Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 05.08.2026 16:48:43
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ / А.С. Соколов /
«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Процессы и аппараты биотехнологических производств»

Направление подготовки
19.03.01 «Биотехнология»

Профиль **«Биотехнология»**

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва 2026 г.

Разработчик(и):

профессор каф. «Процессы и аппараты химической технологии»,
д.т.н., профессор  /Н.М. Подгорнова/

Согласовано:
Зав. каф. «Процессы и аппараты химической технологии»,
к.х.н.  /П.С. Громовых/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
   3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
   3.2 Тематический план изучения дисциплины 8
   3.3 Содержание дисциплины 8
   3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 9
   3.5 Тематика курсовых проектов 9
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 10
   4.1 Нормативные документы и ГОСТы 10
   4.2 Основная литература 10
   4.3 Дополнительная литература 10
   4.4 Электронные образовательные ресурсы 11
   4.5 Лицензионное программное обеспечение 11
5. Материально-техническое обеспечение 11
6. Методические рекомендации 11
   6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 12
   6.2 Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины 12
7. Фонд оценочных знаний 14
   7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 14
   7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 14
   7.3 Оценочные средства 19

Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Процессы и аппараты биотехнологических производств» следует отнести:

- подготовка студентов к решению инженерных и производственных вопросов биотехнологической отрасли в комплексе с ее достижениями и возможными техно- логическими решениями, а также экологическим проблемам биотехнологии,
- формирование у студентов знаний и практических навыков по эксплуатации технологического оборудования.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Процессы и аппараты биотехнологических производств» следует отнести:

- 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 аппаратурного оформления биотехнологических процессов.

Полученные на ее основе знания обеспечивают в дальнейшем более глубокую подготовку студента по любой из выбранных им дисциплин специализации специальности "Биотехнология".

Обучение по дисциплине направлено на формирование у обучающих следующих компетенций.

Код и наименование компетенций компетенции	**Индикаторы достижения компетенций**

ОПК-4. Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ИОПК-4.1.Знает базовые элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства ИОПК-4.5. Готов применять базовые инженерные и технологические знания для проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства ИОПК-4.6. Владеет навыками проектирования отдельных элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства
ОПК-5. Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	ИОПК-5.1. Знает технологическое оборудование, способы контроля и управления биотехнологическими процессами, количественные и качественные показатели получаемой продукции ИОПК-5.1. Готов осуществлять эксплуатацию биотехнологического оборудования, управлять биотехнологическими процессами ИОПК-5.1. Владеет методами контроля процесса производства и получаемой продукции

2. Место дисциплины в структуре бакалавриата

Дисциплина «Процессы и аппараты биотехнологических производств» относится к числу профессиональных учебных дисциплин базовой части Блока 1.1 «Дисциплины (модули)» программы бакалавриата.

Дисциплина «Процессы и аппараты биотехнологических производств» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП: «Промышленная биотехнология», «Основы технологических процессов», «Проектирование технологических линий».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, т.е. 144 академических часов.

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			6	
1	**Аудиторные занятия**	**90**	**90**	
	В том числе:			
1.1	Лекции	36	36	
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18	
1.3	Лабораторные занятия	36	36	
2	**Самостоятельная работа**	**54**	**54**	
3	**Промежуточная аттестация**			
	экзамен			
	Итого	**144**		

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	

1	**Раздел 1. Введение** *Тема 1*. Предмет и задачи курса. Связь с другими дисциплинами *Тема 2.* Принципиальная технологическая схема биотехнологических производств, её аппаратурное оформление.	18	**4**	**4**	6		4
	Раздел 2. Процессы и аппараты подготовительной стадии биотехнологического производства *Тема 1.* Процессы и оборудование стерилизации сред: жидких, твердых, газовых. *Тема 2.*Оборудование подготовки питательной среды: дробилки, мельницы, дезинтеграторы. Подбор и расчет. *Тема 3.*Процессы и оборудование для перемещения газовых и жидких сред. Подбор и методы расчета. *Тема 4.* Методы и оборудование для дозирования жидких и твердых сред. *Тема 5.*Аппараты для приготовления питательных сред.	31	**8**	**4**	**4**		15

