

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический
университет»**

Основы конструирования аппаратов биотехнологических производств

Методические указания по самостоятельной работе
студентов направления 19.04.01 «Биотехнология», обучающихся по программе
магистратуры «Технология биологически активных веществ»

Основы конструирования аппаратов биотехнологических производств. Методические указания по самостоятельной работе студентов направления 19.04.01 «Биотехнология», обучающихся по программе магистратуры\ «Технология биологически активных веществ»: Составитель: Привалова Е.А. Иркутск: ИРНИТУ, 2026.– 13 с.

Методические указания содержат рекомендации по выполнению самостоятельной работы, предусмотренной программой курса «Основы конструирования аппаратов биотехнологических производств».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Методические рекомендации по отдельным формам самостоятельной работы	5
1.1. Подготовка к практическим занятиям.....	5
1.2. Проработка разделов теоретического материала.....	7
1.3. Подготовка к контрольным работам.....	7
1.4. Написание курсовой работы.....	8
2. Методические рекомендации по подготовке к экзамену.....	10
2.1. Контрольные вопросы к экзамену.....	11
3. Рекомендуемая литература.....	12

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Основы конструирования аппаратов биотехнологических производств» является частью учебного плана подготовки специалистов по направлению 19.04.01 «Биотехнология» в рамках магистерской программы «Технология биологически активных веществ». Дисциплина обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения (табл. 1).

Таблица 1. Компетенции и индикаторы их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК-2 Способен использовать специализированное программное обеспечение, базы данных, адаптировать известные программные продукты, элементы искусственного интеллекта для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.2
ОПК-5 Способен планировать и проводить комплексные экспериментальные и расчетно теоретические исследования по разработанной программе, критически анализировать, обобщать и интерпретировать полученные экспериментальные данные	ОПК-5.3

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие знания и умения (табл. 2).

Таблица 2. Результаты обучения

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК-2.2	Демонстрирует способность к использованию специализированного программного обеспечения, баз данных, элементов искусственного интеллекта при конструировании аппаратов	Знать основные виды материалов, применяемых для изготовления оборудования биотехнологических производств; требования и критерии выбора материалов для изготовления оборудования биотехнологических производств. Уметь применять математические методы для осуществления инженерного, конструктивного и прочностного расчета основных узлов ёмкостной аппаратуры, применяемой в биотехнологических производствах. Владеть методами определения расчетных характеристик, используемых в алгоритмах инженерного, конструктивного и прочностного расчета емкостного оборудования; методами поиска и валидации технической и технологической информации, необходимой для осуществления инженерных и конструктивных расчетов; специализированным программным обеспечением, применяемым при создании конструкторской документации.
ОПК-5.3	Демонстрирует способ-	Знать задачи и порядок инженерного и

	ность к планированию и проведению комплексных расчетно-теоретических исследований по разработанной программе, к критическому анализу, обобщению и интерпретации полученных данных при конструировании промышленных аппаратов	конструктивного расчета аппаратов биотехнологических производств; ограничения и допущения используемых алгоритмов расчета; нормативную и справочную документацию, обеспечивающую теоретическую базу расчетно-теоретических исследований в области конструирования биотехнологического оборудования. Уметь разрабатывать порядок расчетно-аналитических мероприятий при конструировании биотехнологической аппаратуры; верифицировать, обобщать и интерпретировать данные, полученные в ходе инженерных и конструктивных расчетов биотехнологического оборудования. Владеть навыками критического анализа и оценки достоверности полученных результатов.
--	--	---

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 33 часа. Виды самостоятельной работы представлены в табл. 3.

Таблица 3. Виды самостоятельной работы по курсу
«Основы конструирования аппаратов биотехнологических производств»

№ пп	Вид работы	Кол-во часов
1	Написание курсовое проекта (работы)	19
2	Подготовка к контрольным работам	4
3	Подготовка к практическим занятиям.	6
4	Проработка разделов теоретического материала	4
	Всего	33

1. Методические рекомендации по отдельным формам самостоятельной работы

1.1. Подготовка к практическим занятиям

На практических занятиях студенты знакомятся с методиками расчетов отдельных узлов аппарата на примере комплекта задач, сформированного с учетом специфики аппаратостроения биотехнологических производств. Для решения этих задач студенты должны иметь представление об основных конструкциях узлов аппарата, методах их расчета и расчетных параметрах. В соответствии с этим, подготовка к практическим занятиям складывается из изучения материалов лекций и учебной литературы, изучения нормативной литературы (ГОСТов, ОСТов, нормалей) и справочной литературы, а также самоконтроля по предлагаемым контрольным вопросам.

