

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени И.Т. ТРУБИЛИНА»

Институт ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии
Биотехнологии, биохимии и биофизики



УТВЕРЖДЕНО

Директор

Гнеуш А.Н.

Протокол от 27.04.2026 № 9

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ»**

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология

Направленность (профиль) подготовки: Прикладная биотехнология

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2026

Срок получения образования: 4 года

Объем: в зачетных единицах: 7 з.е.
в академических часах: 252 ак.ч.

Разработчики:

Доцент, кафедра биотехнологии, биохимии и биофизики
Николаенко С.Н.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология, утвержденного приказом Минобрнауки от 10.08.2021 № 736, с учетом трудовых функций профессиональных стандартов: "Специалист по сертификации и подтверждению соответствия", утвержден приказом Минтруда России от 16.09.2022 № 575н; "Специалист по качеству", утвержден приказом Минтруда России от 22.04.2021 № 276н; "Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам", утвержден приказом Минтруда России от 04.03.2014 № 121н.

Согласование и утверждение

№	Подразделение или коллегиальный орган	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Биотехнологии, биохимии и биофизики	Заведующий кафедрой, руководитель подразделения, реализующего ОП	Гнеуш А.Н.	Согласовано	20.04.2026, № 33
2		Руководитель образовательной программы	Мачнева Н.Л.	Согласовано	20.04.2026, № 33
3		Председатель методической комиссии/совета	Мачнева Н.Л.	Согласовано	24.04.2026, № 9

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины - подготовка студентов к решению инженерных и производственных вопросов биотехнологической отрасли в комплексе с ее достижениями и возможными технологическими решениями, а также экологическим проблемам биотехнологии.

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление с основными процессами, аппаратами и оборудованием биотехнологической отрасли;;
- приобретение студентами знаний назначения, принципа действия и устройства аппаратов и оборудования в биотехнологии;
- практическое закрепление полученных знаний в области аппаратного оформления биотехнологических процессов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-П2 Способен осуществлять проведение технологического процесса при производстве биотехнологических продуктов

ПК-П2.1 Осуществляет выполнение технологических операций при производстве биотехнологических продуктов, используя навыки работы с технологическим, измерительным оборудованием, средствами измерений

Знать:

ПК-П2.1/Зн1 Основы выполнения технологических операций при производстве биотехнологических продуктов, используя навыки работы с технологическим, измерительным оборудованием, средствами измерений.

Уметь:

ПК-П2.1/Ум1 Осуществлять выполнение технологических операций при производстве биотехнологических продуктов, используя навыки работы с технологическим, измерительным оборудованием, средствами измерений.

Владеть:

ПК-П2.1/Нв1 Навыком выполнения технологических операций при производстве биотехнологических продуктов, используя навыки работы с технологическим, измерительным оборудованием, средствами измерений

ПК-П2.2 Осуществляет контроль технологического процесса при промышленном производстве биотехнологических продуктов, в том числе и за соблюдением правил техники безопасности и охраны труда при осуществлении технологического процесса.

Знать:

ПК-П2.2/Зн1 Процесс осуществления контроля технологического процесса при промышленном производстве биотехнологических продуктов, в том числе и за соблюдением правил техники безопасности и охраны труда при осуществлении технологического процесса

Уметь:

ПК-П2.2/Ум1 Осуществлять контроль за технологическим процессом при промышленном производстве биотехнологических продуктов, в том числе и за соблюдением правил техники безопасности и охраны труда при осуществлении технологического процесса

Владеть:

ПК-П2.2/Нв1 Способностью осуществлять контроль за технологическим процессом при промышленном производстве биотехнологических продуктов, в том числе и за соблюдением правил техники безопасности и охраны труда при осуществлении технологического процесса

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) «Процессы и аппараты биотехнологических производств» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 5, 6.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к решению типов задач профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Контактная работа (часы, всего)	Внеаудиторная контактная работа (часы)	Зачет (часы)	Лекционные занятия (часы)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
Пятый семестр	108	3	63	1		32	30	45	Зачет
Шестой семестр	144	4	73	3		26	44	35	Экзамен (36)
Всего	252	7	136	4		58	74	80	36

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий (часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Внеаудиторная контактная работа	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотношенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Основные понятия и классификации	16		6	2	8	ПК-П2.1
Тема 1.1. Предмет и задачи курса, связь с другими дисциплинами	6		2		4	
Тема 1.2. Принципиальная технологическая схема производств и ее аппаратное оформление	4		2		2	