	Раздел 3. Основное оборудование для выращивания культур и ферментации, его выбор и расчет *Тема 1.*Основные процессы, проте- кающие в биореакторах. *Тема 2.* Растильные установки для культивирования микроорганизмов на твердых питательных средах. *Тема 3.* Оборудование для культивирования на жидких средах. Глубинное культивирование микроорганизмов. *Тема 4.* Конструкции и характеристики ферментеров. Расчет ферментеров. Методы аэрирования. *Тема 5.* Мешалки для ферментеров. Пенообразование и пеногашение при ферментации.	36	**8**	**4**	**8**		16
	Раздел 4. Аппаратурное оформление процессов разделения и очистки продуктов биотехнологических производств *Тема 1.* Процессы, связанные с выделением и очисткой целевого продукта. *Тема 2.*Процессы и оборудование для отделения биомассы: флотация, коагуляция, сепарация, центрифугирование, мембранные процессы. *Тема 3.* Процессы и оборудование для выделения целевого продукта: осаждение, сушка, абсорбция, адсорбция, ионный обмен. *Тема 4.* Процессы и оборудование для выделения целевого продукта: упаривание, экстракция, кристаллизация.	46	**10**	**3**	**18**		15

	Раздел 5. Оборудование для хранения, транспортировки готового продукта производств *Тема 1.* Оборудование для хранения и фасовки твердого продукта. *Тема 2.* Оборудование для хранения и фасовки жидкого продукта.	13	**6**	**3**			4
	Итого	144	**36**	**18**	36		54

3.3 Содержание дисциплины

1. Введение. Предмет и задачи курса. Связь с общетехническими и специальными дисциплинами, с курсовым и дипломным проектированием. Принципиальная технологическая схема биотехнологических производств и типы ее аппаратурного оформления.

2. Процессы и аппараты подготовительной стадии биотехнологического производства

Процессы для очистки и стерилизации воздушной, питательной сред и оборудования. Процессы измельчения и подачи сред в аппараты. Оборудование для хранения, транспортировки и дозирования твердых материалов. Методы и устройства для герметизации аппаратуры и коммуникаций.

Оборудование для приготовления питательных сред. Дробилки и дезинтеграторы.

Насосы, воздуходувки и компрессоры. Методики расчетов. Вспомогательное оборудование. Перемещение газов и жидкостей по трубопроводам.

3. Основное оборудование для выращивания культур и ферментации, его выбор и расчет

Биохимические, химические и физико-химические процессы, протекающие в биореакторах. Растильные установки для культивирования микроорганизмов на твердых питательных средах. Процессы глубинного культивирования микроорганизмов. Конструкции ферментеров. Массообменные характеристики ферментера. Методы аэрирования в ферментерах. Способы подвода энергии на перемешивание, типы мешалок. Фотобиореактора. Критерии выбора и оценка эффективности работы

биореактора. Влияние условий культивирования на тепловыделение. Пенообразование и пеногашение при ферментации.

4. Аппаратурное оформление процессов разделения и очистки продуктов биотехнологических производств

Биохимические, химические и физико-химические процессы, протекающие на стадиях переработки, связанных с выделением и очисткой целевого продукта.

Отделение биомассы: флотация, флокуляция, сепарирование, центрифугирование, фильтрация, мембранное разделение.

Выделение целевого продукта: осаждение, экстракция, адсорбция, абсорбция, ионный обмен, концентрирование, кристаллизация, упаривание, сушка. Конструкции и расчет аппаратов.

5. Оборудование для хранения, транспортировки готового продукта биотехнологических производств

Аппаратура для хранения жидкого и твердого готового продукта. Оборудование для фасовки и упаковки готовой продукции.

3.4 Тематика семинарских/практических занятий и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарских/практических занятий

1. Технологические схемы современных биотехнологических производств.
2. Машины для измельчения сырья. Расчет шаровой мельницы
3. Расчет оборудования для очистки газов. Расчет и подбор волокнистые фильтров.
4. Расчет и подбор насосов для транспортировки питательных сред
5. Расчет цилиндрического и конусного циклона для системы разгрузки пневмотранспорта при получении кормовых дрожжей
6. Расчет установки непрерывной стерилизации жидких питательных сред. Расчет и подбор стерилизатора.
7. Расчет установки непрерывной стерилизации жидких питательных сред. Расчет и подбор выдерживателя.
8. Примерный тепловой расчет стерилизатора для твердых сред (отрубей)
9. Расчет емкостного аппарата с мешалкой.
10. Расчет и подбор стандартного кожухотрубчатого теплообменника

3.4.2 Лабораторные занятия

1. Изучение кинетики гравитационного осаждения
2. Гидродинамика псевдоожиженного слоя в сушильных аппаратах

3. Теплообмен в псевдоожиженном слое
4. Изучение гидродинамических явлений в тарельчатом ферментере
5. Изучение гидродинамических характеристик в биофильтре с насадочной загрузкой
6. Определение коэффициентов массо- и теплопередачи при контакте воздуха и воды в барботажном аппарате 7. Изучение кинетики сушки продукта
8. Изучение процессов теплообмена между системами пар-жидкость, жидкость-газ в трубчатых теплообменниках 9. Изучение работы рамного фильтр-пресса

3.5 Тематика курсовых проектов (примеры тем)