1.1.1. Контрольные вопросы

1. Что такое сварка? Виды сварных швов. Основные принципы выполнения и размещения сварных швов на корпусах емкостных аппаратов.
2. Из каких узлов состоит емкостной аппарат?
3. Какие конструкции днищ применяются для аппаратов бродильных производств? Чем обусловлено применение той или иной конструкции днища?
4. Что такое «отбортовка»? Какую роль она выполняет?
5. Какие напряжения действуют в оболочке аппарата? От чего зависит толщина оболочки?
6. Что такое рабочая и расчетная температура? Как определяется расчетная температура?
7. Что такое рабочее и расчетное давление? В каких случаях расчетное давление может быть выше рабочего?
8. Что такое пробное давление? От чего оно зависит?
9. Что такое номинальное давление? Для чего оно служит?
10. Что такое допускаемое напряжение? Как оно определяется? Как поступают в тех случаях, когда неизвестно допускаемое напряжение?
11. Что такое расчетная и исполнительная толщина стенки? Чем отличаются эти величины?
12. Какие прибавки к расчетным толщинам стенки вы знаете? От чего зависит прибавка на коррозию?
13. Для крепления каких частей аппарата применяются фланцевые соединения?
14. Перечислите основные типы фланцев. Для каких аппаратов они применяются?
15. Какие виды уплотнений фланцевых соединений вы знаете? Поясните принцип работы уплотнений с пластической деформацией.
16. Какие виды уплотнений с пластической деформацией применяются для изготовления аппаратуры в биотехнологических производствах?
17. Какие материалы применяются в качестве прокладочных в биотехнологическом машиностроении?
18. Какие крепежные детали используются для закрепления фланцев? Как они выбираются?
19. Какие требования предъявляются к материалам фланцев и крепежных деталей?
20. Что такое штуцер? Для чего он служит?
21. Как присоединяют штуцера к аппарату? Что такое вылет штуцера?
22. Какие виды перемешивающих устройств используются в биотехнологической аппаратуре?
23. Назначение лопастных, рамных, пропеллерных и якорных мешалок, их основные характеристики.
24. Какие мешалки относятся к тихоходным, а какие — к быстроходным?

25. От чего зависит мощность, потребляемая мешалкой?
26. Что такое центробежный критерий Рейнольдса? От чего зависит его величина?
27. Как определить критерий мощности для мешалок разной конструкции?
28. Опишите простейшие способы крепления рабочего органа мешалки на валу.
29. Что такое шпонка? Для чего она служит? Какие виды шпонок вы знаете?
30. От чего зависят размеры шпонки?
31. Что такое ступица? Опишите простейшие конструкции ступиц мешалок, способы крепления лопастей мешалок к ступице.
32. По какой справочной литературе можно осуществить выбор шпонки?
33. Каково назначение уплотнительного узла вращающегося вала?
34. Какие виды уплотнений вы знаете? Какие из них наиболее надежны в работе?
35. Из каких частей состоит сальниковое уплотнение?
36. Что такое сальниковая набивка, ее назначение? Какие материалы используются для сальниковой набивки?
37. Что такое фонарное кольцо, его назначение?
38. Перечислите основные виды опор аппаратов.
39. Из какого фасонного проката можно изготовить нестандартные опоры?
40. Основные принципы монтажа опорных лап и стоек.
41. Каково назначение накладного листа? Когда необходимо применять накладной лист?
42. Каков алгоритм расчета опор аппарата?

1.2. Проработка разделов теоретического материала

Данный вид самостоятельной работы предполагает изучение перечисленных ниже тем по литературным источникам для дополнения информации, полученной студентами на лекции.

