

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский
технический университет»

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ АППАРАТОВ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Методические указания по выполнению курсовой работы для
студентов направления 19.04.01 «Биотехнология», обучающихся
по программе магистратуры «Технология биологически активных
веществ»

Иркутск, 2026

Методические указания утверждены на заседании кафедры химии и биотехнологии им. В.В. Тутуриной.

Основы конструирования аппаратов биотехнологических производств. Методические указания по выполнению курсовой работы для студентов направления 19.04.01 «Биотехнология», обучающихся по программе магистратуры «Технология биологически активных веществ». Составитель: Е.А. Привалова. Иркутск: ИРНИТУ, 2026.- 13 с.

Изложены рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине «Основы конструирования аппаратов биотехнологических производств». Приведена последовательность выполнения работы, методические рекомендации по оформлению пояснительной записки и критерии оценки выполненной работы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1.Алгоритм выполнения курсовой работы.....	4
2.Общие замечания по выполнению разделов курсовой работы.....	5
3.Методические рекомендации по оформлению пояснительной записки.....	6
4.Процедура защиты и критерии оценивания курсовой работы.....	12
5.Рекомендуемая литература.....	13

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа является неотъемлемой частью процесса освоения дисциплины «Основы конструирования аппаратов биотехнологических производств» и посвящена конструированию емкостного аппарата для проведения технологического процесса биотехнологического или пищевого производства. Задание на конструирование определяется назначением проектируемого аппарата и его номинальная вместимость.

Документация, разрабатываемая в рамках выполнения курсовой работы, состоит из пояснительной записки объемом 25–30 страниц и эскиза аппарата, выполненного на миллиметровой бумаге 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.

1.Алгоритм выполнения курсовой работы

1.1. 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.

1.2. 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.

1.3. Произвести прочностные расчеты элементов корпуса аппарата по ГОСТ 34233.1-2017 – ГОСТ 34233.12-2017. При необходимости осуществить вспомогательные расчеты физико-химических величин, необходимых для прочностных и конструктивных расчетов.

1.4. На основании условий работы аппарата сконструировать подводящие и отводящие штуцера, произвести их расчет и выбрать подходящие стандартные патрубки фланцевые соединения.

1.5. В случае необходимости перемешивания культуральной среды выбрать подходящее для данного технологического процесса перемешивающее устройство, определить параметры его работы и размеры, произвести расчет мощности электродвигателя.

1.6. На основании знания особенностей протекания технологического процесса сконструировать теплообменное устройство аппарата (змеевик, рубашку или выносной теплообменник) по своему выбору. Доказать расчетом его работоспособность.

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

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

2. Общие замечания по выполнению разделов курсовой работы

Введение. Во введении следует кратко охарактеризовать технологический процесс, для которого предназначен проектируемый аппарат. Введение следует закончить формулировкой цели курсовой работы в соответствии с полученным заданием.

Выбор конструкции и основного материала для изготовления аппарата. В данном разделе необходимо описать технологический процесс, происходящий в аппарате, условия работы аппарата, состав и характеристику среды, обрабатываемой в аппарате. На основании изложенной информации выбрать:

- материал для изготовления аппарата;
- предполагаемый срок службы аппарата;
- основные элементы конструкции аппарата: обечайку, днище, крышку, рубашку (или другое устройство для теплообмена);
- барботер (или другое устройство для аэрирования среды) при необходимости;
- перемешивающее устройство (при необходимости);
- патрубки, люки, бобышки и т.п.;
- тип и количество опор для монтажа аппарата.

Выбор элементов конструкции следует осуществлять по действующим ГОСТам и нормам.

Конструктивный расчет аппарата. Расчет выполняется с целью подтвердить прочностные характеристики и работоспособность аппарата в течение гарантийного срока эксплуатации. При осуществлении расчетов следует использовать типовые методики, изложенные в ГОСТ 31233.1-2017 – 31233.5–2017, ГОСТ 14249–89 или другие документы, используемые для расчета на прочность элементов сосудов и аппаратов.

Последовательность расчетов должна быть следующей:

1. расчет толщины стенки обечайки;
2. расчет толщины стенки днища;
3. расчет толщины крышки;
4. расчет толщины теплообменной рубашки и узла сопряжения рубашки с корпусом аппарата;
5. расчет и выбор штуцеров и фланцев;
6. расчет перемешивающего устройства и узла уплотнения вала;
7. выбор способа крепления рабочего органа мешалки на валу и стандартных изделий для его осуществления;
8. расчет аэрационной системы аппарата;
9. расчет опор аппарата.

