

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования «Национальный исследовательский Томский политехнический  
университет»

Школа	Инженерная школа природных ресурсов
Направление	Химическая технология
Отделение	Отделение химической инженерии
Специализация	Технология нефтегазохимии и полимерных материалов

**Методические указания к выполнению выпускной  
квалификационной работы на получение степени бакалавра  
по направлению 18.03.01 «Химическая технология»  
*Общие требования***

УДК 547.759

Методические указания к выполнению выпускной квалификационной работы на получение степени бакалавра по направлению 18.03.01 «Химическая технология». Общие требования Томск: Изд. ТПУ, 2023. – 14 с.

Составители:

Рецензент:

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры технологии органических веществ и полимерных материалов «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г., протокол № \_\_\_\_\_.

Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры  
\_\_\_\_\_ Е. И. Короткова

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
 Уровень образования высшее образование – бакалавриат  
 Отделение школы Отделение химической инженерии  
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2024 / 2025 учебного года

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

Обучающийся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>

Тема работы:

--

Срок сдачи студентом выполненной работы:

02.06.2025

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела
30.11.2024	Обзор литературы: технико-экономическое обоснование проекта, выбор конструкции основного аппарата, выбор технологической схемы производства	15
28.12.2024	Исходные данные для проектирования: характеристика продуктов, исходного сырья, полупродуктов и материалов, физико-химические основы процесса, описание технологической схемы производства	10
10.03.2025	Инженерные расчеты: материальный расчет, тепловой расчет, технологический, гидравлический и механический расчет основного аппарата	25
07.04.2025	Графическая часть: чертёж общего вида реактора	15
21.04.2025	Инженерные расчеты: подбор вспомогательного оборудования, контроль производства и управления	5
05.05.2025	Графическая часть: чертёж сборочных единиц реактора, чертёж технологической схемы	10
26.05.2025	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение / Социальная ответственность	20
02.06.2025	Сдача готовой работы	
09.06.2025	Размещение в ЭБС	

**СОСТАВИЛ:**

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
				14.10.2024

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Волгина Т. Н.	к.х.н.		14.10.2024

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
			14.10.2024

## Содержание

1. Общие положения.....	4
2. Тематика выпускных квалификационных работ.....	4
3. Порядок выполнения ВКР.....	4
4. Состав и содержание ВКР .....	4
5. Общие требования к структурным элементам пояснительной записки.....	5
6. Список рекомендуемой литературы.....	10
7. Приложения	
Приложение А. Форма календарного плана выполнения ВКР.....	14

## 1. Общие положения

1.1. Выпускная квалификационная работа (ВКР) – это работа на соискание академической степени «бакалавр», содержащая системный анализ известных технологических процессов и выполняемая самостоятельно, с использованием информации, усвоенной соискателем в рамках общетехнических и специальных дисциплин.

## 2. Тематика выпускных квалификационных работ.

### Задание на выпускную работу

2.1. Темы ВКР должны быть обсуждены на отделении и утверждены распоряжением директора инженерной школы природных ресурсов (ИШПР).

2.2. При выполнении ВКР рекомендуется следующие тематики:

- Проекты усовершенствования, реконструкции, расширения или модернизации технологических установок или узлов, состоящих из нескольких единиц оборудования;
- Проекты природоохранных установок в производстве органических веществ, полимеров и материалов на их основе;
- Оптимизация действующих установок или технологических узлов.

2.3. Задание на ВКР составляется руководителем работы и выдаётся студенту в 7 семестре.

2.4. Руководителями ВКР распоряжением директора ИШПР по представлению заведующего кафедрой-руководителя отделения на правах кафедры назначаются профессора или доценты этого подразделения.

## 3. Порядок выполнения ВКР

3.1. Перед началом выполнения ВКР студент составляет и согласовывает с руководителем план работы с указанием очередности и сроков выполнения отдельных разделов. Форма календарного плана выполнения ВКР приведена в приложении А.

3.2. Текущий контроль за ходом выполнения ВКР осуществляет руководитель проекта.

