводимость, См/м, не более	$3 \cdot 10^{-5}$	-	По 6.9
15. Массовая доля этилового спирта, % не более	0,01	-	По ГОСТ 25742.4
16. Цветность по платино-кобальтовой шкале, единицы Хазена, не более	5	-	По 6.10

Примечания

1. Требования к метанолу, предназначенному для экспорта, должны соответствовать требованиям контракта поставщика с иностранным покупателем.
2. Показатель 14 определяют в продукте, предназначенном для электровакуумной и электронной промышленности.
3. Показатели 1-3, 6, 8, 10-15 определяют по требованию потребителя.

Характеристика исходного сырья и полупродуктов

Краткая характеристика сырья, материалов и готовой продукции

Для синтеза метанола можно применять практически любой газ, содержащий водород и оксиды углерода. Наиболее распространенным сырьем является природный газ. Потенциальным сырьем для получения метанола является диоксид углерода.

Природный газ представляет собой газовую смесь приблизительно следующего состава: объемная доля в %. CH_4 – (86 - 97) C_2H_6 – (1,5-4) C_3H_8 – (1 - 6) C_4H_{10} – (0 - 4) N_2 – (1 - 2) CO_2 – (0 - 1)

Общее содержание сернистых соединений (в пересчете на серу) до 80 мг/нм³ (в пересчете на серу) в том числе:

- меркаптанов до 20 мг/нм³;
- сероводорода до 20 мг/нм³;
- дисульфидов и других органических соединений до 40 мг/нм³.

Содержание жидких углеводородов до 15 г/нм³

Температура(-47) - (+36) °С

Давление на входе в производство - на границе установки (0.5-1.2) МПа [(5 - 12) кгс/см²]

В процессе каталитической конверсии углеводородов природного газа с водяным паром в трубчатой печи получается синтез - газ необходимый для синтеза метанола и представляют собой газовую смесь состава (% об)

CO - 13-15 CO₂ - 7-9 H₂- 72-75 N₂- 0,1-0,5 CH₄ -н/б 4 H₂S-н/б 0,1 мг/м³

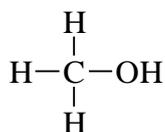
Циркуляционный газ поступающий в колонны синтеза состоит из:

H₂ - до 83 % об CO - н/б 10% об CO₂ - 2-15 % об CH₄ - н/б 11% об

Готовым продуктом перегонки метанола является метанол-ректификат.

Техническое наименование: метанол-яд, технический.

Метанол – структурная формула CH₃OH



Молекулярный вес 32,04

Качество метанола ректификата должно соответствовать требованиям ГОСТ2222-78. Метанол (метиловый спирт) – простейший алкоголь, бесцветная жидкость с запахом, напоминающим винный спирт. Растворяется в воде в любых соотношениях, является хорошим растворителем органических кислот. При контакте с перекисью натрия, хромовым ангидридом, кристаллическим перманганатом калия и другими сильными окислителями метанол может загореться. Большинство газов хорошо

растворяются в метаноле. Т кип. – 64,7 °СТ плавления – -97,85 °СТ вспышки – +8 °С

Т самовоспламенения -436°С Удельный вес – 0,792 г/см²

Метанол сильный нервно-сосудистый яд с резко выраженным коммулятивным действием, попав в организм, он вызывает поражение центральной нервной системы, зрительного нерва, печени, почек и других органов. При приеме во внутрь – смертельная доза – 30 мл, 5-10 мл вызывает тяжелое отравление, сопровождающееся потерей зрения.

Метанол вызывает отравление и при всасывании через поры кожи, а также при вдыхании паров.

Предельно-допустимая концентрация паров метанола в воздухе рабочей зоны производственных помещений 5 мг/м. Класс опасности-3.

Средства защиты: фильтрующий противогаз с коробкой БКФ, А, резиновые перчатки, защитные очки, а также спецодежда согласно действующим типовым нормам выдачи, спецобувь и предохранительные приспособления. Пары метанола с воздухом образуют взрывоопасную смесь. Пределы взрываемости с воздухом образуют от 6.7 до 34.7% , плотность паров по воздуху - 1,1 кг/м³ .

В химической промышленности метиловый спирт применяется в качестве полупродуктов для многих промышленных синтезов. Основными потребителями метанола являются производство формальдегида, синтетического каучука, уксусной кислоты, органического стекла.

Деминерализованная вода.

Содержание двуокиси кремния - не более 0,01 мг/л, не горюча, не токсична. Используется для приготовления 1% раствора щелочи NaOH.

Конвертированный газ /конгаз/- смесь газов примерного состава:

H₂ -72 - 75% N₂ - 0,5% CO -13 - 15 % H₂S- н/б 0,1мг/м CO₂ - 7 - 9% CH₄ -не более 4 %об

Газ без цвета, без запаха, ядовитый, пожаровзрывоопасен. Ядовит из-за наличия в нем окиси углерода, пределы взрываемости в смеси с воздухом 4,1 - 74,2%об. по водороду. ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений 20 мг/м³ по СО.

Конвертированный газ после печи риформинга охлаждается и используется в дальнейшем в процессе синтеза метанола.

Продувочные и танковые газы имеют состав (%об): H₂ -82-85% CO -1,3-2,0% CO₂ -1,4-7,7% CH₄ -12-20% CH₃OH-н/б 0,5% N₂-н/б 1,0%

Азот для продувки и испытания трубопроводов и оборудования под давлением, разогрева и восстановления катализатора должен

соответствовать следующим требованиям (% об): Содержание азота- 99,9
Содержание кислорода -н/б 0,05 Точка росы - (-55 °С) Отсутствие масла и углеводородов.

Пар высокого давления, подаваемый на пусковые подогреватели
Температура - 320 °С Давление - 109 атмосфер

Питательная вода котла высокого давления поступающая в подогреватель : температура на входе - 109 °С; температура на выходе - до 205 °С ; давление на входе - 134 кгс/см; давление на выходе - 120 кгс/см.

Метанол - сырец - исходное сырье для получения метанола - ректификата имеет состав (%об) Метанол - 83-85; Вода - 16,7 - 18,5; ДМФ - н/б 0,1; Изобутанол -0,1 – 0,3

Содержит также растворенные газы в небольших количествах:Н₂,СО, СО₂,СН₄,азот.

Оборотная вода, поступающая в конденсатор должна иметь температуру на входе 20 - 28 °С.

Катализатор синтеза метанола: марка Ай-Си-Ай 51-2 импортной поставки, имеет отечественный аналог СНМ-3 ТУ-6-03-322-77. Форма выпуска - цилиндры диаметром 5,4 мм, высотой 3,6 мм.

Катализатор состоит из окиси меди, окиси цинка и окиси алюминия на керамическом носителе. В активированном состоянии -Cu, ZnO, Al₂O₃.

