Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра машин и процессов химических и биотехнологических производств

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.2 Технологическое оборудование биотехнологических процессов»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
19.03.01 Биотехнология
(код и наименование направления подготовки)

Промышленная биотехнология
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины *«Б1.Д.В.2 Технологическое оборудование биотехнологических процессов»* рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра машин и процессов химических и биотехнологических производств
наименование кафедры

протокол № 6 от "11" 03 2026 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра машин и процессов химических и биотехнологических производств
наименование кафедры *подпись* А.В. Быков *расшифровка подписи*

Исполнители:
Доцент кафедры МПХБП И.А. Бочкарева
должность *подпись* *расшифровка подписи*

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
19.03.01 Биотехнология А.В. Быков
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
личная подпись С.А. Викшинирова *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
личная подпись А.В. Берестова *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Бочкарева И.А., 2026
© ОГУ, 2026

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель: формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области технического оснащения биотехнологических производств, выбора, расчета и эксплуатации оборудования для культивирования микроорганизмов, клеток растений и животных, а также оборудования для выделения и очистки целевых продуктов.

Задачи:

- Изучить классификацию и основные типы оборудования биотехнологических процессов.
- Освоить принципы работы ферментеров (биореакторов) различных типов.
- Изучить оборудование для подготовки питательных сред, стерилизации, дозирования.
- Рассмотреть аппараты для разделения биомассы, разрушения клеток, мембранных процессов, хроматографии, сушки и упаковки.
- Научиться выполнять технологические и гидравлические расчеты основного оборудования.
- Изучить правила безопасной эксплуатации и основы автоматизации.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.16 Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика, Б1.Д.Б.23 Отраслевая стандартизация и сертификация, Б1.Д.Б.24 Прикладная механика, Б1.Д.Б.25 Процессы и аппараты пищевых производств*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.8 Проектирование предприятий отрасли, Б2.П.В.П.1 Технологическая практика*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-12 Способен разработать проект (проекты реконструкции и технологического перевооружения действующих предприятий) производства биотехнологической продукции	ПК*-12-В-1 Знает основные принципы проектирования (реконструкции) предприятий производства биотехнологической продукции ПК*-12-В-2 Проводит необходимые расчеты для проектирования (реконструкции) производства биотехнологической продукции, технологических линий, цехов, отдельных участков предприятий ПК*-12-В-3 Осуществляет компоновку и подбор оборудования для технологических линий и участков	**Знать:** основное оборудование биотехнологических процессов **Уметь:** применять современные информационные технологии для эффективного управления **Владеть:** навыками в разработке алгоритмов и программ, пригодных для практического

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	производства биотехнологической продукции	применения в сфере своей профессиональной деятельности
ПК*-13 Способен разработать комплект технологической документации для проекта биотехнологических предприятий	ПК*-13-В-2 Обеспечивает информационное сопровождение проектов на всех этапах жизненного цикла	**Знать:** этапы жизненного цикла биотехнологического продукта (лабораторная разработка → лабораторный регламент → пилотная установка → опытно-промышленная партия → промышленное производство → постмаркетинговое сопровождение) **Уметь:** формировать и актуализировать реестры проектной документации в биотехнологических проектах (паспорта посевных культур, журналы ферментации, протоколы анализов) **Владеть:** проектной документации биотехнологического направления в соответствии с требованиями заказчика (фармкомпании, заводы пищевых ферментов, предприятия биоэнергетики)
ПК*-14 Использует программно-технологические комплексы для проектной деятельности на биотехнологических предприятиях	ПК*-14-В-2 Использует программные продукты в области проектирования ПК*-14-В-3 Обеспечивает информационное сопровождение проектов	**Знать:** основное оборудование биотехнологических процессов **Уметь:** разрабатывать отдельные части технической документации в области оборудования и биотехнологии **Владеть:** приемами профессиональной деятельностью, с учетом действующих стандартов, норм и правил

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	5 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Контактная работа:	**104,5**	**104,5**
Лекции (Л)	34	34
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Лабораторные работы (ЛР)	34	34
Консультации	1	1
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,5	0,5
Самостоятельная работа: *- выполнение курсовой работы (КР);* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю и т.п.)*	**39,5** +	**39,5**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение. Оборудование для подготовки сырья и питательных сред	26	10	-	6	10
2	Биореакторы (ферментеры)	50	14	12	12	12
3	Оборудование для выделения биомассы и разделения фаз	38	10	12	6	10
4	Оборудование для сушки и гранулирования биопрепаратов	40	10	10	10	10
	Итого:	144	34	34	34	42
	Всего:	144	34	34	34	42

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел № 1 Введение. Оборудование для подготовки сырья и питательных сред. Основные этапы развития биотехнологического оборудования. Классификация по ГОСТ. Функциональные схемы биохимических производств. Дробилки, мельницы, смесители, солодовни. Контейнеры и танки для приготовления сред. Стерилизационное оборудование. Периодические и непрерывные стерилизаторы (выдерживатели, пластинчатые теплообменники, пароструйные инжекторы).

