

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

В. А. Мельникова

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
19.03.01 Биотехнология

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2025

Рецензент

кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «КГТУ» М.Н. Альшевская

Мельникова, В. А.

Процессы и аппараты биотехнологии: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 19.03.01 Биотехнология / В. А. Мельникова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 27 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Процессы и аппараты биотехнологии» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекций по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке к лабораторным занятиям.

Табл. 3, список лит. – 21 наименование

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 31 января 2025 г., протокол № 1

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Методические рекомендации по изучению дисциплины	7
2. Методические рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям.....	22
Библиографический список.....	25

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях роль организации и расчета технологических процессов пищевых и биотехнологических производств, а также проектирования технологической аппаратуры существенно возрастает. Для решения этих задач требуются квалифицированные специалисты в области пищевых производств.

Целями подготовки студентов являются рациональный выбор конструкций, расчет машин и аппаратов для определенных биотехнологических процессов, а также метод целесообразной промышленной эксплуатации их, направленный на достижение максимальной производительности при минимальных затратах и высоком качестве готовой продукции.

Дисциплина «Процессы и аппараты биотехнологии» относится к Профилирующему модулю ОПОП ВО по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология.

Целью освоения дисциплины является формирование знаний, умений и навыков в области пищевых производств, осуществляемых с использованием различных процессов и аппаратов, которые входят в состав соответствующих технологических линий.

Задачами изучения дисциплины является формирование:

- знаний об основных процессах, происходящих в биотехнологическом производстве;
- знаний об основных аппаратах, используемых в биотехнологическом производстве;
- навыков в проведении технологических, энергетических (тепловых) и конструктивных расчетов, связанных с проектированием аппаратов;
- навыков работы с различными источниками информации, анализа и обобщения необходимых сведений, связанных с выбором рационального типа аппарата и с основными требованиями по его эксплуатации.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные процессы и аппараты биотехнологии;
- основные принципы работы биотехнологического оборудования;

уметь:

- выявлять закономерности процессов биотехнологии, проводить обобщение закономерностей гидродинамических, тепловых и массообменных процессов;
- пользоваться методическими и нормативными материалами, техническими условиями и стандартами при расчете и выборе аппаратов;
- выполнять экспериментальные исследования по определению реальных параметров аппаратов (в лабораторных установках);

владеть:

- основным понятийным аппаратом;
- методикой расчета аппаратов при заданных технологических параметрах процесса;
- методами промышленной эксплуатации биотехнологических аппаратов, направленными на достижение максимальной производительности при минимальных затратах и высоком качестве готовой продукции.

Знания, умения и навыки, полученные при освоении дисциплины, используются в дальнейшей профессиональной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Процессы и аппараты биотехнологии», студент должен активно работать на лекционных и лабораторных занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Курсовая работа, выполняемая в пятом семестре, представляет собой решение комплексной инженерно-технической задачи, включающей в себя выбор и разработку технологического процесса, компоновку объекта проектирования, выбор основных элементов и узлов проектируемого объекта, расчет аппарата, основных его узлов и элементов, обоснование принятых методов расчета и технических решений.

Промежуточной аттестацией по завершению курса является экзамен, к которому допускаются студенты, освоившие темы курса и выполнившие лабораторные работы, курсовую работу.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания по темам курса;
- задания и контрольные вопросы к лабораторным работам.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, соответственно относятся:

- задания к курсовой работе;
- экзаменационные вопросы и тестовые задания.

К экзамену допускаются студенты:

- положительно аттестованные по результатам освоения дисциплины;
- получившие положительную оценку при защите курсовой работы.

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (таблица 1).

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Для успешного освоения дисциплины «Процессы и аппараты биотехнологии» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы лекционного занятия, перечень лабораторных занятий, методические указания по выполнению курсовой работы и организации самостоятельной работы студентов.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Процессы и аппараты биотехнологии», студент должен научиться работать на лекциях, лабораторных работах и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Основными видами учебной деятельности в ходе изучения курса являются лекции, лабораторные занятия, консультирование по выполнению курсовой работы.

При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в университете.

Вместе с тем, всякий лекционный курс является в определенной мере авторским, представляет собой творческую переработку материала и неизбежно отражает личную точку зрения лектора на предмет и методы его преподавания. В этой связи представляется целесообразным привести некоторые общие методические рекомендации по построению лекционного курса и формам его преподавания.

Лекции составляют основу теоретической подготовки и посвящены основным процессам и аппаратам биотехнологии. При проведении лекций необходимо использовать технические средства обучения, ЭИОС, применять методы, способствующие активизации познавательной деятельности

слушателей. На лекциях целесообразно теоретический материал иллюстрировать рассмотрением различных примеров и конкретных задач. Имеет смысл привлекать студентов к обсуждению как рассматриваемого вопроса в целом, так и отдельных моментов рассуждений и доказательств. Необходимо также использовать возможности проблемного изложения, дискуссии с целью активизации деятельности студентов.