3.3. Студент персонально отвечает за принятые в ВКР решения, достоверность расчетов, обоснованность всех частей проекта, своевременность представления ВКР к защите.

## 4. Состав и содержание ВКР

4.1. ВКР должна содержать графическую часть и текстовый документ.

4.2. Графическая часть выполняется в виде чертежей формата А1. В обоснованных случаях допускается применение других форматов в соответствии с ГОСТ. Графическая часть включает:

- принципиальную технологическую схему с элементами КИПа;
- сборочный чертеж основного аппарата (общий вид аппарата в сборе, в рабочем состоянии и вид сверху);
- сборочные единицы (узлы), обеспечивающие работоспособность аппарата: уплотнение вала мешалки, ввод датчиков КИПа, фланцевые соединения, крепление мешалки на валу, и др.) по согласованию с руководителем ВКР.

7.3. Текстовый документ оформляется в виде пояснительной записки, которая должна включать следующие разделы:

В. И. Кленин, И. В. Федусенко. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 512 с.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C255396> Схема доступа: [https://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=5842](https://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=5842)

- Лашинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: справочник / А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский. – 3-е изд., стереотипное. – М.: ООО ИД «Альянс», 2008. – 752 с.
- Ровкина Н. М. Технологические расчеты в процессах синтеза полимеров: сборник примеров и задач : учебное пособие для вузов / Н. М. Ровкина, А. А. Ляпков; Томский политехнический университет. — 2-е изд. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 167 с.
- Федоров А. Ф. Системы управления химико-технологическими процессами: учебное пособие / А. Ф. Федоров, Е. А. Кузьменко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2-е изд.. — Томск: Изд-во ТПУ, 2015. — 224 с.
- Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств: учебник для вузов / М.В. Кулаков. – 4-е изд., стер. – Москва: Альянс, 2008. – 424 с.
- Беляков Г. И. Охрана труда и техника безопасности : учебник для прикладного бакалавриата [Электронный ресурс] / Г. И. Беляков. — 3-е изд., перераб. и доп.. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Юрайт, 2016. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Бакалавр. Прикладной курс. — Электронные учебники издательства "Юрайт". — Электронная копия печатного издания. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше.. — ISBN 978-5-9916-6038-9. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-89.pdf> (контент)

### Методическое обеспечение:

- Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления : стандарт СТО ТПУ 2.5.01-2011 [Электронный ресурс] / Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 619 KB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2006. — Система образовательных стандартов. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Свободный доступ из сети Интернет. — Системные требования: Adobe Reader.. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2009/ml.pdf> (контент)
- Положение о выпускных квалификационных работах бакалавра, специалиста и магистра в ТПУ. — утв. приказом ректора № 307-1/од от 03.11.2022 г. — 1 компьютерный файл (pdf; 3,29 MB). — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа [https://portal.tpu.ru/standard/final\\_attestation/vkr](https://portal.tpu.ru/standard/final_attestation/vkr) (контент)
- Бочкарев В. В. Графическая часть курсовых и дипломных проектов: учебно-методическое пособие / В. В. Бочкарев, А. А. Ляпков; Томский политехнический университет; Институт дистанционного образования. — Томск: Изд-во ТПУ, 2006. — 99 с.

- Бухалков М. И. Производственный менеджмент: организация производства : учебник / М. И. Бухалков. — 2-е изд. — Москва: Инфра-М, 2015. — 394 с.
- Дудка, О. Ф. Правоведение : учебное пособие / О. Ф. Дудка. — Томск : СибГМУ, 2016. — 237 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105875> (дата обращения: 17.07.2021). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
- Чекмарев, А. А. Инженерная графика. Машиностроительное черчение: учебник. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 396 с. — Текст: электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/983560> (дата обращения: 20.08.2021 - Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