1. Расчет и подбор стандартизированного теплообменного аппарата (кожехотрубчатого, спирального, пластинчатого) для процессов непрерывного нагрева (охлаждения) заданных сред
2. Рассчитать и подобрать емкость (биореактор) заданного объема с перемешивающим устройством заданного типа
3. Рассчитать и подобрать циклон (групповой циклон) заданной производительности для разгрузки после системы пневмотранспорта целевых продуктов отделения сушки в производстве дрожжей (или белково-витаминных концентратов) по исходным данным
4. . Рассчитать и подобрать стандартизированный волокнистый фильтр для очистки воздуха от аэрозоля заданных параметров в приточной вентиляции

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

4.1. Нормативны документы и ГОСТы

1. ГОСТ 14245- 79 Теплообменники кожухотрубчатые
2. ГОСТ 12067-80 Теплообменники спиральные стальные
3. ГОСТ 12067-80 Теплообменники спиральные стальные
4. ГОСТ 15518-87 Аппараты теплообменные пластинчатые
5. ГОСТ 20680-2002 Аппараты с механическими перемешивающими устройствами

Основная литература

1. Винаров А.Ю. Процессы и аппараты биотехнологии: ферматационные аппара- ты.: учеб.пособие / А.Ю. Винаров и др.; под.ред. В.А. Быкова. – 2 изд. М.: изд. Юрайт, 2018.- 278 с. URL: https://urait.ru/bcode/588617
2. Семакина О.К. Машины и аппараты химической технологии, нефтехимии и биотехнологии: учебное пособие[Электронный ресурс]/ О.К.Семакина.- Из-

дательство: Томский политехнический университет, 2014.- 93с. https://e.lanbook.com/book/62926

Дополнительная литература

1. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии. – М.: КолосС, 2004. - 296 с. http://elib.vniro.ru/lib/document/DB4/6E00BAAC-1D8F-4B8D-8D15-C0FD9AA9A773/

2. Шлейкин А.Г., Панова Н.Е. Мембранные процессы в биотехнологии [Электронный ресурс]/ А.Г. Шлейкин.- Издательство: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2013.- 49с. URL:https://e.lanbook.com/book/70900

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте (http://lib.mami.ru/ebooks/ в разделе «Библиотека».

Электронные образовательные ресурсы

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте (http://lib.mami.ru/ebooks/ в разделе «Библиотека».

Каждый бакалавр обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета:

- (elib.mgup; lib.mami.ru/lib/content/elektronyy-katalog),;
- к электронным каталогам вузовских библиотек и крупнейших библиотек Москвы (http://window.edu.ru);
- к электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам):
- www.knigafund.ru (ЭБС «КнигаФонд»), в которой предусмотрена версия для слабовидящих.
- http://cyberleninka.ru - научная электронная библиотека «КиберЛенинка», имеющая свободный доступ.
- http://www.scopus.com - реферативная наукометрическая электронная база данных «Scopus»;
- доступ к базе данных «Knovel» (http://www.knovel.com), в которой содержится полнотекстовая база данных для поиска инженерной информации и поддержки принятия инженерных решений;

- доступ к образовательным и просветительским изданиям по инженерно-техническим наукам по различным отраслям знания - ЭБС «Издательства Лань» (e.lanbook.com).

4.5 Лицензированное программное обеспечение

1. Бессрочная лицензия на право использования Учебного комплекса ПО КОМПАС-3D V14 (50 раб.мест) (Договор № МЦ-12-00404 рег № 11-13-09/12) и лицензия на право использования Учебного комплекса ПО КОМПАС-3D V15 для преподавателя (Договор № МЦ-12-00404 рег № 11-13-09/12).

4.6 Электронный образовательный ресурс

ЭОР разработан: https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=13796

1. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Процессы и аппараты биотехнологических производств»

Учебная лаборатория (ауд.5201), оборудованная доской, переносным мультимедийным проектором, для проведения лекционных и семинарских занятий.

Специализированная учебная лаборатория оборудованная микроскопом, ламинарным шкафом, вытяжным шкафом, весами и сушильный шкаф, pH-метрами, фотоэлектроколориметрами.

Специализированные межкафедральные лаборатории (ауд.4108) кафедры ПАХТ, оборудованные установками: «Изучение кинетики гравитационного осаждения», «Гидродинамика псевдоожиженного слоя в сушильных аппаратах», «Теплообмен в псевдоожиженном слое», «Изучение гидродинамических явлений в тарельчатом ферментере», «Изучение гидродинамических характеристик в биофильтре с насадочной загрузкой», «Определение коэффициентов массо- и теплопередачи при контакте воздуха и воды в барботажном аппарате», «Изучение кинетики сушки продукта», «Изучение процессов теплообмена между системами пар-жидкость, жидкость-газ в трубчатых теплообменниках», «Изучение работы рамного фильтр-пресса»

Студенты обеспечиваются методическими материалами перед выполнением лабораторной работы.

2. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Преподавание дисциплины осуществляется в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология» (уровень бакалавриата).

Изучение дисциплины должно базироваться на использовании поступающих в библиотеку периодических и непериодических изданий. С учетом этого разрабатываются содержание курса и основные методические рекомендации, соответствующие современному уровню знаний в области биотехнологических производств.

Информация о временном графике работ сообщается преподавателем на установочной лекции. Преподаватель дает указания также по организации самостоятельной работы студентов, выполнения лабораторных работ, практических занятий и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

В процессе чтения лекций преподаватель должен формировать у студентов системное представление об изучаемой дисциплине, как науке, формировать профессиональные интересы, воспитывать сознательное отношение к процессу обучения, стремление к самостоятельной творческой работе, всестороннему овладению специальностью. В лекциях необходимо использовать внутри- и междисциплинарные логические связи, знание фундаментальных и обще-профессиональных дисциплин, внедрять проблемные лекции, используя обратную связь с аудиторией.

Для организации изучения дисциплины рекомендуется использовать следующие средства: рекомендуемую основную и дополнительную литературу; учебную программу дисциплины; методические рекомендации к лабораторным работам.

Профессиональная подготовка бакалавров по данной дисциплине предполагает реализацию, разработку и применение современных образовательных техноло- гий, выбор оптимальной стратегии преподавания и целей обучения, создание твор- ческой атмосферы образовательного процесса; выявление взаимосвязей научно-исследовательского и учебного процессов в высшей школе.

6.2 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Прежде чем приступить к освоению курса студент должен внимательно изучить следующие документы:

1. Рабочая программа.
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.

Это позволит оценить объем предстоящей работы по изучению курса, рационально распределить время, ознакомиться с информационно-методическим обеспечением дисциплины и приобрести необходимые учебники и учебные пособия.

Обращаем внимание студента, что основными видами учебных занятий являются лекции и практические (лабораторные) занятия, посещение которых является обязательным. Тематика лекций указана в рабочей программе, что позволит предварительно ознакомиться с содержанием материала.

Лекции имеют цель:

- дать систематизированные основы научных знаний по курсу;
- сконцентрировать внимание на наиболее сложных узловых проблемных во- просах.

В процессе лекции целесообразно вести свой конспект, который позволит лучше усвоить курс и подготовиться к промежуточной и итоговой аттестации.

Практическая работа в лаборатории имеет цель ознакомить с правилами выполнения, дает возможность на практике проверить отдельные вопросы теории, глубже вникнуть в физическую сущность изучаемых явлений и получить навыки самостоятельной подготовки и проведения эксперимента. Перед выполнением лабораторных работ необходимо тщательно ознакомиться с теоретическими предпосылками по этим работам, изучив необходимый материал по соответствующим разделам курса и методическим указаниям по выполнению лабораторных работ.

Самостоятельная работа студентов включает в себя выполнение различного рода заданий, которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме учебной дисциплины студентам предлагается перечень заданий для самостоятельной работы.

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению.

Студентам следует руководствоваться графиком самостоятельной работы, определенным рабочей программой дисциплины.

В результате выполнения курсового проекта студент должен: *знать:*

- основные правила оформления конструкторской документации;
- основные принципы организации,

-принципы проектирования технологических линий производств;

уметь:

- читать чертеж, изготовить эскиз, использовать компьютерную графику при подготовке и оформлении технической документации; *владеть:*

- средствами компьютерной графики (ввод, вывод, отображение, преобразование и редактирование графических объектов).

Курсовой проект выполняется студентами всех форм обучения. Индивидуальные задания подготавливаются кафедрой и выдаются студентам на третьей недели обучения, в соответствии с учебным планом специальности. Студент получает задание по курсовому проекту на бланке установленного образца. Курсовой проект состоит из двух частей:

- графической части;
- пояснительной записки.

Защита курсового проекта проводится в 6 семестре на кафедре на 16-17 неде- ле обучения по составленному расписанию комиссии из преподавателей кафедры.

Работа над курсовым проектом должна вестись равномерно по семестру.

К защите курсового проекта допускаются студенты, выполнившие все разделы задания в соответствии с требованиями.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка и выступление на семинарских занятиях с презентацией и обсуждением по тематике лекций;
- выполнение курсового проекта (по индивидуальному заданию для каждого обучающегося).

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, курсового проекта.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится пре-

подавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно»,

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Процессы и аппараты биотехнологических производств» (промежуточный контроль: лабораторные работы, курсовой проект).