Тема 1.3. Основные законы и уравнения материального и энергетического балансов	6		2	2	2	
Раздел 2. Гидромеханические процессы	56		18	14	24	ПК-П2.2
Тема 2.1. Перемещение жидкостей. Насосы: классификация, конструкция, расчет	10		4	2	4	
Тема 2.2. Сжатие и перемещение газов. Компрессоры, вентиляторы, вакуум-насосы	8		2	2	4	
Тема 2.3. Гидродинамические процессы перемешивания в жидких средах	12		4	4	4	
Тема 2.4. Процессы осаждения и отстаивания. Отстойники, осадительные центрифуги	8		2	2	4	
Тема 2.5. Процессы фильтрования. Классификация, аппараты, расчет	10		4	2	4	
Тема 2.6. Процессы центрифугирования. Центрифуги периодического и непрерывного действия	8		2	2	4	
Раздел 3. Тепловые процессы	35		8	14	13	ПК-П2.1
Тема 3.1. Теплопередача. Основные законы теплообмена	10		2	4	4	
Тема 3.2. Нагревание и охлаждение. Теплообменные аппараты	8		2	2	4	
Тема 3.3. Выпаривание. Выпарные аппараты, многокорпусные выпарные установки	10		2	4	4	
Тема 3.4. Сушка. Классификация процессов, сушильные аппараты	7		2	4	1	
Раздел 4. Массообменные процессы	74		18	28	28	ПК-П2.2
Тема 4.1. Дистилляция и ректификация. Тарельчатые и насадочные колонны	12		4	4	4	
Тема 4.2. Абсорбция. Аппараты для абсорбции, расчет процессов	10		2	4	4	
Тема 4.3. Адсорбция. Адсорбенты, аппараты, регенерация	10		2	4	4	
Тема 4.4. Экстракция. Классификация, аппаратура, расчет	10		2	4	4	

Тема 4.5. Ионнообменные процессы. Иониты, ионнообменные колонны	12		4	4	4	
Тема 4.6. Мембранные процессы. Ультрафильтрация, обратный осмос	10		2	4	4	
Тема 4.7. Кристаллизация. Кристаллизаторы, расчет процессов	10		2	4	4	
Раздел 5. Биотехнологические процессы	31		8	16	7	ПК-П2.2
Тема 5.1. Биореакторы: классификация, принципы работы	8		2	4	2	
Тема 5.2. Биореакторы идеального смешения и вытеснения	8		2	4	2	
Тема 5.3. Аэробные процессы. Системы аэрации	8		2	4	2	
Тема 5.4. Анаэробные процессы. Особенности аппаратурного оформления	7		2	4	1	
Раздел 6. Зачет	1	1				ПК-П2.1
Тема 6.1. Зачет	1	1				ПК-П2.2
Раздел 7. Экзамен	3	3				ПК-П2.1
Тема 7.1. Экзамен	3	3				ПК-П2.2
Итого	216	4	58	74	80	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин

Раздел 1. Основные понятия и классификации

(Лекционные занятия - 6ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 8ч.)

Тема 1.1. Предмет и задачи курса, связь с другими дисциплинами

(Лекционные занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)

Описаны предмет и задачи курса, а также как она взаимосвязана с другими дисциплинами.

Тема 1.2. Принципиальная технологическая схема производств и ее аппаратурное оформление

(Лекционные занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 2ч.)

Описана принципиальная технологическая схема производства.

Тема 1.3. Основные законы и уравнения материального и энергетического балансов

(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 2ч.)

Основные законы и уравнения материального и энергетического балансов

Раздел 2. Гидромеханические процессы

(Лекционные занятия - 18ч.; Практические занятия - 14ч.; Самостоятельная работа - 24ч.)

Тема 2.1. Перемещение жидкостей. Насосы: классификация, конструкция, расчет

(Лекционные занятия - 4ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)

Перемещение жидкостей. Насосы: классификация, конструкция, расчет

*Тема 2.2. Сжатие и перемещение газов. Компрессоры, вентиляторы, вакуум-насосы
(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)*

Сжатие и перемещение газов. Компрессоры, вентиляторы, вакуум-насосы

*Тема 2.3. Гидродинамические процессы перемешивания в жидких средах
(Лекционные занятия - 4ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)*

Гидродинамические процессы перемешивания в жидких средах

*Тема 2.4. Процессы осаждения и отстаивания. Отстойники, осадительные центрифуги
(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)*

Процессы осаждения и отстаивания. Отстойники, осадительные центрифуги

*Тема 2.5. Процессы фильтрации. Классификация, аппараты, расчет
(Лекционные занятия - 4ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)*

Процессы фильтрации. Классификация, аппараты, расчет

*Тема 2.6. Процессы центрифугирования. Центрифуги периодического и непрерывного действия
(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)*

Процессы центрифугирования. Центрифуги периодического и непрерывного действия

Раздел 3. Тепловые процессы

(Лекционные занятия - 8ч.; Практические занятия - 14ч.; Самостоятельная работа - 13ч.)

*Тема 3.1. Теплопередача. Основные законы теплообмена
(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)*

Теплопередача. Основные законы теплообмена

*Тема 3.2. Нагревание и охлаждение. Теплообменные аппараты
(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 2ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)*

Нагревание и охлаждение. Теплообменные аппараты

*Тема 3.3. Выпаривание. Выпарные аппараты, многокорпусные выпарные установки
(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)*

Выпаривание. Выпарные аппараты, многокорпусные выпарные установки

*Тема 3.4. Сушка. Классификация процессов, сушильные аппараты
(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 1ч.)*

Сушка. Классификация процессов, сушильные аппараты

Раздел 4. Массообменные процессы

(Лекционные занятия - 18ч.; Практические занятия - 28ч.; Самостоятельная работа - 28ч.)