#### *Дополнительные источники:*

- Лукманова, А. Л. Процессы и аппараты химической технологии. Примеры и задачи : учебное пособие / А. Л. Лукманова. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 64 с. — ISBN 978-5-8114-4272-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133888> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. Пользователей
- Ровкина Н.М. Химия и технология полимеров. Получение полимеров методами поликонденсации и полимераналогичных превращений : лабораторный практикум : учебное пособие / Н.М. Ровкина, А.А. Ляпков – Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 432 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU-LAN-BOOK-122142> Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/122142>
- Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров. Учебник [Электронный ресурс] – Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 368 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU-LAN-BOOK-51931> Схема доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=51931](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=51931) (контент) Схема доступа: <https://e.lanbook.com/img/cover/book/51931.jpg> (миниатюра)
- Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / О.М. Зиновьева, Б.С. Мастрюков, А.М. Меркулова [и др.]. — Москва : МИСИС, 2019. — 176 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116915> (дата обращения: 20.07.2021 г.). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ
- Боровлев И.В. Органическая химия: термины и основные реакции: учебное пособие / И. В. Боровлев. — Москва: Бином ЛЗ, 2010. — 359 с.: ил. — Химия. — Библиогр.: с. 347-348. — Предметный указатель: с. 349-359.. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4362](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4362).
- Общая химическая технология в 2 т.: / под ред. И. П. Мухленова.– М.: Альянс, 2009 / – Т. 2: Важнейшие химические производства.– 2009.– 263 с. – ISBN 978-5-903034-79-6/
- Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров. Учебник [Электронный ресурс] – Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 368 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU-LAN-BOOK-51931> Схема доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=51931](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=51931) (контент) Схема доступа: <https://e.lanbook.com/img/cover/book/51931.jpg> (миниатюра)
- Кленин В.И. Высокомолекулярные соединения: учебник [Электронный ресурс] /

- Титульный лист;
- Задание на выполнение ВКР;
- Реферат;
- Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки;
- Оглавление;
- Введение;
- Обзор литературы;
- Исходные данные для проектирования;
- Инженерные расчеты и аналитика;
- Финансовый менеджмент;
- Социальная ответственность;
- Заключение;
- Список использованных источников;
- Спецификация к основному аппарату и его узлам;
- Приложения.

## **5. Общие требования к структурным элементам пояснительной записки**

### **5.1. Задание**

5.1.1. Руководитель ВКР в соответствии с темой составляет задание по форме, приведённой в «Положение о ВКР бакалавра, специалиста и магистра в Томском политехническом университете» от 10.02.2014.

5.1.2. Формулировка темы для ВКР в задании точно должна соответствовать её формулировке в распоряжении директора школы.

5.1.3. Весь текстовый документ и графический материал оформляется в соответствии с «Положение о ВКР бакалавра, специалиста и магистра в Томском политехническом университете» от 10.02.2014, СТО ТПУ 2.5.01-2011.

### **5.2. Реферат**

5.2.1 Реферат объёмом не более 1 страницы должен размещаться на отдельном листе.

5.2.2. Реферат должен содержать:

- сведения о количестве страниц пояснительной записки;
- количество иллюстраций;
- количество таблиц;
- количество использованных источников;
- количество приложений;
- количество листов графического материала;
- перечень ключевых слов;
- текст реферата.

5.2.3. Ключевые слова (от 6 до 15 слов) приводятся в именительном падеже и записываются прописными буквами через запятые.

5.2.4. Текст реферата должен отражать:

- объект разработки;
- цель ВКР;
- основные технические решения ВКР;
- области и перспективы применения продукта.

### 5.3. Содержание

5.4.1. В содержании перечисляют заголовки разделов, список использованных источников, каждое приложение текстового документа и указывают номера листов (страниц), на которые они начинаются.

В конце содержания перечисляют графический материал, представленный к публичной защите.

### 5.4. Введение

Цель этого раздела – обосновать целесообразность данной ВКР. Раздел должен включать характеристику отрасли промышленности, к которой относится проектируемый объект, и отразить роль отрасли в развитии общества, а также место проектируемого объекта среди аналогов, его актуальность. Например, если темой ВКР является «Проект установки полимеризации этилена», студент должен показать какое значение для развития общества имеет промышленное производство полиолефинов и полимерных материалов на их основе. Затем следует отразить необходимость производства именно полиэтилена, его место среди других полиолефинов, а также проблему спроса полиэтилена в настоящее время и в будущем и сделать вывод о целесообразности производства указанного полимера.