Раздел № 2 Биореакторы (ферментеры). Классификация: аэробные/анаэробные, периодические/непрерывные, с мешалкой, эрлифтные, барботажные, мембранные. Устройство (корпус, внут-

ренние устройства, барботеры, пеногасители). Вспомогательное оборудование биореакторов: системы подачи воздуха (компрессоры, фильтры стерилизации воздуха), пенообразование и пеногашение, дозаторы и насосы для жидких и газообразных субстратов.

Раздел № 3 Оборудование для выделения биомассы и разделения фаз. Сепараторы, центрифуги (декантеры, трубчатые), фильтры (барабанные вакуум-фильтры, тарельчатые, нутч-фильтры), микрофильтрация. Оборудование для разрушения клеток: гомогенизаторы высокого давления (ГМ), ультразвуковые диспергаторы, шаровые мельницы (бисерные), дезинтеграторы. Мембранные процессы в биотехнологии: ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос. Мембранные модули (плоские, трубчатые, половолоконные). Хроматографическое оборудование: колонки для аффинной, ионообменной, гель-фильтрации. Насосы, детекторы, фракционные коллекторы. Аппараты для электрофореза.

Раздел №4 Оборудование для сушки и гранулирования биопрепаратов: распылительные, сублимационные, барабанные сушилки; лиофильные установки. Вспомогательные системы и автоматизация. Системы CIP (мойка на месте) и SIP (стерилизация на месте). Уровни автоматизации, датчики pH, pO_2, температуры. Современные тенденции и биопечать. Одноразовые биореакторы (WAVE, HyPerforma). 3D-биопечать, микробиореакторы.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Устройство лабораторного ферментера (разборка/сборка, калибровка датчиков).	6
2	2	Стерилизация питательной среды в ферментере (режим, контроль).	6
3	2	Культивирование E. coli в 5-литровом биореакторе – наблюдение за параметрами.	6
4	3	Определение эффективности аэрации (kLa) сульфитным методом	6
5	4	Разделение биомассы центрифугированием (расчет центрифуги).	6
6	4	Микрофильтрация и ультрафильтрация культуральной жидкости.	4
		Итого:	34

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	2	Составление блок-схемы биотехнологического производства (пробиотики/антибиотики) с выбором оборудования.	6
2	2	Расчет основного технологического оборудования: геометрический объем ферментера, мощность перемешивания, расход воздуха.	6
3	3	Подбор центрифуги и фильтра для заданной суспензии (расчет фактора разделения, производительности).	6
4	3	Гидравлический расчет трубопроводов и насосов в биотехнологических системах.	6
5	4	Расчет стерилизатора непрерывного действия (режим, время выдержки).	6
6	4	Выбор мембранного модуля для концентрации целевого белка.	4
		Итого:	34

4.5 Курсовая работа (5 семестр)

Примерные темы курсовой работы

1. Расчет и подбор ферментера с механической мешалкой для производства кормовых дрожжей производительностью ____ м³/сутки.

2. Проектирование эрлифтного биореактора для культивирования клеток микроорганизмов (расчет геометрии, расхода воздуха, массообмена).

3. Расчет непрерывного стерилизатора питательной среды (тепловой баланс, время выдержки, выбор теплообменного аппарата).

4. Технологический расчет барабанного вакуум-фильтра для разделения биомассы антибиотиков.

5. Выбор и расчет центрифуги (декантера) для отделения бактериальной биомассы от культуральной жидкости.

6. Расчет ультрафильтрационной установки для концентрирования целевого белка (определение поверхности мембран, производительности).

7. Гидравлический расчет трубопроводов и подбор насосов для биотехнологического производства (на примере ферментера).

8. Расчет мощности перемешивающего устройства для биореактора с вязкой культуральной средой.

9. Проект установки сублимационной сушки (лиофилизации) для термолабильных биопрепаратов (расчет параметров процесса).

10. Расчет аппарата для стерилизации воздуха на глубинных фильтрах для аэробного ферментера.

