

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Институт ветеринарии и биотехнологий

Кафедра технологии производства и переработки сельскохозяйственной
продукции

**Методические указания
по выполнению и защите курсовой работы (проекта) по дисциплине
«Основы проектирования предприятий биотехнологической
промышленности» для студентов очной формы обучения
направления подготовки
19.03.01 Биотехнологи
(профиль «Биотехнология продуктов питания»)**

Ставрополь 2026

Содержание

1. Цели и задачи работы.....	3
2. Рекомендуемые темы курсовых работ (проектов).....	5
3. Требования к структуре работы.....	7
4. Требования к оформлению работы.....	8
5. Список рекомендованных основных и дополнительных источников литературы.....	12
6. Требования к защите работы.....	14
7. Критерии оценки работы.....	15
Приложение 1.....	17
Приложение 2.....	18
Приложение 3.....	21

1. Цели и задачи работы

Систематизировать, углубить и расширить теоретические и практические знания по основам проектирования предприятий биотехнологической промышленности и применить их для решения конкретной инженерно-технологической задачи.

Цели выполнения курсовой работы (проекта):

- ~ исследовать принципы работы, конструктивные особенности и область применения ключевых узлов и аппаратов пищевого биотехнологического производства;
- ~ освоить методы расчёта и проектирования ферментеров, теплообменников, сепарационных и сушильных систем;
- ~ сформировать умение анализировать технические характеристики оборудования и оценивать их эффективность в конкретных технологических схемах;
- ~ развить способность применять теоретические знания инженерных дисциплин для решения практических задач проектирования;
- ~ приобрести опыт разработки комплексного проекта технологического участка пищевой биотехнологии;
- ~ подготовиться к решению реальных инженерных задач при создании и модернизации биотехнологических производств.

Конкретные задачи, решаемые обучающимися при написании курсовой работы(проекта), состоят в следующем:

- ~ Провести анализ научной и нормативной литературы (GMP, ISO, отраслевые стандарты) по выбранной теме проектирования.
- ~ Изучить классификацию, назначение и принципы работы оборудования для одной из ключевых стадий (ферментации, сепарации, теплообмен, сушка).
- ~ Оценить современные тенденции и инновационные решения в области пищевой биотехнологии.

~ Выполнить расчёты параметров работы оборудования:

- например, расчёт объёма и режима работы ферментера при заданной производительности;
- расчёт площади поверхности теплообменника для охлаждения сусле;
- определение производительности фильтра или центрифуги по заданным параметрам сусле.

~ Разработать проект узла или предложить усовершенствование существующей конструкции (модификация мешалки, оптимизация схемы тепло- и массообмена).

~ Провести технико-экономический анализ и оценить энергоэффективность разработанного решения.

~ Оформить результаты в соответствии с требованиями к технической документации: пояснительная записка, расчёты, технологическая схема, выводы и список литературы.

В процессе работы студент учится самостоятельно формулировать цели и задачи, планировать исследования, подбирать методы расчёта и инструменты проектирования, работать с нормативами и профильной литературой, оформлять проектные решения в соответствии с отраслевыми стандартами и требованиями. Курсовая работа демонстрирует способность применять комплексные знания инженерных и биотехнологических дисциплин для решения практических задач в пищевой биотехнологии и подготавливает студента к будущей профессиональной деятельности.

2. Рекомендуемые темы курсовых работ (проектов)

1. Проектирование однофазного ферментера для получения молочнокислых культур.
2. Разработка технологической схемы двухступенчатой ферментации кефира.
3. Расчёт и конструирование кожухотрубного теплообменника для охлаждения бродильного суслу.
4. Проект глубинного фильтра для очистки сыворотки.
5. Схема и расчёт центрифуги для отделения дрожжей после спиртового брожения.
6. Автоматизация поддержания рН и температуры в биореакторе объёмом 5 м³.
7. Энергоэффективная система рекуперации тепла на биотехнологическом участке.
8. Проектирование распылительной сушилки для производства молочного порошка.
9. Разработка схемы аэрации и газоочистки в ферментере для АБЭ брожения.
10. Установка обратного осмоса для подготовки воды к ферментации.
11. Выбор мембранного фильтра для концентрирования белков сыворотки.
12. Технологическая схема пастеризации, гомогенизации и последующей ферментации сока.
13. Проект системы СІР-моек для ферментационного отделения.
14. Лотковая сушка концентрированных фруктовых экстрактов.
15. Пенный скиммер и система удаления пены при пивоварении.
16. Моделирование массообмена кислорода в аэробном ферментере.
17. Расчёт теплоизоляции трубопроводов в пищевом биотехнологическом цехе.
18. АСУ ТП для сухого брожения с контролем параметров.