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошиб- ки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует не полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки. Применение приобретенных знаний, умений, навыков в ситуациях повышенной сложности вызывает затруднения.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется
	отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
ОПК-4. Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний				

Знает базовые элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства	Не знает базовые элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства	Демонстрирует частичное знание базовых элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства, допускает ошибки при ответах	Демонстрирует знание базовые элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства, но имеет затруднения при ответах на вопрос о реализации	Имеет полную систему знаний о базовые элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства

Умеет применять базовые инженерные и технологические знания для проектирования от- дельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства	Не умеет применять базовые инженерные и технологические знания для проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства	Частично умеет применять базовые инженерные и технологические знания для проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства, но допускает существенные ошибки при их реализации	Демонстрирует умение применять базовые инженерные и техноло- гические знания для проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства, но допускает отдельные ошибки	Умеет без ошибок применять ба- зовые инженер- ные и технологические знания для проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства
Владеет навыками проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического	Не владеет навыками проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического	Демонстрирует частичное владение навыками проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства Допускает существенные ошибки при ответах на вопросы.	Демонстрирует владение навыками проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства, но имеет затруднения при ответах на вопрос о реализации	Владеет полной системой навыков проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства

технологического производства	производства			
ОПК-5. Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции				
Знает технологическое оборудование, способы контроля и управления биотехнологическими процессами, количественные и качественные показатели получаемой продукции	Не знает технологическое оборудование, способы контроля и управления биотехнологическими процессами, количественные и качественные показатели получаемой продукции	Знает некоторые виды технологического оборудования и некоторые способы контроля и управления биотехнологическими процессами, но допускает существенные ошибки при ответах на вопросы	Демонстрирует знание технологическое оборудование, способы контроля и управления биотехнологическими процессами, количественные и качественные показатели получаемой продукции, но допускает отдельные ошибки	Имеет полную систему знаний о технологическом оборудование, способах контроля и управления биотехнологическими процессами, количественные и качественные показатели получаемой продукции
Умеет осуществлять эксплуатацию биотехнологического оборудования, управления биотехнологическими процессами	Не умеет осуществлять эксплуатацию биотехнологического оборудования, управления биотехнологическими процессами	Частично умеет осуществлять эксплуатацию биотехнологического оборудования, управления биотехнологическими процессами, но допускает существенные ошибки при ответах на вопросы об их реализации	Умеет осуществлять эксплуатацию биотехнологического оборудования, управления биотехнологическими процессами, но допускает отдельные ошибки	Умеет осуществлять эксплуатацию биотехнологического оборудования, управления биотехнологическими процессами

Владеет методами контроля процесса производства и получаемой продукции	Не владеет методами контроля процесса производства и получаемой продукции	Владеет некоторыми методами контроля процесса производства и получаемой продукции, но допускает существенные ошибки при ответах на вопросы об их эксплуатации	Владеет методами контроля процесса производства и получаемой продукции, но затрудняется при ответах на некоторые вопросы о их реализации	Владеет методами контроля процесса производства и получаемой продукции

7.3. Оценочные средства

Текущий контроль знаний

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного сред- ства в ФОС
1	Устный опрос собе- седование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Темы по разделам дисциплины
2	Курсовой проект (КП)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в	Темы индивидуальных курсовых проектов

.

Темы по разделам дисциплины для проведения устного опроса (текущего контроля)

Тема 1.

1. Принципиальная технологическая схема биотехнологических производств и
2. Основные типы процессов и аппаратов биотехнологический производств.

Тема 2. Процессы и аппараты подготовительной стадии биотехно логического производства

1. Назначение и сущность процесса стерилизации оборудования и пита- тельной среды.
2. Характеристика процесса и оборудования для подготовки твердых питательных сред. Методы и устройства для герметизации аппаратуры и коммуникаций.
3. Насосы, воздуходувки и компрессоры для перемещение газов и жид- костей по трубопроводам.

Тема 3.Основное оборудование для выращивания и ферментации

1. Биохимические, химические и физико-химические процессы, проте- кающие в биореакторах.
2. Процессы поверхностного и глубинного культивирования микроорганизмов. Их особенности, достоинства и недостатки.

Тема 4. Аппаратурное оформление процессов разделения и очистки продуктов биотехнологических производств.

1. Биохимические, химические и физико-химические процессы, протекающие на стадиях выделения и очистки целевого продукта.
2. Аппаратурное оформление процесса отделение биомассы из растворов

Тема 5.Оборудование для хранения, транспортировки готового продукта биотехнологических производств

1. Оборудование для фасовки и упаковки готовой продукции.

Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену

1. Типовая схема и основные стадии биотехнологических производств
2. Оборудование для измельчения сырья для биотехнологических процессов. Примеры конструкций дробилок.
3. Оборудование для измельчения сырья для биотехнологических процессов. Примеры конструкций дезинтеграторов
4. Конструкции аппаратов для грубой очистки газов: циклоны и масляные фильтры
5. Методика расчета циклонов для улавливания готового продукта после сушилок (пневмотранспорта)
6. Подготовительная стадия производства. Очистка воздуха. Фильтры конструкции «Лайк», методика расчета.
7. Подготовительная стадия биотехнологического производства. Стерилизация твердых сред. Конструкция ленточно-конвейерных стерилизаторов.
8. Методика расчета количества пара, подаваемого на стерилизацию твердых питательных сред (на примере отрубей).
9. Теплообменники для нагрева и охлаждения питательных сред. Конструкция и методика расчета спирального теплообменника.
10. Теплообменники для нагрева и охлаждения питательных сред. Конструкция и методика расчета пластинчатого теплообменника.

11. Теплообменники для нагрева и охлаждения питательных сред. Кон- струкция и методика расчета кожухотрубчатого теплообменника.

12. Классификация оборудования для культивирования микроорганиз- мов на твердых питательных средах. Конструкции растительных камер с го- ризонтально и вертикально расположенными кюветами. Достоинства и недо- статки.

13. Конструкция конвейерной растительной установки для поверхност- ного выращивания культур.

14. Конструкции колонных аппаратов для выращивания микроорганиз- мов на твердых питательных средах. Их достоинства и недостатки.

15. Конструкции растительных установок барабанного типа. Достоинства и недостатки.

16. Конструкции ферментеров с перемешивающими устройствами. Достоинства и недостатки. Методика расчета.

17. Конструкции (схемы) биореакторов с различными методами подвода энергии. Достоинства и недостатки.

18. Конструкции барботажных ферментеров. Типы барботеров. Расчет мощности пневматического перемешивания.

19. Применение метода выпаривания для концентрирования продуктов биосинтеза. Примеры конструкций аппаратов, методика расчета.

20. Методы сушки продуктов биотехнологичесикх производств. Примеры конструкций распылительных и вакуумных сушилок.

21. Примеры конструкций барботажно-эрлифтных ферментеров. Достоинства и недостатки.

22. Методы обратного осмоса и ультрафильтрации в биотехнологии. Примеры конструкций и методики подбора оборудования.

23. Методы разделения жидкости и биомассы. Фильтрация. Конструкции барабанных фильтров. Методика расчета.

24. Методы разделения жидкости и биомассы. Фильтрация. Конструкции рамных фильтров. Методика расчета.

25. Методы разделения жидкости и биомассы. Центрофугирование. Примеры конструкций. Расчет фактора разделения.

26. Методы регулирования пенообразования в ферментерах.

27. Механические методы пеногашения в ферментерах. Примеры конструкций устройств для пеногашения.

28. Фотобиореактора. Область применения. Варианты конструкций.

29. Критерии выбора и оценка эффективности работы биореактора. Влияние условий культивирования на тепловыделение.

30. Методы оценки массообменных характеристик ферментеров. Опре- деление массопередачи кислорода в процессе аэробной ферментации.

31. Методика оценки теплового эффекта процесса ферментации.

32. Примеры конструкций мешалок для ферментеров. Методы уплотнения валов ферментеров.

33. Электродиализная установка для очистки растворов. Область применения.

34. Примеры конструкций газлифтных ферментеров. Достоинства и не- достатки.

35. Методы разделения жидкости и биомассы. Процессы флотации и флокуляции. Оборудование. Достоинства и недостатки.

36. Методы выделения целевого продукта из растворов. Осаждение и экстракция. Аппаратурное оформление. Достоинства и недостатки.

37. Методы выделения целевого продукта из растворов: ионный обмен и кристаллизация. Аппаратурное оформление. Достоинства и недостатки.

38. Методы разделения жидкости и биомассы. Процессы сепарирование. Аппаратурное оформление. Достоинства и недостатки.

39. Насосы. Методика подбора оборудования. Вспомогательное обору- дование. Перемещение жидкостей по трубопроводам.

40. Воздуходувки и компрессоры. Методики подбора оборудования. Вспомогательное оборудование. Перемещение газов по трубопроводам.

Примеры экзаменационных билетов

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет химической технологии и биотехнологии, кафедра «Химбиотех»
Дисциплина «Процессы и аппараты биотехнологических производств»

Образовательная программа 19.03.01

Курс 3, семестр 6

Билет № 1

1. Примеры конструкций барботажных ферментеров. Типы барботеров. Рас- чет мощности пневматического перемешивания.
2. Методика расчета циклонов для улавливания готового продукта (дрожжей) после пневмотранспорта.

