

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

---

Институт Природных ресурсов

Направление подготовки Химическая технология

Кафедра Технологии органических веществ и полимерных материалов

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

| Тема работы                    |
|--------------------------------|
| Проект стадии синтеза метанола |

УДК 661.721

Студент

| Группа | ФИО       | Подпись        | Дата           |
|--------|-----------|----------------|----------------|
| 3-2Д12 | Соха Н.С. | <i>9.06.16</i> | <i>9.06.16</i> |

Руководитель

| Должность | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись        | Дата           |
|-----------|--------------|---------------------------|----------------|----------------|
| Ассистент | Глотова В.Н. |                           | <i>9.06.16</i> | <i>9.06.16</i> |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО         | Ученая степень,<br>звание | Подпись        | Дата           |
|-----------|-------------|---------------------------|----------------|----------------|
| Доцент    | Сечина А.А. | К.Х.Н                     | <i>6.06.16</i> | <i>6.06.16</i> |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО              | Ученая степень,<br>звание | Подпись           | Дата              |
|-----------|------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|
| Доцент    | Гусельников М.Э. | К.Т.Н                     | <i>06.06.2016</i> | <i>06.06.2016</i> |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Зав. кафедрой | ФИО         | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|---------------|-------------|---------------------------|---------|------|
| Профессор     | Юсубов М.С. | д.х.н., проф.             |         |      |

Томск – 2016 г

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт природных ресурсов

Направление Химическая технология

Кафедра Технологии органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

М.С. Юсубов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

| Группа | ФИО      |
|--------|----------|
| 3-2Д12 | Соха Н.С |

Тема работы:

Проект стадии синтеза метанола

|                                             |            |         |
|---------------------------------------------|------------|---------|
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 28.06.2016 | № 409/С |
|---------------------------------------------|------------|---------|

|                                         |                 |
|-----------------------------------------|-----------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы | 15 июня 2016 г. |
|-----------------------------------------|-----------------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|                                                                        |                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Исходные данные к работе                                               | 1. Производительность тонн в год – 806250<br>2. Состав сырья – Конвертированный газ<br>3. Продукт – Метанол<br>4. Продолжительность процесса – непрерывный<br>5. Годовой фонд рабочего времени – 8000ч            |
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов | 1. Литературный обзор.<br>2. Объекты и методы проектирования.<br>3. Расчеты.<br>4. Результаты разработки.<br>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение.<br>6. Социальная ответственность. |
| Перечень графического материала                                        | 1. Технологическая схема.<br>2. Реактор. Вид общий.<br>3. Реактор. Сборочные единицы.                                                                                                                             |

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

| Раздел                                                          | Консультант      |
|-----------------------------------------------------------------|------------------|
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Сечина А.А.      |
| Социальная ответственность                                      | Гусельников М.Э. |

**Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:**

|                                                                                          |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 12.04.2016 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата    |
|-----------|--------------|------------------------|---------|---------|
| Ассистент | Глотова В.Н. |                        |         | 9.06.16 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО       | Подпись | Дата    |
|--------|-----------|---------|---------|
| 3-2Д12 | Соха Н.С. |         | 9.06.16 |

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

|                                        |                                                                        |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Институт                               | <b>Природных ресурсов</b>                                              |
| Направление подготовки (специальность) | <b>Химическая технология</b>                                           |
| Уровень образования                    | <b>Бакалавриат</b>                                                     |
| Кафедра                                | <b>Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов</b> |
| Период выполнения                      | 12.04.16- 15.06.16                                                     |

Студенту:

|               |            |
|---------------|------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b> |
| 3-2Д12        | Соха Н.С.  |

Тема работы:

|                                                                    |            |        |
|--------------------------------------------------------------------|------------|--------|
| Проект стадии синтеза метанола                                     |            |        |
| Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер) | 28.01.2016 | №409/С |

Форма представления работы:

|                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Бакалаврская работа</b>                                               |
| (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация) |

### ЗАДАНИЕ

|                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1. Характеристика объекта исследования и области его применения                 | Объект исследования - рабочая зона персонала обслуживающего проектируемую установку стадии синтеза метанола                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>1. Производственная безопасность</b>                                         | <p>Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации стадии синтеза метанола в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации стадии синтеза метанола в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты;</li> <li>– термические опасности (источники, средства защи-</li> </ul> |

|                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                        | ты);<br>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);<br>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).                                                                                             |
| <b>2. Экологическая безопасность:</b>                                  | – защита селитебной зоны<br>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);<br>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);<br>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);<br>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. |
| <b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>                       | – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;<br>– выбор наиболее типичной ЧС;<br>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;<br>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.                                                      |
| <b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> | – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;<br>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.                                                                                                            |

|                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> | 12.04.2016 |
|-------------------------------------------------------------|------------|

**Задание выдал консультант:**

| Должность | ФИО              | Ученая степень, звание | Подпись                                                                               | Дата       |
|-----------|------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Доцент    | Гусельников М.Э. | К.Т.Н                  |  | 12.04.2016 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО       | Подпись                                                                               | Дата       |
|--------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3-2Д12 | Соха Н.С. |  | 12.04.2016 |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ-  
РЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

|        |           |
|--------|-----------|
| Группа | ФИО       |
| 3-2Д12 | Соха Н.С. |

|                     |                    |                                |                                                                         |
|---------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Институт            | Природных Ресурсов | Кафедра                        | Кафедра технологии органиче-<br>ских веществ и полимерных<br>материалов |
| Уровень образования | Бакалавр           | Направле-<br>ние/специальность | Химическая технология                                                   |

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

|                                                                                                                                      |                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах. |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов                                                                                           |                                                                                                                                                            |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  |                                                                                                                                                            |

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

|                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. анализ эффективности действующего производства                   | 1.1. Рассчитать себестоимость готовой продукции по действующему производству.<br>1.2. Определить цену готовой продукции.<br>1.3. Провести анализ безубыточности по действующему производству.<br>1.4. Определить технико-экономические показатели.                                                                                                                           |
| 2. повышение эффективности производства (управление себестоимостью) | 2.1. Определить оптимальный путь снижения себестоимости - наращивание объемов производства («эффект масштаба»);<br>2.2. Рассчитать себестоимость готовой продукции в проектном году<br>2.3. Определить цену готовой продукции в проектном году<br>2.4. Провести анализ безубыточности по производству в проектном году<br>2.5.. Определить технико-экономические показатели. |

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

1. Графики безубыточности.
2. Техничко-экономические показатели

|                                                      |            |
|------------------------------------------------------|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 12.04.2016 |
|------------------------------------------------------|------------|

**Задание выдал консультант:**

| Должность | ФИО         | Ученая степень,<br>звание | Подпись                                                                             | Дата     |
|-----------|-------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Доцент    | Сечина А.А. | Доцент, к.т.н             |  | 12.04.16 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО       | Подпись                                                                             | Дата     |
|--------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 3-2Д12 | Соха Н.С. |  | 12.04.16 |

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

Институт Природных ресурсов

Направление подготовки Химическая технология органических веществ

Уровень образования бакалавр

Кафедра Технологии органических веществ и полимерных материалов

Период выполнения \_\_\_\_\_

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы: 15 июня 2016 г.

| Дата контроля     | Название раздела / вид работы                                                                                                                                                                                                                                          | Максимальный балл раздела |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                   | 1. Обзор литературы:<br>1.1. Назначение процесса синтеза метанола<br>1.2. Конструктивные типы аппаратов<br>1.3. Технологическое оформление процесса<br>2. Объекты и методы исследования<br>2.1. Общая характеристика установки<br>2.2. Характеристика продукта и сырья | 10                        |
|                   | 2.3. Физико-химические основы процесса<br>2.4. Описание технологической схемы процесса                                                                                                                                                                                 | 10                        |
|                   | 3. Расчеты<br>3.1. Материальный баланс<br>3.2. Тепловой баланс<br>3.3. Технологический расчет аппарата<br>3.4. Гидравлический расчет аппарата<br>3.5. Механический расчет аппарата<br>3.6. Подбор вспомогательного оборудования                                        | 20                        |
|                   | 4. Результаты разработки<br>4.1. Ежегодные нормы расхода сырья и материалов<br>4.2. Ежегодные нормы образования отходов<br>4.3. Нормы технологического режима<br>4.4. Контроль производства и управление технологическим процессом                                     | 10                        |
|                   | 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                                                                                                                                                                                                     | 10                        |
|                   | 6. Социальная ответственность                                                                                                                                                                                                                                          | 10                        |
| 14.04.15-14.05.15 | 7. Выполнение графической части                                                                                                                                                                                                                                        | 20                        |
| 15.05.15-15.06.15 | 8. Оформление ВКР                                                                                                                                                                                                                                                      | 10                        |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО         | Ученая степень, звание | Подпись                                                                               | Дата    |
|-----------|-------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Ассистент | Глотова В.Н |                        |  | 9.06.16 |

**СОГЛАСОВАНО:**

| Зав. кафедрой | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Профессор     | Юсубов М. С. | д.х.н., проф.          |         |      |

## Реферат

В дипломном проекте рассчитывается реактор синтеза метанола, являющийся составной частью установки производства метанола.

Дипломный проект включает:

- страниц – 97;
- рисунков – 28;
- таблиц – 8;
- литературных источников – 25;
- приложений – 0;
- листов графического материала – 4;
- ключевые слова: метанол, реактор, синтез, катализатор.

Объектом исследования является ООО «Сибметакхим». Целью проекта является расчет стадии синтеза для установки повышенной мощности – 800 тыс. тонн в год вместо существующей 750 тыс. тонн. Выполняется модернизация существующего колонного оборудования, загрузка свежего катализатора.

Спроектированный реактор синтеза метанола удовлетворяет техническому заданию и может быть использован в производстве метанола в составе установки мощностью 800 тыс. тонн в год.

## Содержание

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                      | 10 |
| 1 Теоретическая часть.....                                         | 12 |
| 1.1 Технико-экономическое обоснование проекта.....                 | 12 |
| 1.2 Характеристика продуктов и исходного сырья .....               | 12 |
| 1.3 Физико-химические основы производства.....                     | 13 |
| 1.4 Выбор и обоснование конструкции реактора синтеза метанола..... | 16 |
| 1.5 Выбор и обоснование технологической схемы производства .....   | 21 |
| 1.5.1 Синтез под давлением 25-40 МПа .....                         | 21 |
| 1.5.2 Синтез под давлением 9 МПа.....                              | 26 |
| 1.5.3 Синтез под давлением 5,5 МПа.....                            | 27 |
| 1.6 Катализаторы синтеза метанола .....                            | 29 |
| 2 Экономическая эффективность проекта .....                        | 31 |
| 2.1 Расчет экономической эффективности производства .....          | 31 |
| 2.2 Планирование себестоимости продукции .....                     | 37 |
| 2.3 Финансовый план .....                                          | 44 |
| 2.4 Анализ безубыточности.....                                     | 46 |
| 2.5 Выводы .....                                                   | 47 |

## ВВЕДЕНИЕ

Метанол (метиловый спирт) по значению и масштабам производства является одним из важнейших многотоннажных продуктов, выпускаемых современной химической промышленностью. Он широко применяется для получения пластических масс, синтетических волокон, синтетического каучука, в качестве растворителя и т. п. **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**

Наметилась также тенденция использовать метанол в новых перспективных направлениях: в качестве высокооктановой добавки к моторным топливам, при получении синтетических бензинов и уксусной кислоты, для топливно-энергетических целей и очистки сточных вод и т. д., что обусловлено дефицитом углеводородного сырья (нефть, природный газ) и возможностью получения его из сырья неуглеводородного происхождения (уголь, сланцы, природные карбонаты и т. д.), запасы которых значительно превосходят ресурсы природного газа и нефти.

Увеличение спроса на метанол, а также разработка новых низкотемпературных, высокоэффективных и селективных катализаторов обусловило создание агрегатов крупной единичной мощности с учетом передовой технологии; действующие агрегаты модернизируются на основе последних достижений науки и техники. Проведены обширные научно-исследовательские работы по созданию низкотемпературных катализаторов и изучению их физико-химических свойств, кинетики и механизма образования метанола, технологии синтеза и ректификации метанола-сырца.

При производстве метанола из оксида углерода (II) и водорода одной из стадий является синтез, который выполняется в специальном аппарате – колонне синтеза метанола. Для ускорения процесса и большей селективности целевой реакции в колонне размещают катализатор **[Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.]**

По способу ведения процесса колонна синтеза метанола близка к реактору идеального вытеснения.

Данная работа посвящена проектированию стадии синтеза метанола, работающего в составе установки производства метанола.

## 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1 Технико-экономическое обоснование проекта

Известно несколько способов получения метанола: сухая перегонка древесины и лигнина; термическое разложение солей муравьиной кислоты; синтез из метана через метилхлорид с последующим омылением, и, наконец, неполное окисление метана на катализаторах или без катализаторов под давлением.

Из перечисленных способов промышленностью освоено лишь получение метанола сухой перегонкой древесины. Этот метод, еще в середине XX века бывший единственным освоенным процессом, в настоящее время потерял свое промышленное значение и вытеснен синтезом метанола из оксидов углерода и водорода на катализаторах.