19. Двухступенчатая кассетная фильтрация кваса.
20. Производство йогурта с высоким выходом пробиотиков: схема и расчёты.
21. Вакуумная сушилка для экстрактов ягодных культур.
22. Ректификационная колонна для получения пищевого этанола.
23. Система аварийного сброса давления в ферментере.
24. Валидация и квалификация (IQ/OQ/PQ) теплообменного оборудования.
25. Технологическая карта сепарации и концентрирования биопрепаратов.
26. Модульная установка для производства лактозы из сыворотки.
27. Теплообменник-регенератор для линии сокопереработки.
28. Управление стерильностью воздуха в асептическом отделении.
29. Микрокапсулирование пробиотиков методом спрея.
30. Ресурсосберегающая схема приготовления питательной среды для культивирования микроорганизмов.

3. Требования к структуре работы

Структура курсовой работы (проекта) должна включать следующие элементы:

- титульный лист (Приложение 1);
- содержание (оглавление);
- введение;
- основную часть;
- заключение с указанием основных результатов работы;
- список использованных источников литературы;
- приложения (при необходимости).

Важным этапом подготовки курсовой работы (проекта) является разработка плана курсовой работы (проекта). Основной задачей плана является структурирование работы, формулировка заголовков глав и разделов курсовой работы. Названия глав формулируются на основании вопросов, подлежащих разработке. Подобный подход обеспечивает выполнение требования к курсовой работе о соответствии ее содержания теме. Аналогичный подход применим к формулировке разделов глав, которые должны раскрывать содержание каждой главы по тому заголовку, в котором они сформулированы. Практика показывает, что наиболее характерными ошибками при разработке плана являются:

1. Совпадение названия глав (разделов) с темой курсовой работы (главы).
2. Названия глав (разделов) не раскрывают реального содержания темы курсовой работы (главы) и относятся к другой области знаний (дисциплине).

Обе ошибки недопустимы, особенно вторая, поскольку она приводит к несоответствию содержания курсовой работы ее теме.

4. Требования к оформлению работы

Курсовая работа (проект) оформляется в соответствии с общими правилами оформления научно-исследовательских работ.

Титульный лист курсовой работы (проекта) содержит следующие элементы: полное наименование вышестоящего органа (Министерство сельского хозяйства Российской Федерации), университета (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет» института / факультета и кафедры, название дисциплины; тему курсовой работы (проекта); сведения об исполнителе (Ф.И.О. обучающегося, группа, подпись); сведения о преподавателе (Ф.И.О., ученая степень, ученое звание); наименование места и год выполнения; сведения о регистрации на кафедре, количество баллов (по БРС) и оценка (переведенная в пятибалльную систему), даты и подписью ведущего преподавателя.

Содержание (Оглавление) включает порядковые номера и наименование структурных элементов курсовой работы (проекта) с указанием номера страницы, на которой они помещены.