Важным звеном во всей системе обучения является самостоятельная работа обучающихся. В широком смысле под ней следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов, как в отсутствие преподавателя, так и в контакте с ним. Она является одним из основных методов поиска и приобретения новых знаний, работы с литературой, а также выполнения предложенных заданий. Преподаватель призван оказывать в этом методическую помощь студентам и осуществлять руководство их самостоятельной работой.

Необходимо контролировать степень усвоения студентами текущего материала, а также уровень остаточных знаний по уже изученным темам.

При изучении курса предусмотрены следующие формы контроля:

- тестовые задания по разделам курса;
- задания и контрольные вопросы по лабораторным занятиям;
- контроль выполнения и защита курсовой работы.

Промежуточный контроль осуществляется в форме сдачи курсовой работы и экзамена и имеет целью определить степень достижения учебных целей по дисциплине.

С целью формирования мотивации и повышения интереса к предмету особое внимание при чтении курса необходимо обратить на темы, которые можно проиллюстрировать примерами из практической сферы, связывая теоретические положения с будущей профессиональной деятельностью студентов.

Тематический план лекционных занятий (ЛЗ) представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Тематический план лекционных занятий

Номер темы	Содержание лекционного занятия
1	Введение в процессы и аппараты. Основные правила безопасности при работе с ними. Травматизм на предприятии
2	Гидромеханические процессы
3	Прикладные теплофизические аспекты в биотехнологии. Передача и трансформация тепловой энергии в биотехнологических процессах. Теплообменное оборудование

Номер темы	Содержание лекционного занятия
4	Массообменные процессы
5	Механические процессы
6	Микробиологические процессы
7	Теория химических реакторов
8	Теория биореакторов
9	Кинетика ферментативных реакций

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

Тема 1. Введение в процессы и аппараты пищевых производств. Основные правила безопасности при работе с ними. Травматизм на предприятии

Ключевые вопросы темы

1. Основные термины и определения. Классификация процессов пищевой промышленности. Движущая сила процесса.
2. Технологические свойства материалов.
3. Основы рационального построения аппаратов.
4. Основные принципы расчета процессов и аппаратов.
5. Теория подобия. Основные коэффициенты подобия.
6. Основные риски при работе с аппаратами. Производственный травматизм

Методические рекомендации

Первая тема курса позволит обучающимся получить представление о базовых понятиях дисциплины, в ней также определяется место изучаемого материала в системе научного знания и его взаимосвязь с другими дисциплинами.

При изучении данной темы курса необходимо обратить особое внимание на классификацию основных процессов пищевой и биотехнологии, свойства сырья, продуктов и полуфабрикатов, структурно-механические, теплофизические и физико-химические свойства материалов, а также требования к аппаратам и материалам, идущим на изготовления аппаратов.

Вопросы для самоконтроля

1. Каким основным законам подчиняются процессы пищевой технологии?
2. В чем заключается оптимизация проведения процесса?

3. Какими техническими свойствами характеризуются сырье, продукты и полуфабрикаты?

4. Какими закономерностями и реализуемыми технологиями характеризуются различные процессы и аппараты?

5. Каким требованиям должны соответствовать материалы, идущие на изготовление аппаратов?

6. Какие конструкционные материалы используются в пищевой отрасли?

Тема 2. Гидромеханические процессы

Ключевые вопросы темы

1. Общие признаки гидромеханических процессов.

2. Движение жидкости и газов. Режимы движения жидкости. Основные уравнения.

3. Классификация жидких неоднородных сред и гидромеханических процессов.

4. Гидродинамика.

5. Кинетика осаждения.

6. Кинетика фильтрования.

7. Псевдооживление твёрдых зернистых материалов.

8. Отстойники, центрифуги, сепараторы, циклоны, фильтры, мешалки.

Методические рекомендации

Знания законов механика жидкости и газа необходимы для решения многих практических вопросов пищевой и биотехнологий: расчета трубопроводных систем для перемещения воды, воздуха, газа и других жидкостей; устройств для передачи тепловой энергии и для осуществления обмена массой между средами; конструирования машин, сообщающих жидкости механическую энергию; проектирования сушильных установок, воздухо- и газоочистных аппаратов, вентиляционных устройств и кондиционеров.