Синтетический метанол получают взаимодействием оксидов углерода и водорода на катализаторе при повышенных температурах и давлениях. Промышленные процессы, основанные на использовании оксидов углерода и водорода, широко распространены как в органической, так и в неорганической технологии.

Производство метанола из оксидов углерода и водорода впервые было осуществлено в Германии в 1923 г. Процесс проводился под давлением 25–35 МПа на цинк-хромовом катализаторе при температурах 320–380°C. Благодаря ряду экономических и технических преимуществ метод получил быстрое повсеместное развитие и непрерывно совершенствовался на всех стадиях процесса. К настоящему времени увеличились масштабы производства, изменилась структура сырьевой базы, резко расширился круг потребителей метанола.

### 1.2 Характеристика продуктов и исходного сырья

Для синтеза метанола можно применять практически любой газ, содержащий водород и оксиды углерода. В первых производствах метанола, созданных в 30-е годы, в качестве сырья для получения газа использовали твердое топливо – кокс и каменный уголь.

С освоением химической промышленностью нефтяных источников сырья и природного газа исходный газ для синтеза метанола стали получать путем крекинга нефтепродуктов и конверсии метансодержащих газов. В настоящее время в промышленной практике получения технологического газа для синтеза метанола применяют и газообразные и жидкие углеводороды, и твердое топливо, и даже бытовые отходы. Наиболее распространенным сырьем является природный газ и газы нефтепереработки. [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

### 1.3 Физико-химические основы производства

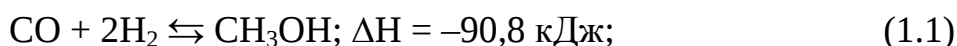
Технологический процесс получения метанола из оксида углерода и водорода включает ряд операций, обязательных для любой технологической схемы синтеза. Газ предварительно очищается от карбонила железа, сернистых соединений, подогревается до температуры начала реакции и поступает в реактор синтеза метанола.

По выходе из зоны катализа из газов выделяется образовавшийся метанол, что достигается охлаждением смеси, которая затем сжимается до давления синтеза и возвращается в процесс.

Функциональная схема производства метанола приведена на рисунке 1.1 [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Рисунок 1.1 – Функциональная схема производства метанола

Стадия синтеза метанола основана на обратимых реакциях, описываемых уравнениями:



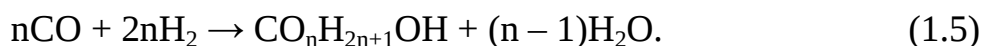
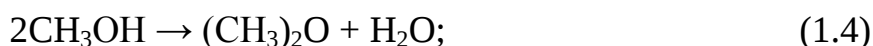
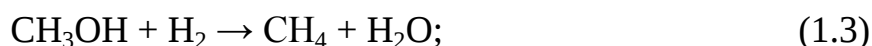


Обе реакции экзотермичны и протекают с уменьшением объема. Из этого следует, что для достижения максимальных значений выхода метанола и степени превращения синтез-газа необходимо проведение процесса при низких температурах и высоких давлениях.

Максимально достижимая степень превращения синтез-газа при этом ограничена условиями равновесия реакций получения метанола, которые изучены экспериментально и теоретически [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. На основании полученных практических данных можно при приближенных расчетах ограничиться только первой реакцией, так как доля оксида углерода (IV) в исходной смеси незначительна.

Для увеличения скорости реакции необходимо повышение температуры. При этом, выбирая оптимальный температурный режим, следует учитывать образование побочных соединений: метана, высших спиртов, кислот, альдегидов, кетонов и эфиров [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Побочные реакции вызывают бесполезный расход синтез-газа и удорожают очистку метанола.

Побочными реакциями процесса синтеза метанола являются получение воды  $\text{H}_2\text{O}$ , метана  $\text{CH}_4$ , диметилового эфира  $(\text{CH}_3)_2\text{O}$  и спиртов:



Применяемый для синтеза метанола катализатор должен обладать высокой селективностью, т. е. максимально ускорять образование метанола при одновременном подавлении побочных реакций.

Для синтеза метанола используется несколько катализаторов. Лучшими оказались катализаторы, основными компонентами которых являются оксид цинка или медь (применяется при давлении 5,5 МПа) [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

На первых крупнотоннажных установках процесс осуществлялся при давлении около 30 МПа на цинк-хромовом катализаторе. В последующие годы получи-

ли широкое распространение схемы синтеза при пониженном давлении на низкотемпературных медьсодержащих катализаторах.

Катализаторы синтеза метанола весьма чувствительны к каталитическим ядам, поэтому первой стадией процесса является очистка газа от сернистых соединений. Сернистые соединения отравляют цинк-хромовые катализаторы обратимо, а медьсодержащие катализаторы – необратимо.

Необходима также тщательная очистка газа от карбонила железа, который образуется в результате взаимодействия оксида углерода с железом аппаратуры. На катализаторе карбонил железа разлагается с выделением элементарного железа, что способствует образованию метана.

Зависимость выхода метанола от температуры не линейна и имеет выраженный максимум. Кривая зависимости количества образовавшегося метанола от температуры проходит через экстремум при всех составах газа, причем максимальный выход метанола наблюдается при 255–270 °С.

Интервал оптимальных температур, соответствующих наибольшему выходу продукта, определяется активностью катализатора, объемной скоростью газовой смеси и давлением.

Процессы низкого давления (5–10 МПа) на медьсодержащих катализаторах осуществляют при температурах 220–280 °С. Для цинк-хромового катализатора характерны более высокие давления (20–30 МПа) и температуры (350–400 °С).

Максимальное давление, применяемое в промышленных синтезах, составляет 40 МПа; выше этого давления ускоряются побочные реакции и, кроме того, увеличение затрат на компрессию газа ухудшает экономические показатели процесса.

В синтезах низкого давления повышение давления ограничено термической стабильностью медных катализаторов. С возрастанием объемной скорости газа выход метанола падает. Это справедливо для синтеза как при высоком, так и при низком давлении. Состав газовой смеси существенно влияет на степень превращения сырья и производительность катализатора. В промышленных условиях всегда работают с некоторым избытком водорода; максимальная производи-

ность наблюдается при молярном отношении  $\text{H}_2:\text{CO} = 4$ , на практике поддерживают отношение 2,15–2,25.

#### 1.4 Выбор и обоснование конструкции реактора синтеза метанола

Одним из основных аппаратов в процессе получения метанола является колонна синтеза. Это – вертикальный аппарат, представляющий собой корпус высокого давления и заполненный насадкой, на колосниковые решетки которой насыпают катализатор, и снабженный газораспределительным устройством для подачи холодного газа. Для измерения и регулирования температуры по слоям катализатора установлены термопары.

Оптимальным режимом синтеза является изотермический процесс – процесс, протекающий при постоянной температуре; степень приближения реального температурного режима к изотермическому зависит от конструкции насадки колонны.

Полочная насадка несовмещенного типа (см. рисунок 1.2, а) проста по конструкции [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

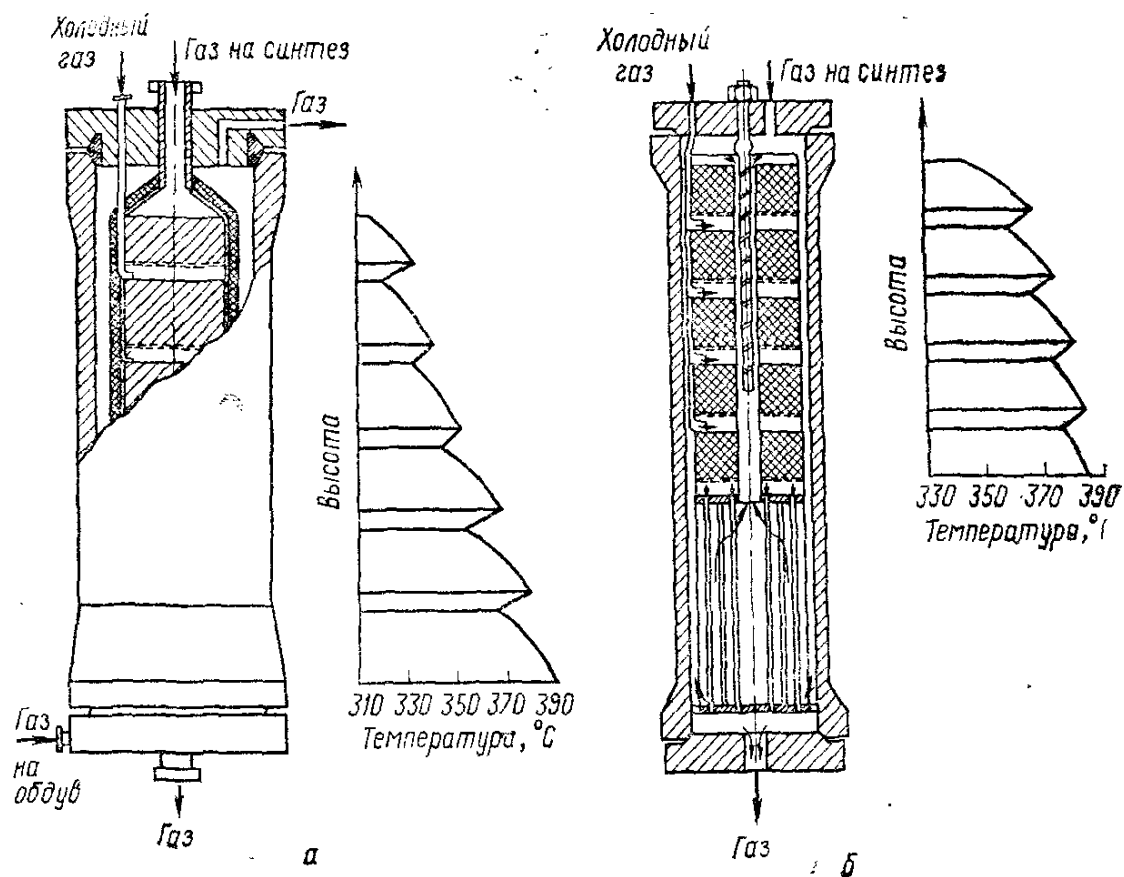


Рисунок 1.2 – Колонны синтеза с полочной насадкой:

а – несовмещенная; б – совмещенная;

Газ после теплообменника через центральную трубу насадки поступает на катализатор и проходит последовательно все полки с катализатором. После каждой полки, кроме последней, предусмотрен ввод холодного газа для регулирования и поддержания оптимальной температуры в колонне. Температура по высоте колонны увеличивается пикообразно; повышение ее в целом связано с экзотермическим тепловым эффектом реакции синтеза, а снижение обусловлено подачей холодного газа.

Более эффективной является колонна с полочной насадкой совмещенного типа (см. рисунок 1.2, б). Газ до температуры начала реакции подогревается непосредственно в одной поковке с катализаторной коробкой. Оптимальную температуру поддерживают подачей холодного газа. Температурный режим в данном варианте более стабильный.

Колонна синтеза с трубчатой катализаторной коробкой – одна из наиболее ранних конструкций, внедренных в производство метанола (см. рисунок 1.8) **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

–

Рисунок 1.3 – Колонна синтеза с трубчатой катализаторной коробкой.

Температуру в зоне катализатора поддерживают с помощью исходного газа, подаваемого по теплообменным трубкам, которые расположены непосредственно в слое катализатора. Подачей холодного газа можно изменить температуру поступающего газа только до поступления его на катализатор.

В нижней части слоя поддерживается оптимальная температура синтеза. В зоне наиболее интенсивного протекания реакции (примерно в верхней половине слоя катализатора) необходимый отвод тепла не обеспечивается.

Разрабатывают новые конструкции насадок, которые дают возможность поддерживать оптимальный температурный режим в зоне катализа, эффективно использовать тепло реакции; в то же время они остаются достаточно сложными в оформлении. Последнее условие важно ввиду создания агрегатов большой мощ-

ности, где простота и надежность являются основной гарантией длительной и непрерывной работы агрегата.

На рисунке 1.4 показана колонна синтеза с совмещенной полочной насадкой, в которой тепло из зоны реакции отводится посторонним теплоносителем **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

#### Рисунок 1.4 – Колонна синтеза

с насадкой совмещенного типа и использованием тепла реакции

После каждой полки с катализатором расположены змеевики теплообменника, в которых при давлении синтеза циркулирует и нагревается дистиллированная вода. Горячая дистиллированная вода высокого давления охлаждается затем в котле-утилизаторе, установленном над колонной. Температура по высоте слоя катализатора, как видно из рисунка, практически не меняется. Дополнительно при рекуперации тепла реакции получают технологический пар.

Конструкции колонн синтеза метанола при низком давлении существенно отличаются от описанных выше **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. Температурный режим поддерживают подачей холодного газа. В технологических

схемах производства метанола, работающих при давлении 5–10 МПа, используют колонну синтеза шахтного типа (см. рисунок 1.5) .