Раздел следует закончить составлением таблицы спецификации основных частей сконструированного изделия.

Заключение. Должно содержать краткий перечень результатов курсовой работы. Заключение должно быть составлено в соответствии с поставленной целью и отражать конкретные конструктивные решения, полученные при выполнении работы.

Список использованных источников должен включать все источники, использованные автором в процессе выполнения расчетов и написания пояснительной записки, включая интернет-источники. В качестве интернет-источников допускается использовать сайты библиотек и учебных заведений, а также официальные сайты промышленных предприятий, производящих оборудование

3.Методические рекомендации по оформлению пояснительной записки

Общие требования. Пояснительная записка к курсовой работе выполняется в соответствии с ГОСТ 7.32-2017 на стандартных листах белой бумаги формата А4 с использованием компьютера и принтера (ГОСТ 2.004-88) – гарнитурой Times New Roman, размером 14 пунктов, через 1,5 интервала. Полужирный шрифт применяют только для заголовков разделов и подразделов, заголовков структурных элементов. Использование курсива допускается для обозначения объектов и терминов на латыни (например, видовых названий культивируемых микроорганизмов).

Для акцентирования внимания может применяться выделение текста с помощью шрифта иного начертания, чем шрифт основного текста, но того же кегля и гарнитуры. Разрешается для написания определенных терминов, формул, применять шрифты разной гарнитуры.

Размеры полей: левого – 30 мм, правого – 15; верхнего, нижнего – 20 мм. Текст печатается на одной стороне листа. При использовании формата А3 или дополнительных форматов (для чертежей и схем) их складывают до формата А4.

Сокращения русских слов и словосочетаний в тексте необходимо

производить в соответствии с ГОСТ 7.11, ГОСТ 7.12.

Объем пояснительной записки должен составлять 25–30 страниц машинописного текста. Количество и размер приложений не ограничивается. Примерное соотношение между отдельными разделами работы следующее: введение 0,5–1 стр., заключение 0,5 стр., список использованных источников 1 стр., остальное – содержательная часть работы.

Построение пояснительной записки. Наименования структурных элементов работы, таких как «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СОДЕРЖАНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЕ» следует располагать в середине строки и печатать прописными буквами, не подчеркивая. Структурные разделы работы не нумеруются. Каждый структурный элемент и каждый раздел основной части записки начинают с новой страницы.

Текст основной части работы следует делить на разделы, подразделы, пункты и при необходимости на подпункты. Заголовки разделов и подразделов основной части работы следует начинать с абзацного отступа и размещать после порядкового номера, печатать с прописной буквы, полужирным шрифтом, не подчеркивать, без точки в конце. Пункты и подпункты могут иметь только порядковый номер без заголовка, начинающийся с абзацного отступа.

Если заголовок включает несколько предложений, их разделяют точками. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Каждый раздел следует начинать с нового листа (страницы). Не допускается размещать заголовок подраздела, пункта или подпункта в конце страницы, если под ним невозможно разместить хотя бы одну строку текста с соблюдением размеров нижнего поля.

Нумерация страниц пояснительной записки. Нумерация страниц пояснительной записки должна быть сквозная, включая приложения. Первым листом является титульный лист. Номера страниц проставляются в центре нижней части листа без точки. Первый лист не нумеруется.

Нумерация разделов, подразделов, пунктов и подпунктов пояснительной записки. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и расположенные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пример:

2 Конструктивный расчет аппарата

2.1 Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки

2.1.1 Определение расчетного давления

2.1.2 Определение расчетной толщины стенки сварной цилиндрической обечайки

2.1.3 Проверка допустимого внутреннего избыточного давления

Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, то пункт не нумеруется.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждым элементом перечисления следует ставить тире. При необходимости ссылки в тексте записки на один из элементов перечисления вместо тире ставят строчные буквы русского алфавита со скобкой, начиная с буквы «а» (за исключением букв ё, з, й, о, ч, ь, ы, ь). Простые перечисления отделяются запятой, сложные – точкой с запятой. При наличии конкретного числа перечислений допускается перед каждым элементом перечисления ставить арабские цифры, после которых ставится скобка. Перечисления приводятся с абзацного отступа в столбик.

Пример:

Аппарат имеет следующие патрубки:

- патрубок для входа питательной среды,
- патрубок для выхода культуральной жидкости,
- патрубок для подвода воздуха,
- патрубок для связи с атмосферой,
- патрубок для введения пеногасителя,
- люк.