№	Раздел	Содержание
1	Титульный лист	Название работы, ФИО студента, научный руководитель, учебное заведение, год
2	Оглавление	Перечень разделов и подразделов с указанием страниц
3	Введение	Актуальность темы; цель и задачи работы; объект и предмет исследования; методология; обзор глав
4	Глава 1. Теоретический обзор	1.1. История и современные тенденции; 1.2. Классификация и назначение оборудования; 1.3. Нормативы
5	Глава 2. Техническое задание	2.1. Исходные данные (технические параметры); 2.2. Требования к процессу; 2.3. Выбор режима работы
6	Глава 3. Расчётная часть	3.1. Расчёт объёма/производительности (ферментера, теплообменника и т. д.); 3.2. Тепло- и массообмен; 3.3. Сепарация/сушка

7	Глава 4. Технологическая схема	4.1. Блок-схема производственного участка; 4.2. Описание узлов и потоков; 4.3. Автоматизация
8	Глава 5. Технико- экономическое обоснование	5.1. Энергоэффективность и затраты; 5.2. Анализ окупаемости; 5.3. Оценка рисков
9	Заключение	Основные выводы по всем главам; степень достижения цели; рекомендации
10	Список литературы	Перечень нормативных документов, учебников, статей, стандартов
11	Приложения	Чертежи, расчётные таблицы, графики, нормативы, программы расчётов

Введение характеризует:

- актуальность темы исследования - обоснование теоретической и практической важности выбранной для исследования проблемы;
- цель и задачи курсовой работы (проекта) - краткая и четкая формулировка цели проведения исследования и нескольких задач, решение которых необходимо для достижения поставленной цели;
- предмет исследования - формулировка конкретного вопроса или анализируемой проблемы;
- объект исследования;
- методы исследования (желательно);
- структуру работы - краткое содержание глав и параграфов основной части работы.

Последовательность рубрик должна соответствовать приведенному перечню, наименование каждой рубрики выделяется в тексте жирным шрифтом.

Приложение 3 является образцом основной части в МУ к КР(КП), которую желательно включить в указания, как основу для дальнейшей работы студента.

В списке использованных источников литературы должны быть представлены основные источники по теме:

- нормативно-правовые документы (ГОСТы, кодексы, стандарты, законы);
- учебники и учебные пособия;
- отраслевые периодические издания;
- научные статьи, монографии и материалы научных конференций;
- интернет-ресурсы (официальные сайты организаций, базы данных и т.д.)
- материалы лабораторных и полевых исследований;
- данные, собранные во время практик.

Список должен содержать не менее 10 современных источников, изученных обучающимися (преимущественно даты издания не более 5 лет относительно года написания курсовой работы, кроме исторических вопросов).

На основные приведенные в списке источники должны быть ссылки в тексте курсовой работы. Они проставляются в квадратных скобках с указанием номера источника, под которым он значится в списке литературы.

Приложения - вспомогательные иллюстративно-графические, табличные, расчетные и текстовые материалы, которые нецелесообразно (объем более 1 страницы) приводить в основном тексте курсовой работы (проекта).

Курсовая работа должна быть напечатана на стандартном листе писчей бумаги в формате А4 с соблюдением следующих требований:

- поля: левое - 30 мм, правое - 15 мм, верхнее - 20 мм, нижнее - 20 мм;
- шрифт размером 14 пт, гарнитурой Times New Roman;
- межстрочный интервал - полуторный;
- отступ красной строки - 1,25;
- выравнивание текста - по ширине.

Рекомендуемый общий объем курсовой работы не менее 25 страниц. Рекомендуемый объем введения: 2-3 страницы, заключения: 1-2 страницы, остальной объем страниц составляет основная часть работы.

Курсовые работы (проекты), включающие техническую составляющую,

должны содержать сопроводительную документацию. Требования к документации устанавливаются кафедрами в соответствии со спецификой дисциплины и отражаются в методических указаниях по выполнению курсовой работы (проекта).

Использование обучающимся технологий искусственного интеллекта для генерации текста и / или повышения его оригинальности признается некорректным заимствованием за исключением случаев, когда в рамках выбранной темы по согласованию с ведущим преподавателем предусматривается возможность использования технологий искусственного интеллекта при выполнении курсовой работы (проекта). При этом, обучающийся обязан: указать во введении, в каких разделах курсовой работы (проекта) и в связи с чем были использованы технологии искусственного интеллекта; в тексте курсовой работы (проекта) сделаны сноски с указанием, что материал был подготовлен с использованием технологий искусственного интеллекта.