При загрузке катализатора высота свободного падения не должна превышать 4,5 м. Не допускается соприкосновение катализатора с водой, жидким или газообразными хлоридами, аммиачными парами, и газами вызывающими потерю его активности. Карбанил железа также вызывает потерю активности катализатора. Степень образования карбанил железа зависит от температуры газов. Оптимальные пределы температуры газов для образования карбанил железа - 100-120°С.

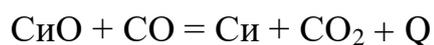
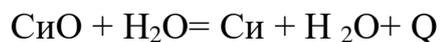
Важным условием является поддержание в системе синтеза условий предотвращающих ржавление или образование воды.

Катализатор имеет:

Преимущества - высокая активность и селективность, стойкость к колебаниям температуры, большая механическая прочность.

Недостатки - чувствительность к катализаторным ядам, малая термостойкость.

Катализатор проявляет активность в восстановленном виде:

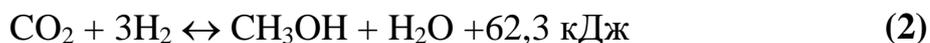


Пределы рабочего режима катализатора: температура - 210 - 300 °С давление - 0 - 110 кгс/см² Содержание- CO -0-10% ; CO₂ - 2-15%; H₂O-не ограничено; инерты - н/б 11% об,

Яды катализатора: Сера - н/б 0,06 ; Хлор- н/б 0,01; Мышьяк – отс; Щелочные металлы- отс; Аммиак - н/б 10; Различные масла – отс.

2.3 Физико-химические основы технологического процесса

Процесс синтеза метанола характеризуется следующими основными реакциями:



Синтез метанола проводится при давлении 80 кг/см^2 и при температурах порядка $(210 - 270) \text{ }^\circ\text{C}$ над медьсодержащем катализатором.

Степень синтеза метанола, осуществляемая за один проход над катализатором, незначительна вследствие равновесия реакции. Следовательно, реакция проводится по принципу замкнутого цикла. Непрерывная циркуляция газов над слоем катализатора осуществляется с помощью циркуляционного компрессора с приводом от паровой турбины. Циркуляционный газ, поступающий в реактор синтеза метанола, подогревается до температуры реакции посредством газа, выходящего из реактора. Полученный метанол конденсируется из циркуляционного газа и выводится из цикла синтеза, обеспечивая непрерывность работы системы. Концентрация метанола в возвратном потоке циркуляционного газа в реактор синтеза метанола должна быть низкой для обеспечения максимальной степени синтеза.

Реакция синтеза метанола в высшей степени экзотермична. Хотя они ограничиваются равновесием и скоростью реакции, необходимо ограничивать также повышение температуры в реакторе. Это достигается путем подачи холодного газа на каждый слой катализатора по байпасам.

По мере расходования окиси углерода и водорода в процессе синтеза метанола, в систему подается свежий газ. Свежий газ (конвертированный) содержит метан в низкой концентрации, который инертен к реакциям синтеза

метанола. Следовательно, метан может накапливаться в цикле синтеза, что привело бы к замедлению процесса синтеза метанола и в конечном результате к полному прекращению синтеза. Концентрация инертных газов и избыточного водорода циркуляционного газа регулируется путем постоянной продувки. При этом теряется также известная доля газов, используемых для синтеза. Объем продувки определяется двумя факторами:

- концентрацией инертных в свежем газе, поступающем в цикл синтеза;
- концентрацией инертных газов в циркуляционном газе.

Приближение к равновесию

Решающими факторами состояния равновесия на выходе из катализатора являются следующие:

Равновесие реакции синтеза метанола (1) и (2) и равновесие процесса конверсии водяного газа (3). Реакция (3) находится всегда в состоянии равновесия при температуре, существующей на выходе из слоя катализатора. Реакции синтеза метанола (1) и (2) приближаются к состоянию равновесия на выходе из слоя катализатора.

Влияние давления

Повышение давления синтез-газа ведет к перемещению равновесия реакции (10) в сторону образования метанола.

Особенностью процесса синтеза является способность медного катализатора синтеза метанола обеспечивать хороший выход метанола при низких температурах (210 - 270) °С. Повышенная активность катализатора при столь низких температурах дает возможность проведения реакции под давлением и при 40 кг/см².

Влияние температуры катализатора

Повышение температуры в слое катализатора ускоряет реакцию, но понижает концентрацию метанола, которая возможна при равновесии реакции. Следовательно, существует оптимальная температура, при которой

известный объем катализатора способствует образованию максимального количества метанола.

Установленная рабочая температура в конце срока службы катализатора составляет 250 °С на входе и 290 °С на выходе из слоя катализатора.

В начальный период срока службы катализатора, когда катализатор более активен, режим цикла синтеза должен быть таким, чтобы температура на входе и на выходе слоя катализатора была более низкой. Максимальная температура на входе в слой катализатора составляет 210 °С, а максимальная температура на выходе из слоя катализатора 260 °С.

Максимальная температура 260 °С на выходе не должна превышать в случаях, когда катализатор синтеза используется под давлением ниже расчетного, или когда скорость циркуляции в цикле синтеза ниже расчетной.

Выбор других параметров

Концентрация метанола в газе, выходящем из реактора синтеза метанола, зависит от условий равновесия. Для настоящего процесса фактическая концентрация довольно низкая, и, следовательно, необходимы высокие скорости циркуляции.

Повышение содержания метанола поведет к понижению скорости циркуляции. При этом необходимо повысить скорость продувки в цикле синтеза для поддержания высоких парциальных давлений реагентов.

Повышение скорости продувки необходимо также для удаления избыточного водорода, присутствующего в свежем газе. Повышение скорости продувки повышает необходимую производительность печей реформинга. Следовательно, выбирается оптимальная скорость продувки, с учетом обоих вышеуказанных факторов.

Влияние возрастающей скорости продувки при неизменной скорости циркуляции приведено ниже:

Скорость продувки повышается

Концентрация H_2 в цикле синтеза	понижается
Концентрация CO_2 в цикле синтеза	повышается
Концентрация метанола на выходе из реактора	повышается
Доля "холодных байпасов"	повышается
Требуемый объем катализатора	понижается
Производительность печей реформинга	повышается

Доля "холодных байпасов" является частью циркуляционного газа, который применяется для регулирования температуры в реакторе синтеза метанола. Доля "холодных байпасов" определяется не только скоростью продувки цикла, но также температурой газа, применяемого в качестве "холодных байпасов", которая определяется температурой газа, выходящего из конденсатора метанола-сырца. Чтобы поддерживать долю "холодных байпасов" в приемлемых пределах на протяжении всего срока службы катализатора, газ, выходящий из конденсатора метанола-сырца, должен охлаждаться до 45 градусов.

В начале срока службы катализатор значительно активнее, поэтому в цикле синтеза возможно применение газа с более низкими концентрациями CO и CO_2 , чем в конце срока службы катализатора. Предельные значения концентрации углекислоты для катализатора ICI даны ниже. Пониженные температуры и повышенная концентрация метанола, получаемые на данном катализаторе, означают, что доля "холодных байпасов" повышается в начальный период работы катализатора. Фирма ICI ограничивает долю "холодных байпасов" до 60 процентов, чтобы обеспечить соответствующие потоки синтез-газа к первому слою катализатора в реакторе синтеза метанола.