*Тема 4.1. Дистилляция и ректификация. Тарельчатые и насадочные колонны
(Лекционные занятия - 4ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)*

Дистилляция и ректификация. Тарельчатые и насадочные колонны

Тема 4.2. Абсорбция. Аппараты для абсорбции, расчет процессов

(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)

Абсорбция. Аппараты для абсорбции, расчет процессов

Тема 4.3. Адсорбция. Адсорбенты, аппараты, регенерация

(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)

Адсорбция. Адсорбенты, аппараты, регенерация

Тема 4.4. Экстракция. Классификация, аппаратура, расчет

(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)

Экстракция. Классификация, аппаратура, расчет

Тема 4.5. Ионообменные процессы. Иониты, ионообменные колонны

(Лекционные занятия - 4ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)

Ионообменные процессы. Иониты, ионообменные колонны

Тема 4.6. Мембранные процессы. Ультрафильтрация, обратный осмос

(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)

Мембранные процессы. Ультрафильтрация, обратный осмос

Тема 4.7. Кристаллизация. Кристаллизаторы, расчет процессов

(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 4ч.)

Кристаллизация. Кристаллизаторы, расчет процессов

Раздел 5. Биотехнологические процессы

(Лекционные занятия - 8ч.; Практические занятия - 16ч.; Самостоятельная работа - 7ч.)

Тема 5.1. Биореакторы: классификация, принципы работы

(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 2ч.)

Биореакторы: классификация, принципы работы

Тема 5.2. Биореакторы идеального смешения и вытеснения

(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 2ч.)

Биореакторы идеального смешения и вытеснения

Тема 5.3. Аэробные процессы. Системы аэрации

(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 2ч.)

Аэробные процессы. Системы аэрации

Тема 5.4. Анаэробные процессы. Особенности аппаратного оформления

(Лекционные занятия - 2ч.; Практические занятия - 4ч.; Самостоятельная работа - 1ч.)

Анаэробные процессы. Особенности аппаратного оформления

Раздел 6. Зачет

(Внеаудиторная контактная работа - 1ч.)

Тема 6.1. Зачет

(Внеаудиторная контактная работа - 1ч.)

Зачет

Раздел 7. Экзамен

(Внеаудиторная контактная работа - 3ч.)

Тема 7.1. Экзамен

(Внеаудиторная контактная работа - 3ч.)

Экзамен

6. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Основные понятия и классификации

Форма контроля/оценочное средство: Задача

Вопросы/Задания:

1. Процессы и аппараты

- А. Фильтрация - 2.Нутч-фильтр
- Б. Дистилляция - 1.Тарельчатая колонна
- В. Абсорбция - 3.Насадочная колонна
- Г. Экстракция - 4.Смеситель-отстойник

2. Последовательность стадий очистки продукта ферментации

- Сепарация биомассы - А
- Ультрафильтрация - Б
- Ионообменная хроматография - В
- Липофильная сушка - Г

3. Процессы и уравнения

- А. Фильтрация - 2.Уравнение фильтрации
- Б. Теплопередача - 1.Закон Фурье
- В. Массопередача - 4.Закон Фика
- Г. Перемешивание - 3.Критерий мощности

4. Последовательность проведения валидации оборудования

- Квалификация установки (IQ) - А
- Квалификация эксплуатационная (OQ) - Б
- Квалификация производительная (PQ) - В
- Составление протокола - Г

Раздел 2. Гидромеханические процессы

Форма контроля/оценочное средство: Задача

Вопросы/Задания:

1. Материалы и условия применения

- А. Нержавеющая сталь AISI 316 - 2. Фармацевтические производства
- Б. Стекло - 4. Видимость процесса
- В. Хастеллой - 1.Агрессивные хлорсодержащие среды
- Г. Полипропилен - 3. Кислотные среды средней концентрации

2. Опишите этапы проектирования аэробного биореактора для производства антибиотиков. Какие параметры необходимо рассчитать и какие факторы учесть?

Опишите этапы проектирования аэробного биореактора для производства антибиотиков. Какие параметры необходимо рассчитать и какие факторы учесть?

3. Разработайте схему многостадийной фильтрации для очистки культуральной жидкости после ферментации. Обоснуйте выбор типов фильтров на каждой стадии.

Разработайте схему многостадийной фильтрации для очистки культуральной жидкости после ферментации. Обоснуйте выбор типов фильтров на каждой стадии.

4. Какой тип биореактора наиболее эффективен для производства пенициллина?

- А. Фотобиореактор
- Б. Анаэробный биореактор
- В. Аэробный биореактор с мешалкой

Г. Мембранный биореактор

Раздел 3. Тепловые процессы

Форма контроля/оценочное средство: Задача

Вопросы/Задания:

1. Укажите последовательность работы выпарной установки

Подогрев исходного раствора - А

Упаривание в первом корпусе - Б

Последовательное упаривание в следующих корпусах - В

Конденсация вторичного пара - Г

2. Соответствие: Типы аппаратов и области применения

А) Барабанный фильтр - 2. Непрерывное фильтрование

Б) Роторный испаритель - 1. Концентрирование термолабильных продуктов

В) Аппарат с псевдоожиженным слоем - 4. Сушка дисперсных материалов

Г) Мембранный биореактор - 3. Совмещение реакции и разделения

3. Рассчитайте площадь поверхности теплообмена для охлаждения биореактора объемом 10 м^3 при экзотермической реакции. Исходные данные: тепловыделение 50 кВт , температура $37^\circ\text{C} \rightarrow 25^\circ\text{C}$.