Знание видов движения жидкости или потока широко применяется на практике: силовое воздействие потока с твердым телом (мойка сырья, тары и помещений; гидро- и пневмотранспортирование); движение жидкости через отверстия и насадки (опорожнение резервуаров для хранения сырья, полуфабрикатов и продуктов; розлив жидких пищевых продуктов); движение жидкости или газа в слое зернистого материала или насадочных тел (абсорбция, ректификация, сушка, газоочистка); движение жидкости на начальном участке (интенсификация процессов тепло- и массообмена); движение неньютоновских жидкостей (тесто, некоторые молочные продукты и полуфабрикаты, кондитерские массы и др.); движение жидкости в узких щелях, образованных

зазорами между поверхностями подвижных элементов различных машин и устройств (гомогенизация молочных продуктов, соков); диспергирование жидкости (сушка жидких пищевых продуктов и полуфабрикатов, кондиционирование, равномерное распределение жидкости по поверхности твердых тел); движение газа через слой жидкости (приготовление газированных напитков, жизнеобеспечение микробиологических процессов); пленочное движение жидкости (интенсификация тепло- и массообменных процессов).

При мойке сырья (свеклы, томатов, фруктов и др.), тары (бутылки, фляги и др.) и производственных помещений, гидротранспортировании (свеклы от пункта приема к свеклорезкам, зерна из элеватора или пункта приема в замочные чаны, промышленных стоков и др.) или пневмотранспортировании (например, муки на хлебозаводах) имеет место силовое взаимодействие потока с твердым телом. Определение их основных закономерностей позволяет упростить теоретическое описание процессов, получить простые и доступные методы их инженерного расчета, установить связь между различными процессами и пути воздействия на скорость их протекания.

Во многих технологических процессах пищевых производств также используется движение жидкости или газа через слои зернистых материалов или насадочных тел (фильтрование, промывка, газоочистка, адсорбция, экстрагирование, сушка и др.). Зернистый слой может быть монодисперсным (состоять из частиц одинакового размера) или полидисперсным (из частиц различных размеров).

Знание механизма разделения неоднородных пищевых сред позволяет правильно выбрать способ их разделения и учитывать факторы, влияющие на интенсивность процесса.

Таким образом, рамках темы курса нужно изучить общие признаки гидромеханических процессов, их классификацию, кинетику процесса, основные режимы движения жидкости, принцип работы основных задействованных аппаратов.

Вопросы для самоконтроля

1. Как классифицируются виды движения жидкости?
2. Каковы характеристики движения жидкости?
3. Что выражает собой уравнение Бернулли?
4. Каковы основные отличия турбулентного потока от ламинарного?
5. Каковы основные характеристики движения жидкости или газа в слое зернистого материала?
6. Чем характеризуется псевдооживленный слой и каковы условия его существования?
7. Что называется барботажем и какова область его применения?
8. Как классифицируются неоднородные (гетерогенные) системы в

зависимости от физического состояния фаз?

9. Что называется процессом осаждения?
10. Что называется процессом фильтрования?
11. Что называется процессом центрифугирования?
12. Каким дифференциальным уравнением описывается процесс осаждения твердых частиц из суспензий и пылей под действием сил тяжести?
13. В чем заключается сущность закона Стокса?
14. Каково устройство и каков принцип действия отстойника?
15. В чем состоит расчет отстойника?
16. Что является движущей силой процесса фильтрования?
17. В чем состоят особенности процесса фильтрования при постоянной разности давлений и процесса фильтрования при постоянной скорости?
18. В чем состоят особенности процесса фильтрования с образованием осадка и с закупориванием пор?
19. Каково основное уравнение фильтрования?
20. Какова классификация фильтров?
21. Каково устройство и каков принцип действия пресс-фильтра, патронного, дискового, вакуумного и других фильтров?
22. Какие виды центрифугирования Вы знаете? Охарактеризуйте их.
23. Каково устройство и каков принцип действия центрифуги?
24. Какова классификация сепараторов?
25. В чем заключается сущность процесса разделения и осветления?
26. Каковы основные конструктивные факторы, влияющие на эффективность процесса сепарирования?
27. Каково устройство и каков принцип работы сепараторов?

Тема 3. Прикладные теплофизические аспекты в биотехнологии. Передача и трансформация тепловой энергии в биотехнологических процессах. Теплообменное оборудование

Ключевые вопросы темы

1. Общие признаки теплообменных процессов.
2. Теплопроводность.
3. Конвекция.
4. Излучение.
5. Нагревание.
6. Охлаждение.
7. Испарение.
8. Конденсация.
9. Виды, классификация, примеры работы теплообменных аппаратов.

Методические рекомендации

Целью изучения темы курса является формирование у обучающихся представлений о теплообменных процессах (нагревание, охлаждение, испарение, конденсация), способах (формах) передачи тепла (теплопроводность, конвекция, излучение) и основных теплообменных аппаратах.

Биотехнологические процессы всегда связаны с энергетическим обменом. Тепловая энергия, как один из видов энергии, может передаваться, трансформироваться и превращаться в другие виды энергии. В биотехнологии для различных целей часто приходится рассчитывать источники тепловой энергии или температурные режимы. В одних случаях нужно оценить время процесса нагрева или охлаждения, в других – потребляемую мощность и предельную температуру. Даже простое термостатирование – это тоже теплообмен. При проектировании и модернизации производств или лабораторий надо знать необходимое количество тепловой энергии для отопления и горячего водоснабжения помещения или целого сооружения.