Пределы рабочего режима катализатора ICI

На основании требований фирмы ICI ниже приведены ограниченные условия для эксплуатации выпускаемого ею катализатора синтеза метанола.

При нормальном режиме необходимо строго придерживаться приведенных ниже пределов.

В случае отклонений от указанных ниже пределов гарантии фирмы ICI на катализатор будут недействительны.

Катализатор:

Температура	- макс. 300 °С - мин. 210 °С
Давление	- макс. 110 кг/см ²
Состав газа на входе в катализатор	- CO (0 - 10) % - CO ₂ (2 - 15) %
Скорость циркуляции	- макс. 110 %

Примеси в свежем газе

Сера в любом виде токсична для катализатора, применяемого в процессе синтеза метанола. Максимально-допустимое содержание серы в виде H₂S в свежем газе, подаваемом в цикл синтеза, не должно превышать 0.1 мг/нм³. Подверженность отравлению серой выражается в необратимой потере активности катализатора.

Катализатор подвергается отравлению хлором в любом виде (свободном или соединениях), металлами (тяжелыми и щелочными) и мышьяком. Именно по этой причине допускается применение только деминерализованной воды в цикле синтеза для гидростатических испытаний.

Максимальное содержание аммиака в свежем газе, подаваемом в цикл синтеза, не должно превышать 8 мг/нм³.

Побочные реакции

В случае попадания масла из компрессора синтез-газа или циркуляционного компрессора в циркуляционный газ существует возможность отложения алканов масла в виде парафинов. По этой причине компрессоры должны быть очищены от масла, благодаря чему не происходит образование парафинов. Необходимо тщательное тех.

обслуживание уплотнительных систем компрессоров с тем, чтобы предотвратить унос масла.

Парафины могут также образовываться в ходе реакции Фишера-Тропша при температуре катализа ниже 210 градусов.

На случай непредвиденного возникновения ситуаций, способствующих образованию парафинов, на выходе из сепаратора метанола и сборника метанола-сырца предусмотрены фильтры для очистки метанола-сырца от парафинов.(1)

2.4 Описание технологического процесса и схемы.

Конвертированный газ, сжатый до давления P изб.(50-82) кгс/см² компрессором синтез газа (СГ) подается в линию циркуляционного газа на всас циркуляционного компрессора (ЦГ) поз.КЦ, где смешивается с газом, циркулирующим в цикле синтеза метанола.

После компрессора ЦГ циркуляционный газ с температурой (55-70) °С и давлением от 40 до 82 кгс/см² подается в реакторы синтеза Р-1,Р-2

Распределение потока газа производится с помощью заслонок HV-4105, HV-4107 по индикаторам расхода FI-4105 и FI-4106. Часть холодного циркулирующего газа от трубопроводов отводится в коллекторы "холодных" байпасов для подачи в реакторы по отдельным линиям. Циркуляционный газ поступает в межтрубное пространство теплообменника N 2 поз.Т-3 Т-4 где нагревается отходящими газами до температуры не менее 120 С и поступает в межтрубное пространство теплообменника N 1 поз. Т-1,Т-2, где нагревается до температуры (210-240) °С за счет теплообмена с газами, выходящими из реактора синтеза метанола.

Регулирование температуры циркуляционного газа на входе в реакторы поз. Р-1,Р-2 осуществляется регуляторами путем отвода части горячего газа, выходящего из реакторов синтеза, на подогреватели питательной воды поз.Т-5,Т-6 .

В каждый реактор синтеза загружается медьцинкалюминиевый катализатор синтеза метанола на котором из окиси углерода и водорода при давлении (67- 82) кгс/см² при 100% -ной нагрузке по конвертированному газу и (40- 60) кг/см² при 50%-ной нагрузке и температуре (210-270) °С протекает реакция образования метанола:



Образование метанола сопровождается выделением значительного количества тепла, поэтому необходимо ограничивать повышение

температуры в зоне реакции. Это достигается подачей холодного циркуляционного газа на слой катализатора через распределители специальной конструкции. На входе и выходе каждого слоя катализатора расположены шестизонные термопары. С помощью кнопочного селектора Т-4100 можно подключить к цифровому индикатору ПИ- 4100 любую термопару и проконтролировать температуру катализатора реакторов синтеза метанола поз. Р-1,Р-2. Регулирование температуры в слоях катализатора производится регуляторами:

ТИС-4103, ТИС-4104, ТИС-4105 - для реактора поз Р-1 и

ТИС-4117, ТИС-4118, ТИС-4119 - для реактора поз. Р-2

Расход газа, подаваемого по "холодным" байпасам в реакторы синтеза метанола контролируется по индикаторам расхода FI-4101, FI-4102, FI-4103, FI-4104, FI-4107, FI-4108, FI-4109, FI-4110.

Расход газа, подаваемого по "холодным" байпасам не должен превышать 60% от общей газовой нагрузки на реакторы синтеза метанола поз. Р-1,Р-2.

Снижение температуры выходящего газа после рекуперационных теплообменников поз. Т-1,Т-2 ниже 115 °С, приводит к конденсации метанола-сырца, что вызывает коррозию в теплообменниках и трубопроводах. Во избежание этого температура горячего газа после рекуперационных теплообменников поз. Т-1,Т-2 поддерживается в пределах (120-140) °С

На байпасе основного хода циркуляционного газа в реактор синтеза метанола установлены паровые подогреватели поз. Т-7,Т-8, которые служат для поддержания заданной температуры циркуляционного газа во время восстановления катализатора синтеза метанола, вывода установки на нормальный технологический режим и при нарушении автотермического процесса синтеза. Насыщенный пар высокого давления с $P_{изб.} = 109 \text{ кг/см}^2$ и температурой 320 °С поступает из отделения риформинга и с давлением $P_{изб.} 70 \text{ кг/см}^2$ подается в паровые подогреватели поз. Т-7,Т-8

Циркуляционный газ выходит из реакторов синтеза метанола с температурой (240- 270) °С, охлаждается в подогревателях питательной воды поз. Т-5,Т-6 и рекуперационных теплообменниках поз. Т-1,Т-2 и поз. Т-3,Т-4 объединяются в один поток и с температурой (105- 110) °С поступает в воздушный холодильник-конденсатор поз. ХК, где происходит конденсация метанола-сырца и охлаждение газа до (30- 60) °С. Управление процессом конденсации метанола-сырца в холодильнике -конденсаторе производится количеством включенных вентиляторов и степенью открытия жалюзи.