### 5.5. Обзор литературы

Данный раздел включает следующие подразделы:

- Техничко-экономическое обоснование проекта;
- Конструктивные типы аппаратов;
- Технологическое оформление процесса

5.5.1. В *техничко-экономическом обосновании* следует отразить потребность в продукции и мощности проектируемой установки (отделении, цеха), привести известные методы получения продукта и сравнить их с указанием достоинств и недостатков, отметить какой способ является наиболее эффективным и экономически целесообразным;

5.5.2. В разделе *конструктивные типы аппаратов* привести примеры реакторов (или отдельных реакционных узлов), которые могут быть использованы для получения продукта, являющегося темой ВКР, описать их конструкцию и принцип действия, отметить достоинства и недостатки. Исходя из технико-экономических данных, приведенных в предыдущем разделе, определить, какая конструкция аппарата будет наиболее оптимальной для получения продукта с максимальным выходом при минимальных затратах.

5.5.3. В разделе *технологическое оформление процесса* проводится выбор технологической схемы на основании анализа существующих промышленных способов получения продукта с учетом задач дальнейшего технического прогресса, совершенствования технологии, модернизации и цифровизации производства, повышения ресурсоэффективности и пр..

### 5.6. Исходные данные для проектирования

Данный раздел состоит из двух подразделов:

- Характеристика продукта, исходного сырья, материалов и полупродуктов;
- Физико-химические основы процесса
- Описание технологической схемы производства

- Потехин, В. М. Химия и технология углеводородных газов и газового конденсата [Электронный ресурс] / Потехин В. М. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 568 с. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/96863>
- Лебедев Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза: учебник / Н. Н. Лебедев. — 4-е изд., перераб. и доп. — Репринтное воспроизведение. — Москва: Альянс, 2013. — 592 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C252496>
- Березин Д.Б. Органическая химия. Базовый курс: учебное пособие / Д. Б. Березин, О.В. Шухто, С.А. Сырбу, О.И. Койфман. — 2-е изд. испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 238 с.
- Стромберг, Армин Генрихович. Физическая химия : учебник для вузов / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко; под ред. А. Г. Стромберга. — 7-е изд., стер.. — Москва: Высшая школа, 2009. — 527 с.: ил.. — Литература: с. 511-515. — Предметный указатель: с. 516-522.. — ISBN 978-5-06-006161-1..
- Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А. М. Гумеров. — 2-е изд., перераб. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-1533-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/41014> (дата обращения: 17.03.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Схема доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=41014](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=41014)
- Основы аналитической химии в 2 т.: учебник для вузов: / Т. А. Большова [и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова . — 6-е изд. . — Москва : Академия , 2014 Т. 2 . — 2014. — 410 с.: ил.. — Библиография в конце глав. — Предметный указатель: с. 403-406.. — ISBN 978-5-4468-0518-1..
- Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения: учебник для бакалавров / В. В. Киреев. — Москва : Юрайт, 2013. — 602 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C246456>
- Основы автоматизации производственных процессов нефтегазового производства: учебник в электронном формате / под ред. М. Ю. Праховой. — 2-е изд., испр. — Москва: Академия, 2014. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/FN/fn-96.pdf>(дата обращения: 27.11.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный.
- Аникина, Е.А. Экономика: учебное пособие: в 2 частях / Е.А. Аникина, Л.М. Борисова, С.А. Дукарт. — Томск: ТПУ, 2016 – Часть 2: Макроэкономика – 2016. – 228 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/107761> (дата обращения: 17.07.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник для бакалавров / С. В. Белов. — 4-е изд.. — Москва: Юрайт, 2013. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/FN/fn-2440.pdf> ((дата обращения: 16.03.2019.- Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.- Текст: электронный.



## 5.10. Заключение

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам выполнения ВКР, оценку полноты решения поставленной задачи.

## 5.11. Приложения

В этом разделе могут быть размещены:

- описание нестандартного оборудования;
- самостоятельные материалы технологического характера;
- дополнительные расчеты;
- спецификация.