Утверждено на заседании кафедры ХимБиотех

Протокол № от _____2021_____

Заведующий кафедрой ХимБиотех _____

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕО ОБРАЗОВАНИЯ

МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет химической технологии и биотехнологии, кафедра «Химбиотех»

Дисциплина «Процессы и аппараты биотехнологических производств»

Образовательная программа 19.03.01

Курс 3, семестр 6

Билет № 2

1. Классификация оборудования для культивирования микроорганизмов на твердых питательных средах. Конструкции растительных камер.
2. Теплообменники для нагрева и охлаждения питательных сред. Конструкция и методика расчета кожухотрубчатого теплообменника.

Утверждено на заседании кафедры ХимБиотех

Протокол № от _____2021_____

Заведующий кафедрой ХимБиотех _____

Вариант № 1 задания на курсовой проект по дисциплине «Процессы и аппараты биотехнологический производств»

Рассчитать и подобрать стандартизированный теплообменник, включенный в установку непрерывного нагрева (охлаждения) жидких сред для обработки *G* кг/ч раствора вещества, содержащего взвешенные частицы. Начальная температура раствора $t_1\,^0C$, конечная - $t_2\,^0C$. Допу- стимые потери давления рабочей среды в теплообменнике *P Па*. Давление рабочей среды в состоянии теплообмена *p Па*. Определить тол- щину стенки корпуса аппарата.

№ варианта	Назначение и тип аппарата		$Gx10^{-3}$, кг/ч	$t_1\,^0C$	$t_2\,^0C$	$px10^{-5}$, *Па.*	$Px10^{-5}$,*Па*	Рабочая сре- да
1.1	Холодильник	Спиральный	30	90	40	1,5	0,2	Этиловый спирт
1.2	Холодильник	Кожухотрубчатый	16	100	35	3,0	0,25	Метиловый спирт
1.3	Нагреватель	Пластинчатый	7	2	90	1,8	0,3	Фруктовый сок (2%)
1.4	Нагреватель	Пластинчатый	5	23	85	1,2	0,25	Томатный сок (10%)
1.5	Нагреватель	Кожухотрубчатый	7	20	70	1,2	0,12	Вода
1.6	Холодильник	Спиральный	40	70	20	1,6	0,3	Лимонная кислота

Графическая часть: общий вид – 1 л., узлы аппарата – 1 л.

Литература

1. Машины и аппараты химических производств/ Под ред. Чернобыльского – М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.
2. Машины и аппараты химических производств: примеры и задачи. / Под ред. В.Н. Соколова _ Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с.
3. А.С. Тимонин Основы конструирования и расчета химико-технологического оборудования: Справочник – Калуга: изд. Н. Бочкаревой, т.2, 2002. – 1028 с.

Вариант № 2 задания на курсовой проект по дисциплине «Процессы и аппараты биотехнологический производств»

Рассчитать и подобрать емкость (биореактор) с перемешивающим устройством заданного объема. Рассчитать перемешивающее устройство и подобрать к нему мотор-редуктор по исходным данным, приведенным в таблице. Рассчитать толщину стенки аппарата. Среда в аппарате не коррозионная, не взрывоопасная.

№	*V, м^3*	*P, МПа*	*C, %*	*σ, мм*	*$\rho_ж$, кг/м^3*	*$\rho_т$, кг/м^3*	*μ x 10 ^{3}, Па x с*	*Тип мешалки*
2.1	8,0	0,2	55	1,0	1300	5700	1,5	Турбинная открытого типа
2.2	3,0	0,15	45	0,1	980	2300	4,6	Трехлопастная
2.3	4,5	0,3	70	2,0	900	1400	3,3	Турбинная закрытого типа
2.4	2,0	0,1	20	1,2	1020	1800	1,6	Лопастная
2.5	5,0	0,25	30	0,7	1100	1500	1,8	Турбинная открытого типа
2.6	10,0	0,2	10	0,5	1000	1300	2,0	Лопастная

Обозначения: V – номинальный объем сосуда; P – давление в аппарате; c – концентрация твердой фазы в аппарате; σ – размер твердых частиц; $\rho_ж$ – плотность жидкости; $\rho_т$ - плотность твердых частиц; μ - вязкость жидкости

Графическая часть: общий вид – 1 л., узлы аппарата – 1 л.

Литература

1. Машины и аппараты химических производств/ Под ред. Чернобыльского – М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.
2. Машины и аппараты химических производств: примеры и задачи. / Под ред. В.Н. Соколова _ Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с.
3. А.С. Тимонин Основы конструирования и расчета химико-технологического оборудования: Справочник – Калуга: изд. Н. Бочкаревой, т.2, 2002. – 1028 с.

Задание №3

Рассчитать и подобрать циклон (групповой циклон) заданной производительности для разгрузки после системы пневмотранспорта целевых продуктов отделения сушки в производстве дрожжей (или белково-витаминных концентратов) по исходным данным, приведенным в таблицах №1 и №2.