1.2.1. Раздел дисциплины «Основные конструкционные материалы, применяемые в биотехнологическом машиностроении»

Состав и классификация пластмасс. Требования, предъявляемые к пластмассам в биотехнологическом машиностроении. Виды пластмасс, применяемые в биотехнологическом машиностроении. Основные направления применения пластмасс. Композитные материалы.

1.2.2. Методы конструктивного и прочностного расчета элементов и узлов емкостной аппаратуры

Особенности монтажа колонных аппаратов. Виды опор, используемых для установки колонных аппаратов. Особенности расчета и выбора опор колонных аппаратов. Опоры горизонтальных аппаратов.

1.3. Подготовка к контрольным работам

Контрольная работа предусмотрена по разделу теоретического курса «Методы конструктивного и прочностного расчета элементов и узлов емкостной аппаратуры». Контрольная работа заключается в решении задач по

теме. Задание на контрольную работу содержит две задачи на выполнение прочностных расчетов отдельных элементов емкостного оборудования. Пример задания:

1. Определить толщину стенки конического днища цилиндрикоконического броидильного аппарата, изготовленного из стали 12Х18Н10Т. Угол конуса днища 60° . Внутренний диаметр обечайки аппарата 2,5 м, высота аппарата 12 м. Максимальное избыточное давление в аппарате 0,2 МПа. Плотность сбраживаемого пивного сусла 1020 кг/м^3 . Сварные швы двусторонние, выполнены автоматической сваркой с контролем в объеме 100%. Срок службы аппарата 20 лет.
2. Определить толщину плоского днища вспомогательной емкости внутренним диаметром 0,8 м, изготовленной из алюминия марки А8М. Днище прикреплено к обечайке по варианту 6 и имеет одно неукрепленное отверстие диаметром 40 мм. Срок службы емкости 10 лет.

При подготовке к контрольной работе следует изучить лекционные материалы по соответствующей теме, повторить методику выполнения расчетов, изученную на практических занятиях, обеспечить доступ к необходимым нормативным и справочным материалам (ГОСТам, ОСТам, нормам, справочникам).

1.4. Написание курсовой работы

Курсовая работа посвящена конструированию емкостного аппарата для проведения технологического процесса биотехнологического или пищевого производства. Назначение проектируемого аппарата и его номинальная вместимость определяется заданием на конструирование. Документация, разрабатываемая в рамках выполнения курсовой работы, состоит из пояснительной записки объемом 25–30 страниц и эскиза аппарата, выполненного в формате А3.

Пояснительная записка к курсовой работе, как правило, включает следующие разделы:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- содержание;
- введение;
- выбор конструкции и основного материала для изготовления аппарата;
- конструктивный расчет аппарата;
- заключение;
- список использованных источников.

При самостоятельной разработке конструкции аппарата перед студентом стоят следующие задачи:

- определение геометрических размеров аппарата;

- выбор комплектации исходя из особенностей протекающего в аппарате технологического процесса;
- выбор основных и вспомогательных материалов для изготовления аппарата, а также способов защиты и обработки поверхностей;
- определение расчетных параметров (температуры, давления, допускаемых напряжений и пр.);
- осуществление прочностных и конструктивных расчетов основных элементов аппарата;
- осуществление тепловых и механических расчетов, подтверждающих работоспособность аппарата;
- составление технической документации.

1.4.1. Алгоритм выполнения курсовой работы

Этап 1. На начальном этапе выполнения работы студент должен уяснить назначение и принцип работы аппарата, определить параметры технологического режима (температуру, давление и т.п.), установить коррозионную активность среды в аппарате. На основании особенностей протекания технологического процесса необходимо выбрать основные и вспомогательные материалы для изготовления аппарата, определить комплектацию аппарата, выбрать форму и способы крепления основных узлов.

Этап 2. На основании заданной производственной мощности и особенностей протекания технологического процесса (длительности и условий культивирования конкретных микроорганизмов) необходимо определить вместимость аппарата и его основные конструктивные размеры – диаметр и высоту. Затем по справочной литературе подобрать днище и крышку соответствующей конструкции и размера.