5. Список рекомендованных основных и дополнительных источников литературы

Основная литература

1. Shuler M. L., Kargi F. Bioprocess Engineering: Basic Concepts / M. L. Shuler, F. Kargi. – 2nd ed. – Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall, 2001. – 608 p.
2. Carlson R. P., Srienc F., et al. Bioprocess Engineering Principles / R. P. Carlson, F. Srienc et al. – 3rd ed. – Oxford : Academic Press/Elsevier, 2025. – 752 p.
3. Bailey J. E., Ollis D. F. Biochemical Engineering Fundamentals / J. E. Bailey, D. F. Ollis. – New York : McGraw-Hill, 1977. – 720 p.
4. Liu S. Bioprocess Engineering: Kinetics, Sustainability, and Reactor Design / S. Liu. – Hoboken, NJ : Wiley, 2012. – 560 p.
5. Подгорный Ю. И., Скиба В. Ю., Мартынова Т. Г. Технологическое оборудование: расчёт и проектирование / Ю. И. Подгорный, В. Ю. Скиба, Т. Г. Мартынова. – Новосибирск : НГТУ, 2024. – 384 с.
6. Проектирование предприятий биотехнологии : учеб. пособие / под ред. Т. П. Ивановой. – СПб : Лань, 2020. – 312 с.
7. Крючкова В. В., Широкова Н. В. Пищевая биотехнология / В. В. Крючкова, Н. В. Широкова. – Ростов-на-Дону : Донской ГАУ, 2018. – 256 с.
8. Песцов Г. В., Жуков Н. Н. Биотехнология: учеб.-метод. пособие / Г. В. Песцов, Н. Н. Жуков. – Томск : ТГПУ, 2021. – 198 с.
9. Mironov P. V., Alaudinova E. V. Методы выделения и анализа продуктов биосинтеза / P. V. Mironov, E. V. Alaudinova. – Новосибирск : Лань, 2019. – 312 с.
10. ISO 22000:2018. Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. – Geneva : ISO, 2018.

Дополнительная литература

1. Долгих В. И. Теплообмен и теплоэнергетика в биотехнологии / В. И. Долгих. – М. : Химия, 2019. – 224 с.

2. Сидоров А. К. Автоматизация биотехнологических процессов / А. К. Сидоров. – М. : Горячая линия–Телеком, 2021. – 288 с.
3. Anandharamakrishnan C. Essentials and Applications of Food Engineering / C. Anandharamakrishnan. – Boca Raton, FL : CRC Press, 2019. – 408 p.
4. Anandharamakrishnan C., Moses J. A. Spray Drying Techniques for Food Ingredient Encapsulation / C. Anandharamakrishnan, J. A. Moses. – Hoboken, NJ : Wiley, 2015. – 336 p.
5. Putting Biotechnology to Work: Bioprocess Engineering / eds. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. – Washington, DC : The National Academies Press, 2003. – 276 p.
6. Roehm E. Process Biotechnology: Designing Biochemical Processes / E. Roehm. – Hoboken, NJ : Wiley, 2013. – 642 p.
7. Doran P. M. Bioprocess Engineering Principles / P. M. Doran. – Amsterdam : Academic Press, 2012. – 510 p.
8. Villadsen J., Nielsen J., Lidén G. Bioreaction Engineering Principles / J. Villadsen, J. Nielsen, G. Lidén. – 2nd ed. – New York : Springer, 2011. – 464 p.
9. Rao V., Slade R. Sustainable Bioprocess Development / V. Rao, R. Slade. – Hoboken, NJ : Wiley, 2020. – 372 p.
10. Codex Alimentarius. General Principles of Food Hygiene (CAC/RCP 1–1969, Rev. 4–2003). – Rome : FAO/WHO, 2003.

6. Требования к защите работы

В целях выполнения требований по хранению курсовых работ (проектов) законченная и оформленная в соответствии с установленными требованиями курсовая работа (проект) и сопроводительный материал предоставляется преподавателю для защиты в распечатанном виде.

