

Компонент ОПОП 19.03.01 Биотехнология
профиль «Промышленная биотехнология»
наименование ОПОП
Б1.О.31
шифр дисциплины

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**Дисциплины
(модуля)**

Процессы и аппараты биотехнологических производств

Разработчик (и):

Саенкова И.В.

ФИО

доцент

должность

канд. техн. наук, доцент

ученая степень,
звание

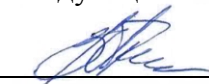
Утверждено на заседании кафедры

Технологического и холодильного оборудо-
вания

наименование кафедры

протокол № 8 от 01.03. 2026 г.

Заведующий кафедрой ТХО


подпись ФИО

Похольченко В.А.

**Мурманск
2026**

Пояснительная записка

Объем дисциплины 4 з.е.

1. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций ¹	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-4. Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ИД-1ОПК-4 Владеет навыками проектирования технологических систем и процессов биотехнологического производства	Знать: - технологические процессы биотехнологических производств; Уметь: - разрабатывать мероприятия по проектированию отдельных элементов технических и технологических систем, технологических процессов биотехнологических производств; Владеть: - навыками проектирования технологических систем и процессов биотехнологических производств
	ИД-2ОПК-4 Применяет базовые инженерные и технологические знания при решении профессиональных задач	Знать: - базовые решения профессиональных задач; Уметь: - применять базовые инженерные и технологические знания при решении профессиональных задач; Владеть: - навыками применения базовых инженерных и технологических знаний.
ОПК-5. Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	ИД-1ОПК-5 Владеет навыками эксплуатации технологического оборудования	Знать: - навыки эксплуатации технологического оборудования; Уметь: - правильно эксплуатировать технологическое оборудование; Владеть: - навыками эксплуатации технологического оборудования;
	ИД-2ОПК-5 Применяет знания о биотехнологических процессах и способах контроля качества и количества получаемой продукции при решении профессиональных задач	Знать: - биотехнологические процессы и способы контроля качества и количества получаемой продукции; Уметь: - правильно эксплуатировать биотехнологические процессы и способы контроля качества и количества получаемой продукции; Владеть: - навыками эксплуатации биотехнологические процессы и способы контроля качества и количества получаемой продукции;

¹ Указываются индикаторы достижения компетенций, закрепленные за данной дисциплиной (модулем)

Содержание дисциплины

Модуль 1. Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов биотехнологии.

Тема 1.1. Непрерывные и периодические процессы; их характеристики и области рационального применения в биотехнологии. Теория явлений переноса. Особенности явлений переноса в потоках газов, жидкостей и в твердых телах. Молекулярный и турбулентный перенос. Общие закономерности гидродинамики, теплопередачи и массопередачи. Материальные и энергетические (тепловые) балансы; определение массовых потоков и энергетических затрат. Условия равновесия и определение направления процессов переноса. Общий вид уравнений скорости процессов; движущие силы и кинетические коэффициенты.

Тема 1.2. Методы исследования процессов и аппаратов биотехнологии. Системный подход к изучению и созданию новых процессов и аппаратов. Использование методов получения обобщенных переменных. Принципы подобия и анализа размерностей; их применение при постановке опытов на модельных системах и установках, обработке и обобщении экспериментальных результатов.

Модуль 2. Гидромеханические процессы и аппараты биотехнологии.

Тема 2.1. Основы гидромеханики. Гидростатика и гидродинамика. Капельные и упругие жидкости, действующие в них силы. Понятие об идеальной жидкости. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Гидростатика. Практические приложения основного уравнения гидростатики – закона Паскаля. Гидродинамика. Описание полей скоростей в стационарных и нестационарных потоках. Течение в трубах и каналах. Уравнение постоянства расхода. Определение расходов при истечении жидкостей через отверстия или насадки. Гидродинамические режимы течения - ламинарный и турбулентный. Критерий Рейнольдса и его критические значения. Механизмы ламинарного и турбулентного течений. Основные уравнения гидродинамики. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Уравнения Эйлера для движения идеальной и Навье-Стокса – для движения реальной жидкости. Уравнение Бернулли для идеальной и для реальной жидкостей с учетом подвода механической энергии извне. Практические приложения уравнения Бернулли.