Этап 3. Произвести прочностные расчеты элементов корпуса аппарата по ГОСТ 34233.1-2017 – ГОСТ 34233.12-2017.

Этап 4. На основании условий работы аппарата сконструировать подводящие и отводящие штуцера, произвести их расчет и выбрать подходящие фланцевые соединения.

Этап 5. Выбрать подходящее для данного технологического процесса перемешивающее устройство, определить параметры его работы и размеры, произвести расчет мощности электродвигателя.

Этап 6. На основании знания особенностей протекания технологического процесса сконструировать теплообменное устройство аппарата (змеевик, рубашку или выносной теплообменник) по своему выбору.

Этап 7. На основании результатов расчетов определить рабочую массу аппарата в нагруженном состоянии и выбрать опоры аппарата. Произвести проверочный расчет, если требуется.

Этап 8. Изготовить эскизный чертеж общего вида сконструированного аппарата на миллиметровой бумаге формата А3. Составить техническую характеристику, технические требования и перечень составных частей.

Этап 9. Оформить пояснительную записку, отражающую все этапы проведенной работы и подготовиться к защите курсовой работы.

1.4.2. Критерии оценивания курсовой работы

Курсовая работа оценивается по следующим критериям:

- обоснованность выбора конструкционных материалов для изготовления проектируемого аппарата;
- обоснованность выбора типовых узлов аппарата;
- технологическая грамотность конструкции;
- корректность проведенных расчетов;
- техническая грамотность эскизного чертежа и текстовых конструкторских документов;
- своевременность выполнения.

1.4.3. Контрольные вопросы для защиты курсовой работы

1. Дайте описание биотехнологического процесса, для которого требуется вы полнить конструирование аппарата.
2. Каковы условия культивирования целевого микроорганизма?
3. Каков состав питательной среды для культивирования микроорганизма?
4. Каким способом осуществляется культивирование?
5. Каковы этапы приготовления питательной среды?
6. Что представляет собой культуральная жидкость по окончании процесса культивирования?
7. Каковы параметры процесса культивирования?
8. Какие конструктивные особенности аппарата предлагаются для решения технологической задачи?
9. На основании каких данных были проведены прочностные и конструктивные расчеты?

Алгоритмы расчетов, справочные материалы, указания по оформлению пояснительной записки приведены в методических указаниях по выполнению курсовой работы [10], и в методических указаниях к практическим занятиям [9].

2. Методические рекомендации по подготовке к экзамену

Экзамен проводится в виде устного собеседования по билетам. Билет, как правило, включает два теоретических вопроса и одно практическое задание на конструирование аппарата для проведения биотехнологического процесса. Обучающемуся может быть задано также любое количество дополнительных вопросов, как уточняющего характера, так и из разделов и тем, не вошедших в состав билета.

Пример экзаменационного билета:

1. Основные неразъемные соединения, применяемые при изготовлении аппаратов биотехнологических производств.

2. Типовые узлы емкостной аппаратуры и их применение в аппаратах различного назначения.
3. Провести прочностные расчеты основных узлов дрожжегенератора периодического действия полезным объемом 2500 л. Коэффициент заполнения аппарата принять 0,85. Дрожжи выращиваются на меласном сусле концентрацией 20% при температуре 28°C в течение 24 ч. Аппарат имеет вертикальное исполнение, эллиптическое днище и крышку. Материал аппарата выбрать самостоятельно. Другие параметры, необходимые для расчета, определить по справочной и технологической литературе.