Подробно представлены основные механизмы переноса и передачи тепловой энергии, в том числе с учетом жизнедеятельности микроорганизмов; рассмотрены современные способы определения теплофизических свойств биотехнологических сред и материалов. На примерах показаны разнообразные теплофизические задачи, решаемые при создании биотехнологий и эксплуатации оборудования.

Вопросы для самоконтроля

1. В каких единицах измеряется количество теплоты?
2. Что такое глухой пар?
3. Какие преимущества и недостатки электронагрева при подводе тепловой энергии к исследуемому образцу вещества?
4. Что такое поле температур?
5. Какой механизм переноса тепловой энергии преобладает в газах?
6. Что такое граничные условия при постановке тепловой задачи?
7. Что характеризует критерий Рейнольдса?
8. Какое ориентировочное значение имеет коэффициент теплоотдачи при естественной вынужденной конвекции в воде?
9. Что означает понятие сложный теплообмен?
10. Теплопроводность материала теплоизоляции больше или меньше теплопроводности воздуха?
11. Как определять тепловые параметры биотехнологических сред (смеси, суспензии, эмульсии и т. д.)?
12. Что такое коэффициент теплопередачи при работе с биотехнологическими средами?
13. Какие особенности тепловых процессов наблюдаются при работе с

микроорганизмами?

14. Что такое теплопродукция в процессе жизнедеятельности микроорганизмов?

15. Как соотносится баланс массы с балансом энергии в биопроцессах?

Тема 4. Массообменные процессы

Ключевые вопросы темы:

1. Общие признаки массообменных процессов.
2. Кинетика массопередачи.
3. Материальный баланс массообменных процессов.
4. Основные законы массопередачи.
5. Массопередача с твердой фазой.
6. Движущая сила массообменных процессов.
7. Формы связи влаги с материалом.
8. Кинетика сушки.
9. Способы сушки и их характеристики.
10. Устройство и принцип действия сушилок.
11. Абсорбция.
12. Адсорбция.
13. Десорбция.
14. Схемы абсорбционных и адсорбционных аппаратов.
15. Ионообменные процессы.
16. Физическая сущность процесса экстрагирования.
17. Схемы установок для экстрагирования из твердой фазы.
18. Кристаллизация, применение процесса в пищевой промышленности.
19. Простая перегонка.
20. Теоретические основы процессов.
21. Ректификация.
22. Ректификационные аппараты.
23. Схемы ректификационных аппаратов.

Методические рекомендации

Изучить общие признаки массообменных процессов и их классификацию.

Ознакомиться с процессом перехода вещества (или нескольких веществ) из одной фазы в другую в направлении достижения равновесия.

Рассмотреть схему элементарного массообменного аппарата, в котором происходит массообмен между двумя движущимися потоками фаз.

Освоить основные законы массопередачи: закон молекулярной диффузии (первый закон Фика), закон массоотдачи (закон Ньютона-Щукарева) и закон массопроводности, а также ознакомиться с критериальными уравнениями

конвективной диффузии.

Рассмотреть массопередачу с твердой фазой и движущую силу массообменных процессов.

Изучить процесс сушки в пищевой промышленности. Рассмотреть виды связи влаги с материалом. Ознакомиться с диаграммой состояния влажного воздуха. Освоить кинетику сушки и кривые скорости сушки.

Обратить внимание на способы сушки и их характеристики. Познакомиться с устройством и принципом работы контактных, конвективных, радиационных, сублимационных сушилок и сушилок с применением токов высокой частоты.

Рассмотреть поглощение твердым телом либо жидкостью различных веществ из окружающей среды. Получить общие сведения об абсорбции адсорбции и десорбции (обратном процессе абсорбции). Изучить аппараты, применяемы при абсорбции и адсорбции. Обратить внимание на характеристики наиболее распространенных адсорбентов. Освоить процесс ионного обмена и рассмотреть принцип работы ионообменной установки периодического действия.

Рассмотреть общие сведения процесса экстрагирования. Изучить устройство и схемы установок для экстрагирования из твердой фазы.

Освоить общие сведения и условия кристаллизации, ее методы и устройства кристаллизаторов.

В данной теме необходимо изучить простую и многократную перегонку как способ разделения однородных систем. Рассмотреть процесс ректификации. Понять различие между этими процессами.

Ознакомиться с подразделением по конструкции колонн ректификационных аппаратов, принципами их работы.