Жалюзи управляются регулятором ТИС-4209 по температуре на выходе газа из холодильника -конденсатора. При повышении температуры газа до 80 °С и понижении до 20 °С предусмотрена сигнализация

Циркуляционный газ после сепаратора смешивается с конвертированным газом и поступает на всас циркуляционного компрессора Давление в цикле синтеза метанола зависит от нагрузки по свежему газу, циркуляционному газу и количества продувочных газов. (1)

2.5 Ежегодные нормы образования отходов производства на 1т метанола – ректификата.

Ежегодные нормы образования отходов производства на 1 т метанола – ректификата приведены в таблицах 16, 17, 18 как твердые, жидкие и газообразные соответственно.

Таблица 5

Твердые отходы производства

Наименование отхода, характеристика, состав, ед. изм.	Показатели	Направление использования, метод очистки	Нормы образования отходов
1	2	3	4
1. Отработанный катализатор синтеза метанола. Состав, массовая доля, % Cu ZnO Al ₂ O ₃	44 ± 3 28 ± 2 6 ± 1	Может быть направлен на переработку в качестве вторичного сырья или вывезен в специально организованный полигон промышленных отходов.	Единовременный отход в количестве 420 т при перегрузке катализатора 1 раз в 1-3 года.
Cu ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ Na ₂ O Графит	13 ± 1 0,1 0,06 1,5 ± 0,5		

Жидкие отходы производства

Таблица 6

Наименование отхода, Характеристика, состав, Аппарат или стадия образования	Направление Использования, метод очистки, или уничтожения	Ед. изм.	По проекту		На 2010	На 2011	На 2012
1	2	3	4	5	6	7	
1 Технологический конденсат после установки отгонки установки отгонки растворенных газов,	Используется для приготовления питательной воды	м ³	1,64	1,64	1,64		

содержащий CO ₂ , ppm, не более 40,0 Fe, ppm, не более 0,2 NH ₃ , ppm, не более 25,0	для котлов в установке деминерализации воды. В период пуска агрегата 1 раз в год в течение 4 ч, сбрасывается в промливневую канализацию.				
2. Конденсат из межступенчатых сепараторов компрессора конвертированного газа с растворенными в нем газами (CO ₂ , H ₂ , N ₂ , CH ₄ , CO).	Перекачивается на биологическую очистку.	м ³	0,02	0,02	
3. Реакционная вода после восстановления катализатора синтеза метанола. Содержание, мг/дм ³ , не более - меди 0,5 - железа 8,0	Перекачивается на биологическую очистку.	Единовременный сброс 1 раз в 3-4 года в количестве 300 м ³ в течение 5 ч, в том числе, кг меди - 0,15 железа - 2,4			

Газообразные отходы
8

Таблица

1 Продувочные газы синтеза метанола. Состав, объемная доля, % CO от 0,45 до 2,36 CO ₂ от 0,77 до 2,09 H ₂ от 83,78 до 81,28 N ₂ от 1,59 до 1,8 CH ₄ от 12,1 до 12,55 (CH ₃) ₂ O от 0,01 до 0,03 H ₂ O от 0,05 до 0,06 CH ₃ OH от 0,5 до 0,58	Используется в качестве водород содержащего газа для гидрирования сернистых соединений, а так же в качестве топлива в трубчатых печах	нм ³	1078	1078
--	---	-----------------	------	------

<p>2 Танковые газы синтеза метанола. Состав, объемная доля, % СО от 0,44 до 2,22 СО₂ от 4,09 до 11,63 Н₂ от 58,31 до 65,81 N₂ от 0,96 до 1,24 СН₄ от 18,1 до 19,89 (СН₃)₂О от 0,18 до 0,39 Н₂О от 0,8 до 0,83 -СН₃ОН от 7,55 до 7,56</p>	<p>Используется в качестве топлива в трубчатых печах.</p>	<p>нм³</p>	<p>13,0</p>	<p>13,0</p>
<p>3 Газы десорбции синтеза метанола: Состав, объемная доля, % СО от 0,6 до 1,49 СО₂ от 10,5 до 28,17 Н₂ от 18,58 до 29,49 N₂ от 0,42 до 0,67 СН₄ от 20,99 до 29,02 (СН₃)₂О от 0,69 до 1,32 Н₂О 2,87 СН₃ОН 26,16</p>	<p>Используется в качестве топлива в трубчатых печах.</p>	<p>нм³</p>	<p>1,5</p>	<p>1,5</p>
<p>4 Газы из уплотнений компрессора конвертированного газа поз.3131. Состав, объемная доля, % СО от 14,44 до 14,61 СО₂ от 7,62 до 7,69 Н₂ от 73,46 до 73,71 N₂ от 0,48 до 0,49 СН₄ от 3,43 до 3,79 Н₂О от 3,43 до 3,79</p>	<p>Используется в качестве топлива в трубчатых печах.</p>	<p>нм³</p>	<p>3,8</p>	<p>3,8</p>
<p>5 Газовые выбросы с содержанием окислов азота.</p>		<p>Единовременный выброс при пусках и остановках 15 суток в год 19,152 кг/ч</p>		

Примечание: нормы образования газообразных и жидких отходов производства на 1т метанола-ректификата приведены на конец срока службы катализатора (конец компании).

2.7 Нормы технологического режима.

Таблица 9

НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА. (контролируются аппаратчиком синтеза метанола)

№	Что контролируется	Периодичность контроля, прибор контроля	Ед. изм.	Нормы и технические показатели	Предельная величина		Прим.
					Min	Max	
Количество							
1	Общее количество циркуляционного газа, подаваемого в реакторы поз. Р-1,Р-2	Запись в рапорт 1 раз в 2 ч Отмечать изменение нагрузки Регистратор FR- 4204	нм ³ /ч	900000÷2000000 при восстановл. кат-ра 81 ÷ 100 тыс.			
2	Циркуляционный газ от компрессора К промежуточному т/о поз. Т-3,Т-4.	Запись в рапорт 1 раз в 2 ч Индикаторы поз. FI-4105, FI-4106	-«-	450000 ÷ 1100000			
3	«Холодный» байпас на входе в реактор поз. Р-1,Р-2на верх	Запись в рапорт 1 раз в 2 ч Индикаторы поз. FI-4101, FI-4107	-«-	До 80000			
4	«Холодный» байпас на 2-ой слой реактора поз. Р-1,Р-2	Запись в рапорт 1 раз в 2 ч Индикаторы поз. FI-4102, FI-4108	-«-	До 170000			
5	«Холодный» байпас на 3-тий слой реактора поз. Р-1,Р-2	Запись в рапорт 1 раз в 2 ч Индикаторы поз. FI-4103, FI-4109	-«-	До 200000			
6	«Холодный» байпас на 4-тый слой реактора поз. Р-1,Р-2	Запись в рапорт 1 раз в 2 ч Индикаторы поз. FI-4104, FI-4110	-«-	До 200000			
7	Продувочные газы цикла синтеза	Запись в рапорт 1 раз в 2 ч Регистратор FR-4203	-«-	40000 ÷ 120000			
8	Синтез – газ в цикл синтеза	Запись в рапорт 1 раз в 2 ч Индикатор FI- 4002В	нм ³ /ч	170000 ÷ 380000			
9	Конгаз для восстановления катализатора	При восстановлении запись в рапорт 1 раз в 1 ч., регистратор FR- 4201	-«-	До 1500			
ДАВЛЕНИЕ							