Тема 2.2. Разделение гетерогенных смесей. Использование гидромеханических процессов их разделения для технологических целей: осаждение и фильтрование. Процессы отстаивания и устройство отстойников для суспензий, эмульсий и пылей. Расчет поверхности осаждения и производительности. Устройство и принцип действия циклонов, гидроциклонов, отстойных центрифуг; сепараторов для отделения брызг жидкости от газа. Принципы осаждения пылей и туманов в электрическом поле; устройство и действие электрофильтров. Фильтрование суспензий и очистка газов от пылей на фильтрах. Сжимаемые и несжимаемые осадки. Виды фильтровальных перегородок. Мокрая очистка газов от пылей и туманов; назначение и принцип метода. Классификация и устройство основных типов непрерывно и периодически работающих фильтров. Схемы фильтровальных установок. Принципы устройства и действия фильтрующих центрифуг.

Модуль 3. Тепловые процессы и аппараты биотехнологии.

Тема 3.1. Основы теплопередачи. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Расчет стационарного переноса теплоты теплопроводностью через плоские и цилиндрические стенки (одно- и многослойные) аппаратов. Дифференциальное уравнение стационарного и нестационарного переноса теплоты в потоке (уравнение Фурье-Кирхгофа). Конвективный перенос теплоты. Тепловое подобие: критерии теплового подобия (Нуссельта, Пекле, Прандтля, Грасгофа, Фурье), их физический смысл.

Тема 3.2. Теплопередача в аппаратах биотехнологических производств. Теплопередача в поверхностных теплообменниках через плоские и цилиндрические (одно- и многослойные) стенки. Коэффициенты теплопередачи; аддитивность термических сопротивлений. Средняя движущая сила теплопередачи; влияние взаимного направления движения теплоносителей. Теплообмен при непосредственном соприкосновении теплоносителей.

Тема 3.3. Теплообменные установки и аппараты, их классификация. Основные типы поверхностных теплообменников. Расчет основных размеров теплообменных аппаратов и оптимальных режимов их работы. Нестационарный теплообмен в регенеративных теплообменниках. Основные приемы совершенствования конструкций теплообменников. Проектный и поверочный расчет. Выпаривание растворов. Классификация и основные конструктивные типы выпарных аппаратов. Способы экономии тепловой энергии: многокорпусное выпаривание и выпаривание с термокомпрессией вторичного пара (с «тепловым насосом»).

Модуль 4. Массообменные процессы в биотехнологии.

Тема 4.1. Основы массопередачи. Физикохимические основы массообменных процессов. Равновесные условия и определение направления переноса вещества из фазы в фазу. Понятие о массопередаче и массоотдаче. Массопередача между двумя фазами.

Тема 4.2. Массообмен в аппаратах биотехнологии. Материальный баланс непрерывного установившегося процесса при различных способах выражения составов фаз и их расходов; уравнения рабочих линий. Анализ массообменных процессов и расчет аппаратов методом «теоретических ступеней». Рациональный выбор взаимного направления движения фаз и организации потоков в массообменных аппаратах. Аппараты с непрерывным и ступенчатым контактом фаз. Основные методы интенсификации массообмена в системах со свободной границей раздела фаз.

Тема 4.3. Массообменные процессы и аппараты. Абсорбционные и экстракционные аппараты и установки. Основные типы абсорберов. Дистилляция. Простая и фракционная перегонка. Ректификация. Моделирование и расчет процессов и аппаратов при непрерывной ректификации бинарных систем. Схема абсорбционно-десорбционных установок. Схемы экстракционных установок.