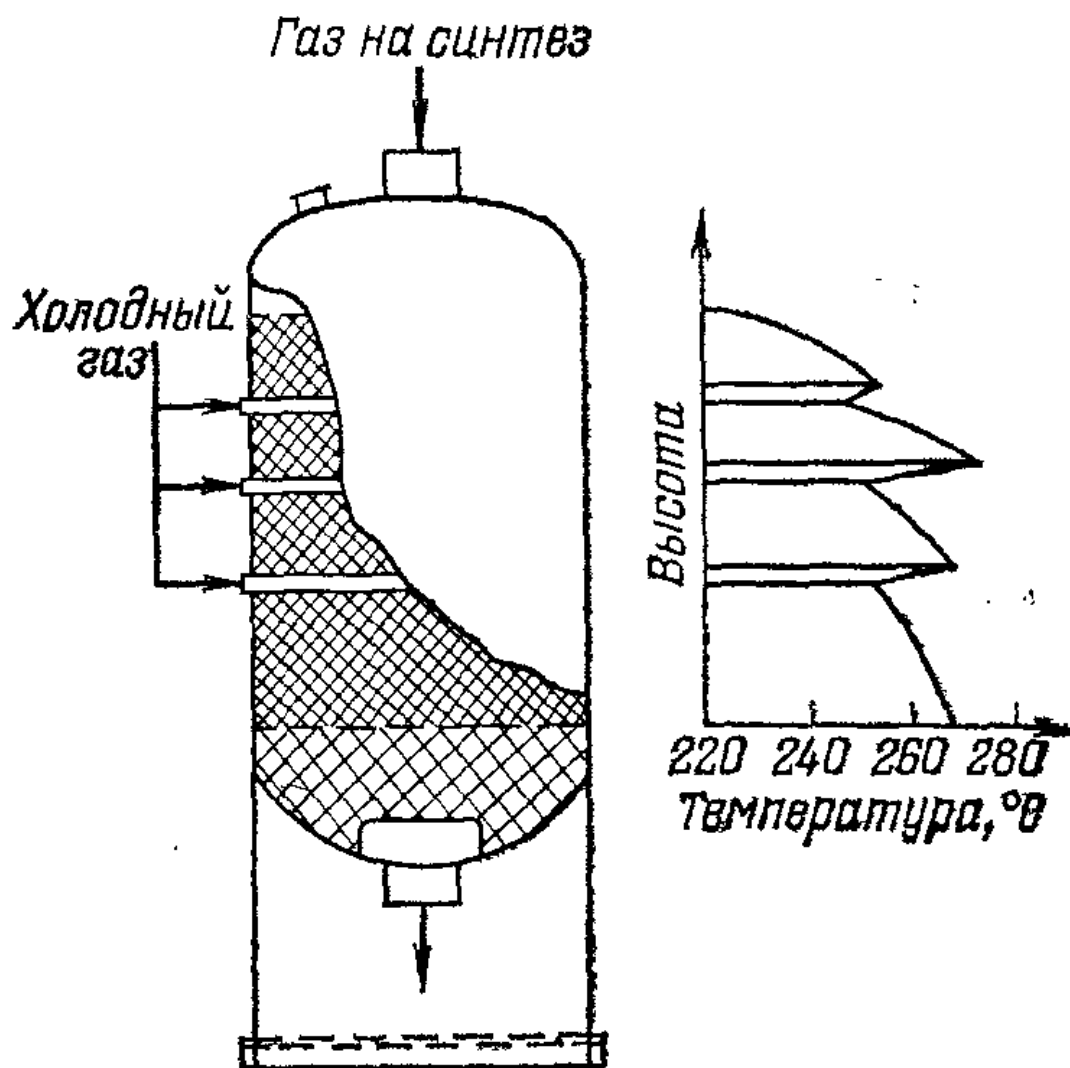


Рисунок 1.5 – Колонна синтеза шахтного типа.

1 – фарфоровые шары; 2 – катализатор (5X5 мм).

Размеры аппарата зависят от производительности одного агрегата (диаметр реактора меняется от 3,6 до 4,4 м).

Для регулирования температуры в слое катализатора по высоте колонны предусмотрен ввод холодного газа. Смешение холодного газа с основным потоком осуществляется в специальных газораспределителях. Температурная зависимость по высоте слоя катализатора имеет пикообразный характер.

Для проведения синтеза метанола в оптимальном температурном режиме в настоящее время разработаны и эксплуатируются трубчатые реакторы. Катализа-

тор располагается в трубках аппарата, а в межтрубном пространстве отводится тепло реакции дистиллированной водой.

Температурный режим реактора практически изотермический, получаемый пар используется на установке.

При трубчатой конструкции реактора требуется тщательная загрузка катализатора, чтобы сопротивление трубок было одинаковым. Трубчатый реактор прост в эксплуатации, однако изготовление и ремонт аппарата затруднительны. Стабильная эксплуатация производства метанола при заданной мощности может быть обеспечена при непрерывной работе всего оборудования, но особенно важна стабильная работа компрессоров.

В настоящее время для компримирования и циркуляции газовых смесей используют высокопроизводительные центробежные компрессоры с приводом от электродвигателей или от паровых турбин (пар получают непосредственно в технологической схеме производства метанола).

Производительность компрессоров исходного газа определяется мощностью агрегатов синтеза или всего производства метанола, циркуляционных, кроме того, — принятым режимом синтеза метанола.

В соответствии с выполненным анализом выбираем к проектированию реактор, работающий при давлении 5 МПа (см. рисунок 1.10).

## 1.5 Выбор и обоснование технологической схемы производства

### 1.5.1 Синтез под давлением 25-40 МПа

Синтез метанола на цинк-хромовом катализаторе (5x5 или 9x9 мм) под давлением от 25 до 40 МПа осуществляется в колоннах с совмещенной или несовмещенной насадками и с отводом тепла из катализаторной зоны. Схема синтеза метанола с несовмещенной насадкой колонны (см. рисунок 1.6) применяется в агрегатах малой и средней мощности [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

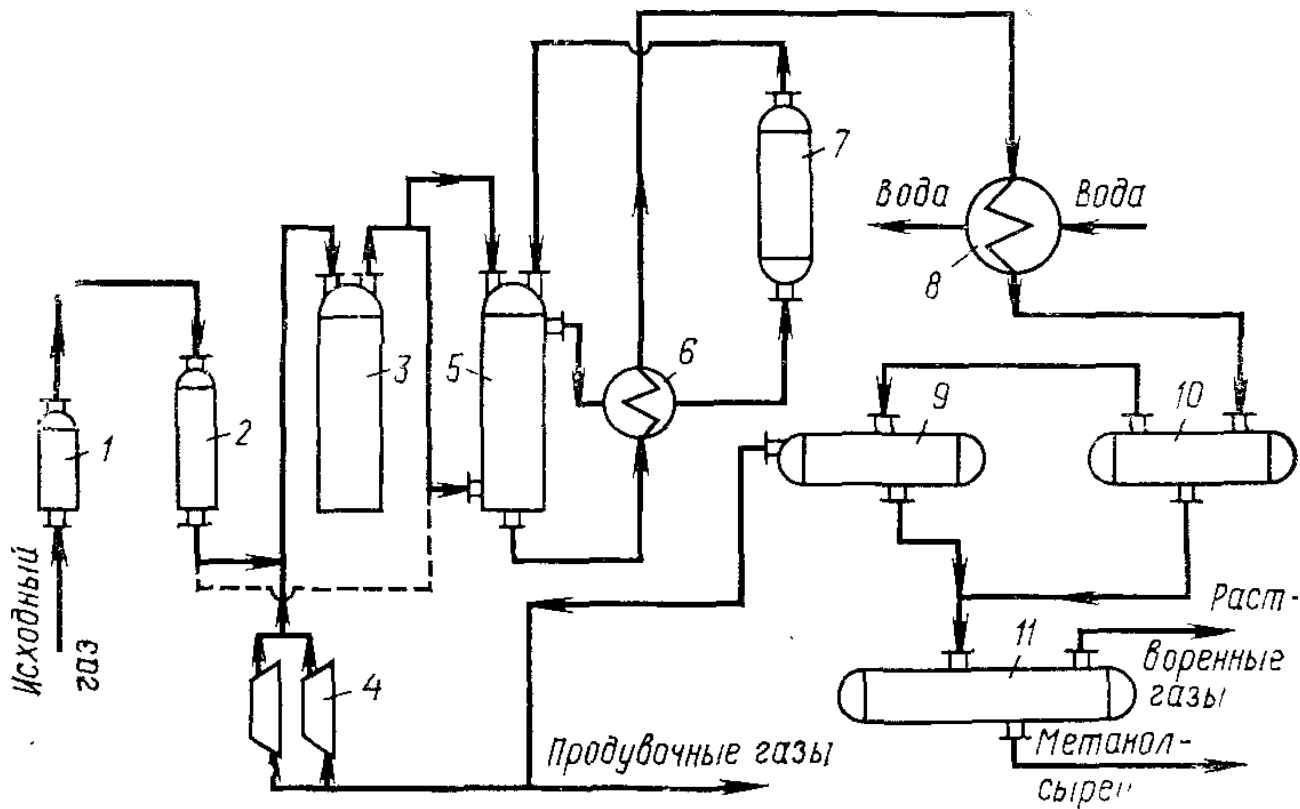


Рисунок 1.6 – Схема синтеза метанола

с несовмещенной колонной и выносным теплообменником:

1, 9, 10 – сепараторы; 2, 3 – фильтры; 4 – компрессор; 5 – колонна; 6 – теплообменник; 7 – электроподогреватель; 8 – холодильник-конденсатор; 11 – сборник.

Исходный газ, освобожденный от влаги в сепараторе 1, очищается от карбониллов железа в угольном фильтре 2 и объединяется с циркуляционным газом.

В фильтре 3 газовая смесь очищается от масла, и далее она разделяется на два потока. Первый (80–85% отн.) подается в низ колонны синтеза 5 для охлаждения корпуса и предотвращения водородной и карбонильной коррозии. В теплообменнике 6 указанный поток нагревается до температуры начала реакции (300–330 °С) отходящим прореагировавшим газом и через электроподогреватель 7 направляется в колонну синтеза.

Второй поток с температурой 30–35 °С подается в колонну синтеза обычно сверху, вводится в общий поток газа между слоями катализатора (холодный байпас) для поддержания постоянной (360–370 °С) температуры в слоях катализато-

ра. Прореагировавшие газы отдают тепло в теплообменнике 6, охлаждаются с температуры 120–140 до 30–40 °С в холодильнике-конденсаторе 8 и поступают в сепаратор 10. Отделившийся метанол-сырец собирается в сборнике 11 и далее направляется на ректификацию.

Циркуляционный газ проходит сепаратор 9, отделяется от капель метанола-сырца, циркуляционным компрессором 4 дожимается до давления синтеза и подается на смешение с исходным газом. Для поддержания постоянной концентрации инертных компонентов в цикле часть циркуляционного газа выводится в виде постоянной продувки.

Наличие в описанной схеме выносных теплообменника и электроподогревателя приводит к большой протяженности коммуникаций, высокому гидравлическому сопротивлению системы и потерям тепла в окружающую среду. Перепад давления в этих агрегатах достигает 2,0–2,5 МПа.

В промышленной практике освоены агрегаты синтеза метанола с совмещенной насадкой колонны (см. рисунок 1.8) **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. В отличие от описанной схемы катализатор, теплообменник и электроподогреватель располагаются в одной поковке. Циркуляционный газ обдувает корпус колонны и поступает в теплообменник, который расположен в нижней части аппарата. Электроподогреватель вмонтирован в центральную трубу насадки колонны синтеза. Циркуляция газа осуществляется с помощью турбоциркуляционного компрессора 6.

Обе эти схемы, хотя и не лишены недостатков, были широко распространены в России на агрегатах средней мощности. Заданный температурный режим поддерживается в таких схемах введением холодного газа (холодными байпасами).

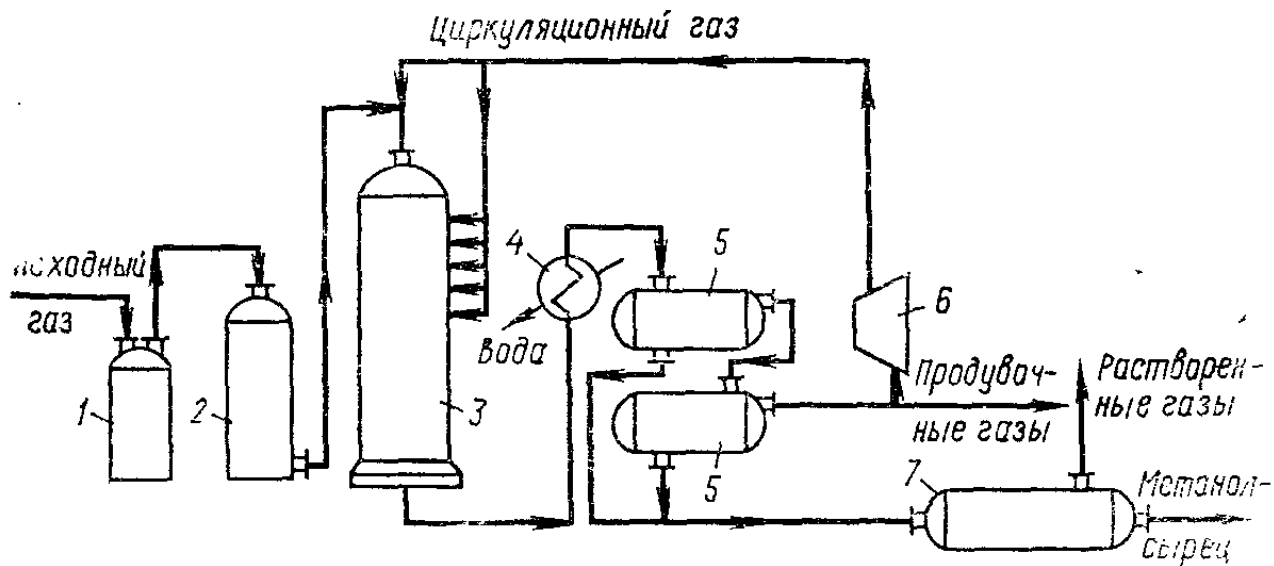


Рисунок 1.7 – Схема синтеза метанола с совмещенной насадкой колонны:

1, 2 – фильтры; 3 – колонна; 4 – холодильник-конденсатор; 5 – сепараторы; 6 – компрессор; 7 – сборник.