1	Пар высокого давления к пусковым подогревателям поз. 1534	Запись в рапорт 1 раз в 2 ч Регулятор PIC- 4104	кгс/см ²	75 ÷ 78		
2	Реактор синтеза метанола поз. P-1, P-2, перепад давления	Запись в рапорт 1 раз в 2 ч Дифманометры PDI-4102, PDI-4105 по месту	-«-	1,5 ÷ 5		
3	Реактор синтеза метанола поз. P-1, P-2, давление	Запись в рапорт 1 раз в 2 ч Манометр PI-4101, PI-4106 по месту	-«-	40 ÷ 85		
4	Продувочные газы цикла синтеза	По требованию , манометр PI-4202 по месту регулятор PIC-4201	-«-	30 ÷ 38		
ТЕМПЕРАТУРА			Свежего катализатора		Использованного катализатора	
1	Циркуляционный газ после промежуточного т/о поз. Т-3, Т-4.	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову TI-4100-49,52	°C	н/б 130		
2	Промежуточный т/о поз. Т-1, Т-2 , температура поверхности	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа регистратор TR-4120-5,6	-«-	н/б 240	н/б 255	
3	Циркуляционный газ после подогревателя поз. Т-7, Т-8.	Запись в рапорт 1 раз в 1 час при разогреве и восстановлении катализатора, регуляторы TIC-4107, 4111	-«-	200 ÷ 230		
4	Циркуляционный газ на входе в реактор поз. P-1, P-2	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа Регулятор TIC-4101, 4114, 4121, 4122, регистратор TR-4120-1,3	-«-	195 ÷ 235	195	240
5.	Температура газа перед 2-ым слоем катализатора в реакторе поз. P-1, P-2	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа Регулятор TIC- 4103, 4117	-«-	200 ÷ 235	210	255
6	Температура газа перед 3-им слоем катализатора в реакторе поз. P-1, P-2	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа Регулятор TIC- 4104, 4118	-«-	200 ÷ 235	210	255
7	Температура газа перед 4-ым слоем катализатора в реакторе поз. P-1, P-2	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа Регулятор TIC- 4105, 4119	-«-	200 ÷ 235	210	255
8	Реактор поз. P-1					

	Низ 1-го слоя катализатора штуцер Т7	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ-4100-1,2,3,4,5,6	-«-	н/б 290		
	Верх 2-го слоя катализатора штуцер Т6	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ- 4100-7,8,9,10,11,12	-«-	200 ÷ 235		200
	Низ 2-го слоя катализатора штуцер Т5	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ-4100-13,14,15,16,17,18	-«-	н/б 270		
	Верх 3-го слоя катализатора штуцер Т4	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ- 4100-19,20,21,22,23,24	-«-	200 ÷ 235		200
	Низ 3-го слоя катализатора штуцер Т3	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ- 4100-25,26,27,28,29,30	-«-	н/б 270		
	Верх 4-го слоя катализатора штуцер Т2	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ-4100-31,32,33,34,35,36	-«-	200 ÷ 235		200
	Низ 4-го слоя катализатора штуцер Т1	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ- 4100-37, 38, 39, 40, 41, 42	-«-	н/б 270		
9	Реактор поз. Р-2					
	Низ 1-го слоя катализатора штуцер Т7	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ-4100-61,62,63,64,65,66	-«-	н.б 290		
	Верх 2-го слоя катализатора штуцер Т6	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ- 4100-67,68,69,70,71,72	-«-	195 ÷ 230		195
	Низ 2-го слоя катализатора штуцер Т5	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ-4100-73,74,75,76,77,78	-«-	н/б 270		
	Верх 3-го слоя катализатора штуцер Т4	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ- 4100-79,80,81,82,83,84	-«-	200 ÷ 235		200
	Низ 3-го слоя катализатора штуцер Т2	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ- 4100-85,86,87,88,89,90	-«-	н/б 270		
	Верх 4-го слоя катализатора штуцер Т2	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ-4100-91,92,93,94,95,96	-«-	200 ÷ 235		200
	Низ 4-го слоя катализатора штуцер Т1	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа по вызову ТИ- 4100-97, 98, 99,100, 101, 102	-«-	н/б 270		
10	Циркуляционный газ на выходе из реакторов поз. Р-1,Р-2	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа регистратор TR-4120 2,4 и по вызову ТИ-4100-44,103	-«-	240 ÷ 270		240 270
11	Обратный циркуляционный газ после т/о поз. . Т-1,Т-2	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа регулятор ТИС- 4109, 4113	-«-	120 ÷ 135		120 140

12	Питательная вода после т/о поз. Т-5,Т-6	По требованию индикатор ТИ- 4100-57,58	-«-	170 ÷ 230		
13	Циркуляционный газ после поз. . Т-1,Т-2 на входе в т/о поз. Т-3,Т-4	Запись в рапорт 1 раз в 2 часа ТИ- 4100-47, 53	-«-	120 ÷ 135		140

2.8 Контроль производства и управление технологическим процессом.

2.8.1 Аналитический контроль

Узел синтеза

Таблица 10

№ п	Наименование сырья, материалов, продукта и места его отбора	Контролируемый Параметр	Единицы измерения	Нормы и технологические показатели	Документ, определяющий норму контрол. параметров	Частота контроля	Обозначение	Кто контролирует
1	Циркуляционный газ после сепаратора поз.1134/4 SP 2/11-1	СО ₂ (диоксид углерода)	Объемная доля, %	(0,1-2,5)	Постоянный технологический регламент. Агрегат производства метанола М-750. № 201-1-98 Книга 2 разд.9.2	3 раза в сутки	МКХА 30-14-02-43	Лаборант производственной лаборатории
		СН ₄ (метан)	- « -	(0,5-15,0)		- « -	МКХА 30-14-02-03	
		СО(оксид углер.)	- « -	(0,4-3,0)		- « -	- « -	
		Н ₂ (водород)	- « -	(76,00-84,00)		- « -	- « -	
		Н ₂ (азот)	- « -	(0,10-2,00)		- « -	- « -	
		СН ₃ ОН (метанол)	Массовая доля, %	(0,002-0,60)		- « -	МКХА 30-14-02-44	
		Н ₂ О (вода)	- « -	(0,05 - 0,06)		По требованию	МКХА 30-14-02-47	
		ДМЭ (диметиловый эфир)	Объемная доля, %	(0,01-0,03)		- « -	ТУ 113-05-494-85 с изм.1-4 по п.4.8	
2	Метанол-сырец на выходе из сборника поз.1135/4 SP 5/11-2	Н ₂ О (вода)	Массовая доля, %	(10-25)	- « -	3 раза в сутки	МКХА 30-14-01-15	Лаборант производственной лаборатории
		СН ₃ ОН (метанол)	- « -	По факту		- « -	По разности	
		Перманганатная проба	минут	- « -		1 раз в неделю	ГОСТ 25742.5-83 с изм.1-2	
		Легкие фракции	Массовая доля, %	- « -		По требованию	ТУ 113-05-494-85 с изм.1-4 по п.4.8	