Рассмотреть схемы ректификационных аппаратов для разделения многокомпонентных смесей.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие признаки объединяют все массообменные процессы?
2. В каком направлении протекают массообменные процессы? Как выражается движущая сила процесса?
3. Каков физический смысл коэффициентов массопередачи и массоотдачи? Какая существует между ними связь?
4. Что характеризуют рабочая и равновесная линии процесса?
5. Как изобразить процесс массопередачи графически?
6. Какими законами описывается перенос вещества из ядра потока к поверхности раздела фаз?
7. Какой закон описывает диффузию вещества в твердом теле?
8. Как можно определить, когда процесс протекает во

внутридиффузионной области, а когда во внешнедиффузионной?

9. Почему в расчетной практике пользуются не дифференциальными уравнениями массопереноса, а критериальными?

10. Какой процесс называется сушкой? Назовите ее виды?

11. Перечислите свойства влажного воздуха?

12. В чем отличие конвективных и контактных сушилок?

13. Назовите специальные виды сушки.

14. В чем сущность абсорбции и адсорбции?

15. Что является движущей силой абсорбции?

16. Какие конструкции абсорберов применяют в промышленности?

17. Какие насадки применяются в абсорберах?

18. При каких режимах работают насадочные и барботажные абсорберы?

19. Какие адсорбенты применяются в пищевой промышленности? Какими свойствами они должны обладать?

20. Какие конструкции абсорберов применяются для очистки растворов и газовых веществ?

21. В чем сущность процесса экстрагирования?

22. Назовите аппараты для экстрагирования из твердой фазы.

23. Что называется процессом кристаллизации?

24. Какие факторы оказывают влияние на скорость кристаллизации?

25. Перечислите способы кристаллизации.

26. Перечислите виды кристаллизаторов?

27. Что такое простая перегонка и ректификация?

28. Какие конструкции ректификационных аппаратов применяются в пищевой промышленности?

29. Какие пути интенсификации перегонки и ректификации вы можете привести?

Тема 5. Механические процессы

Ключевые вопросы темы:

1. Основные теоретические положения процесса измельчения.

2. Устройство и принцип действия аппаратов для измельчения.

3. Основные положения процесса сортирования.

4. Устройство и принцип действия аппаратов просеивания.

5. Основные теоретические положения процесса прессования.

6. Прессы для отжатия жидкости из твердого материала.

7. Формование пластического материала.

8. Формовочные прессы.

9. Уплотнение сыпучего материала.

Методические рекомендации

При изучении данной темы курса необходимо усвоить основные теоретические положения процесса измельчения. Особое внимание уделить процессам, на которые подразделяется измельчение при уменьшении размеров кусков материала. Изучить зависимость класса измельчения от размера кусков, понятие степени измельчения и его способы.

Необходимо ознакомиться с устройством и работой измельчающих аппаратов.

Рассмотреть процесс и цели механического сортирования частиц зернистых материалов. Уделить внимание основным характеристикам сит.

Изучить устройство и принцип действия грохотов, бурата, отсева, триера, и других аппаратов для сортирования. Обратить внимание на виды мортирования.

В данной теме необходимо ознакомиться с обработкой материалов прессованием. Рассмотреть элементы теории процесса отжатия жидкости из твердого материала давлением.

Изучить принципы работы и устройства отжимающих прессов непрерывного и периодического действия.

Ознакомиться с процессом формования пластического материала и формовочными прессами.

Рассмотреть процесс уплотнения сыпучего материала, в частности: брикетирование и гранулирование.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие процессы относятся к механическим?
2. Для какой цели производят измельчение материалов?
3. Чем характеризуется эффективность измельчения?
4. По каким показателям различают классы измельчения?
5. Какими способами измельчают материалы?
6. Перечислите общие требования, предъявляемые к измельчающим машинам.
7. На чем основан принцип действия вальцовой, молотковой, дисковой дробилок, резальных машин, центробежной резки, шаровых мельниц?
8. Для какой цели осуществляется процесс разделения сыпучей смеси на фракции?
9. От чего зависят виды сортирования?
10. По каким признакам характеризуются сита?
11. Каков принцип действия грохотов, буратов, триеров?
12. В чем существенное отличие пневматического и гидравлического сортирования материала?
13. На чем основана магнитная сепарация сыпучей смеси?

14. С какой целью проводят прессование?
15. Каков принцип действия прессов для отжатия жидкости из твердого материала?
16. С какой целью, и в каких производствах производят формование пластических материалов и уплотнение сыпучих материалов

Тема 6. Микробиологические процессы

Ключевые вопросы темы:

1. Основные понятия макрокинетики культивирования, выделения и сушки микроорганизмов.
2. Пеногашение.
3. Стерилизация жидкости и воздуха.
4. Измельчение и фасовка.
5. Аппараты для проведения микробиологических процессов.