Также отвод реакционного тепла может быть осуществлен и посторонним теплоносителем с получением пара в котлах-утилизаторах (см. рисунок 1.4) [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Рисунок 1.8 –Схема синтеза метанола

с отводом тепла реакции из катализаторной зоны:

1 – компрессор; 2 – масляный фильтр; 3 – колонна; 4 – котел-утилизатор; 5 – сепараторы; 6 – холодильник; 7 – сборник; 8 – турбокомпрессор.

Схема рассчитана на производительность 160 т метанола-ректификата в сутки. Синтез метанола осуществляется под давлением 40 МПа на цинк-хромовом катализаторе. Исходный газ сжимается поршневым компрессором 1 от 1,6 до 40 МПа, очищается от масла в фильтре 2 и направляется в колонну синтеза 3.

В нижней части колонны расположен теплообменник, проходя который смешанный газ нагревается до температуры начала реакции за счет тепла газа, выходящего из катализаторной зоны. В верхней части колонны установлен электроподогреватель, работающий только в период пуска колонны.

В катализаторной коробке расположены полки с катализатором и после каждой полки змеевики, в которых при давлении синтеза циркулирует дистиллированная вода. Эти змеевики в свою очередь соединены со змеевиками котла-утилизатора 4.

Таким образом, утилизация тепла реакции проводится по двухконтурной схеме: из зоны синтеза при высоком давлении тепло отводится водой, циркулирующей вследствие разности плотностей; в котле-утилизаторе за счет охлаждения воды высокого давления получают пар. Прореагировавший газ из колонны с температурой около 130°C выводится в водяные холодильники 6. Метанол-сырец отделяется в сепараторе 5 и собирается в сборнике 7. Циркуляционный газ дожимается до требуемого давления турбокомпрессором 8.

В нижней части колонны синтеза, как в колоннах с совмещенной насадкой, имеется теплообменник для подогрева смешанного газа до температуры начала реакции. В верхней части расположена катализаторная коробка полочного типа, в центре которой установлен пусковой электроподогреватель.

Отличие от описанных выше схем состоит в том, что при выходе из зоны катализа конвертированный газ не весь проходит теплообменник. Часть его (около 20–25%) с температурой 370–380 °C выводится из колонны и используется для получения пара в котлах-утилизаторах. Оба потока соединяются перед водяным холодильником-конденсатором.

С точки зрения экономической целесообразности схема с отводом тепла реакции предпочтительнее: регулируя расход циркулирующей воды в цикле высокого давления, можно проводить синтез в строго оптимальных температурных условиях. Это дает возможность одновременно с получением пара уменьшить образование побочных продуктов, увеличить выход метанола, улучшить условия эксплуатации катализатора, т. е. увеличить срок его эксплуатации.

### 1.5.2 Синтез под давлением 9 МПа

Недостатком вышеописанных схем синтеза метанола под давлением 25-40 МПа является применение турбокомпрессоров с электроприводами, что приводит к значительному расходованию электроэнергии.

На рисунке 1.9 приведена схема синтеза метанола с агрегатом мощностью 300–400 тыс. т в год под давлением 5–9 МПа из газа, полученного конверсией метана в трубчатых печах [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Для привода сжимающего и циркуляционного компрессоров используется перегретый пар, полученный непосредственно в агрегате.

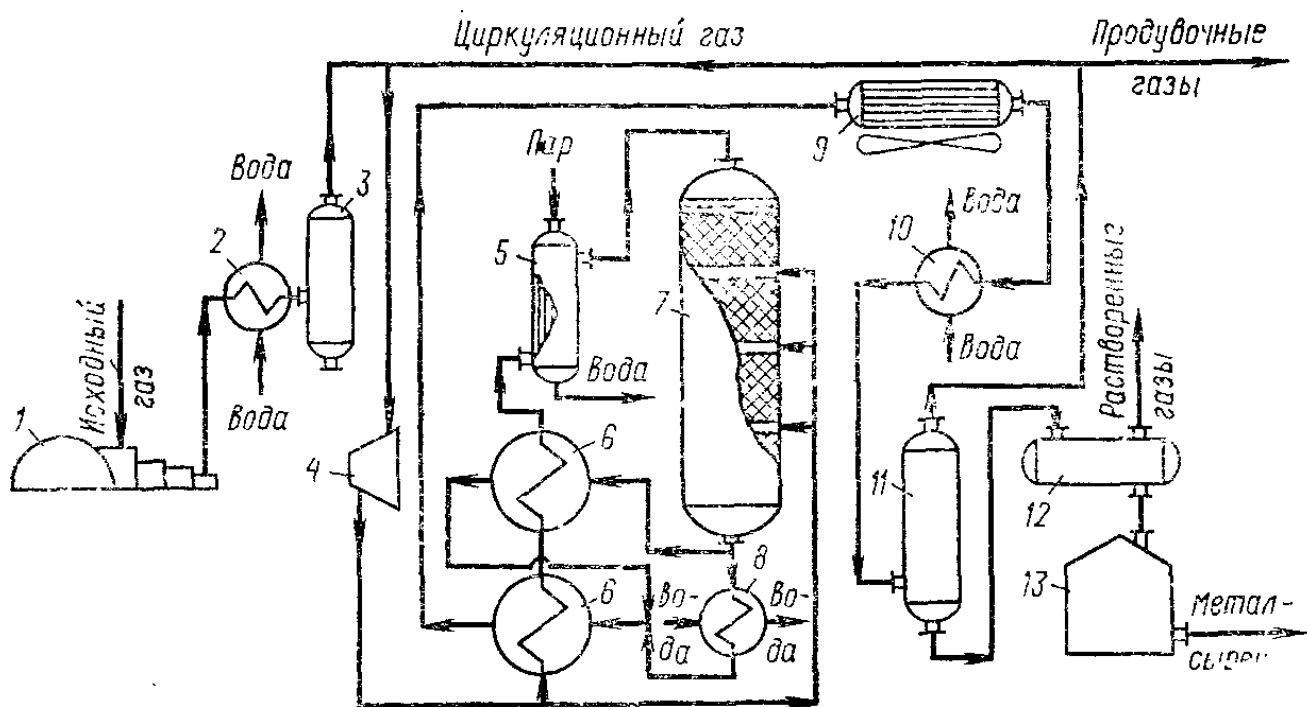


Рисунок 1.9 – Схема синтеза метанола под давлением 9 МПа:

1, 4 – компрессоры; 2, 10 – холодильники; 3, 11 – сепараторы; 5 – подогреватель; 6 – теплообменники; 7 – реактор; 8 – подогреватель конденсата; 9 – воздушный холодильник; 12 – сборник; 13 – хранилище метанола-сырца.

Исходный газ давлением 1,2–2,2 МПа компрессором 1 сжимается до давления 5,0–9,0 МПа. Давление до и после компрессора обусловлено схемой подготовки газа и давлением в цикле синтеза метанола. Различие схем синтеза метанола под давлением 5 и 9 МПа состоит в использовании катализатора: при более высоком давлении применяется несколько менее активный, но более термостойкий катализатор.

Смесь исходного и циркуляционного газов подогревается до температуры начала реакции в рекуперационном теплообменнике 6 и поступает в паровой подогреватель 5. Последний используется при разогреве реактора и при нарушениях технологического режима. Нагретый до 205–225 °С циркуляционный газ направляется в шахтный реактор синтеза 7, в котором на медьсодержащем катализаторе протекает процесс образования метанола. Поддержание температуры по слоям катализатора в реакторе осуществляется вводом холодного газа.

### 1.5.3 Синтез под давлением 5,5 МПа

Схема производства метанола с агрегатом мощностью 750 тыс. т в год (см. рисунок 1.10) практически не отличается от агрегата мощностью 300–400 тыс. т. в год [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Исходный газ давлением 1,2÷2,2 МПа проходит через сепаратор 1 и компрессоры 2 и 4, где сжимается до давления 5,0÷9,0 МПа. Давление до и после компрессора обусловлено схемой подготовки газа и давлением в цикле синтеза метанола. Различие схем синтеза метанола под давлением 5 и 9 МПа состоит в использовании катализатора: при более высоком давлении применяется несколько менее активный, но более термостойкий катализатор.

После сжатия газ охлаждается в холодильниках 3 и 5, проходит через сепаратор 6. Для стабилизации давления перед реактором используется дополнительный компрессор 12. После сжатия в компрессоре 12 газ направляется в рекуператив-

ные теплообменники 10, 11, 14 и 15. Стабилизация температуры газа перед синтезом выполняется за счет тепла водяного пара в паровых подогревателях 9 и 13. Эти аппараты используются при разогреве реактора и при нарушениях технологического режима.

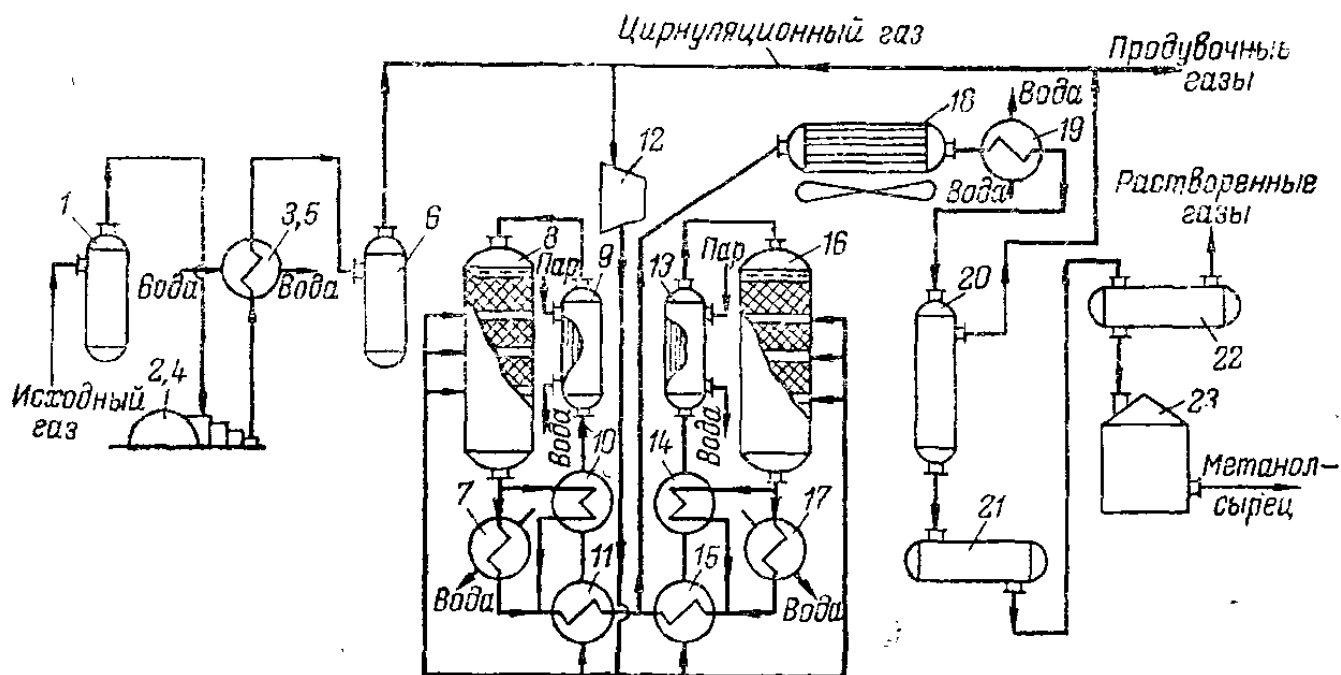


Рисунок 1.10 – Схема синтеза метанола на агрегате мощностью 750 тыс. т/год:

1, 6, 20 – сепараторы; 2, 4, 12 – компрессоры; 3, 5 – холодильники; 7, 17 – подогреватели конденсата; 8, 16 – реакторы; 9, 13 – паровой подогреватель; 10, 11, 14, 15 – рекуперационные теплообменники; 18, 19 – холодильники-конденсаторы; 21 – сборник; 22 – дегазатор; 23 – хранилище метанола-сырца.

Нагретый до  $205 \div 225$  °С циркуляционный газ направляется в шахтные реакторы синтеза 8 и 16, в которых на катализаторе протекает процесс образования метанола. Поддержание температуры по слоям катализатора в реакторах осуществляется вводом холодного газа.