2.1. Контрольные вопросы к экзамену

1. Требования к конструкционным материалам, применяемым в биотехнологическом машиностроении.
2. Стали углеродистые, легированные, двухслойные.
3. Чугун.
4. Цветные металлы и сплавы.
5. Виды неметаллических материалов, применяемых при изготовлении аппаратов биотехнологических производств.
6. Способы защиты металлов от коррозии, применяемые в биотехнологическом машиностроении.
7. Основные разъемные и неразъемные соединения, применяемые при изготовлении емкостной аппаратуры.
8. Сварка. Требования к размещению сварных швов на корпусах емкостных аппаратов.
9. Правила обозначения сварного шва на чертеже.
10. Пайка. Склеивание. Применение пайки и склеивания при изготовлении узлов емкостной аппаратуры.
11. Соединения заклепками. Применение соединения заклепками при изготовлении емкостной аппаратуры.
12. Виды соединений, получаемых методом деформации. Примеры применения таких соединений при изготовлении емкостной и запорной арматуры.
13. Понятие технологичности конструкции емкостного аппарата. Основные требования технологичности. Унификация.
14. Комплектация емкостного аппарата. Обечайки. Днища. Крышки. Назначения, формы, особенности конструкции.
15. Варианты нагружения емкостных аппаратов и особенности прочностного расчета.
16. Рабочие, расчетные и номинальные параметры работы оборудования. Условное давление. Пробное давление. Допускаемое напряжение.
17. Фланцевые соединения. Применение. Виды фланцев.
18. Виды фланцевых уплотнений.
19. Крепежные детали фланцевых соединений. Общие принципы выбора и расчета крепежных деталей.

20. Типовые узлы емкостной аппаратуры и их применение в аппаратах различного назначения.
21. Основные типы перемешивающих устройств. Выбор типа перемешивающего устройства.
22. Сальниковые уплотнения. Назначение, устройство, основные принципы расчета. Торцовые уплотнения.
23. Теплообменные устройства аппаратов. Змеевики. Рубашки. Встроенные теплообменные секции.
24. Устройства для аэрирования питательных сред.
25. Основные виды и принцип действия запорной, регулирующей и предохранительной арматуры.
26. Основное содержание чертежей общего вида и сборочных чертежей емкостных аппаратов. Виды текстовых конструкторских документов.
27. Техническая характеристика и технические требования. Основное содержание и правила выполнения.
28. Спецификация. Перечень составных частей аппарата. Сходство и различие документов. Основные правила заполнения.

3. Рекомендуемая литература

1. Технологические машины и оборудование биотехнологий: учебник для вузов по специальности 260602 "Пищевая инженерия малых предприятий" и направлениям подготовки 260100 "Продукты питания из растительного сырья", 260200 "Продукты питания животного происхождения" и 151000 "Технологические машины и оборудование" уровня бакалавриата и уровня магистратуры / Г. В. Алексеев, В. Т. Антуфьев, Ю. И. Корниенко [и др.], 2015. - 606.
2. Проектирование, конструирование и расчет техники пищевых технологий: учебник для вузов по специальностям 260601 - "Машины и аппараты пищевых производств", 260602 - "Пищевая инженерия малых предприятий" направления подготовки дипломированного специалиста 260600 - "Пищевая инженерия" , по направлению 151000 - "Технологические машины и оборудование" / С. Т. Антипов [и др.], 2013. - 910.
3. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : справочник / А. А. Лацинский, 2013. - 381.
4. Привалова Е. А. Технологическое оборудование пищевых производств. Инженерный расчет оборудования бродильных производств : практикум / Е. А. Привалова, 2016. - 213.
5. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник в 3 т.– Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002.
6. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии/ К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков.– М.: Альянс, 2007.– 575 с.

7. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей. – М.: Высшая школа, 2004. – 434 с.
8. Система менеджмента качества. Учебно-методическая деятельность. Оформление курсовых и дипломных проектов (работ) технических специальностей. СТО ИрГТУ 005–2020.– Иркутск: ИРНИТУ, 2020.–36 с.
9. Основы конструирования аппаратов биотехнологических производств. Расчетный практикум: Методические указания для практических занятий студентов направления 19.04.01 «Биотехнология» по программе магистратуры «Технология биологически активных веществ». Составитель: Е.А. Привалова. Иркутск: ИРНИТУ, 2026.- 114 с. (Электронный вариант)
- 10.Электронный курс Основы конструирования аппаратов биотехнологических производств. Э URL: <https://el.istu.edu/course/view.php?id=7683>
- 11.Технология спирта и ликероводочных изделий. Методические указания по выполнению курсового проекта для студентов направления «Продукты питания из растительного сырья». Составитель Е.А. Привалова. Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2013.– 38 с.