Рассчитайте площадь поверхности теплообмена для охлаждения биореактора объемом 10 м^3 при экзотермической реакции. Исходные данные: тепловыделение 50 кВт , температура $37^\circ\text{C} \rightarrow 25^\circ\text{C}$.

4. Разработайте схему сушки термолабильного ферментного препарата. Обоснуйте выбор типа сушилки и режимные параметры.

Разработайте схему сушки термолабильного ферментного препарата. Обоснуйте выбор типа сушилки и режимные параметры.

5. Составьте материальный баланс линии производства лизина мощностью 5000 т/год . Учтите все стадии процесса.

Составьте материальный баланс линии производства лизина мощностью 5000 т/год . Учтите все стадии процесса.

6. Наиболее энергоэффективной схемой выпаривания является:

А. Однокорпусный выпарной аппарат

Б. Двухкорпусный выпарной аппарат

В. Трехкорпусный выпарной аппарат

Г. Выпаривание при атмосферном давлении

7. Критическими параметрами стерилизации сред являются:

А. Цвет среды

Б. Температура

В. Вязкость среды

Г. pH среды

Раздел 4. Массообменные процессы

Форма контроля/оценочное средство: Задача

Вопросы/Задания:

1. Параметры и единицы измерения

А. Скорость фильтрования - 4. м/с

Б. Коэффициент теплопередачи - 1. $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

В. Мощность перемешивания - 3. Вт

Г. Производительность центрифуги - 2. $\text{м}^3/\text{с}$

2. Составьте технологический регламент мойки оборудования (CIP) для линии производства пробиотиков. Укажите последовательность операций и параметры.

Составьте технологический регламент мойки оборудования (CIP) для линии производства пробиотиков. Укажите последовательность операций и параметры.

3. Обоснуйте критерии масштабирования процесса ферментации от лабораторного биореактора 10 л к промышленному 10 м^3 . Какие параметры остаются постоянными?

Обоснуйте критерии масштабирования процесса ферментации от лабораторного биореактора 10 л к промышленному 10 м³. Какие параметры остаются постоянными?

4. Какие параметры должны оставаться постоянными при масштабировании ферментации от 10 л к 10 м³?

- А. Абсолютная скорость перемешивания
- Б. Удельная мощность (P/V)
- В. Линейная скорость мешалки
- Г. Коэффициент массопередачи кислорода (KLa)

Раздел 5. Биотехнологические процессы

Форма контроля/оценочное средство: Задача

Вопросы/Задания:

1. Оборудование и назначение

- А. Биореактор - 2. Получение биомассы
- Б. Сепаратор - 3. Разделение фаз
- В. Выпарной аппарат - 1. Концентрирование растворов
- Г. Кристаллизатор - 4. Выделение твердой фазы

2. Последовательность расчета теплообменника

- Определение тепловой нагрузки - А
- Выбор типа теплообменника - Б
- Расчет поверхности теплообмена - В
- Определение гидравлического сопротивления - Г

3. Последовательность монтажа биореактора

- Установка фундамента - А
- Монтаж теплообменной рубашки - Б
- Установка мешалки - В
- Подключение КИПиА - Г

4. Последовательность разработки технологической схемы

- Составление материального баланса - А
- Выбор типа аппаратов - Б
- Расчет основных параметров - В
- Оформление технологической схемы - Г

5. Рассчитайте производительность сепаратора для отделения дрожжевых клеток при скорости 8000 об/мин. Исходные данные: плотность дрожжей 1100 кг/м³, размер частиц 5 мкм.

Рассчитайте производительность сепаратора для отделения дрожжевых клеток при скорости 8000 об/мин. Исходные данные: плотность дрожжей 1100 кг/м³, размер частиц 5 мкм.

6. Рассчитайте систему аэрации для биореактора 20 м³ с $KLa = 200 \text{ ч}^{-1}$. Подберите тип барботера и компрессор.

Рассчитайте систему аэрации для биореактора 20 м³ с $KLa = 200 \text{ ч}^{-1}$. Подберите тип барботера и компрессор.

7. Рассчитайте капитальные и эксплуатационные затраты на организацию производства кормовых дрожжей мощностью 1000 т/год.

Рассчитайте капитальные и эксплуатационные затраты на организацию производства кормовых дрожжей мощностью 1000 т/год.

8. Для отделения бактериальных клеток *E. coli* после ферментации наиболее рационально использовать:

- А. Отстаивание
- Б. Фильтрация через нутч-фильтр
- В. Центрифугирование
- Г. Флотацию

9. Для оборудования, контактирующего с питательными средами, следует выбирать материалы:

- А. Углеродистая сталь
- Б. Нержавеющая сталь AISI 316
- В. Стекло
- Г. Полипропилен
- Д. Медь

Раздел 6. Зачет

Форма контроля/оценочное средство: Задача

Вопросы/Задания:

1. Предложите мероприятия по снижению энергопотребления на стадии выпаривания. Рассчитайте экономический эффект.
- Предложите мероприятия по снижению энергопотребления на стадии выпаривания. Рассчитайте экономический эффект.

Раздел 7. Экзамен

Форма контроля/оценочное средство: Задача

Вопросы/Задания:

1. Определите время ферментации для достижения максимальной концентрации продукта при заданной кинетике роста микроорганизмов.
- Определите время ферментации для достижения максимальной концентрации продукта при заданной кинетике роста микроорганизмов.

7. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Пятый семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ПК-П2.1 ПК-П2.2

Вопросы/Задания:

1. Дайте определение биотехнологическому процессу
2. Классификация аппаратов биотехнологических производств
3. Основные стадии биотехнологического производства
4. Понятие о технологической схеме
5. Принципы составления материального баланса
6. Принципы составления энергетического баланса
7. Классификация насосов, применяемых в биотехнологии
8. Принцип работы центробежного насоса
9. Устройство и принцип работы мембранного насоса
10. Методы перемешивания жидкостей в аппаратах
11. Типы мешалок и их применение
12. Расчет мощности перемешивания

13. Процессы осаждения и отстаивания
14. Устройство отстойников и осветлителей
15. Принцип работы сепараторов и центрифуг
16. Классификация фильтров
17. Расчет процесса фильтрования
18. Устройство нутч-фильтра
19. Принцип работы барабанного вакуум-фильтра
20. Основные способы теплопередачи
21. Устройство кожухотрубного теплообменника
22. Расчет поверхности теплообмена
23. Принцип работы выпарного аппарата
24. Схема многокорпусной выпарной установки
25. Классификация сушильных аппаратов
26. Устройство распылительной сушилки
27. Принцип работы сублимационной сушилки
28. Режимы сушки биопрепаратов
29. Сущность процесса ректификации
30. Устройство ректификационной колонны
31. Принцип работы абсорбера
32. Виды адсорбентов и их свойства
33. Устройство адсорбционных колонн
34. Виды мембран и их характеристики
35. Принцип работы ионообменных колонн

Шестой семестр, Экзамен

Контролируемые ИДК: ПК-П2.1 ПК-П2.2

Вопросы/Задания:

1. Классификация биореакторов
2. Устройство ферментера
3. Системы аэрации в биореакторах
4. Теплообмен в биореакторах
5. Принцип работы биореактора с псевдоожиженным слоем
6. Мембранные биореакторы
7. Системы контроля и регулирования параметров в биореакторах
8. Аппараты для стерилизации сред
9. Оборудование для лиофильной сушки
10. Устройство кристаллизаторов
11. Аппараты для иммобилизации клеток и ферментов
12. Системы CIP (многопозиционной мойки)
13. Оборудование для розлива и упаковки
14. Методы расчета гидравлического сопротивления
15. Расчет производительности центрифуг
16. Определение времени фильтрования
17. Расчет продолжительности сушки
18. Принципы масштабирования биотехнологических процессов
19. Требования к материалам аппаратуры
20. Системы валидации оборудования
21. Правила эксплуатации и техники безопасности
22. Дайте определение биотехнологическому процессу и аппарату
23. Классификация основных процессов в биотехнологических производствах
24. Принципы составления материальных балансов

25. Методы составления энергетических балансов
26. Основные требования к аппаратуре биотехнологических производств
27. Классификация и принцип действия насосов в биотехнологии
28. Расчёт мощности для перемешивания жидкостей в аппаратах
29. Конструкции и принцип работы сепараторов и центрифуг
30. Теория и расчёт процессов фильтрования
31. Устройство и работа барабанных вакуум-фильтров
32. Методы расчёта гидравлического сопротивления трубопроводов
33. Принципы пневматического и гидравлического транспорта
34. Классификация теплообменных аппаратов
35. Расчёт поверхности теплообмена
36. Конструкции выпарных аппаратов и их особенности
37. Принцип работы многокорпусных выпарных установок
38. Кинетика процессов сушки биологических материалов
39. Устройство и работа распылительных сушилок
40. Сублимационная сушка: принцип и оборудование
41. Теоретические основы ректификации
42. Конструкции ректификационных колонн
43. Расчёт процессов абсорбции
44. Устройство и работа абсорберов
45. Современные адсорбенты и их свойства
46. Конструкции адсорбционных аппаратов
47. Принципы экстракции в биотехнологии
48. Типы экстракторов и их сравнительная характеристика
49. Классификация биореакторов по способу ведения процесса

50. Конструктивные особенности аэробных биореакторов
51. Системы аэрации и их расчёт
52. Тепловые расчёты биореакторов
53. Специальные типы биореакторов (мембранные, с псевдоожиженным слоем)
54. Принципы масштабирования биотехнологических процессов
55. Системы контроля и автоматизации в биореакторах
56. Методы и аппараты для стерилизации сред и воздуха
57. Оборудование для дробления и измельчения материалов
58. Конструкции кристаллизаторов и их работа
59. Аппараты для иммобилизации ферментов и клеток
60. Системы CIP (Cleaning-in-Place) и их устройство
61. Основные критерии выбора материалов для аппаратуры
62. Принципы компоновки оборудования в биотехнологических цехах
63. Методы расчёта производительности аппаратов
64. Правила технической эксплуатации биотехнологического оборудования
65. Системы валидации и квалификации оборудования
66. Требования безопасности при работе с биотехнологическим оборудованием
67. Обоснуйте выбор типа биореактора для конкретного производства
68. Рассчитайте основные параметры процесса фильтрования
69. Разработайте схему системы теплообмена для ферментера
70. Подберите оборудование для стадии выделения целевого продукта

8. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Тупольских,, Т. И. Технологическое проектирование пищевых производств: учебно-методическое пособие / Т. И. Тупольских,, О. Р. Кирищев,, Н. В. Гучева,. - Технологическое проектирование пищевых производств - Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2018. - 78 с. - 978-5-7890-1581-0. - Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/117768.html> (дата обращения: 08.10.2025). - Режим доступа: по подписке

2. Долгунин,, В. Н. Ферментаторы и аппараты для обработки продуктов ферментации: учебное пособие / В. Н. Долгунин,, В. А. Пронин,. - Ферментаторы и аппараты для обработки продуктов ферментации - Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2022. - 81 с. - 978-5-8265-2497-8. - Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/133334.html> (дата обращения: 08.10.2025). - Режим доступа: по подписке

Дополнительная литература

1. Основы проектирования и оборудование предприятий биотехнологической промышленности: сборник задач / сост. О. Н. Чечина. - Основы проектирования и оборудование предприятий биотехнологической промышленности - Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. - 268 с. - 978-5-7964-1824-6. - Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/90680.html> (дата обращения: 08.10.2025). - Режим доступа: по подписке

2. Миронов,, М. А. Методы расчета оборудования биотехнологических производств: учебно-методическое пособие / М. А. Миронов,, М. И. Токарева,; под редакцией М. Н. Иванцовой. - Методы расчета оборудования биотехнологических производств - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017. - 48 с. - 978-5-7996-2025-7. - Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/107059.html> (дата обращения: 08.10.2025). - Режим доступа: по подписке

8.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. <https://znanium.ru/> - znanium
2. <https://www.iprbookshop.ru/> - IPR Books
3. <https://elibrary.ru/> - Научная электронная библиотека eLibrary

8.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине позволяют:

- обеспечить взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействие посредством сети «Интернет»;
- фиксировать ход образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации по дисциплине и результатов освоения образовательной программы;
- организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентаций, учебных фильмов;
- контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

- 1 Microsoft Windows - операционная система.
- 2 Microsoft Office (включает Word, Excel, Power Point) - пакет офисных приложений.

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1 Гарант - правовая, <https://www.garant.ru/>
2 Консультант - правовая, <https://www.consultant.ru/>
3 Научная электронная библиотека eLibrary - универсальная, <https://elibrary.ru/>
Доступ к сети Интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

*Перечень программного обеспечения
(обновление производится по мере появления новых версий программы)*

1. Microsoft Windows 7 Professional 64 bit;

*Перечень информационно-справочных систем
(обновление выполняется еженедельно)*

Не используется.

8.4. Специальные помещения, лаборатории и лабораторное оборудование

Университет располагает на праве собственности или ином законном основании материально-техническим обеспечением образовательной деятельности (помещениями и оборудованием) для реализации программы бакалавриата, специалитета, магистратуры по Блоку 1 "Дисциплины (модули)" и Блоку 3 "Государственная итоговая аттестация" в соответствии с учебным планом.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", как на территории университета, так и вне его. Условия для функционирования электронной информационно-образовательной среды могут быть созданы с использованием ресурсов иных организаций.

Компьютерный класс

224гл

Интерактивная панель Samsung - 1 шт.

Компьютер персональный DELL 3050 i3/4Gb/500Gb/21.5" - 1 шт.

Компьютер персональный iRU Corp 312 MT - 1 шт.

Сплит-система LS-H12KPA2/LU-H12KPA2 - 1 шт.

Лекционный зал

747гл

Интерактивная панель Samsung - 1 шт.

Компьютер персональный - 1 шт.

стеллаж Гранд - 2 шт.

стол письменный однотумбовый (ольха) - 1 шт.

Стол ученический двухместный 1300x550x750 мм ЛДСП ольха - 17 шт.

Стул 530x570x815 мм каркас металлический черный обивка ткань черного цвета - 34 шт.

СТУЛ П/М - 1 шт.

9. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

Учебная работа по направлению подготовки осуществляется в форме контактной работы с преподавателем, самостоятельной работы обучающегося, текущей и промежуточной аттестаций, иных формах, предлагаемых университетом. Учебный материал дисциплины структурирован и его изучение производится в тематической последовательности. Содержание методических указаний должно соответствовать требованиям Федерального государственного образовательного стандарта и учебных программ по дисциплине. Самостоятельная работа студентов может быть выполнена с помощью материалов,

размещенных на портале поддержки Moodle.

Методические указания по формам работы

Лекционные занятия

Передача значительного объема систематизированной информации в устной форме достаточно большой аудитории. Дает возможность экономно и систематично излагать учебный материал. Обучающиеся изучают лекционный материал, размещенный на портале поддержки обучения Moodle.

Практические занятия

Форма организации обучения, проводимая под руководством преподавателя и служащая для детализации, анализа, расширения, углубления, закрепления, применения (или выполнения) разнообразных практических работ, упражнений) и контроля усвоения полученной на лекциях учебной информации. Практические занятия проводятся с использованием учебно-методических изданий, размещенных на образовательном портале университета.

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

Для инвалидов и лиц с ОВЗ может изменяться объём дисциплины (модуля) в часах, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося (при этом не увеличивается количество зачётных единиц, выделенных на освоение дисциплины).

Фонды оценочных средств адаптируются к ограничениям здоровья и восприятия информации обучающимися.