Курсовая работа (проект) допускается к защите при выполнении следующих условиях:

- степень оригинальности текста курсовой работы (проекта) не ниже 25% для работ, выполненных обучающимися по образовательным программам бакалавриата и специалитета, не ниже 35% - по образовательным программам магистратуры;

- наличия рецензии преподавателя, принимающего курсовую работу (проект) (Приложение 2).

Защита курсовых работ (проектов) относится к промежуточной аттестации и проводится в конце семестра. Защита курсовых работ (проектов) назначается кафедрой, дирекцией/деканатом вносится в расписание промежуточной аттестации и отражается в расписании учебных занятий.

Защиту курсовых работ (проектов) проводит ведущий преподаватель, а в случае возникновения спорных ситуаций создается комиссия, в состав которой входит заведующий кафедрой и преподаватели кафедры.

Защита работы проходит в форме публичного выступления (5-7 мин.) с представлением результатов работы в виде презентации (5-7 слайдов) и ответов на вопросы преподавателя/комиссии (5 мин).

Для защиты курсовой работы обучающийся готовит текст доклада. В тексте выступления отражается:

- актуальности выбранной темы;
- цели и основные задачи курсовой работы;
- основное содержание курсовой работы;
- основные выводы и практические рекомендации.

7. Критерии оценки работы

Выполненная и защищенная курсовая работа (проект) оценивается в соответствии с учетом балльно-рейтинговой системы оценивания и критериями оценки, которые указаны в рабочей программе дисциплины.

В соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов, обучающихся по образовательным программам высшего образования курсовую работу (проект) необходимо оценить по следующим критериям с учетом установленных максимальных баллов:

Критерий	Максимальное значение в баллах	Набранных баллов
Оформление курсовой работы/проекта	10	
Содержание курсовой работы/проекта	60	
Защита курсовой работы/проекта	30	
ИТОГО	100	

Содержание критериев оценки курсовой работы (проекта):

1. Оформление курсовой работы (проекта):

-10 баллов - курсовая работа соответствует всем требованиям к ее оформлению. При оформлении курсовой работы использовались современные средства визуализации информации.

-5 баллов - курсовая работа частично соответствует требованиям к ее оформлению, представленный материал проиллюстрирован не качественно. При оформлении курсовой работы (проекта) современные средства визуализации информации не использовались.

2. Содержание курсовой работы (проекта):

-60 баллов - в курсовой работе подобраны необходимые информационные источники, информация использована корректно, все вопросы и разделы освещены полностью, для выводов приведены достаточные обоснования;

-40 баллов - в курсовой работе подобраны не все необходимые информационные источники, информация использована не везде корректно, не все вопросы и разделы освещены полностью, для выводов не приведены достаточные обоснования;

-20 баллов - в курсовой работе отсутствуют некоторые разделы, или их название не отвечает содержанию.

3. Защита курсовой работы (проекта):

-30 баллов - студент продемонстрировал полное понимание всех положений защищаемой работы, четкость и правильность изложения ответов на все вопросы, заданные преподавателем;

-20 баллов - студент продемонстрировал понимание основных положений защищаемой работы, четкость и правильность изложения ответов на большую часть вопросов, заданных преподавателем;

-10 баллов - студент дал недостаточно полные ответы на вопросы, на некоторые из них дал ошибочные ответы или не ответил.

Перевод оценки из 100-балльной в пятибалльную систему оценки знаний осуществляется следующим образом:

-89-100 - оценка «отлично»,

-77 - 88 баллов - оценка «хорошо»,

-65 - 76 баллов - оценка «удовлетворительно»,

-менее 64 баллов - оценка «неудовлетворительно».

При неудовлетворительной оценке курсовой работы обучающийся имеет право на повторную защиту после доработки и внесения исправлений.

У обучающегося, не сдавшего в установленный срок курсовую работу (проект) и/или не защитившего её по неуважительной причине, образуется академическая задолженность.

Оценка за курсовую работу (проект) фиксируется в зачетной книжке обучающегося и в электронной ведомости. Распечатанный и подписанный оригинал ведомости храниться в деканате факультета/института в соответствии со номенклатурой дел и сроками хранения документов 5 лет.