После реакторов синтеза газ проходит утилизационные теплообменники 7 и 17, где отдаёт часть тепла на образования водяного пара, и направляется в рекуператоры 11 и 15 для нагревания газа, поступающего на синтез. После рекуператоров синтез-газ охлаждается в аппарате воздушного охлаждения 18 и в холо-

дильнике 19. В сепараторе 20 выполняется отделение сконденсировавшегося метанола от синтез-газа. Синтез-газ возвращается в компрессор 12 или выводится из схемы, в зависимости от режима.

Жидкий метанол собирается в емкости 21. Из буферной емкости метанол отбирается для дегазации в аппарате 22. После удаления растворенных газов, метанол-сырец собирается в хранилище 23. В зависимости от требуемого качества продукта в схеме может быть одна или несколько ректификационных колонн для удаления воды из метанол-сырца.

## 1.6 Катализаторы синтеза метанола

При взаимодействии окиси углерода и водорода качественный состав продуктов реакции определяется видом используемого катализатора. Так, в зависимости от состава катализатора из оксида углерода и водорода при соответствующих условиях (температура, давление и концентрация) можно получить метанол, высшие спирты, углеводороды, альдегиды и кислоты **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Метанол может также реагировать с окисью углерода и водородом, образуя ряд побочных веществ.

Основные требования, предъявляемые к катализатору синтеза метанола: высокая активность и селективность (направлять процесс в сторону преимущественного образования метанола), стабильность в работе, стойкость к колебаниям температуры и большая механическая прочность.

Катализаторы для синтеза метанола подразделяются на две группы: цинк-хромовые и медьсодержащие (цинк-медь-алюминиевые и цинк-медь-хромовые). На отечественных производствах метанола в основном используют активный цинк-хромовый катализатор при 25–40 МПа и 380–400 °С. Цинк-хромовый катализатор состоит из окиси цинка и хромита цинка **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

В настоящее время внедряется катализатор СМС-4. Этот катализатор более активен, чем обычный промышленный цинк-хромовый катализатор; технико-

экономические показатели работы на нем предпочтительнее: снижается расход исходного газа, увеличивается степень превращения окиси и двуокиси углерода, на 5-10 °С снижается температура процесса синтеза.

В последнее время в связи с изменением сырьевой базы (переход на природный газ), совершенствованием методов очистки газа и развитием техники в ряде стран используют цинк-медь-алюминиевые и цинк-медные катализаторы. Катализаторы, имеющие в своем составе медь, более активны, чем цинк-хромовые, причем максимальная активность их наблюдается при 220-260 °С. В силу этой особенности катализаторы на основе меди обычно называют низкотемпературными. Высокая активность их при низких температурах позволяет проводить процесс при давлении ниже 20 МПа, что значительно упрощает аппаратное оформление. Медьсодержащие катализаторы по сравнению с цинк-хромовыми обладают малой термостойкостью и более чувствительны к каталитическим ядам. Медьсодержащий катализатор быстро снижает активность при перегревах, а в присутствии сернистых соединений образуется неактивный сульфид меди.

На производстве ООО «Сибметахим» используется катализатор «Каталко-51» импортной поставки. Катализатор состоит из окиси меди, окиси цинка и окиси алюминия на керамическом носителе. Катализатор обладает приемлемой эффективностью при давлении 5,0-8,5 МПа и температурах 200-250 °С. При температурах свыше 290 °С наступает необратимое разрушение катализатора, поэтому необходимо контролировать температурный режим в реакторе синтеза метанола. Важным условием является поддержание в системе синтеза условий предотвращающих образование воды и ржавчины.

Преимущества катализатора «Каталко-51»: высокая активность и селективность, стойкость к колебаниям температуры, большая механическая прочность. Недостатки катализатора: чувствительность к катализаторным ядам, малая термостойкость.

## 2 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

Главными задачами развития экономики на современном этапе является повышение эффективности производства, а также занятие устойчивых позиций организаций на внутреннем и международном рынках. Чем выше первый показатель и ниже второй, тем лучше и выгоднее для покупателя и производителя. Резервы улучшения этих показателей как раз и заключены в себестоимости продукции.

Себестоимость продукции организаций складывается из затрат связанных с использованием в процессе производства природных, материальных, трудовых ресурсов, основных фондов, а также затрат на реализацию продукции.

С учетом поставленной цели в курсовой работе решены задачи проведения расчета себестоимости производимой продукции после мероприятий по совершенствованию производства.

Объектом исследования является ООО «Сибметахим». Предметом исследования являются затраты, осуществляемые на данном предприятии, и расчет экономической эффективности предложенных мероприятий. Предмет исследования – экономические показатели, характеризующие экономическую эффективность производства на предприятии за 2015 год.

Поставленные в работе задачи решались на основе общенаучных методов – системного, логического, комплексного и сравнительного анализа и специально-научного метода – метода факторного анализа, а также анализа документов.

Методологическая основа работы: в основу исследования положены: исторический, сравнительно-правовой, формально-логический, системно-структурный, конкретно-социологический и статистический методы научного познания.

### 2.1 Расчет экономической эффективности производства

На предприятии внедряется проект, целью которого является модернизация существующего колонного оборудования, загрузка свежего катализатора. Применение проектируемого колонного аппарата позволило повысить производитель-

ность установки, обеспечить эффективность синтеза и выработку продукции требуемого качества.

Задачами является расчет производственной программы, расчет капитальных вложений, расчёт показателей по труду и заработной плате, расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования и общепроизводственных расходов, расчет себестоимости продукции, обоснование экономической эффективности проектного решения.

Требуемые производственные мощности для непрерывного производства рассчитываются следующим образом:

$$M = P_{\text{час}} T_{\text{эфф}} n \quad (2.1)$$

где  $P_{\text{час}}$  – часовая производительность ведущего оборудования;

$T_{\text{эфф}}$  – эффективное время оборудования;

$n$  – количество однотипного оборудования;

Производственная мощность объекта до усовершенствования:

$$M_1 = 750000 \text{ т/год.}$$

Производственную мощность объекта (цеха) после усовершенствования:

$$M_2 = 800000 \text{ т/год.}$$

Использование проектной мощности характеризуется выпуском продукции. Уровень этого использования определяется с учетом конкретных условий производства, ресурсов и потребностей.

При этом стремятся к возможно более полному использованию мощностей оборудования.

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{н}} - T_{\text{ППР}} - T_{\text{ТО}}, \quad (2.2)$$

где  $T_{\text{н}}$  – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{\text{ППР}}$  – время простоя в ремонтах за расчетный период (для расчета  $T_{\text{ППР}}$  необходимо построить график ППР с указанием времени работы между ремонтами и временем простоя в ремонте);

$T_{\text{ТО}}$  – время технологических остановок.

График ППР построен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – График ППР

| Наименование Оборудования, номер позиции на технологической схеме | Дата и вид последнего ремонта (КР) | Нормативы ресурса между ремонтами и ТО, час |      |      | Нормативы простоя в ремонте и ТО, час |    |    | График ремонтов и ТО |         |      |        |     |      |      |        |          |         |        |         | Годовой простой в ремонте и ТО, Тпр+То, час | Годовой фонд рабочего времени, Тэф, часы |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|------|------|---------------------------------------|----|----|----------------------|---------|------|--------|-----|------|------|--------|----------|---------|--------|---------|---------------------------------------------|------------------------------------------|
|                                                                   |                                    | КР                                          | ТР   | ТО   | КР                                    | ТР | ТО | январь               | февраль | март | апрель | май | июнь | июль | август | сентябрь | октябрь | ноябрь | декабрь |                                             |                                          |
| Реактор                                                           | 29.04.17                           | 69120                                       | 2880 | -    | 240                                   | 48 | -  | -                    | -       | -    | тр     | -   | -    | -    | тр     | -        | -       | -      | тр      | 760                                         | 8000                                     |
| Дренажная емкость                                                 | 29.04.17                           | 69120                                       | 2880 | -    | 240                                   | 48 | -  | -                    | -       | -    | тр     | -   | -    | -    | тр     | -        | -       | -      | тр      | 760                                         | 8000                                     |
| Емкость исходного раствора                                        | 29.04.17                           | 51840                                       | -    | 2160 | 96                                    | -  | 18 | -                    | -       | то   | -      | -   | то   | -    | -      | то       | -       | -      | то      | 760                                         | 8000                                     |
| Емкость растворителя                                              | 29.04.17                           | 51840                                       | -    | -    | 54                                    | 8  | -  | -                    | тр      | -    | тр     | -   | тр   | -    | тр     | -        | тр      | -      | тр      | 760                                         | 8000                                     |
| Теплообменник                                                     | 29.04.17                           | 51840                                       | -    | -    | 54                                    | 8  | -  | -                    | тр      | -    | тр     | -   | тр   | -    | тр     | -        | тр      | -      | тр      | 760                                         | 8000                                     |
| Насос подачи исходной смеси                                       | 29.04.17                           | 17280                                       | 1440 | -    | 48                                    | 8  | -  | -                    | -       | -    | тр     | -   | -    | -    | тр     | -        | -       | -      | тр      | 760                                         | 8000                                     |
| Компрессор                                                        | 29.04.17                           | 17280                                       |      |      |                                       |    |    | -                    | -       | -    | тр     | -   | -    | -    | тр     | -        | -       | -      | тр      | 24                                          | 8596                                     |

Баланс рабочего времени установки вычисляют исходя из данных, полученных на производстве по простоям оборудования и занесённых в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Расчет эффективного фонда рабочего времени основного технологического оборудования

| Фонд времени               | Продолжительность, дни |
|----------------------------|------------------------|
| Календарный фонд времени   | 365                    |
| Регламентируемые перерывы: |                        |
| - на капитальный ремонт    | 20                     |
| - на текущий ремонт        | 12                     |
| Итого простоев на ремонт   | 32                     |
| Эффективный фонд времени   | 333                    |

Итого получаем

$$T_{эф} = 24 \cdot 333 = 8000 \text{ час.}$$

Сводные данные по объемам продаж представлены в таблице 2.3, в которой план производства продукции формируется исходя из прогнозов объемов продаж на фоне конкурирующих фирм, а также на основе сопоставления результатов маркетинговых исследований рынка с производственными возможностями предприятия.

Производственная программа предприятия планируется на три года 2017, 2018 и 2019. Базовым годом взят 2017 год. Показатели 2018, 2019 годы рассчитаны с учетом индекса инфляции 5%.

Таблица 2.3 – Производственная программа выпуска продукции

| Наименование показателя               | Величина показателя по годам |        |        |
|---------------------------------------|------------------------------|--------|--------|
|                                       | 2017                         | 2018   | 2019   |
| 1. Этапы загрузки мощности, %         | 80%                          | 90%    | 100%   |
| 2. Объем производства, тонн/год       | 750000                       | 780000 | 800000 |
| 3. Цена за единицу продукции, руб./т. | 1490                         | 1610   | 1750   |
| 4. Объем продаж, тыс. руб.            | 112000                       | 126000 | 140000 |

Определим сумму инвестиций для осуществления инновационного проекта. Итоговые данные обобщим в форме таблицы 2.4.

Таблица 2.4 – Объекты и направления инвестиций

| Наименование объекта                                                 | Кол-во | Цена за единицу | Общая стоимость | Подробно                    |
|----------------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------------------|
| 1. Строительство (аренда) производственных помещений, м <sup>2</sup> | -      | -               | -               | Новые помещения не строятся |
| 2. Приобретение оборудования и других основных фондов, тыс. руб.     | 1      | 1870            | 1870            | табл. 2.9                   |
| 3. Расходы на монтаж и наладку оборудования, тыс. руб.               | 1      | 437             | 437             | табл. 2.10                  |
| 4. Расходы на оборотные средства                                     | -      | -               | 8415,2          | табл. 2.11                  |
| 5. Организационные расходы                                           |        | 130,9           | 130,9           | 7% от стр.2                 |
| 6. Затраты на проектирование                                         | 1      | 700             | 700             | -                           |
| Всего инвестиций                                                     | -      | -               | 11553,1         | -                           |

Потребность в основных фондах определим в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Потребность в основных фондах

| Основные фонды                          | 2017                      |                         | 2018                   |                                    | 2019                      |                                         |
|-----------------------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
|                                         | Кол-<br>во<br>еди-<br>ниц | Общая<br>стои-<br>мость | Общая по-<br>требность | Прирост<br>основ-<br>ных<br>фондов | Общая<br>потреб-<br>ность | При-<br>рост<br>основ-<br>ных<br>фондов |
| Здания                                  | 1                         | 47692738                | 45260408               | -                                  | 45260408                  | -                                       |
| Сооружения                              | 1                         | 29105032                | 26965812               | -                                  | 26965812                  | -                                       |
| Передаточные устройства                 | 10                        | 974546                  | 682182                 | -                                  | 682182                    | -                                       |
| Машины и оборудование                   | 12                        | 3248487                 | 1786668                | 1870000                            | 3656668                   | -                                       |
| Измерительные регули-<br>рующие приборы | 56                        | 324849                  | 64970                  | -                                  | 64970                     | -                                       |
| Транспортные средства                   | 2                         | 162424                  | 121818                 | -                                  | 121818                    | -                                       |
| Прочие основные фонды                   | 1                         | 162424                  | 0                      | -                                  | 0                         | -                                       |
| Итого                                   | -                         | 81670500                | 74881858               | -                                  | 76751858                  | -                                       |

Расходы на наладку и монтаж оборудования примем в размере:

- расходы на монтаж оборудования 437000 руб.
- затраты на проектирование 700000 руб.