Методические рекомендации

В данной теме рассматриваются принципы проведения процессов и работы аппаратов, используемых в биотехнологии. Даются основные положения макрокинетики культивирования, выделения и сушки микроорганизмов. Особое внимание уделяется особенностям протекания массообменных, тепловых, гидродинамических и механических процессов в сочетании с биологическими процессами роста, метаболизма и отмирания микроорганизмов. Изложены закономерности таких процессов, как пеногашение, стерилизация жидкости и воздуха, измельчение и фасовка.

Рассмотрены основные особенности аппаратурного оформления микробиологических производств.

Вопросы для самоконтроля:

1. В виде каких последовательных стадий может быть представлен типовой технологический процесс микробиологического синтеза?
2. Что такое культивирование?
3. Что осуществляется на стадии культивирования?
4. Что называют стерилизацией?
5. Как классифицируются аппараты для стерилизации?
6. Что относится к тепловым способам стерилизации?
7. Что относится к холодным способам стерилизации?
8. Какими могут быть стерилизаторы по структуре рабочего цикла?
9. Какими могут быть стерилизаторы для твердых питательных сред по конструктивному исполнению?
10. Для чего используются многоступенчатые фильтрующие комплексы?

11. Что входит в состав многоступенчатого фильтрующего комплекса?
12. Как работает многоступенчатый фильтрующий комплекс?
13. Что называют глубинными фильтрами?
14. Для чего используются парные автоматизированные фильтрующие комплексы?
15. Что называют ферментаторами?
16. Что называют измельчением?
17. Какие машины для измельчения используются в биотехнологии?
18. Что подвергают гранулированию?
19. Какое оборудование используется для гранулирования в биотехнологии?

Тема 7. Теория химических реакторов

Ключевые вопросы темы

1. Химические реакторы. Определения, общая характеристика, области применения, классификации.
2. Каскад реакторов.
3. Расчет реакторов.

Методические рекомендации

Целью изучения второй темы курса является формирование у обучающихся общих представлений о химических реакторах.

Первый вопрос посвящен рассмотрению стадий любого химико-технологического процесса, а именно подготовка сырья, химическое превращение, выделение целевых продуктов, утилизация отходов.

Вторым вопросом идет рассмотрение термина «реактор» и классификация существующих аппаратов подобного типа. Более подробно рассматриваются основные типы химических реакторов: реактор идеального вытеснения и реактор идеального смешения.

В конце рассматриваются основные положения по теории и расчету химических реакторов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое химический реактор, требования, предъявляемые к нему. Классификация реакторов.
2. Характеристика периодического процесса. Почему его называют нестационарным? Особенности протекания, область применения, достоинства и недостатки.
3. Характеристика непрерывного процесса. Почему его называют стационарным? Особенности протекания, область применения, достоинства и

недостатки.

4. Реактор периодического действия, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, область применения.

5. Реактор непрерывного действия РИС-Н, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, область применения.

6. Модель идеального перемешивания, определение, допущения. Ее использование в расчете основного времени работы РИС-П.

7. Модель идеального вытеснения, определение, допущения. Ее использование в расчете времени пребывания РИВ.

8. Основы расчета изотермического процесса в реакторе. Сравнение эффективности работы реакторов, описываемых различными моделями - идеального смешения и идеального вытеснения.

Темы 8. Теория биореакторов

Ключевые вопросы темы

1. Биореактор и ферментер. Определения, общая характеристика, области применения. Качества идеального биореактора. Разница между биореактором и ферментером.

2. Основные показатели, которые надо контролировать при работе с биореакторами, на примере схемы производства и очищения терапевтических белков.

3. Разбор различных типов биореакторов. Общие характеристики, особенности конструкции, области применения, основные преимущества и недостатки

4. Принципы выращивания клеток в биореакторах.

Методические рекомендации

Целью изучения темы курса является формирование у обучающихся знаний об оборудовании, предназначенном для культивирования микроорганизмов – биореакторов.

Подробно рассматриваются конструкции биореакторов, их типы, области применения, преимущества и недостатки. Изучаются системы аэрации, перемешивания, асептики и пеногашения в биореакторах различных типов.

На примере производства и очищения терапевтических белков изучаются основные параметры, за которыми необходимо следить при выращивании клеток в биореакторах (а именно: содержание растворенного кислорода и углекислого газа; рН; температура; клеточная культура и среда) и основные формулы и коэффициенты (коэффициент массопереноса кислорода; коэффициент массопередачи кислорода; скорость поглощения кислорода; уровень растворенного кислорода при культивировании в биореакторах;

уровень растворенного углекислого газа при культивировании в биореакторах; скорость рассеивания энергии).

В общих чертах рассматривается процесс периодического глубинного культивирования микроорганизмов.

Уделяется внимание понятиям масштабирование процесса (многоступенчатые аппараты) и каскад биореакторов, включая области применения аппаратов каждого вида.

Важно уяснить разницу между биореактором и ферментером.