3	Циркуляционный газ на нагнетании компрессора поз.3132/4 SP 2/11-3	CO ₂ (диоксид углерода)	Объемная доля, %	(2,0-15,0)	- -	3 раза в сутки	МКХА 30-14-02-43	Лаборант производственной лаборатории
		CH ₄ (метан)	- « -	(0,5-15,0)		- « -	МКХА 30-14-02-03	
		CO(оксид углер.)	- « -	(0,4-10,0)		- « -	- « -	
		H ₂ (водород)	- « -	(75,00-84,00)		- « -	- « -	
		N ₂ (азот)	- « -	(0,10-2,00)		- « -	- « -	
		CH ₃ OH (метанол)	Массовая доля, %	(0,002-0,50)		- « -	МКХА 30-14-02-44	
		H ₂ O (вода)	- « -	(0,05 - 0,06)		По требованию	МКХА 30-14-02-47	

№ П	Наименование сырья, материалов, продукта и места его отбора	Контролируемый Параметр	Единицы измерения	Нормы и технологические показатели	Документ, определяющий норму контр. параметров	Частота контроля	Обозначение	Кто контролирует
	При восстановлении катализатора	ДМЭ	Объемная доля, %	(0,01-0,03)		По требованию	ТУ 113-05-494-85 с изм.1-4 по п.4.8	Лаборант производственной лаборатории
		H ₂ (водород)	Объемная доля, %	(0,50-1,00)		Через каждые 15 мин. затем	МКХА 30-14-02-03	
		H ₂ (водород)	- « -	(0,50-5,00)		1 раз в час	МКХА 30-14-02-03	
		CO ₂ (диоксид углерода)	- « -	(0,1-20,0)		1 раз в час	МКХА 30-14-02-43	

2.8.2 Перечень систем автоматического регулирования

Таблица 11

	Позиция регулятора	Наименование регулируемого параметра и чем регулируется	Откуда выполняется регулирование
1	ТІС-4101	Регулирование температуры циркуляционного газа на входе в колонну поз. Р-1 подачей «холодного» циркуляционного газа Клапан TV- 4101	ЦПУ
2	ТІС-4103	Регулирование температуры во 2-ом слое катализатора колонны синтеза поз. Р-1 подачей «холодного» циркуляционного газа Клапан TV-4103	ЦПУ Регистратор TR-4103
3	ТІС-4104	Регулирование температуры в 3-ем слое катализатора колонны синтеза поз. Р-1 подачей «холодного» циркуляционного газа Клапан TV-4104	ЦПУ Регистратор TR-4104
4	ТІС-4105	Регулирование температуры в 4-ом слое катализатора колонны синтеза поз. Р-1 подачей «холодного» циркуляционного газа Клапан TV-4105	ЦПУ Регистратор TR-4105
5	ТІС-4109	Регулирование температуры циркуляционного газа после теплообменника поз. Т-1 перепуском прямого циркуляционного газа по байпасу Клапан TV-4109	ЦПУ Регистратор TR-4109
7	ТІС-4111	Регулирование температуры циркуляционного газа после подогревателя поз. 1534/2 подачей пара высокого давления Клапан TV-4111	ЦПУ
8	ТІС-4113	Регулирование температуры циркуляционного газа после теплообменника поз. Т-2 перепуском прямого циркуляционного газа по байпасу Клапан TV-4113	ЦПУ Регистратор TR-4113
9	ТІС-4114	Регулирование температуры циркуляционного газа на входе в колонну поз. Р-2 подачей «холодного» циркуляционного газа Клапан TV- 4114	ЦПУ
10	ТІС-4117	Регулирование температуры во 2-ом слое катализатора колонны синтеза поз. 1133/2 подачей «холодного» циркуляционного газа Клапан TV-4117	ЦПУ Регистратор TR-4117
11	ТІС-4118	Регулирование температуры в 3-ем слое катализатора колонны синтеза поз. Р-2 подачей «холодного» циркуляционного газа Клапан TV-4118	ЦПУ Регистратор TR-4118
12	ТІС-4119	Регулирование температуры в 4-ом слое катализатора колонны синтеза поз. Р-2 подачей «холодного» циркуляционного газа Клапан TV-4119	ЦПУ Регистратор TR-4119

13	ТІС- 4121	Регулирование температуры циркуляционного газа перед колонной синтеза поз. Р-1 отбором газа из колонны Клапаны TV-4121 А,В	ЦПУ Двойное регулирование
14	ТІС- 4122	Регулирование температуры циркуляционного газа перед колонной синтеза поз. Р-2 отбором газа из колонны Клапаны TV-4122 А,В	ЦПУ Двойное регулирование
15	РІС-4104	Регулирование давления пара высокого давления, поступающего к подогревателям поз. Т-7, Т-8 Клапан PV-4104	ЦПУ
17	РІС-4201	Регулирование давление продувочного газа цикла синтеза и поддержание давления в контуре Клапан PV- 4201	ЦПУ Регистратор PR-4201
18	РІС-4204	Регулирование давления в контуре синтеза со сбросом продувочного газа на факел Клапан PV-4204	ЦПУ Регистратор PR- 4204
23	РІС-2057	Регулирование давления продувочных газов, подаваемых на сжигание в печах риформинга Клапан PV-2057	ЦПУ
24	РІС-2020	Регулирование давления продувочных газов на печи риформинга сбросом избытка газов Клапан PV- 2020	

2.9 Компоновка оборудования.

В зону обслуживания отделения синтеза метанола входит- технологическое оборудование, расположенное на открытой площадке:

поз. Т-7,Т-8 - 2 шт. - пусковой подогреватель

поз. Р-1,Р- 2 - 2 шт. - реактор синтеза

поз. Т-1,Т-2 - 2 шт - промежуточный теплообменник N 1

поз, Т-3,Т-4 - 2 шт - промежуточный теплообменник N 2

поз. Т-5,Т-6 - 2 шт - подогреватель питательной воды

1. Реактор синтеза метанола поз. Р-1,2 - 2 шт.

Установка синтеза метанола предназначена для получения метанола-сырца из синтез-газа, вырабатываемого в трубчатых печах риформинга из смеси природного газа с водяным паром методом риформинга или каталитической конверсии. Синтез метанола производится в реакторах, заполненных медьсодержащим катализатором при давлении 80 кгс/см² и температуре (210 ÷ 290) °С. Вертикальный цилиндрический аппарат.