Основные формы представления оценочных средств – в печатной форме или в форме электронного документа.

Формы контроля и оценки результатов обучения инвалидов и лиц с ОВЗ с нарушением зрения:

- устная проверка: дискуссии, тренинги, круглые столы, собеседования, устные коллоквиумы и др.;
- с использованием компьютера и специального ПО: работа с электронными образовательными ресурсами, тестирование, рефераты, курсовые проекты, дистанционные формы, если позволяет острота зрения - графические работы и др.;
- при возможности письменная проверка с использованием рельефно-точечной системы Брайля, увеличенного шрифта, использование специальных технических средств (тифлотехнических средств): контрольные, графические работы, тестирование, домашние задания, эссе, отчеты и др.

Формы контроля и оценки результатов обучения инвалидов и лиц с ОВЗ с нарушением слуха:

- письменная проверка: контрольные, графические работы, тестирование, домашние задания, эссе, письменные коллоквиумы, отчеты и др.;
- с использованием компьютера: работа с электронными образовательными ресурсами, тестирование, рефераты, курсовые проекты, графические работы, дистанционные формы и др.;
- при возможности устная проверка с использованием специальных технических средств (аудиосредств, средств коммуникации, звукоусиливающей аппаратуры и др.): дискуссии, тренинги, круглые столы, собеседования, устные коллоквиумы и др.

Формы контроля и оценки результатов обучения инвалидов и лиц с ОВЗ с нарушением опорно-двигательного аппарата:

- письменная проверка с использованием специальных технических средств (альтернативных средств ввода, управления компьютером и др.): контрольные, графические работы, тестирование, домашние задания, эссе, письменные коллоквиумы, отчеты и др.;
- устная проверка, с использованием специальных технических средств (средств коммуникаций): дискуссии, тренинги, круглые столы, собеседования, устные коллоквиумы и др.

др.;

– с использованием компьютера и специального ПО (альтернативных средств ввода и управления компьютером и др.): работа с электронными образовательными ресурсами, тестирование, рефераты, курсовые проекты, графические работы, дистанционные формы предпочтительнее обучающимся, ограниченным в передвижении и др.

Адаптация процедуры проведения промежуточной аттестации для инвалидов и лиц с ОВЗ.

В ходе проведения промежуточной аттестации предусмотрено:

- предъявление обучающимся печатных и (или) электронных материалов в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья;
- возможность пользоваться индивидуальными устройствами и средствами, позволяющими адаптировать материалы, осуществлять приём и передачу информации с учетом их индивидуальных особенностей;
- увеличение продолжительности проведения аттестации;
- возможность присутствия ассистента и оказания им необходимой помощи (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с преподавателем).

Формы промежуточной аттестации для инвалидов и лиц с ОВЗ должны учитывать индивидуальные и психофизические особенности обучающегося/обучающихся по АООП ВО (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.).

Специальные условия, обеспечиваемые в процессе преподавания дисциплины студентам с нарушениями зрения:

- предоставление образовательного контента в текстовом электронном формате, позволяющем переводить плоскостную информацию в аудиальную или тактильную форму;
- возможность использовать индивидуальные устройства и средства, позволяющие адаптировать материалы, осуществлять приём и передачу информации с учетом индивидуальных особенностей и состояния здоровья студента;
- предоставление возможности предкурсового ознакомления с содержанием учебной дисциплины и материалом по курсу за счёт размещения информации на корпоративном образовательном портале;
- использование чёткого и увеличенного по размеру шрифта и графических объектов в мультимедийных презентациях;
- использование инструментов «лупа», «проектор» при работе с интерактивной доской;
- озвучивание визуальной информации, представленной обучающимся в ходе занятий;
- обеспечение раздаточным материалом, дублирующим информацию, выводимую на экран;
- наличие подписей и описания у всех используемых в процессе обучения рисунков и иных графических объектов, что даёт возможность перевести письменный текст в аудиальный;
- обеспечение особого речевого режима преподавания: лекции читаются громко, разборчиво, отчётливо, с паузами между смысловыми блоками информации, обеспечивается интонирование, повторение, акцентирование, профилактика рассеивания внимания;
- минимизация внешнего шума и обеспечение спокойной аудиальной обстановки;
- возможность вести запись учебной информации студентами в удобной для них форме (аудиально, аудиовизуально, на ноутбуке, в виде пометок в заранее подготовленном тексте);
- увеличение доли методов социальной стимуляции (обращение внимания, апелляция к ограничениям по времени, контактные виды работ, групповые задания и др.) на практических и лабораторных занятиях;
- минимизирование заданий, требующих активного использования зрительной памяти и зрительного внимания;
- применение поэтапной системы контроля, более частый контроль выполнения заданий для самостоятельной работы.