Вопросы для самоконтроля:

1) Что собой представляют биореакторы и ферментаторы? В чем между ними разница?

2) Какие требования предъявляют к биореакторам и к другому оборудованию для реализации биотехнологических процессов?

3) Какие типы биореакторов Вам известны?

4) Какими характеристиками (системами) должен обладать современный биореактор?

5) В чем сущность принципа масштабирования биотехнологических процессов?

6) Каким образом в биореакторе осуществляется аэрация?

7) Что такое мембрана и пермеат?

8) Что такое активный ил?

9) В чем сущность иммобилизации клеток и ферментов? Какие преимущества у процесса ферментации иммобилизованными клетками (ферментами) перед свободными?

10) Приведите примеры применения биореакторов в промышленности.

11) Какими качествами должен обладать идеальный биореактор?

12) В чем разница между аэробными и анаэробными биореакторами?

Приведите примеры аппаратов обоих типов.

Тема 9. Кинетика ферментативных реакций

Ключевые вопросы темы

1. Моделирование ферментативной кинетики.

2. Кинетика ферментативных реакций.

3. Уравнение Михаэлиса–Ментен.

4. Ингибирование.

Методические рекомендации

В данной теме рассматриваются основы классической кинетики ферментативных реакций согласно теории Михаэлиса–Ментен,

рассматриваются типы ингибирования ферментов и их влияние на вывод кинетических уравнений, а также изменения в наблюдаемых графиках зависимости скорости от концентрации субстрата в прямых и обратных координатах.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какое явление называется катализом?
2. Какое вещество называется ингибитором?
3. Что называется каталитической активностью катализатора?
4. В чем отличие обратимого и необратимого ингибирования?
5. Запишите выражение для константы Михаэлиса.
6. Запишите уравнение Михаэлиса.
7. От чего зависит максимальная скорость реакции в приближении Михаэлиса–Ментен?
8. Как выражается константа Михаэлиса через концентрацию субстрата?
9. Запишите уравнение Михаэлиса в координатах Лайнуивера–Берка.
10. Каким образом по графику Лайнуивера–Берка определить максимальную скорость ферментативной реакции и значение константы Михаэлиса?
11. Какую информацию о ферментативной реакции дает максимальная скорость ферментативной реакции?
12. Какую информацию о ферментативной реакции дает константа Михаэлиса?
13. Что называется числом превращения фермента?

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

Лабораторный практикум проводится с целью расширения у студентов знаний, умений и навыков в области процессов и аппаратов биотехнологии и является важной составной частью изучаемого курса, поскольку помогает лучшему усвоению дисциплины, закреплению знаний.

Характерной особенностью практикума является рассмотрение теоретических основ используемых физических процессов вне зависимости от конкретного производства, хотя определенный акцент присутствует. Преимуществом единого подхода к изучению основных физических процессов пищевых производств является то, что будущий инженер получает широкую общетехническую подготовку, понимание общих закономерностей физических процессов, основанное на знаниях, полученных ранее при изучении физики,

математики, физической химии, теплотехники, электротехники и других фундаментальных дисциплин.

Такой подход обеспечивает формирование теоретической основы для изучения специальных дисциплин по расчету и конструированию оборудования, машин и аппаратов биотехнологий и пищевых производств.

Лабораторный практикум проходит в двух направлениях:

1. Виртуальный лабораторный практикум по курсу.
2. Работы на учебных стендах «Химические реакторы» и «Тепловые процессы в жидкостях».

Виртуальный лабораторный практикум проходит в компьютерном классе с использованием свободно распространяемой программы «Учебный терминал ПиАПП» авторов Г. В. Алексеев, И. И. Бриденко, Е. В. Кравцова.

Тематический план занятий представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Тематический план лабораторных занятий

Номер	Наименование лабораторной работы
1	Определение гидростатического давления
2	Определение плотностей несмешивающихся жидкостей в сообщающихся сосудах
3	Гидравлический пресс
4	Сила давления жидкости на плоскую поверхность
5	Относительное равновесие жидкости во вращающемся сосуде
6	Определение режима движения жидкости
7	Исследование гидродинамики псевдоожиженного слоя
8	Испытание центробежного вентилятора
9	Изучение процессов нагрева и рекуперации теплоты в трубчатой теплообменной установке
10	Исследование работы двухкорпусной выпарной установки
11	Исследование работы распылительной сушильной установки
12	Изучение процесса измельчения в молотковой дробилке
13	Определение расхода мощности при перемешивании
14	Изучение работы химического реактора
15	Определение передаваемой тепловой мощности теплообменника типа «труба в трубе» в зависимости от направления потоков жидкости
16	Определение передаваемой тепловой мощности кожухотрубного теплообменника

Номер	Наименование лабораторной работы
17	Определение передаваемой тепловой мощности воздушно-водяного теплообменника с принудительным охлаждением