Обозначения: V - объемный расход газов (при нормальных условиях); t – температура газов; P – разрежение перед циклоном; Z – концентрация пыли на входе в циклон; d_m – медианный диаметр частиц пыли; $lg\sigma_ч$ – среднеквадратичное отклонение размеров частиц пыли; $lg\sigma_\eta$ - среднеквадратичное отклонение в функции распределения фракционных коэффициентов улавливания частиц; $\rho_ч$ – плотность пыли; η – эффективность пылеулавливания. Графическая часть: общий вид – 1 л.

Таблица №1 Параметры газов

№ варианта	*V, нм^3/ч*	*t, ^{0}C*	*P, Па*	*η, не менее*	*Рабочая среда*
3.1	12000	95	-100	0,95	Кормовые дрожжи
3.2	8000	60	- 160	0,96	Кормовой антибиотик
3.3	10000	80	-200	0,96	Кормовые дрожжи
3.4	30000	75	-100	0,95	Кормовой антибиотик
3.5	25000	85	-150	0,94	Кормовые дрожжи
3.6	51000	80	-280	0,97	Кормовой антибиотик

Таблица №2 Параметры пыли

№ варианта	Z, г/нм^3	d_m, мкм	$lg\sigma_ч$	$lg\sigma_η$	$\rho_ч$, кг/м^3
3.1	150	20	0,30	0,32	5700
3.2	200	15	0,35	0,36	5400
3.3	250	30	0,30	0,32	5100
3.4	120	25	0,30	0,32	2700
3.5	180	28	0,35	0,36	3400
3.6	200	35	0,30	0,32	2100

Графическая часть: общий вид – 1 л., узлы аппарата – 1 л.

Литература:

1. Справочник по пыле- и золоулавливанию. Под общ. ред. А.А. Русанова. М., Энергоатомиздат, 1983.
2. Вальдберг А.Ю., Николайкина Н.Е. «Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Защита атмосферы» М., МГУИЭ, 2008.
3. А.С. Тимонин Основы конструирования и расчета химико-технологического оборудования: Справочник – Калуга: изд. Н. Бочкаревой, т.2, 2002. – 1028 с.
4. Андрианов Е.И., Вальдберг А.Ю. «Оптимизация решений по сухому отводу пыли из газоочистных аппаратов. Химическое и нефтегазовое машиностроение», 1998, №7, с. 44-46.
5. А.С. Тимонин Основы конструирования и расчета химико-технологического оборудования: Справочник – Калуга: изд. Н. Бочкаревой, т.2, 2002. – 1028 с.

Задание №4

Рассчитать и спроектировать высокоскоростной волокнистый туманоуловитель для очистки газов (воздуха) от аэрозоля с эффективностью улавливания капель тумана не ниже 0,95 на основании данных, приведенных в таблице.

Обозначения: V – объемный расход газов при нормальных условиях; p – абсолютное давление газов перед туманоуловителем; t - температура газов; d_m - медианный диаметр капель тумана; $lg\sigma_к$ – среднеквадратичное отклонение размеров капель; $\rho_к$ - плотность капель; z - концентрация капель тумана на входе в туманоуловитель; $lg\sigma_n$ – стандартное отклонение в функции распределения фракционной эффективности

Таблица №1 Параметры дымовых газов

№вариа-нта	*V, нм³/ч*	*t, ^0C*	*d_m, мкм*	*$lg\sigma_к$*	*$lg\sigma_n$*	*$\rho_ч$, кг/м³*	*Z, мг/м³*	*Пористость фильтра, м³/ м³*	*$d_в$, мкм*
4.1	20480	40	1,5	0,35	0,37	1200	220	0,80	40
4.2	10128	85	1,2	0,30	0,32	880	150	0,75	35
4.3	15000	60	1,3	0,35	0,37	920	130	0,85	50
4.4	12000	50	1,2	0,30	0,32	1200	190	0,90	55
4.5	10000	90	2,0	0,28	0,30	980	100	0,95	50
4.6	16000	70	1,0	0,32	0,35	1000	80	0,98	45

Графическая часть: общий вид – 1 л., узлы аппарата – 1 л.

Литература :

1. Справочник по пыле- и золоулавливанию. Под общ. ред. А.А. Русанова. М., Энергоатомиздат, 1983г.

2. Вальдберг А.Ю., Николайкина Н.Е. «Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Защита атмосферы» М., МГУИЭ, 2004 г.
3. Вальдберг А.Ю., Мошкин А.А., Каменщиков И.Г. «Образование туманов и каплеулавливание в системах очистки газов» ОАО «НИО-ГАЗ», М., 2003г.

4. А.С. Тимонин Основы конструирования и расчета химико-технологического оборудования: Справочник – Калуга: изд. Н. Бочкаревой, т.2, 2002. – 1028 с.