Каждое приложение должно начинаться с нового листа, иметь тематический заголовок и обозначение. Наверху посередине листа (страницы) пишут слово «Приложение» и ее буквенное обозначение (заглавные буквы русского языка, начиная с «А»), а над ним (в скобках) указывают степень необходимости приложения: «рекомендуемое», «справочное», «обязательное».

## 5.12. Список использованных источников.

В список включаются все источники, на которые имеются ссылки в пояснительной записке.

## 6. Список рекомендуемой литературы для выполнения ВКР

*Основные источники:*

- Сулягин В.М. Общая химическая технология полимеров: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.М. Сулягин, А.А. Ляпков А. А. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 208 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU-LAN-BOOK-130193> Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/130193>
- Сулягин В. М. Основы проектирования и оборудование производств полимеров : учебное пособие [Электронный ресурс] / В.М. Сулягин, А.А. Ляпков, В.Г. Бондалетов – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 464 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/99213> Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/99213> (контент)
- Общая химическая технология: учебное пособие / под ред. А. Г. Амелина. – Екатеринбург: АТП, 2015. – 400 с. – ISBN 5-6307-0462-4. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C326752>.
- Баранов, Д. А. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / Д. А. Баранов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 408 с. — ISBN 978- 5-8114-4984-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130186> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Потехин, В. М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки: учебник / В. М. Потехин, В. В. Потехин. — 3-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 887 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C367613>

5.6.1. *Характеристика продукта, исходного сырья, материалов и полупродуктов* осуществляется на основании выбранного метода производства в предыдущих разделах. Составляется перечень продуктов, получаемых при осуществлении процессов (основных и побочных), а также перечень исходных реагентов и материалов. В этом разделе обычно приводятся (в виде таблиц) физические характеристики веществ, которые будут необходимы для проведения расчетов, например такие, как молекулярная масса, теплоемкость, теплота испарения, вязкость жидкости и пара, плотность, насыпной вес, упругость насыщенных паров и т.д. При этом сообщаются источники, из которых взяты эти характеристики.

5.6.2. В *физико-химических основах* следует привести химизм выбранного процесса производства продукта, основные кинетические и термодинамические закономерности, влияние различных факторов на процесс. В этом разделе приводится конкретный материал по теме ВКР с учётом общих закономерностей процесса. На основании анализа теоретического материала должно быть сделано обоснование основных параметров ведения процесса (температуры, давления, концентрации исходных веществ и их соотношения, инициаторов, ингибиторов, катализаторов и т.п.).

5.6.3. *Описание технологической схемы* производства происходит после согласования технологической схемы с руководителем ВКР. При описании необходимо указать характер и последовательность технологических операций. При описании направления материального потока необходимо указывать номера позиций, соответствующих графическому изображению технологической схемы проектируемого производства. Оформление технологической схемы следует выполнять в соответствии с существующими стандартами и требованиями.

## 5.7. Инженерные расчеты и аналитика

Инженерные расчеты состоят из следующих подразделов:

- Материальный расчет;
- Тепловой расчет;
- Технологический расчет основного аппарата;
- Гидравлический расчет основного аппарата;
- Механический расчет основного аппарата;
- Подбор вспомогательного оборудования
- Контроль производства и управления.

5.7.1. Исходными данными для *материальных расчетов* являются:

- схема материальных потоков, отражающая характер и последовательность стадий протекания процесса (смотри технологическую схему);
- мощность цеха (установки, отделения) по товарному продукту;
- число дней работы в году установки или график ППР оборудования;
- производственная рецептура загрузки всех компонентов по каждой технологической стадии;
- потери по всем стадиям в %.

5.7.2. *Тепловой расчёт основного аппарата* (реактора) проводят для того, чтобы установить, удовлетворяет ли, выбранный аппарат (реактор) условиям

теплообмена. Расчет сводится к составлению теплового баланса аппарата с целью:

- определения поверхности теплообмена аппарата;
- расчёта необходимого количества теплоносителя или охлаждающего агента.