Таблица 12

Диаметр мм	Высота мм	Вместимость м ³	Рабочее давление кг/см ²	Температура в зоне катализатора, °С	катализатор	
4400	17500		80	200 ÷ 270	Объем	114 м ³

Внутри реактора смонтированы четыре полки и три распределителя впрыска холодного газа. На каждой полке загружен катализатор.

2. Промежуточный теплообменник N 1 - поз. Т-1,Т-2 - 2 шт

Представляет собой кожухотрубный аппарат горизонтального типа и предназначен для вторичного подогрева циркуляционного газа, подаваемого в реактор, теплом выходящих с низа реактора газов реакции. Трубы теплообменника вварены в трубные доски, а корпус его не имеет температурных компенсаторов, поэтому при эксплуатации не допускается разность температур газов реакции и стенки кожуха теплообменника более 50 °С, для предотвращения возникновения температурных напряжений и разрушения частей теплообменника.

3. Промежуточный теплообменник цикла синтеза N 2 - Т-3,Т-4 - 2 шт

Представляет собой кожухотрубный аппарат горизонтального типа и предназначен для первичного подогрева циркуляционного газа, подаваемого на синтез, за счет тепла отходящих из реактора газов.

4. Пусковой подогреватель цикла синтеза поз. Т-7,Т-8 - 2 шт.

Представляет собой кожухотрубный аппарат с V-образными трубками и предназначен для подогрева циркуляционного газа теплом пара высокого давления при пуске установки синтеза, восстановлении и разогреве катализатора.

5. Подогреватель питательной воды поз. Т-5,Т-6 - 2 шт

Представляет собой кожухотрубный аппарат с U - образными трубами и предназначен для подогрева питательной воды за счет тепла реакционных газов, отходящих с низа реактора.

6. Конденсатор метанола - сырца поз. ХК воздушного охлаждения представляет собой смонтированные в 9 секций ребристые теплообменники и расположенные снизу вентиляторы с приводом от электродвигателя (3 на каждую секцию). Регулирование температуры с помощью жалюзей. Предназначен для конденсации метанола и воды из реакционных циркулирующих газов.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

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

Введение

Основным способом получения метанола в промышленности на данный момент является синтез при низком давлении.

Целевой рынок: предприятия химической промышленности международного рынка (внутренний рынок и экспорт в страны ближнего и дальнего зарубежья); как правило, предприятия по выпуску формальдегида синтетического каучука, для получения различных химикатов (хлорофоса, карбофоса, хлористого и бромистого метила и различных ацеталей)

4.1.1 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:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В таблице 1 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства метанола.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Выход продукта	0,24	5	4	3	2,0	1,8	1,2
2. Энергоэкономичность	0,2	5	3	2	1,3	1,0	1,2
3. Расход катализатора	0,16	5	4	2	0,3	0,45	0,43
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	5	4	0,4	0,3	0,4
2. Цена	0,2	5	4	4	0,5	0,4	0,5
33. Финансирование научной разработки	0,1	5	5	3	0,4	0,3	0,4
Итого	1				4,9	4,25	4,13

B_{ϕ} – продукт проведенной работы;

B_{k1} – ОАО «Тольяттиазот»,

B_{k2} – ОАО НАК «Азот»

SWOT – анализ

Проведение SWOT- анализа заключается в исследовании внешней и внутренней среды проекта и состоит из нескольких этапов.

На первом этапе описываются сильные и слабые стороны проекта, выявление возможностей и угроз для реализации данного проекта, проявляющиеся в его внешней среде.

Данные исследования первого этапа представлены в таблице 1

Внутренняя среда	Сильные стороны	Слабые стороны
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие собственного производства 2. Наличие патентов 3. Широкая продуктовая линейка с действующим веществом в виде метанола 4. Известность рынка, развитая сбытовая сеть 5. Команда высококвалифицированных специалистов 6. Возможность расширения производства 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устаревшие основные фонды 2. Наличие элементов экологической опасности производства 3. Неустойчивое финансовое положение предприятия 4. Слабая маркетинговая политика, и как следствие неритмичность и непредсказуемость получения заказов 5. Стандартные методы продвижения на рынке
Внешняя среда	Возможности	Угрозы
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Создание новых технологий получения целевого продукта 2. Возможность расширить ассортимент продукции для удовлетворения запросов потребителей в более широком диапазоне 3. Развивающиеся конкурентные отношения 4. Выход на новые рынки в новых географических районах 5. Сокращение численности безработных 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поглощение более крупной компанией 2. Появление на рынке более дешевых аналогов продукции 3. Высокие импортные пошлины 4. Трудности поставки сырья 5. Политическая нестабильность 6. Неблагоприятное изменение курсов иностранных валют и политики иностранных правительств в области внешней торговли 7. Дефицит молодых специалистов

Таблица 2 – SWOT – анализ

Внутренняя среда	Внешняя среда	
	Возможности	Угрозы
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Создание новых технологий получения целевого продукта 2. Возможность расширить ассортимент продукции для удовлетворения запросов потребителей в более широком диапазоне 3. Развивающиеся конкурентные отношения 4. Выход на новые рынки в новых географических районах 5. Сокращение численности безработных 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поглощение более крупной компанией 2. Появление на рынке более дешевых аналогов продукции 3. Высокие импортные пошлины 4. Трудности поставки сырья 5. Политическая нестабильность 6. Неблагоприятное изменение курсов иностранных валют и политики иностранных правительств в области внешней торговли 7. Дефицит молодых специалистов
Сильные стороны		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие собственного производства 2. Наличие патентов 3. Широкая продуктовая линейка с действующим веществом в виде метанола 4. Известность рынка, развитая сбытовая сеть 5. Команда высококвалифицированных специалистов 6. Возможность расширения производства 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дифференциация хозяйственного портфеля 2. Выход на новые рынки 3. Разработка комплекса маркетинга «4P» для каждого сегмента 4. Повышение рентабельности активов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нарботка и укрепление конкурентных преимуществ готового продукта 2. Укрепление имиджа предприятия 3. Поиск оптимального поставщика
Слабые стороны		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Устаревшие основные фонды 2. Наличие элементов экологической опасности производства 3. Неустойчивое финансовое положение предприятия 4. Слабая маркетинговая политика, и как следствие неритмичность и непредсказуемость получения заказов 5. Стандартные методы 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модернизация оборудования 2. Проведение анализа окружающей среды на наличие вредных веществ 3. Активные продажи 4. Изучение рынков 5. Применение нестандартных методов продвижения на рынке 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модернизация оборудования 2. Проведение анализа окружающей среды на наличие вредных веществ 3. Активные продажи 4. Изучение рынков 5. Применение нестандартных методов продвижения на рынке 6. Нарботка и укрепление

продвижения на рынок		конкурентных преимуществ готового продукта 7. Укрепление имиджа предприятия 8. Поиск оптимального поставщика
----------------------	--	--

4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 8 – Морфологическая матрица для методов получения метанола –

	1	2	3
А. Катализатор	Цинк – алюминиевый	Цинк – медный	Цинк –хромовый
Б. Температура, °С	210-300	300 – 400	300 – 400
В. Давление, МПа	7,7	25-40	25 – 40
Г. Температура вспышки, °С	6	6	15,6

4.3. Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. В таблице 9 приведен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и распределение исполнителей по видам.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, инженер, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Проведение патентных исследований	Инженер, лаборант
	4	Календарное планирование работ по теме	Инженер
	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	8	Определение целесообразности проведения ВКР	Инженер
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка технологии получения метанола	Инженер
	10	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр
	11	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр
Оформление отчета по ВКР	12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Бакалавр

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (2)$$

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

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

i – ой работы, чел. – дн.;

$t_{\text{max}i}$ – 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 m_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

В таблице 10 представлены результаты расчетов.