Подробное описание виртуальных лабораторных работ представлено в учебном пособии:

Алексеев, Г. В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых систем»: учеб. пособие для вузов / Г. В. Алексеев, И. И. Бриденко, Е. В. Кравцова. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 296 с.: ил. – Текст: непосредственный. ISBN 978-5-507-44671-1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев, Г. В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых систем»: учеб. пособие для вузов / Г. В. Алексеев, И. И. Бриденко, Е. В. Кравцова. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 296 с.: ил. – Текст : непосредственный. ISBN 978-5-507-44671-1
2. Арсеньева, Т. П. Технологическое оборудование биотехнологических производств: учеб.-метод. пособие / Т. П. Арсеньева, А. А. Брусенцев, Н. В. Яковченко. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019. – 93 с.
3. Бландов, А. Н. Кинетика ферментативных реакций: учеб.-метод. пособие / А. Н. Бландов. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. – 30 с.
4. Процессы и аппараты биотехнологии: ферментационные аппараты: учебное пособие для вузов / под редакцией В. А. Быкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 274 с. – (Высшее образование). Текст : непосредственный. ISBN 978-5-534-10765-4
5. Лаптева, Е. А. Гидродинамика барботажных аппаратов / Е. А. Лаптева, А. Г. Лаптев. – Казань: Центр инновационных технологий, 2017. – 190 с.
6. Долгунин, В. Н. Биотехнологические процессы и аппараты: учеб. пособие / В. Н. Долгунин, В. А. Пронин. – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – 80 с.
7. Дульнев Г. Н. Теория тепло- и массообмена / Г. Н. Дульнев. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2012. – 195 с.
8. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А. Г. Касаткин. – 12-е изд., стер., дораб. – Москва: Альянс, 2005. – 750 с. – ISBN 5-98535-018-5.
9. Конструирование биореакторов будущего пищевых технологий (научно-прикладные аспекты): учебник для вузов / С. Т. Антипов, С. А. Бредихин, А. И. Ключников [и др.]; под редакцией В. А. Панфилова. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 524 с.
10. Миронов, М. А. Методы расчета оборудования биотехнологических производств: учеб.-метод. пособие / М. А. Миронов, М. И. Токарева; науч. ред. М. Н. Иванцова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2017. – 47 с.
11. Процессы и аппараты биотехнологических производств: учеб. пособие / А. Г. Новоселов, Ю. Н. Гуляева, Ю. Л. Малахов, А. В. Федоров. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО. 2018. – 51 с.
12. Огурцов, А. Н. Кинетика ферментативных реакций: учеб. пособие по курсу «Ферментативный катализ» для студ. спец. 92901 «Промышленная биотехнология» / А. Н. Огурцов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 146 с.
13. Попов, Ю. В. Химические реакторы. (Теория химических процессов и расчет реакторов): учеб. пособие / Ю. В. Попов, Т. К. Корчагина,

В. С. Лобасенко. – 2-е издание, переработанное и дополненное; ВолгГТУ. – Волгоград, 2015. – 240 с.

14. Процессы и аппараты биотехнологии: ферментационные аппараты: учеб. пособие для вузов / под ред. В. А. Быкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 274 с.

15. Процессы и аппараты пищевых производств / под ред. А. Н. Острикова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2012. – 613 с.

16. Расчет и проектирование теплообменников: учеб. пособие для вузов / А. Н. Остриков, И. Н. Болгова, Е. Ю. Желтоухова [и др.]; под редакцией А. Н. Острикова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 372 с.: ил. – Текст : непосредственный. ISBN 978-5-507-47154-6

17. Тепловые процессы: учеб. пособие / А. Г. Липин [и др.]; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2018. – 80 с.

18. Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. Н. Тепляшин, Л. И. Ченцова, В. Н. Невзоров, И. В. Мацкевич; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2022. – 273 с.

19. Тишин, В. Б. Эксперимент и поиск математических моделей кинетики биологических процессов: учеб. пособие / В. Б. Тишин, О. В. Головинская. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 111 с.

20. Разработка и проектирование ферментационного оборудования для аэробного культивирования одноклеточных микроорганизмов: учеб.-метод. пособие. / А. Г. Новоселов, Ю. Н. Гуляева, А. Б. Дужий, А. В. Сивенков. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 91 с.

21. Прикладные теплофизические аспекты в биотехнологии: учеб. пособие / А. В. Федоров, Е. В. Тамбулатова, П. Е. Баланов [и др.]. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО. 2024 – 88 с.

Локальный электронный методический материал

Виктория Александровна Мельникова

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ BIOTEХНОЛОГИИ

*Редактор С. Кондрашова
Корректор Т. Звада*

Уч.-изд. л. 1,9. Печ. л. 1,7.

Издательство федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1