Оформление рисунков. Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы) следует располагать непосредственно после текста записки, где они упоминаются впервые, или на следующей странице (по возможности ближе к соответствующим частям текста записки). На все иллюстрации в должны быть даны ссылки. При ссылке необходимо писать слово «рисунок» и его номер, например: «в соответствии с рисунком 2» и т. д.

Чертежи, графики, диаграммы, схемы, помещаемые в записке, должны соответствовать требованиям стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Иллюстрации, за исключением иллюстраций, приведенных в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается: Рисунок 1.

Пример:

Рисунок 1 – Схема аппарата

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела пояснительной записки. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой: Рисунок 2.1.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок», его номер и через тире наименование помещают после пояснительных данных и располагают в центре под рисунком без точки в конце. Если наименование рисунка состоит из нескольких строк, то его следует записывать через один

межстрочный интервал. Наименование рисунка приводят с прописной буквы без точки в конце. Перенос слов в наименовании графического материала не допускается.

Оформление таблиц. Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все таблицы в пояснительной записке должны быть ссылки. При ссылке следует печатать слово «таблица» с указанием ее номера.

Наименование таблицы должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Наименование следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа.

Наименование таблицы приводят с прописной буквы без точки в конце. Если наименование таблицы занимает две строки и более, то его следует записывать через один межстрочный интервал. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу.

При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица», ее номер и наименование указывают один раз слева над первой частью таблицы, а над другими частями также слева пишут слова «Продолжение таблицы» и указывают номер таблицы. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номерами граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы. Таблица оформляется в соответствии с примером.

Пример:

Таблица 1 – Перечень составных частей аппарата

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Таблицы каждого приложения обозначаются отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в пояснительной записке одна таблица, она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица А.1» (если она приведена в приложении А). Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой: Таблица 2.3.

Заголовки граф и строк таблицы следует печатать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставятся. Названия заголовков и подзаголовков таблиц указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа, сверху и снизу ограничивают линиями. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается. Заголовки граф выравнивают по центру, а заголовки строк – по левому краю. Горизонтальные и вертикальные линии,

разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из одиночных слов, заменяют кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, буквенно-цифровых обозначений, знаков и символов не допускается. Если текст повторяется, то при первом повторении его заменяют словами «то же», а далее – кавычками. В таблице допускается применять размер шрифта меньше, чем в тексте записки.

Требования к оформлению формул и уравнений. Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–), умножения ($\times$), деления ($:$) или других математических знаков. На новой строке знак повторяется. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак « $\times$ ».

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они представлены в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента необходимо приводить с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова «где» без двоеточия с абзаца.

Формулы в тексте следует располагать посередине строки и обозначать порядковой нумерацией в пределах всей пояснительной записки арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Одну формулу обозначают (1). Ссылки в пояснительной записке на порядковые номера формул приводятся в скобках: в формуле (1).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой: (2.1).

Все расчеты в пояснительной записке выполняются в системе СИ. Допускается для отдельных величин использовать производные единицы, например, литр, дал, гектолитр и т.п. Номинальные объемы емкостей следует указывать в м³.

Разделительным символом в десятичных дробях является запятая. Единицы физических величин записывают через пробел после их числового значения. Написание единиц должно соответствовать ГОСТ 8.417-2002.

Пунктуация в предложениях, содержащих формулы, подчиняется правилам русского языка: при необходимости ставятся запятые, в конце предложения – точка.

Оформление ссылок. В пояснительной записке следует приводить ссылки на использованные источники. При нумерации ссылок на документы, использованные при составлении записки, приводится сплошная нумерация для всего текста записки в целом. Порядковый номер ссылки (отсылки) приводят арабскими цифрами в квадратных скобках в конце текста ссылки.

Порядковый номер библиографического описания источника в списке использованных источников соответствует номеру ссылки.

Перечень сокращений и обозначений (при необходимости). Перечень сокращений, условных обозначений, символов, единиц физических величин и определений должен располагаться столбцом без знаков препинания в конце строки. Слева без абзацного отступа в алфавитном порядке приводятся сокращения, условные обозначения, символы, единицы физических величин, а справа через тире – их детальная расшифровка.

Оформление списка использованных источников. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте записки и нумеровать арабскими цифрами с точкой и печатать с абзацного отступа.