Специальные условия, обеспечиваемые в процессе преподавания дисциплины студентам с нарушениями опорно-двигательного аппарата (маломобильные студенты, студенты, имеющие трудности передвижения и патологию верхних конечностей):

- возможность использовать специальное программное обеспечение и специальное оборудование и позволяющее компенсировать двигательное нарушение (коляски, ходунки, трости и др.);
- предоставление возможности предкурсового ознакомления с содержанием учебной

дисциплины и материалом по курсу за счёт размещения информации на корпоративном образовательном портале;

- применение дополнительных средств активизации процессов запоминания и повторения;
- опора на определенные и точные понятия;
- использование для иллюстрации конкретных примеров;
- применение вопросов для мониторинга понимания;
- разделение изучаемого материала на небольшие логические блоки;
- увеличение доли конкретного материала и соблюдение принципа от простого к сложному при объяснении материала;
- наличие четкой системы и алгоритма организации самостоятельных работ и проверки заданий с обязательной корректировкой и комментариями;
- увеличение доли методов социальной стимуляции (обращение внимания, апелляция к ограничениям по времени, контактные виды работ, групповые задания др.);
- обеспечение беспрепятственного доступа в помещения, а также пребывания в них;
- наличие возможности использовать индивидуальные устройства и средства, позволяющие обеспечить реализацию эргономических принципов и комфортное пребывание на месте в течение всего периода учёбы (подставки, специальные подушки и др.).

Специальные условия, обеспечиваемые в процессе преподавания дисциплины студентам с нарушениями слуха (глухие, слабослышащие, позднооглохшие):

- предоставление образовательного контента в текстовом электронном формате, позволяющем переводить аудиальную форму лекции в плоскостную информацию;
- наличие возможности использовать индивидуальные звукоусиливающие устройства и сурдотехнические средства, позволяющие осуществлять приём и передачу информации; осуществлять взаимнообратный перевод текстовых и аудиофайлов (блокнот для речевого ввода), а также запись и воспроизведение зрительной информации;
- наличие системы заданий, обеспечивающих систематизацию вербального материала, его схематизацию, перевод в таблицы, схемы, опорные тексты, глоссарий;
- наличие наглядного сопровождения изучаемого материала (структурно-логические схемы, таблицы, графики, концентрирующие и обобщающие информацию, опорные конспекты, раздаточный материал);
- наличие четкой системы и алгоритма организации самостоятельных работ и проверки заданий с обязательной корректировкой и комментариями;
- обеспечение практики опережающего чтения, когда студенты заранее знакомятся с материалом и выделяют незнакомые и непонятные слова и фрагменты;
- особый речевой режим работы (отказ от длинных фраз и сложных предложений, хорошая артикуляция; четкость изложения, отсутствие лишних слов; повторение фраз без изменения слов и порядка их следования; обеспечение зрительного контакта во время говорения и чуть более медленного темпа речи, использование естественных жестов и мимики);
- четкое соблюдение алгоритма занятия и заданий для самостоятельной работы (называние темы, постановка цели, сообщение и запись плана, выделение основных понятий и методов их изучения, указание видов деятельности студентов и способов проверки усвоения материала, словарная работа);
- соблюдение требований к предъявляемым учебным текстам (разбивка текста на части; выделение опорных смысловых пунктов; использование наглядных средств);
- минимизация внешних шумов;
- предоставление возможности соотносить вербальный и графический материал; комплексное использование письменных и устных средств коммуникации при работе в группе;
- сочетание на занятиях всех видов речевой деятельности (говорения, слушания, чтения, письма, зрительного восприятия с лица говорящего).

Специальные условия, обеспечиваемые в процессе преподавания дисциплины студентам с прочими видами нарушений (ДЦП с нарушениями речи, заболевания эндокринной, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, онкологические заболевания):

- наличие возможности использовать индивидуальные устройства и средства, позволяющие осуществлять приём и передачу информации;
- наличие системы заданий, обеспечивающих систематизацию вербального материала, его

- схематизацию, перевод в таблицы, схемы, опорные тексты, глоссарий;
- наличие наглядного сопровождения изучаемого материала;
 - наличие чёткой системы и алгоритма организации самостоятельных работ и проверки заданий с обязательной корректировкой и комментариями;
 - обеспечение практики опережающего чтения, когда студенты заранее знакомятся с материалом и выделяют незнакомые и непонятные слова и фрагменты;
 - предоставление возможности соотносить вербальный и графический материал; комплексное использование письменных и устных средств коммуникации при работе в группе;
 - сочетание на занятиях всех видов речевой деятельности (говорения, слушания, чтения, письма, зрительного восприятия с лица говорящего);
 - предоставление образовательного контента в текстовом электронном формате;
 - предоставление возможности предкурсового ознакомления с содержанием учебной дисциплины и материалом по курсу за счёт размещения информации на корпоративном образовательном портале;
 - возможность вести запись учебной информации студентами в удобной для них форме (аудиально, аудиовизуально, в виде пометок в заранее подготовленном тексте);
 - применение поэтапной системы контроля, более частый контроль выполнения заданий для самостоятельной работы;
 - стимулирование выработки у студентов навыков самоорганизации и самоконтроля;
 - наличие пауз для отдыха и смены видов деятельности по ходу занятия.

10. Методические рекомендации по освоению дисциплины (модуля)

Дисциплина "Процессы и аппараты биотехнологических производств" ведется в соответствии с календарным учебным планом и расписанием занятий по неделям. Темы проведения занятий определяются тематическим планом рабочей программы дисциплины.

Процессы и аппараты биотехнологических производств : метод.рекомендации по выполнению практических работ / сост. Д. В. Ночевкин. – Краснодар : КубГАУ, 2025. – 77 с.
<https://elib.kubsau.ru/MegaPro/Download/MObject/23715>