Расходы на оборотные средства (сырье, материалы, топливо, энергия всех видов и т.д.) связаны с ростом объемов выпуска продукции (таблица 2.6).

Для реализации проекта в бизнес-плане можно предусмотреть различные источники финансирования:

- собственные средства (уставный капитал, прибыль, амортизационные отчисления, резервный фонд);
- привлеченные средства (краткосрочные и долгосрочные кредиты);
- лизинг.

Для осуществления проекта необходимая сумма привлеченных средств может быть получена в банке под определенные % годовых. Необходимо привести условия возврата заемных средств.

Таблица 2.6 – Потребность в оборотных средствах

| Годы     | Наименование оборотных средств      | Объем выпуска продукции в год, нат.ед. | Норма расхода на 1 продукции, нат.ед. | Цена за единицу сырья, материалов, топлива, энергии, руб. | Кол-во оборотных средств на весь годовой выпуск, п. | Затраты на оборотные средства, руб. |
|----------|-------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 2017 год |                                     |                                        |                                       |                                                           |                                                     |                                     |
| 1        | Жидкое топливо для огневого нагрева | 64000                                  | 200                                   | 4500                                                      | 1752                                                | 7884                                |
| 2        | Стоимость переработанного сырья     | 64000                                  | 20                                    | 190                                                       | 1280                                                | 243,2                               |
| 3        | Газообразный азот в баллонах        | 64000                                  | 12                                    | 1000                                                      | 288                                                 | 288                                 |
| Итого    |                                     | -                                      | -                                     | -                                                         | -                                                   | 8415,2                              |
| 2018 год |                                     |                                        |                                       |                                                           |                                                     |                                     |
| 1        | Жидкое топливо для огневого нагрева | 72000                                  | 200                                   | 4500                                                      | 1752                                                | 7884                                |
| 2        | Стоимость переработанного сырья     | 72000                                  | 20                                    | 190                                                       | 1440                                                | 273,6                               |
| 3        | Газообразный азот в баллонах        | 72000                                  | 12                                    | 1000                                                      | 288                                                 | 288                                 |
| Итого    |                                     | -                                      | -                                     | -                                                         | -                                                   | 8445,6                              |
| 2019 год |                                     |                                        |                                       |                                                           |                                                     |                                     |
| 1        | Жидкое топливо для огневого нагрева | 80000                                  | 200                                   | 4500                                                      | 1752                                                | 7884                                |
| 2        | Стоимость переработанного сырья     | 80000                                  | 20                                    | 190                                                       | 1600                                                | 304                                 |
| 3        | Газообразный азот в баллонах        | 80000                                  | 12                                    | 1000                                                      | 288                                                 | 288                                 |
| Итого    |                                     | -                                      | -                                     | -                                                         | -                                                   | 8476                                |

## 2.2 Планирование себестоимости продукции

Для определения плановой себестоимости продукции необходимо составить калькуляцию себестоимости на единицу продукции и на годовой ее выпуск (таблица 2.7,  $N_{\text{год}} = 750000$  т/год).

Таблица 2.7 – Калькуляция себестоимости 1 тонны продукции на 2017 год

| №<br>№<br>п/п                | Наименование статей расхода                                                       | Ед. изм.  | Цена<br>за ед.,<br>руб. | Расходы в<br>нат.ед. |            | Затраты, тыс.руб. |          | Прим.           |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------|----------------------|------------|-------------------|----------|-----------------|
|                              |                                                                                   |           |                         | На 1<br>тонну        | На<br>Nгод | На 1 тонну        | На Nгод  |                 |
| 1.                           | Сырье и основные материалы                                                        | Т.        | 190                     | 20                   | 1280       | 0,0038            | 243,2    | табл. 2.6       |
| 2.                           | Вспомогательные материалы                                                         | Т.        | 190                     | 12                   | 288        | 0,0045            | 288      | табл. 2.6       |
| 3.                           | Топливо на технологические цели                                                   | Ккал.     | 4500                    | 200                  | 1752       | 0,1232            | 7884     | табл. 2.6       |
| 4.                           | Энергия всех видов (э/э, вода, пар, сжатый воздух и т.д.) на технологические цели | -         | -                       | -                    | -          | 0,0000            | -        |                 |
| 5.                           | Заработная плата основных рабочих                                                 | тыс. руб. |                         |                      |            | 0,0503            | 3219,2   | табл. 2.14      |
| 6.                           | Единый социальный налог                                                           | тыс. руб. |                         |                      |            | 0,0151            | 965,7    | 30% от ст.5     |
| 7.                           | Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (РСЭО)                          | тыс. руб. |                         |                      |            | 0,0020            | 130,9    |                 |
| 7.1.                         | Амортизация активной части основных фондов (АЧОФ)                                 | тыс. руб. |                         |                      |            | 0,0158            | 1010,1   |                 |
| 7.2.                         | Затраты на ремонт АЧОФ                                                            | тыс. руб. |                         |                      |            | 0,0068            | 437      |                 |
| 7.3.                         | Заработная плата вспомогательных рабочих                                          | тыс. руб. |                         |                      |            | 0,0046            | 292,0    | табл. 2.14      |
| 7.4.                         | Единый социальный налог                                                           | тыс. руб. |                         |                      |            | 0,0014            | 87,6     | 30% от ст. 7.3. |
| 8.                           | Цеховые расходы                                                                   | тыс.руб.  |                         |                      |            | 0,1860            | 11906,1  |                 |
| 8.1.                         | Амортизация пассивной части основных фондов (ПЧОФ) или арендная плата             | тыс. руб. | -                       | -                    |            | 0,0054            | 347,0    |                 |
| 8.2.                         | Заработная плата ИТР, служащих, МОП                                               | тыс. руб. | -                       | -                    |            | 0,280             | 22428,4  | табл. 2.14      |
| 8.3.                         | Единый социальный налог                                                           | тыс. руб. | -                       | -                    |            | 0,084             | 6728,5   | 30% от ст. 8.2. |
| 8.4.                         | Охрана труда и техника безопасности                                               | тыс. руб. | -                       | -                    |            | 0,028             | 2252,0   |                 |
| 8.5.                         | Вода на бытовые и хозяйственные нужды                                             | тыс. руб. | -                       | -                    |            | 0,004             | 325,0    |                 |
| 8.6.                         | Отопление помещений                                                               | тыс. руб. | -                       | -                    |            | 0,016             | 1260,3   |                 |
| 8.6.                         | Освещение помещений                                                               | тыс. руб. | -                       | -                    |            | 0,017             | 1340,3   |                 |
| 9.                           | Общезаводские (общепроизводственные) расходы                                      | тыс. руб. | -                       | -                    |            | 0,615             | 49239,2  |                 |
| 10.                          | Коммерческие расходы                                                              | тыс. руб. | -                       | -                    |            | 0,018             | 1477,1   |                 |
| 10.1.                        | Реклама                                                                           | тыс. руб. | -                       | -                    |            | 0,001             | 73,8     |                 |
| 10.2.                        | Сбыт продукции                                                                    | тыс. руб. | -                       | -                    |            | 0,003             | 221,5    |                 |
| 12.                          | Прочие расходы                                                                    | тыс. руб. | -                       | -                    |            | -                 | -        |                 |
| Полная себестоимость, в т.ч. |                                                                                   | тыс. руб. | тыс. руб.               | -                    | -          | 1,253             | 100251,0 |                 |
| Условно-переменные затраты   |                                                                                   | тыс. руб. | тыс. руб.               | -                    | -          | 0,173             | 13831,8  |                 |
| Условно-постоянные затраты   |                                                                                   | тыс. руб. | тыс. руб.               | -                    | -          | 1,080             | 86419,2  |                 |

Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала проводится на основании следующих данных (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Порядок расчета годового фонда заработной платы цехового персонала

| Этапы расчета                                                                                  | Содержание расчетов                                                                                                                        | Подробно         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. Расчет численности персонала: основных рабочих; вспомогательных рабочих; ИТР; служащих; МОП | Явочная и списочная численность                                                                                                            | табл. 2.14       |
| 2. Баланс эффективного годового времени одного среднесписочного работника                      | Таблица расчета $T_{эфф}$ в днях и часах                                                                                                   | табл. 2.15       |
| 3. График сменности                                                                            | Таблица                                                                                                                                    | табл. 2.16       |
| 4. Расчет сменоборота и количества выходных дней в году                                        | $T_{со}, T_{вых}$                                                                                                                          | табл. 2.15, 2.16 |
| 5. Расчет тарифного фонда зарплаты                                                             | $Z_{тар} = T_{ст} T_{эфф}$ ,<br>где $T_{ст}$ - тарифная ставка соответствующего разряда рабочего                                           |                  |
| 6. Премияльные (ДПРЕМ)                                                                         | 20 – 80 % от $Z_{тар}$                                                                                                                     |                  |
| 7. Доплата за работу в ночное время (ДНВ)                                                      | 40 % от $(T_{ст} t_{нв})$ ,<br>где $t_{нв}$ – время ночной работы (определяется по графику сменности )                                     |                  |
| 8. Доплата за работу в праздничные дни (ДПР)                                                   | $T_{пр} * T_{ст} * N_{яв}$ ,<br>где $T_{пр}$ – количество праздников в году;<br>$N_{яв}$ – явочная численность рабочих                     |                  |
| 9. Доплата из фонда мастера (ДФМ)                                                              | 3% от $Z_{тар}$                                                                                                                            |                  |
| 10. Доплата за бригадирство (ДБР)                                                              | Полагается только бригадирам                                                                                                               |                  |
| 11. Основная зарплата (ЗОСН)                                                                   | $Z_{тар} + Д_{ПРЕМ} + Д_{НВ} + Д_{ПР} + Д_{ФМ} + Д_{БР}$                                                                                   |                  |
| 11. Дополнительная зарплата (ЗДОП)                                                             | $(ДН * Z_{осн}) / T_{эфф}$ ,<br>где ДН – количество дней невыхода на работу по планируемыми причинам (отпуск, ученические, гособязанности) |                  |
| 12. Районный коэффициент                                                                       | 1,3 для Томска                                                                                                                             |                  |
| 13. Начисления на зарплату                                                                     | 30 % от $(Z_{осн} + Z_{доп})$                                                                                                              |                  |

Для дальнейшего расчета показателей по труду и заработной плате необходимо составить баланс рабочего времени одного рабочего (таблица 2.9).

Таблица 2.9 – Расчет численности персонала

| Категория персонала     | Норма обслуживания, Нобс | Число смен в сутки, S | Число единиц оборота, n | Явочная численность, Няв | Эффект. время рабочего, Тэфф, час. | Коэффициент перехода, Кпер | Списочная численность, Нсп |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Основные рабочие        | 0,79                     | 3                     | 5                       | 19                       | 207                                | 1,76                       | 34                         |
| Вспомогательные рабочие | 3                        | 3                     | 5                       | 3                        | 207                                | 1,76                       | 5                          |
| ИТР                     | -                        | -                     | -                       | 12                       | 220                                | 1,66                       | 20                         |
| Служащие                | -                        | -                     | -                       | 3                        | 226                                | 1,61                       | 4                          |
| МОП                     | -                        | -                     | -                       | 9                        | 226                                | 1,61                       | 15                         |
| Всего                   |                          |                       |                         |                          |                                    |                            | 78                         |

Рассчитаем эффективный фонд рабочего времени:

- календарный фонд рабочего времени  $T_k$ , т.к. производство непрерывное, равен 365 дням.
- продолжительность рабочей смены 8 часов;
- график работы четырехбригадный;
- количество смен – 3;

Для дневного персонала установлена 5-тидневная рабочая неделя по 8 часов. Эффективное время работы персонала определяется из баланса рабочего времени (таблица 2.10).

Расчет годового фонда зарплаты ИТР, служащих и МОП производится на основании их окладов согласно штатному расписанию, принимая число рабочих месяцев в году 11 (для ИТР) и 11,3 (для служащих и МОП).

Количество выходных дней в году, ночных смен определяется из графика сменности (пример графика сменности - в таблице 2.11).

Таблица 2.10 – Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника для сменного персонала

| Фонд времени                           | Дни  | Часы |
|----------------------------------------|------|------|
| Календарный фонд времени               | 365  | 8760 |
| Нерабочие дни:                         |      |      |
| - выходные                             | 105  | 2520 |
| - праздничные                          | 14   | 336  |
| Номинальный фонд времени               | 246  | 5904 |
| Невыходы на работу:                    |      |      |
| - очередной отпуск                     | 28   | 672  |
| - по болезни                           | 5    | 120  |
| - ученический отпуск                   | 2    | 48   |
| - выполнение гос. обязанностей         | 3    | 72   |
| - прочие невыходы                      | 1    | 24   |
| Итого невыходов                        | 39   | 936  |
| Эффективный фонд рабочего времени, дн. | 207  | 1656 |
| Месяцев                                | 10.7 |      |

Таблица 2.11 – График сменности

| Номер смены | Часы работы | Дни месяца |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------|-------------|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|             |             | 1          | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1           | 0-8         | A          | A  | A  | D  | C  | C  | C  | D  | B  | B  | B  | D  | A  | A  | A  | D  |
| 2           | 8-16        | C          | D  | B  | B  | B  | D  | A  | A  | A  | D  | C  | C  | C  | D  | B  | B  |
| 3           | 16-24       | D          | C  | C  | C  | D  | B  | B  | B  | D  | A  | A  | A  | D  | C  | C  | C  |
| Отдых       |             | B          | B  | D  | A  | A  | A  | D  | C  | C  | C  | D  | B  | B  | B  | D  | A  |
| Номер смены | Часы работы | Дни месяца |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|             |             | 17         | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | -  |
| 1           | 0-8         | C          | C  | C  | D  | B  | B  | B  | D  | A  | A  | A  | D  | C  | C  | C  | -  |
| 2           | 8-16        | B          | D  | A  | A  | A  | D  | C  | C  | C  | D  | B  | B  | B  | D  | A  | -  |
| 3           | 16-24       | D          | B  | B  | B  | D  | A  | A  | A  | D  | C  | C  | C  | D  | B  | B  | -  |
| Отдых       |             | A          | A  | D  | C  | C  | C  | D  | B  | B  | B  | D  | A  | A  | A  | D  | -  |

Ночное время составит 48 часов для каждого работника при трехсменной работе. Результаты вычислений сведем в таблицу 2.12.