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

- Омаров, Р. С. Основы пищевой биотехнологии: учебное пособие / Р. С. Омаров, С. Н. Шлыков. - Ставрополь: СтГАУ, 2024. - 88 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/462188;

- Биотехнологические процессы и биореакторы: разработка и проектирование : учебное пособие / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Е. И. Акулинин, М. С. Темнов. — Тамбов : ТГТУ, 2025. — 242 с. — ISBN 978-5-8265-2922-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/518112;

- Кошкина, Л. Ю. Инжиниринг биотехнологических процессов и систем : учебное пособие / Л. Ю. Кошкина, А. С. Понкратов, С. А. Понкратов. — Казань : КНИТУ, 2019. — 104 с. — ISBN 978-5-7882-2583-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/166145;

- Василевская, С. П. Техника и технология переработки неоднородных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по программе направления подготовки кадров высшей квалификации 19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии направленности Процессы и аппараты пищевых производств, 15.04.02 и 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающий процесс в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии / С. П. Василевская, В. П. Ханин; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. машин и аппаратов хим. и пищевых пр-в. - Оренбург: ОГУ. - 2021. - 131 с- Загл. с тит. экрана.
http://atlib.osu.ru/web/books/metod all/142089 20210415.pdf

5.2 Дополнительная литература

5.2.1 Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х книгах. Под ред. П.Н. Учаева. – Изд. 3-е, испр. – М.: Машиностроение, 1988 г. – Ч.1. – 560 с.: ил.; Ч.2. – 544 с.: ил.

5.2.2 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Изд. 5-е., – М.: Машиностроение, 1980 г. – Т.1. – 728 с.: ил.; Т.2. – 560 с.: ил.; Т.3. – 560 с.

5.2.3 Коротков В.Г., Сагитов Р.Ф., Холодилин А.Н. Ханин В.П. Основы конструирования (уч. пособие). Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2007. – 202 с.

5.2.4 Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: в 2 т. / под ред. А. М. Дальского [и др.]. - Т. 2 - 5-е изд., испр. - Москва: Машиностроение, 2001. - 944 с.: ил. - Предм. указ.: с. 928-941. - ISBN 5-217-03085-2.

5.2.5 Расчеты на прочность элементов машиностроительных конструкций в среде MATHCAD [Текст]: учеб. пособие для вузов / Р. К. Вафин [и др.]; под ред. Р. К. Вафина.- 3-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 579 с.: ил.

5.3 Периодические издания

Журналы:
- Химическая промышленность сегодня: журнал. - Москва : ООО "Химпром сегодня",
2020. - N 1-4 [*1 чз пи*],
2021. - N 1-6 [*1 эр*],
2022. - N 1-6 [*1 эр*],
2023. - N 1-6 [*1 эр*],
2024. - N 1-6 [*1 эр*],
2025. - N 1-6 [*1 эр*],
2026. - N 1 [*1 эр*] https://lib.osu.ru/resources/periodicals/catalog
- Химическое и нефтегазовое машиностроение: журнал. - Москва : Агентство "Роспечать",
1987. - N 1-12 [*1 кх*],
2003. - N 1-12 [*1 кх*],
2004. - N 1-4,6-12 [*1 кх*],
2005. - N 1-12 [*1 кх*],
2006. - N 1-12 [*1 кх*],
2007. - N 1-12 [*1 кх*],
2008. - N 1-12 [*1 кх*],
2009. - N 1-12 [*1 кх*],
2010. - N 1-3 [*1 кх*],
2014. - N 1-11 [*1 кх*],
2015. - N 1-9 [*1 кх*],
2016. - N 1-12 [*1 кх*],
2017. - N 1-6 [*1 кх*] https://lib.osu.ru/resources/periodicals/catalog

5.4 Интернет-ресурсы

- Химический портал. Режим доступа: http://www.chemport.ru. В портале представлена справочная литература по химии и химическим технологиям.

- Центр композитных технологий. Режим доступа: http://cct-kai.com/index.php/ru/. На сайте представлены технологии композиционных материалов и конструкций из композитов, лабораторное оборудование для исследований и испытаний.

- Сайт о химии. Режим доступа: http://www.xumuk.ru/. На сайте представлена справочная литература и информация по химическим веществам, химической продукции и методам их получения.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС.
2. Пакет офисных приложений «МойОфис Образование»
3. Для работы с ресурсами Интернет - веб-браузер Яндекс https://yandex.ru/..
4. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2026]. – Режим доступа в сети ОГУ http://garant.net.osu.ru
5. Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

№2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского и лабораторного типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется специализированная лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, химическими реактивами и посудой.

Для проведения практических занятий используется специализированная аудитория, оснащенная компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет".

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.