Тема 4.4. Массообменные процессы с участием твердой фазы. Элементы массопередачи в системах с твердой фазой. Уравнение массопроводности. Диффузионные критерии Био и Фурье для массопередачи с твердой фазой. Нестационарность массопереноса в твердых телах. Расчет скорости процесса; его лимитирующие стадии и способы интенсификации массопередачи. Сушка твердых материалов. Методы сушки. Формы связи влаги с материалами и метод удаления влаги из них. Материальный и тепловой балансы контактной сушки; расчет потребного расхода теплоносителя. Принципиальные схемы сушильных установок. Основные конструкции конвективных и контактных сушилок для сушки штучных, кусковых и сыпучих, пастообразных материалов, для получения сыпучих продуктов непосредственно из растворов. Материальный и тепловой балансы контактной сушки; расчет потребного расхода теплоносителя.

Тема 4.5. Мембранные процессы и аппараты. Общие сведения о мембранных процессах. Методы очистки (регенерации) мембран. Моделирование и расчет мембранных процессов и аппаратов. Типы мембран. Основные конструкции мембранных аппаратов, их сопоставление и выбор.

3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические указания к выполнению практических/ лабораторных и контрольных работ представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины представлены на официальном сайте МГТУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

4. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным». ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины;

- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;
- задания внутренней оценки качества образования.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем)

Основная литература:

1. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
2. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. - Изд.13-е, стер. - Перепечатка с изд. 1987 г. - Москва : Альянс, 2006. - 575 с.

Дополнительная литература:

3. Процессы и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 1: учебник для вузов / [А. Н. Остриков и др.]; под ред. А. Н. Острикова. - Санкт-Петербург: Гиорд, 2007. - 699, [1] с.: ил.
4. Процессы и аппараты пищевых производств: учебник для вузов. В 2 кн. Кн. 2 / [А. Н. Остриков и др.]; под ред. А. Н. Острикова. - Санкт-Петербург: Гиорд, 2007. - С. 709-1304, [1]: ил.
5. Кошевой Е. П. Практикум по расчетам технологического оборудования пищевых производств: учеб. пособие для вузов / Е. П. Кошевой. - Санкт-Петербург: Гиорд, 2007. - 226 с .

6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- 1) Государственная система правовой информации - официальный интернет-портал правовой информации- URL: <http://pravo.gov.ru>
- 2) Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» - URL: <http://window.edu.ru>
- 3) Справочно-правовая система. Консультант Плюс - URL: <http://www.consultant.ru/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

- 1) Офисный пакет Microsoft Office 2007
- 2) Система оптического распознавания текста ABBYY FineReader

8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины представлено в приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде МГТУ.

Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1 - Распределение трудоемкости

Вид учебной деятельности	Распределение трудоемкости дисциплины по формам обучения	
	Очная	
	Семестр	Всего часов
	4	
Лекции	34	34
Практические занятия	22	22
Лабораторные работы	32	32
Самостоятельная работа	20	20
Подготовка к промежуточной аттестации	36	36
Всего часов по дисциплине	144	144
/из них в форме практической подготовки		

Формы промежуточной аттестации и текущего контроля

Экзамен	+	+
Количество контрольных работ	1	1

Перечень лабораторных работ по формам обучения

№ п/п	Темы лабораторных работ
	Очная форма
1.	Определение скорости витания частиц
2.	Изучение гидравлики взвешенного слоя
3.	Экспериментальное определение констант фильтрации
4.	Изучение работы циклона
5.	Разделение суспензий на центрифуге периодического действия
6.	Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции в неограниченном пространстве
7.	Изучение термического сопротивления теплообменника «труба в трубе»
8.	Изучение процесса сушки в воздушном слое
9.	Изучение процесса сушки во взвешенном слое
10.	Изучение процесса сушки в инфракрасных лучах

Перечень практических занятий по формам обучения

№ п/п	Темы практических занятий
	Очная форма
11.	Гидродинамика взвешенного слоя
12.	Перемешивание в жидкой среде
13.	Осаждение под действием силы тяжести
14.	Осаждение под действием центробежной силы
15.	Фильтрация
16.	Центрифугирование
17.	Теплопроводность как один из видов процесса теплопередачи
18.	Теплопередача в поверхностных теплообменниках
19.	Расчет процессов охлаждения
20.	Расчет процессов сушки