Таблица 2.12 – Расчет годового основного фонда заработной платы

| Профессия, специальность                             | Списочная численность | Оплата труда по штатному расписанию | Часовая тарифная ставка (оклад), руб. | Годовой основной фонд заработной платы, руб. |        |                                            |                                     |                          |                         |                           |
|------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|--------|--------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
|                                                      |                       |                                     |                                       | Оплата по тарифу, ЧТС*Тэф.                   | Премия | Доплата за работу в ночное время, Тст*Тэфф | Доплата за работу в праздничные дни | Доплата из фонда мастера | Доплата за бригадирство | Основная заработная плата |
| 1                                                    | 2                     | 3                                   | 4                                     | 5                                            | 6      | 7                                          | 8                                   | 9                        | 10                      | 11                        |
| Основные рабочие                                     |                       |                                     |                                       |                                              |        |                                            |                                     |                          |                         |                           |
| Оператор технологической установки                   | 5                     | 33000                               | 198,80                                | 329204,8                                     | 164602 | 40840,5                                    | 22265,1                             | 105674,7                 |                         | 662587,5                  |
| Слесарь технологической установки                    | 20                    | 29000                               | 174,70                                | 289301,2                                     | 144651 | 35890,1                                    | 19566,3                             | 92865,7                  | 309552,3                | 891826,2                  |
| Слесарь по ремонту                                   | 4                     | 20000                               | 120,48                                | 199518,1                                     | 99759  | 24751,8                                    | 13494,0                             | 64045,3                  |                         | 401568,2                  |
| Лаборант химического анализа                         | 4                     | 23000                               | 138,55                                | 229445,8                                     | 114723 | 28464,6                                    | 15518,1                             | 73652,1                  |                         | 461803,4                  |
| Лаборант химического анализа                         | 1                     | 20000                               | 120,48                                | 199518,1                                     | 99759  | 24751,8                                    | 13494,0                             | 64045,3                  |                         | 401568,2                  |
| Вспомогательные рабочие                              |                       |                                     |                                       |                                              |        |                                            |                                     |                          |                         |                           |
| Дежурный электрик                                    | 5                     | 28000                               | 168,7                                 | 279325,3                                     | 139663 | 34652,5                                    |                                     |                          |                         | 453640,5                  |
| ИТР                                                  |                       |                                     |                                       |                                              |        |                                            |                                     |                          |                         |                           |
| Генеральный директор                                 | 1                     | 50000                               | 45833                                 | 504 166,7                                    | 252083 |                                            |                                     |                          |                         | 756 250,0                 |
| Главный бухгалтер                                    | 1                     | 40000                               | 36667                                 | 403 333,3                                    | 201667 |                                            |                                     |                          |                         | 605 000,0                 |
| Технический директор                                 | 1                     | 40000                               | 36667                                 | 403 333,3                                    | 201667 |                                            |                                     |                          |                         | 605 000,0                 |
| Заместитель генерального директора по общим вопросам | 1                     | 35000                               | 32083                                 | 352 916,7                                    | 176458 |                                            |                                     |                          |                         | 529 375,0                 |
| Заместитель генерального директора по безопасности   | 1                     | 38000                               | 34833                                 | 383 166,7                                    | 191583 |                                            |                                     |                          |                         | 574 750,0                 |
| Начальник ОК                                         | 1                     | 28000                               | 25667                                 | 282 333,3                                    | 141167 |                                            |                                     |                          |                         | 423 500,0                 |
| Главный специалист по ОТ и ПБ                        | 1                     | 25000                               | 22917                                 | 252 083,3                                    | 126042 |                                            |                                     |                          |                         | 378 125,0                 |
| Механик технологической уст.                         | 2                     | 28000                               | 25667                                 | 282 333,3                                    | 141167 |                                            |                                     |                          |                         | 423 500,0                 |
| Технолог                                             | 1                     | 38000                               | 34833                                 | 383 166,7                                    | 191583 |                                            |                                     |                          |                         | 574 750,0                 |
| Начальник товарно-сырьевой базы                      | 1                     | 38000                               | 34833                                 | 383 166,7                                    | 191583 |                                            |                                     |                          |                         | 574 750,0                 |
| Начальник лаб.                                       | 1                     | 3000                                | 2750                                  | 30 250,0                                     | 15125  |                                            |                                     |                          |                         | 45 375,0                  |
| Главный энергет.                                     | 1                     | 38000                               | 34833                                 | 383 166,7                                    | 191583 |                                            |                                     |                          |                         | 574 750,0                 |
| Главный метролог                                     | 1                     | 35000                               | 32083                                 | 352 916,7                                    | 176458 |                                            |                                     |                          |                         | 529 375,0                 |
| Начальник участка ЖД путей                           | 1                     | 30000                               | 27500                                 | 302 500,0                                    | 151250 |                                            |                                     |                          |                         | 453 750,0                 |
| Начальник смены                                      | 5                     | 37000                               | 33917                                 | 373 083,3                                    | 186542 | 41974,9                                    | 15441,7                             |                          |                         | 559 625,0                 |
| Служащие                                             |                       |                                     |                                       |                                              |        |                                            |                                     |                          |                         |                           |
| Бухгалтер                                            | 4                     | 28000                               | 26367                                 | 297943                                       | 148972 |                                            |                                     |                          |                         | 446915                    |
| Младший обслуживающий персонал                       |                       |                                     |                                       |                                              |        |                                            |                                     |                          |                         |                           |
| Охранник                                             | 15                    | 19000                               | 17892                                 | 202176                                       | 101088 | 22142,55                                   | 62037,52                            |                          |                         | 387443,82                 |
| Итого                                                |                       |                                     |                                       |                                              |        |                                            |                                     |                          |                         | 11715227,8                |

Таблица 2.13 – Расчет основного и дополнительного фонда оплаты труда, руб.

| Профессия, специальность                                | Основная за-<br>работная пла-<br>та | Дополни-<br>тельная за-<br>работная<br>плата | Итого<br>фонд за-<br>работной<br>платы | Заработная<br>плата с уче-<br>том районно-<br>го коэффици-<br>ента 1,3 | Начисле-<br>ния на<br>зарплату<br>30% |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Основные рабочие</b>                                 |                                     |                                              |                                        |                                                                        |                                       |
| Оператор технологической установки                      | 662587,5                            | 124835,3                                     | 787422,8                               | 1023650                                                                | 307094,9                              |
| Слесарь технологической установки                       | 891826,2                            | 168025,2                                     | 1059851,4                              | 1377807                                                                | 413342                                |
| Слесарь по ремонту                                      | 401568,2                            | 75657,8                                      | 477226,0                               | 620393,8                                                               | 186118,1                              |
| Лаборант химического анализа                            | 461803,4                            | 87006,4                                      | 548809,9                               | 713452,8                                                               | 214035,8                              |
| Лаборант химического анализа                            | 401568,2                            | 75657,8                                      | 477226,0                               | 620393,8                                                               | 186118,1                              |
| <b>Вспомогательные рабочие</b>                          |                                     |                                              |                                        |                                                                        |                                       |
| Дежурный электрик                                       | 453640,5                            | 85468,5                                      | 539109,0                               | 700841,7                                                               | 210252,5                              |
| <b>ИТР</b>                                              |                                     |                                              |                                        |                                                                        |                                       |
| Генеральный директор                                    | 756250,0                            | 142481,9                                     | 898731,9                               | 1168351                                                                | 350505,4                              |
| Главный бухгалтер                                       | 605000,0                            | 113985,5                                     | 718985,5                               | 934681,2                                                               | 280404,3                              |
| Технический директор                                    | 605000,0                            | 113985,5                                     | 718985,5                               | 934681,2                                                               | 280404,3                              |
| Заместитель генерального директора<br>по общим вопросам | 529375,0                            | 99737,3                                      | 629112,3                               | 817846                                                                 | 245353,8                              |
| Заместитель генерального директора<br>по безопасности   | 574750,0                            | 108286,2                                     | 683036,2                               | 887947,1                                                               | 266384,1                              |
| Начальник отдела кадров                                 | 423500,0                            | 79789,9                                      | 503289,9                               | 654276,8                                                               | 196283                                |
| Главный специалист по ОТ и ПБ                           | 378125,0                            | 71240,9                                      | 449365,9                               | 584175,7                                                               | 175252,7                              |
| Механик технологической установки                       | 423500,0                            | 79789,9                                      | 503289,9                               | 654276,8                                                               | 196283                                |
| Технолог                                                | 574750,0                            | 108286,2                                     | 683036,2                               | 887947,1                                                               | 266384,1                              |
| Начальник товарно-сырьевой базы                         | 574750,0                            | 108286,2                                     | 683036,2                               | 887947,1                                                               | 266384,1                              |
| Начальник лаборатории                                   | 45375,0                             | 8548,9                                       | 53923,9                                | 70101,09                                                               | 21030,33                              |
| Главный энергетик                                       | 574750,0                            | 108286,2                                     | 683036,2                               | 887947,1                                                               | 266384,1                              |
| Главный метролог                                        | 529375,0                            | 99737,3                                      | 629112,3                               | 817846                                                                 | 245353,8                              |
| Начальник участка железнодорожных<br>путей              | 453750,0                            | 85489,1                                      | 539239,1                               | 701010,9                                                               | 210303,3                              |
| Начальник смены                                         | 559625,0                            | 105436,6                                     | 665061,6                               | 864580,1                                                               | 259374                                |
| <b>Служащие</b>                                         |                                     |                                              |                                        |                                                                        |                                       |
| Бухгалтер                                               | 446915                              | 84201,4                                      | 531116                                 | 690451,3                                                               | 207135,4                              |
| <b>Младший обслуживающий персонал</b>                   |                                     |                                              |                                        |                                                                        |                                       |
| Охранник                                                | 387443,8                            | 72996,7                                      | 460440                                 | 598572,6                                                               | 179571,8                              |
| Итого                                                   | 11715227,8                          | 2207216,8                                    | 13922445                               | 18099178                                                               | 5429753                               |

Таким образом, полученные расчеты можно представить в следующей таблице (таблица 2.14).

Таблица 2.14 – Потребность в персонале и заработной плате согласно штатного расписания