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

**Институт ветеринарии и биотехнологий
Кафедра технологии производства и переработки сельскохозяйственной
продукции**

**Курсовая работа
по дисциплине «Основы проектирования предприятий
биотехнологической промышленности»
Тема: «Название»**

Выполнил:

Студент __ курса ____ группы
ФИО

Направление подготовки: _____

Форма обучения: _____

Проверил:

уч. степень, должность
ФИО _____

Зарегистрирована

« ____ » _____ 20 ____ г.

Критерий	Максимальное значение в баллах	Набранных баллов
Оформление курсовой работы (проекта)	10	
Содержание курсовой работы (проекта)	60	
Защита курсовой работы (проекта)	30	
ИТОГО	100	

Оценка « _____ » Дата _____ Подпись _____

Ставрополь, 20 ____

Кафедра: технологии производства и переработки сельскохозяйственной
продукции

РЕЦЕНЗИЯ
на курсовую работу

Тема _____

Обучающийся (Ф.И.О.) _____

Курс _____ Группа _____

Преподаватель (Ф.И.О.) _____

Выполнение общих требований к курсовой работе (проекту)

1	Объем работы соответствует установленным требованиям	Да/нет
2	Степень оригинальности курсовой работы (проекта) соответствует установленным требованиям	Да/нет (указать %)

Критерии оценивания курсовой работы (проекта)

Критерии	Количество баллов	Содержание критерия оценки	Итоговый балл
Оформление курсовой работы (проекта)	10	Курсовая работа соответствует всем требованиям к ее оформлению. При оформлении курсовой работы использовались современные средства визуализации информации.	
	5	Курсовая работа частично соответствует требованиям к ее оформлению, представленный материал проиллюстрирован не качественно. При оформлении курсовой работы (проекта) современные средства визуализации	

		информации не использовались.	
Содержание курсовой работы (проекта)	60	В курсовой работе подобраны необходимые информационные источники, информация использована корректно, все вопросы и разделы освещены полностью, для выводов приведены достаточные обоснования.	
	40	В курсовой работе подобраны не все необходимые информационные источники, информация использована не везде корректно, не все вопросы и разделы освещены полностью, для выводов не приведены достаточные обоснования.	
	20	В курсовой работе отсутствуют некоторые разделы, или их название не отвечает содержанию.	
Защита курсовой работы (проекта)	30	Студент продемонстрировал полное понимание всех положений защищаемой работы, четкость и правильность изложения ответов на все вопросы, заданные преподавателем.	
	20	Студент продемонстрировал понимание основных положений защищаемой работы, четкость и правильность изложения ответов на большую часть	

		вопросов, заданных преподавателем.	
	10	Студент дал недостаточно полные ответы на вопросы, на некоторые из них дал ошибочные ответы или не ответил.	
ИТОГО:			<i>Указывается итоговый балл по всем критериям</i>

Рекомендации:

Ведущий преподаватель _____

_____/_____ (ФИО) (подпись)

1. Титульный лист

Что должно быть:

- Полное официальное название учреждения, кафедры, дисциплины.
- Тема курсовой работы.
- ФИО студента, группы, ФИО руководителя, город и год.

Иллюстрации: не требуются.

2. Оглавление

Что должно быть:

- Полный перечень разделов и подразделов с номерами страниц.
- Выстроенная иерархия (1, 1.1, 1.1.1 и т.д.).

Иллюстрации: не требуются.

3. Введение

Что должно быть рассмотрено:

- **Актуальность темы** – почему важно проектировать именно такие узлы/процессы.
- **Цель и задачи исследования** – какие инженерно-технологические вопросы будут решаться.
- **Объект и предмет исследования** – чётко указать, что именно проектируется.
- **Методология и источники** – кратко: расчётные методы, нормативы, аналитика.
- **Структура работы** – перечень глав и приложений.

Иллюстрации: не требуются (возможно условная схема структуры).