В заключении делается вывод, справляется ли аппарат, выбранный из условий массообмена, с тепловыми нагрузками.

5.7.3. Задача *технологического расчёта аппарата* заключается в определении объема, диаметра, высоты единичного аппарата, их количество.

Расчёт в общем случае должен содержать:

- эскиз аппарата;
- задачу расчета (с указанием, что требуется определить при расчете);
- данные для расчета;
- расчет.

Номинальную емкость цилиндрических аппаратов следует выбирать по ГОСТ.

По объему аппарата определяют его основные конструктивные размеры (диаметр и высоту). Полученные размеры также должны быть приведены в соответствие с действующими стандартами.

5.7.4. В *гидравлическом расчете* реактора необходимо определить полную потерю давления в аппарате, уточнить принятые ранее давления на выходе из аппарата и выяснить номинальный диаметр технологических штуцеров.

5.7.5. В *механическом расчете* решаются следующие задачи:

- Рассчитать толщину обечайки (царги), днища (крышки), патрубков штуцеров, змеевиков (для аппарата и рубашек); расчет производится на наиболее тяжелые условия; при работе аппарата под вакуумом проводится дополнительный расчет на устойчивость формы;
- рассчитать одно фланцевое соединение (главного разъема), расчеты остальных фланцев свести в таблицу;
- провести поверочный расчет опор;
- для колонных аппаратов, устанавливаемых на открытых площадках, провести расчет на ветровую нагрузку.

5.7.6. При *подборе вспомогательного оборудования* необходимо ответить на следующие вопросы: сколько потребуется, других аппаратов, кроме основного, и какими техническими характеристиками должны обладать эти аппараты. Выбор оборудования осуществляется по укрупнённым показателям: объёму (для ёмкостных аппаратов), по поверхности теплообмена (для теплообменников), по объёмной производительности или поверхности фильтрования (для фильтров) и т.д.

Для определения укрупнённых показателей аппаратов целесообразно объединить однотипные аппараты в группы и выполнять поверочные расчёты по типовым формулам для каждой группы. При выполнении этого подраздела для каждой группы аппаратов необходимо предусмотреть:

- эскиз;
- расчёт;
- заключение.

Примечание: В заключении с учётом данных практики устанавливают основные и уточняют остальные размеры аппарата, отвечающего проектируемой мощности процесса.

5.7.7. *Контроль производства* включает два вида:

- аналитический контроль производства;
- автоматический контроль и управление процессом.

Для выполнения подраздела «*Аналитический контроль производства*» исполнитель составляет карту аналитического контроля, а также перечень необходимых анализов. Затем приводится краткая методика анализа, отражающая его химическую или физико-химическую сущность и позволяющая количественно оценить контролируемый параметр.

При анализе сырья и готовой продукции необходимо делать ссылки на ГОСТы или ТУ, из которых взяты методики анализа.

Карта аналитического контроля выполняется в виде следующей таблицы:

Таблица 1. Карта аналитического контроля

Наименование продукта, подвергаемого анализу	Периодичность отбора проб	Контролируемый объект (позиция аппарата)	ГОСТ или ТУ на анализируемый продукт	Метод анализа
1	2	3	4	5

При выполнении подраздела «*Автоматический контроль и управление процессом*» необходимо опираться на нормы технологического режима, обоснованные в разделе «Теоретическая часть», исходя из особенностей проектируемого процесса. Целесообразно составить карту-график контроля и регулирования основных технологических параметров в виде таблицы:

Таблица 2. Карта контроля технологических параметров

Место измерения параметра	Контролируемый параметр	Нормы технологических показателей	Частота и способ контроля (регулирования)	Кто контролирует	Методы и средства контроля (регулирования)
1	2	3	4	5	6

Для проектируемого аппарата (узла) важно охарактеризовать выбранную систему автоматического управления процессом. Далее необходимо изложить принцип работы контуров автоматического контроля и регулирования технологических параметров: температуры, давления, расхода, уровня и др.

**5.8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение (оформляется по отдельно выданному заданию)**

**5.9. Социальная ответственность (оформляется по отдельно выданному заданию).**