| Наименование категорий работников                    | Потребность, чел. | Средне-годовая зарплата руб. | 2017                             |                              | 2018                              |                              | 2019                              |                              |
|------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|                                                      |                   |                              | Годовые затраты на зарплату руб. | Начисления на зарплату, руб. | Годовые затраты на зарплату, руб. | Начисления на зарплату, руб. | Годовые затраты на зарплату, руб. | Начисления на зарплату, руб. |
| <b>Основные рабочие</b>                              |                   |                              |                                  |                              |                                   |                              |                                   |                              |
| Оператор технологической установки                   | 5                 | 85,3                         | 426,5                            | 128,0                        | 447,8                             | 134,4                        | 470,2                             | 141,1                        |
| Слесарь технологической установки                    | 20                | 114,8                        | 2296,3                           | 688,9                        | 2411,2                            | 723,3                        | 2531,7                            | 759,5                        |
| Слесарь по ремонту                                   | 4                 | 51,7                         | 206,8                            | 62,0                         | 217,1                             | 65,1                         | 228,0                             | 68,4                         |
| Лаборант химического анализа                         | 4                 | 59,5                         | 237,8                            | 71,3                         | 249,7                             | 74,9                         | 262,2                             | 78,7                         |
| Лаборант химического анализа                         | 1                 | 51,7                         | 51,7                             | 15,5                         | 54,3                              | 16,3                         | 57,0                              | 17,1                         |
| <b>Итого</b>                                         |                   | 0,0                          | 3219,2                           | 965,8                        | 3380,1                            | 1014,0                       | 3549,1                            | 1064,7                       |
| <b>Вспомогательные рабочие</b>                       |                   | 0,0                          | 0,0                              | 0,0                          | 0,0                               | 0,0                          | 0,0                               | 0,0                          |
| Дежурный электрик                                    | 5                 | 58,4                         | 292,0                            | 87,6                         | 306,6                             | 92,0                         | 321,9                             | 96,6                         |
| <b>ИТР</b>                                           |                   | 0,0                          | 0,0                              | 0,0                          | 0,0                               | 0,0                          | 0,0                               | 0,0                          |
| Генеральный директор                                 | 1                 | 1402,0                       | 1402,0                           | 420,6                        | 1472,1                            | 441,6                        | 1545,7                            | 463,7                        |
| Главный бухгалтер                                    | 1                 | 1121,6                       | 1121,6                           | 336,5                        | 1177,7                            | 353,3                        | 1236,6                            | 371,0                        |
| Технический директор                                 | 1                 | 1121,6                       | 1121,6                           | 336,5                        | 1177,7                            | 353,3                        | 1236,6                            | 371,0                        |
| Заместитель генерального директора по общим вопросам | 1                 | 981,4                        | 981,4                            | 294,4                        | 1030,5                            | 309,1                        | 1082,0                            | 324,6                        |
| Заместитель генерального директора по безопасности   | 1                 | 1065,5                       | 1065,5                           | 319,7                        | 1118,8                            | 335,6                        | 1174,8                            | 352,4                        |
| Начальник отдела кадров                              | 1                 | 785,1                        | 785,1                            | 235,5                        | 824,4                             | 247,3                        | 865,6                             | 259,7                        |
| Главный специалист по ОТ и ПБ                        | 1                 | 701,0                        | 701,0                            | 210,3                        | 736,1                             | 220,8                        | 772,9                             | 231,9                        |
| Механик технологической установки                    | 2                 | 785,1                        | 1570,3                           | 471,1                        | 1648,8                            | 494,6                        | 1731,2                            | 519,4                        |
| Технолог                                             | 1                 | 1065,5                       | 1065,5                           | 319,7                        | 1118,8                            | 335,6                        | 1174,8                            | 352,4                        |
| Начальник товарно-сырьевой базы                      | 1                 | 1065,5                       | 1065,5                           | 319,7                        | 1118,8                            | 335,6                        | 1174,8                            | 352,4                        |
| Начальник лаборатории                                | 1                 | 84,1                         | 84,1                             | 25,2                         | 88,3                              | 26,5                         | 92,7                              | 27,8                         |
| Главный энергетик                                    | 1                 | 1065,5                       | 1065,5                           | 319,7                        | 1118,8                            | 335,6                        | 1174,8                            | 352,4                        |
| Главный метролог                                     | 1                 | 981,4                        | 981,4                            | 294,4                        | 1030,5                            | 309,1                        | 1082,0                            | 324,6                        |
| Начальник участка железнодорожных путей              | 1                 | 841,2                        | 841,2                            | 252,4                        | 883,3                             | 265,0                        | 927,4                             | 278,2                        |
| Начальник смены                                      | 5                 | 1037,5                       | 5187,5                           | 1556,2                       | 5446,9                            | 1634,1                       | 5719,2                            | 1715,8                       |
| <b>Итого</b>                                         |                   | 14104,3                      | 19039,5                          | 5711,8                       | 19991,4                           | 5997,4                       | 20991,0                           | 6297,3                       |
| <b>Служащие</b>                                      |                   | 0,0                          | 0,0                              | 0,0                          | 0,0                               | 0,0                          | 0,0                               | 0,0                          |
| Бухгалтер                                            | 4                 | 828,5                        | 3314,2                           | 994,2                        | 3479,9                            | 1044,0                       | 3653,9                            | 1096,2                       |
| <b>Итого</b>                                         |                   | 828,5                        | 3314,2                           | 994,2                        | 3479,9                            | 1044,0                       | 3653,9                            | 1096,2                       |
| <b>Младший обслуживающий персонал</b>                |                   | 0,0                          | 0,0                              | 0,0                          | 0,0                               | 0,0                          | 0,0                               | 0,0                          |
| Охранник                                             | 15                | 5,0                          | 74,8                             | 22,4                         | 78,6                              | 23,6                         | 82,5                              | 24,7                         |
| Итого специалисты, служащие, МОП                     |                   | 14937,9                      | 22428,4                          | 6728,5                       | 23549,9                           | 7065,0                       | 24727,4                           | 7418,2                       |

Сумма амортизационных отчислений (АО) определяется по формуле:

$$АО = C_{\text{оф}} Н / 100\%, \quad (2.3)$$

где  $C_{\text{оф}}$  – среднегодовая стоимость основных фондов, руб.;

$Н$  – норма амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов, % к их балансовой стоимости.

Результаты расчетов необходимо свести в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Расчет амортизационных отчислений и остаточной стоимости основных фондов

| №№<br>п/п | Наименование основных фондов       | Норма<br>аморти-<br>зации,<br>% | $C_{\text{оф}}$ ,<br>тыс.руб | АО за 5<br>лет, тыс.руб | Остаточная<br>стоимость | Стоимость<br>ОФ после<br>модернизации |
|-----------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 1         | Здания                             | 1,02                            | 47692738                     | 2432330                 | 45260408                | 45260408                              |
| 2         | Сооружения                         | 1,47                            | 29105032                     | 2139220                 | 26965812                | 26965812                              |
| 3         | Передаточные устройства            | 6                               | 974546                       | 292364                  | 682182                  | 682182                                |
| 4         | Машины и оборудование              | 9                               | 3248487                      | 1461819                 | 1786668                 | 3656668                               |
| 5         | Измерительные регулирующие приборы | 16                              | 324849                       | 259879                  | 64970                   | 64970                                 |
| 6         | Транспортные средства              | 5                               | 162424                       | 40606                   | 121818                  | 121818                                |
| 7         | Прочие основные фонды              | 20                              | 162424                       | 162424                  | 0                       | 0                                     |
| 8         | Итого                              | -                               | 81670500                     | 6788642                 | 74881858                | 76751858                              |

## 2.3 Финансовый план

В этом разделе обобщаются все предыдущие материалы и представляются в стоимостном выражении. Цель этого плана – определение эффективности предлагаемого проекта на основе оценки текущей финансовой информации.

Результаты финансовой и инвестиционной деятельности предприятия необходимо представить в виде следующих документов: план доходов и расходов; анализ безубыточности.

План составляется на три года, и в нем отражаются доходы, расходы и все виды налогов.

План показывает, как будет формироваться прибыль при постепенном увеличении объемов производства в связи с освоением производственной мощности и является прогнозом финансовых результатов деятельности предприятия (таблицы 2.16, 2.17).

Таблица 2.16 – План доходов и расходов

| Наименование статьи                                          | Величина показателя по годам<br>проекта |         |         |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------|---------|
|                                                              | 2017                                    | 2018    | 2019    |
| 1. Объем продаж, тыс.т                                       | 750000                                  | 780000  | 800000  |
| 2. Цена за 1 тонну, руб.                                     | 1490                                    | 1610    | 1750    |
| 3. Выручка от реализации, руб. (стр.1*стр.2)                 | 112000                                  | 126000  | 140000  |
| 4. Условно-переменные затраты (табл. 2.12)                   | 13831,78                                | 14523,4 | 15249,5 |
| 5. Условно-постоянные затраты (табл. 2.12)                   | 86419,23                                | 90740,5 | 95277,2 |
| 6. Проценты по кредитам (табл. 2.12)                         | -                                       | -       | -       |
| 7. Прибыль до вычетов налогов (стр.3- стр.4-<br>стр.5-стр.6) | 11749,0                                 | 20736,4 | 29473,3 |
| 8. Налоги, относящиеся на финансовый результат               | 1795,1                                  | 1884,9  | 1979,1  |
| 9. Налогооблагаемая прибыль (стр.7- стр.8)                   | 9953,9                                  | 18851,6 | 27494,2 |
| 10. Налог на прибыль (20% от стр.9)                          | 1990,8                                  | 3770,3  | 5498,8  |
| 11. Чистая прибыль (стр.9-стр.10)                            | 7963,1                                  | 15081,3 | 21995,3 |

Таблица 2.17 – Расчет налогов, относящихся на финансовый результат

| Наименование показателя                          | Условия расчета                  | Величина по годам |          |          |
|--------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|----------|----------|
|                                                  |                                  | 1-ый год          | 2-ой год | 3-ий год |
| 1. Налоги, относящиеся на финансовые результаты: |                                  |                   |          |          |
| 1.1 на имущество                                 | 2% от остаточной стоимости имущ. | 1497,7            | 1572,6   | 1651,2   |
| 1.2 на уборку территории                         | 1,5% от ФОТ                      | 48,2              | 50,6     | 53,1     |
| 1.3 на нужды образования                         | 1% от ФОТ                        | 32,1              | 33,7     | 35,4     |
| 1.4 целевой сбор                                 | (3% от МОТ* численность)*4       | 217,1             | 228,0    | 239,4    |
| 2. Налог на прибыль                              | 20% от налогообла-гаемой прибыли | 1990,8            | 3770,3   | 5498,8   |

## 2.4 Анализ безубыточности

Цель анализа – определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. Это означает, что выручка от реализации продукции (В) должна быть равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

$$Q \cdot Ц_i = З_{\text{пост}} + З_{\text{пер}} \cdot Q, \quad (2.4)$$

где  $З_{\text{пост}}$  – постоянные затраты на весь выпуск продукции, руб.;

$З_{\text{пер}}$  – переменные затраты на единицу продукции, руб./т;

$Ц_i$  – цена единицы продукции, руб./т.

Тогда точка безубыточности определится следующим образом:

$$Q_{\text{тб}} = \frac{З_{\text{пост}}}{Ц_i - З_{\text{пер}}} - T = \frac{95277,2}{1,750 - 15249,5/800000} = 611000 \text{ т.}$$

Выручка при безубыточном объеме производства составит

$$В = 611000 \cdot 1,750 = 106924 \text{ тыс. руб.}$$

Графически точка безубыточности определяется согласно рисунку 3.1.

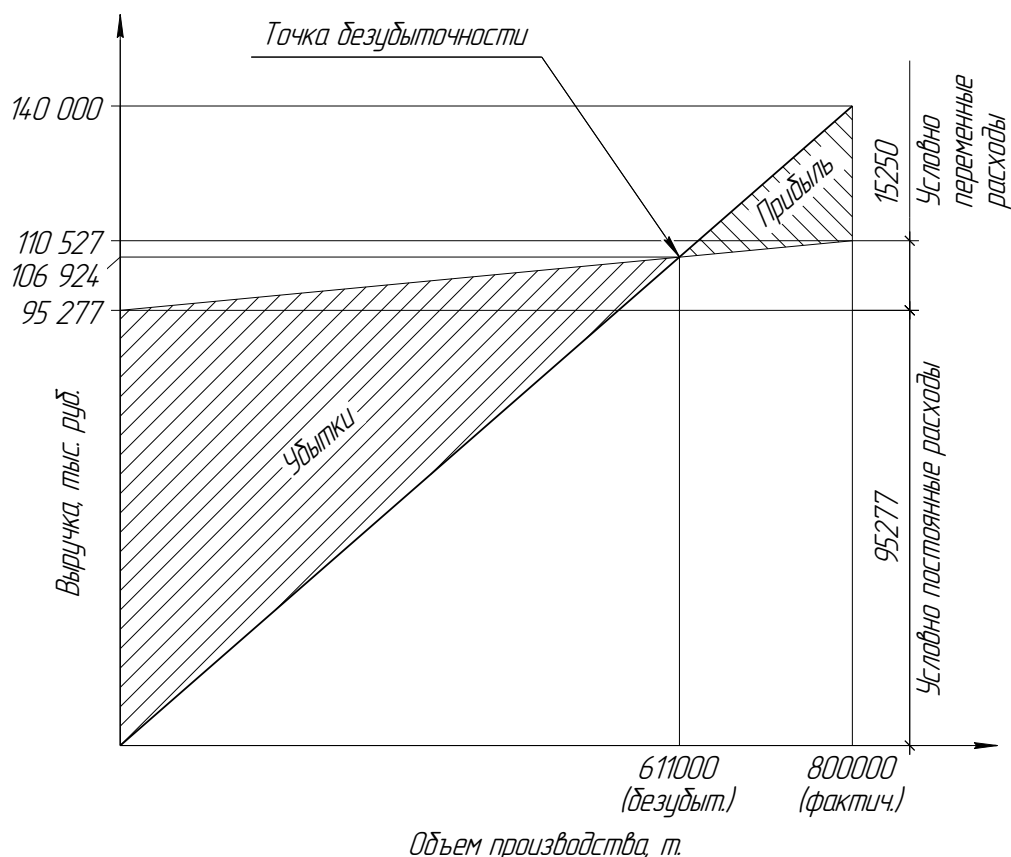


Рисунок 2.1 – Точка безубыточности

## 2.5 Выводы

На предприятии внедряется проект, целью которого является модернизация существующего колонного оборудования, загрузка свежего катализатора. Применение проектируемого колонного аппарата позволило повысить производительность установки, обеспечить качественный синтез и выработку продукции требуемого качества.

Определена экономической целесообразность проектируемой установки и разработана производственная программа на три года.

В результате проведенного усовершенствования мощность производства увеличена с 750000 т/год до 800000 т/год, себестоимость продукции составит 1250 руб. за тонну переработанного сырья. Чистая прибыль от реализации готовой продукции после проведения усовершенствования при максимальной загрузке оборудования в 2019 году 21995,3 тыс. руб. Безубыточный объем производства 61100 тонн. Выручка при безубыточном объеме производства составит 106924 тыс. руб. Дополнительные капитальные вложения необходимы в размере 1870 тыс. руб. Следовательно, усовершенствование оборудования экономически выгодно.