Библиографические ссылки должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 7.0.100–2018. Ниже даны примеры библиографических описаний.

Книга с одним автором:

Федоренко Б.Н. Инженерия пивоваренного солода / Б.Н. Федоренко. – СПб.: Профессия, 2004. – 246 с.

Книга с двумя или тремя авторами:

Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – М.: Альянс, 2007. – 575 с.

Книга с четырьмя и более авторами:

Справочник по производству спирта. Оборудование, средства механизации и автоматизации / Ю.П. Богданов, В.Н. Зотов, С.П. Колосков [и др.] – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 480 с.

Книга под редакцией:

Технология спирта / В.Л. Яровенко, В.А. Маринченко, В.А. Смирнов [и др.] / под ред. В.Л. Яровенко. – М.: Колос, 1999. – 464 с.

Технологический регламент производства:

Министерство пищевой промышленности СССР. Регламент производства спирта из крахмалистого сырья. – М.: ВНИИПрБ, 1979. – 270 с.

Нормы технологического проектирования:

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации. Нормы технологического проектирования предприятий спиртовой промышленности НТП 10–12976–2000. – М.: Гипропищепром-2, 2000. – 164 с.

Статья в периодическом издании:

Медриш М.Э. Определение содержания углеводов и органических кислот в зерновом сусле и бражке с применением ВЖЭХ / М.Э. Медриш, И.М. Абрамова, В.А. Полякова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2016. – № 12. – С. 50–53.

Ресурс удаленного доступа:

Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр

информ. Технологий РГБ; ред. Власенко Т.В.; Web-мастер Козлова Н.В. – электрон. дан. – М.: Рос. гос. б-ка, 1977 – Режим доступа: <http://www/rsl.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

Стандарт:

ГОСТ Р 51771–2001. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Технические требования. – Введен 2002–01–01. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2002. 015027 с.

Патент:

Патент № 2187888 Российская Федерация, МПК7 Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающее устройство / Чугаева В.И.; заявитель и патентообладатель Воронеж. Науч.-исслед. ин-т связи. – № 2000108705/28; заявл.18.12.00; опубл. 20.08.02, Бюл. №12. – 2 с.

4.Процедура защиты и критерии оценивания курсовой работы

Курсовая работа оценивается по следующим критериям:

1. обоснованность выбора конструкционных материалов для изготовления проектируемого аппарата;
2. обоснованность выбора типовых узлов аппарата;
3. технологическая грамотность конструкции;
4. корректность проведенных расчетов;
5. техническая грамотность эскизного чертежа и текстовых конструкторских документов;
6. своевременность выполнения.

К защите допускается студент, выполнивший полный объем расчетов и оформивший пояснительную записку в соответствии с изложенными выше требованиями. Защита курсовой работы проводится в виде устного собеседования по следующим контрольным вопросам:

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?

5.Рекомендуемая литература

1. Лашинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : справочник / А. А. Лашинский, 2013. - 381.
2. Привалова Е. А. Технологическое оборудование пищевых производств. Инженерный расчет оборудования бродильных производств : практикум / Е. А. Привалова, 2016. - 213.
3. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник в 3 т.– Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002.
4. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии/ К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков.– М.: Альянс, 2007.– 575 с.
5. Основы конструирования аппаратов биотехнологических производств. Расчетный практикум: Методические указания для практических занятий студентов направления 19.04.01 «Биотехнология», обучающихся по программе магистратуры «Технология биологически активных веществ». Составитель: Е.А. Привалова. Иркутск: ИРНИТУ, 2026.- 114 с. (Электронный вариант).
6. Электронный курс Основы конструирования аппаратов биотехнологических производств. URL: <https://el.listu.edu/course/view.php?id=7683>
7. 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.
8. ГОСТ 34233.1–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. М.: Стандартиформ, 2019. – 30 с.
9. ГОСТ 34233.2–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек. М.: Стандартиформ, 2018. – 54 с.
- 10.ГОСТ 34233.5–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок. М.: Стандартиформ, 2019. – 32 с.
- 11.ГОСТ 34233.8–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Сосуды и аппараты с рубашками. М.: Стандартиформ, 2019. – 28 с.
- 12.Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей. – М.: Высшая школа, 2004. – 434 с.
- 13.Система менеджмента качества. Учебно-методическая деятельность. Оформление курсовых и дипломных проектов (работ) технических специальностей. СТО ИрГТУ 005–2020.– Иркутск: ИРНИТУ, 2020.–36 с.