4. Глава 1. Теоретический обзор (реферативная часть)

Что должно быть рассмотрено:

- **Обзор литературы по теме** – собрать не менее 10-15 источников (монографии, статьи, стандарты).
- **Подразделы по ключевым вопросам.** Каждую тему раскрыть в виде собственного подраздела.
- **Классификация оборудования и технологий**
- **Нормативные требования (GMP, ISO, отраслевые СТ)**
- **Обобщение и собственные выводы (0,5-1 стр.)**

Пример структуры реферативной части (тема “Проектирование ферментеров”):

- 1.1. Понятие ферментера, его назначение и основные типы.
- 1.2. Критерии выбора материала и конструкции при пищевом производстве.
- 1.3. Современные инновации в конструкции мешалок и аэрации.
- 1.4. Нормативные требования по гигиене и чистке (GMP).

Выводы: обобщение преимуществ выбранных подходов и указание возможных проблем при применении.

Иллюстрации:

- **Рисунки/схемы** классификаций, эскизов оборудования.
- **Таблицы** сравнительных характеристик.
- **Графики** динамики развития технологий (опционально).

5. Глава 2. Техническое задание

Что должно быть рассмотрено:

- **Исходные данные и параметры:** объём, концентрации, температурные режимы, требуемая производительность.
- **Функциональные требования:** требования к чистоте, непрерывности, энергоэффективности.
- **Ограничения и допущения:** ресурсы, материалы, нормативы.
- **Методика расчётов:** указание используемых формул и стандартных справочников.

Иллюстрации:

- **Таблица** свода исходных параметров.
- **Простая блок-схема** технологического процесса (может дублироваться с Гл. 4).

6. Глава 3. Расчётная часть

Что должно быть рассмотрено:

- **Расчёт объёма/производительности ферментера** (или другого аппарата) с конкретными числовыми параметрами.
- **Теплообменные расчёты:** подбор площади теплообменника, режимы работы.
- **Массообмен и сепарация:** расчёт скорости фильтрации, центрифугирования.
- **Промежуточные итоги:** проверка полноты и логики расчётов.

Иллюстрации:

- **Таблицы** с исходными и промежуточными данными расчётов.
- **Графики** зависимостей (температурные, кинетические).
- **Схемы** расчётных моделей (опорные чертежи).

7. Глава 4. Технологическая схема

Что должно быть рассмотрено:

- **Полная блок-схема производственного участка** с указанием всех аппаратов и потоков.
- **Описание каждого узла:** назначение, принципы работы, связь.
- **Системы контроля и автоматизации:** перечень датчиков, алгоритмы регулирования.

Иллюстрации:

- **Основной рисунок** – технологическая схема (обязательно).
- **Таблица** со спецификацией оборудования (тип, производитель, основные параметры).

8. Глава 5. Технико-экономическое обоснование

Что должно быть рассмотрено:

- **Расчёт энергопотребления:** суммарные и по узлам.
- **Эксплуатационные затраты (ОРЕХ) и капитальные вложения (CAPEX).**
- **Оценка окупаемости и анализа чувствительности (NPV, IRR, срок окупаемости).**
- **Анализ рисков и меры смягчения.**

Иллюстрации:

- **Таблицы** сводных экономических расчётов.
- **Графики** cash-flow, точек безубыточности.
- **Диаграммы** распределения затрат.

9. Заключение

Что должно быть рассмотрено:

- Краткие выводы по каждой из целей и задач.
- Оценка того, насколько выполнены задачи работы.
- Практические рекомендации по внедрению проекта.
- Предложения по дальнейшим исследованиям.

Иллюстрации:

- Обычно не требуются, но можно добавить итоговую схему или диаграмму.

10. Список литературы

Что должно быть:

- Все использованные источники – не менее 15 позиций (монографии, статьи, стандарты).
- Оформление по ГОСТ или АРА, в зависимости от требований.

11. Приложения

Что должно быть:

- **Детальные чертежи** полного формата.
- **Полные таблицы расчётов** (Excel-таблицы, если нужно).
- **Дополнительные графики/диаграммы.**
- **Программные листинги** (если использовались калькуляторы или модели).

Иллюстрации:

- Любые – по необходимости, чтобы облегчить чтение основной части.