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования

4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

Проведения научных работ, можно наиболее наглядным и удобным способом представить в виде построения ленточного графика 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 формулой (4):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

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):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

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.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,2$$

На основе таблицы 10 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 1

Таблица 11 - Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	$T_{кi}$, дней	Продолжительность выполнения работ												
			февраль		март			апрель			май				
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Составление технического задания	Научный руководитель, инженер, бакалавр	2	□												
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	2	○												
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	5	○	□											
Патентный обзор литературы	Бакалавр	7		□											
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	0,8			○	□									
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	9				□									
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	2				○	□								

Продолжение таблицы 11

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , дней	Продолжительность выполнения работ											
			февраль		март			апрель			май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Разработка технологии получения метанола	Консультант ЭЧ,руководитель, бакалавр	7				○								
Оценка эффективности производства и применения разработки	Руководитель, бакалавр	2,8				○	○							
Чертежи	Бакалавр	4,2												
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	5								◇				
Составление пояснительной записки	Бакалавр	21												

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
○	□	○	◇

4.3.4 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.

4.3.4.1 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).

В таблице 12 представлены материальные затраты данного НТИ.

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., тысруб.			Затраты на материалы, (З _м), тыс руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Метанол	т	105	105	105	20	20	25	2100	2100	2625
Природный газ(состав):	т	193,2	193,2	193,2	0	6,06	6,06	0	1170,8	1170,8
Метан	т	158	158	158	0	0	0	0	0	0
Азот	т	16,4	16,4	16,4	0	0	0	0	0	0
Оксид углерода	т	18,8	18,8	18,8	0	0	0	0	0	0
Диоксид углерода	т	545	545	545	14,5	14,5	0	7902	7902	0
Катализатор	м ³	141	88	55	1,7	2,0	1,7	239,7	176	93,5
Итого:								10241,7	11348,8	3889,3

4.3.4.2. Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Таблица 13 - Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1.	Реактор	1	1000000	66667
2.	Турбокомпрессор	1	113400	7560
3.	Циркуляционный турбокомпрессор	1	132300	8820
4.	Адсорбер	1	736000	49067
5.	Теплообменник	1	800000	53333
6.	Парогенератор	1	428000	28533
7.	Холодильник	1	250000	16667
8.	Сепаратор	1	92329	6155

Продолжение таблицы 13

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизацион- ных отчислений,руб.
6.	Ректификационная колонна	2	790000	52667
7.	Дроссельный вентиль	1	57000	3800
8.	Дефлегматор	2	27000	1800
9.	Кипятильник	2	345000	23000
Итого		15	4771023	318069

В таблице 13 представлены расчеты для оборудования и рассчитана величина годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}, \quad (6)$$

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

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

4.3.4.3 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:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (7)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (8)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (9)$$

где Z_m –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_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно технического персонала, раб.дн. (таблица 14)

В таблице 14 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней:				
выходные дни	52	52	52	52
праздничные дни	14	14	14	14
Потери рабочего времени:				
отпуск	48	48	48	48
невыходы по болезни	7	7	7	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	245	245	245

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p, \quad (10)$$

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

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

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

(в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{тс}$);

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

Тарифная зарплатная плата $Z_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{сi} = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{т}$ и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке.

Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная зарплатная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии.

В таблице 15 приведен расчет основной заработной платы.

Таблица 15– Расчет основной заработной платы

Категория	$Z_{тс}$, руб.	$k_{д}$	$k_{пр}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель								
ППСЗ	12070	0,3	0,3	1,3	25105,6	1065,71	13,9	14813,4
Бакалавр								
ППС1	8600,0	0,3	0,3	1,3	11182,08	474,67	72,4	34366,1
Консультант ЭЧ								
ППСЗ	20080	0,3	0,3	1,3	26106,08	1108,18	6	6649,1
Консультант СО								
ППСЗ	20080	0,3	0,3	1,3	26106,08	1108,18	6	6649,1
Итого								62477,68

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

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

В таблице 16 представлена общая заработная исполнителей работы.

Таблица 16 - Общая заработная

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{ит}$, руб.
Руководитель	14813,4	2226,51	17039,91
Бакалавр	34366,1	5154,9	39521
Консультант ЭЧ	6649,1	997,3	7646,4
Консультант СО	6649,1	997,3	7646,4
Итого	62477,68	9376,03	71853,71

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (11)$$

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

4.3.4.4 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 (12):

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (12)$$

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 17 представлены отчисления во внебюджетные фонды

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	14813,4	2226,51
Бакалавр	34366,1	5154,9
Консультант ЭЧ	6649,1	997,3
Консультант СО	6649,1	997,3
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	19472,36	

4.3.4.5 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:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (13)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16 %.

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (10241700 + 4771023 + 62477,68 + 9346,03 + 19472,36) = 2416643 \text{ руб.}$$

Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 2416643 руб.

4.3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

В таблице 18 приведено определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	10241700	11348800	3889300	Таблица 12
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	318069	318069	318069	Таблица 13
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	62477,68	62477,68	62477,68	Таблица 15
4 Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9376,03	9376,03	9376,03	Таблица 16
5. Отчисления во внебюджетные фонды	19472,36	19472,36	19472,36	Таблица 17
6. Накладные расходы	2416647,8	2593783,8	1400263,8	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	17520696,9	18804932,9	10151912,9	Сумма ст. 1-6

Из таблицы 18 видно, что основные затраты НТИ приходятся на Материальные затраты НТИ

4.4. 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

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

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

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (16)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки; устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблице 19.

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 разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

В таблице 19 представлена сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проект

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	5	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	4	5
4. Энергосбережение	0,20	4	5	4
5. Надежность	0,25	5	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	5	4
итого	1	4,7	4,45	4,15

Сравнив значения интегральных показателей ресурсоэффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом для проектирования с позиции ресурсосбережения.

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}} \text{ и т.д.} \quad (17)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. таблицу 20) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

В таблице 20 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,95	0,88
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	4,45	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	4,7	4,68	4,7
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,99	1

Вывод:

Из сравнительного анализ интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод о том, что предпочтительней по технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности, является первое исполнение для получение метанола. Стоит отметить и третье исполнение (ОАО НАК «Азот» которое также не уступает в эффективности.