

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по учебной работе
_____ М.А. Смирнов
« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
Общепрофессионального цикла
Дисциплины обязательной части
«Процессы и аппараты биотехнологии»

Форма обучения – очная
Специальность: 19.02.15 Биотехнология пищевой промышленности

Кафедра «Биотехнологии, химии и стандартизации»

Тверь 20__

Рабочая программа дисциплины предназначена для подготовки студентов среднего профессионального образования и соответствует ОХОП подготовки специалистов среднего звена на базе основного общего образования в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы:

В.Ю. Долуда

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БХС
«___»_____г., протокол № ____.

Заведующий кафедрой

М.Г. Сульман

Согласовано:
Начальник УМО

Е.Э. Наумова

Начальник отдела
комплектования
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

1. Общая характеристика рабочей программы дисциплины общепрофессионального цикла

1.1 Место дисциплины в структуре основной образовательной программы СПО

Дисциплина 4 Процессы и аппараты биотехнологии является обязательной частью профессионального цикла образовательной программы СПО в соответствии с ФГОС по специальности 19.02.15 Биотехнология пищевой промышленности, срок обучения – 3 года 10 месяцев.

1.2. Цели и планируемые результаты освоения дисциплины

Цель дисциплины Процессы и аппараты биотехнологии: подготовка студента к рациональному выбору конструкции и научному расчету машин и аппаратов биотехнологии, а также методам целесообразной промышленной эксплуатации этого производственного оборудования для достижения максимальной производительности при минимальных затратах.

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных принципов и методов проектирования биореакторов и технологических аппаратов;
- освоение методов оптимизации условий культивирования микроорганизмов и клеток;
- разработка технологий для производства биопродуктов;
- изучение параметров оценки эффективности биотехнических процессов;
- обучение анализу экологических аспектов и экономической целесообразности биотехнологических решений.

Планируемые результаты освоения общеобразовательной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО и на основе ФГОС СОО. Особое значение дисциплина имеет при формировании и развитии ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3.

Таблица 1. Планируемые результаты освоения дисциплины

Код и наименование формируемых компетенций	Умения	Знания	Практический опыт
ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3	распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте, анализировать и выделять её составные части определять этапы решения задачи, составлять план	структура плана для решения задач, алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях основные источники информации и ресурсы для решения задач и/или проблем в	определения и подготовки технологического оборудования для производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности в соответствии с технологическими параметрами и

	действия, реализовывать составленный план, определять необходимые ресурсы владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах выделять наиболее значимое в перечне информации, структурировать получаемую информацию, оформлять результаты поиска оценивать практическую значимость результатов поиска соблюдать нормы экологической безопасности определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности по специальности организовывать профессиональную деятельность с соблюдением принципов бережливого производства проводить основные технологические процессы производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности осуществлять технологические регулировки оборудования, систем безопасности и сигнализации, контрольно-	профессиональном и/или социальном контексте методы работы в профессиональной и смежных сферах приемы структурирования информации формат оформления результатов поиска информации правила экологической безопасности при ведении профессиональной деятельности основные ресурсы, задействованные в профессиональной деятельности пути обеспечения ресурсосбережения принципы бережливого производства виды и качественные показатели сырья полуфабрикатов и готовой биотехнологической продукции для пищевой промышленности основные технологические процессы производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности способы технологических регулировок оборудования, систем безопасности и сигнализации, контрольно-	технологическими инструкциями обеспечения безопасной эксплуатации и обслуживания оборудования, систем безопасности и сигнализации, контрольно-измерительных приборов и автоматики, используемых для реализации технологических операций производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности определения технологических параметров, подлежащих контролю и регулированию, в том числе автоматическому, для обеспечения режимов производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности в соответствии с технологическими инструкциями организации выполнения технологических операций производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности в соответствии с технологическими инструкциями
--	---	--	---

	измерительных приборов и автоматики, используемых для реализации технологических операций производства биотехнологической проверять состояние охраны труда и промышленной безопасности на рабочих местах в процессе производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности определять потребность в средствах производства и рабочей силе для выполнения общего объема работ по каждой технологической операции на основе технологических карт производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности	измерительных приборов и автоматики, используемых для реализации технологических операций производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности, в соответствии с эксплуатационной документацией	
--	--	---	--

2. Структура и содержание общеобразовательной дисциплины

2.1. Объем учебной дисциплины и виду учебной работы

Таблица 2. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Объем в часах
Объем образовательной программы дисциплины	270
Основное содержание	190
В том числе:	
Теоретическое обучение (ТО)	81
Практические занятия (ПЗ)	81
Лабораторные занятия (ЛР)	28
Самостоятельная работа	72
В том числе:	
Курсовой проект	30
Другие виды самостоятельной работы	42
Промежуточная аттестация	8
Зачет	Не предусмотрено

Дифференцированный зачет	2
Экзамен	6
ИТОГО	270

2.2. Тематический план и содержание дисциплины

2.2.1. Тематический план

Таблица 3. Содержание учебного материала

№	Наименование разделов и тем	Объем часов	ТО	ПЗ	ЛР	СР	Формируемые компетенции
1	Раздел 1. «Введение. Классификация биотехнологического оборудования».	23	6	6	7	4	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
2	Раздел 2. «Методы исследования процессов и аппаратов в биотехнологическом производстве».	24	6	7	7	4	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
3	Раздел 3. «Гидравлические процессы биотехнологических производств».	18	7	7		4	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
4	Раздел 4. «Гидромеханические процессы биотехнологических производств».	17	7	7		3	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
5	Раздел 5. «Тепловые процессы биотехнологических производств».	24	7	7	7	3	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
6	Раздел 6. «Массообменные процессы биотехнологических производств».	24	7	7	7	3	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
7	Раздел 7. «Оборудование складских и транспортных операций».	15	6	6		3	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
8	Раздел 8. «Оборудование для подготовки питательных сред».	17	7	7		3	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3

9	Раздел 9. «Биореакторы».	17	7	7		3	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
10	Раздел 10. «Оборудование для концентрирования, выделения и очистки целевых продуктов биосинтеза и придания им товарных форм».	16	7	7		2	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
11	Раздел 11. «Обеспечение асептических условий производства».	15	7	6		2	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
12	Раздел 12. «Обслуживание оборудования биотехнологических производств».	14	7	7		2	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
	Курсовой проект	30					
	Промежуточная аттестация	8			2	6	
	Всего на дисциплину	270	81	81	30	42	

2.2.2. Содержание дисциплины

Раздел 1 «Введение. Классификация биотехнологического оборудования»

Введение. Задачи курса и его содержание. Структура биотехнологических производств. Классификация биотехнологического оборудования.

Раздел 2 «Методы исследования процессов и аппаратов в биотехнологическом производстве»

Методы исследования процессов и аппаратов в биотехнологическом производстве. Лабораторные исследования. Исследования на опытных установках. Масштабирование опытных работ. Пассивный и активный эксперименты. Методы экспериментального исследования биореакторов. Лабораторные биореакторы. Технологический регламент. Моделирование и масштабирование биотехнологических схем процессов.

Раздел 3 «Гидравлические процессы биотехнологических производств»

Гидравлические процессы биотехнологических производств. Трубопроводы. Гидравлический расчет трубопроводов.

Раздел 4 «Гидромеханические процессы биотехнологических производств»

Гидрмеханические процессы биотехнологических производств. Осаждение, фильтрование, разделение под действием центробежных сил инерции, псевдоожижение, перемешивание.

Раздел 5 «Тепловые процессы биотехнологических производств»

Тепловые процессы биотехнологических производств. Теплопроводность, теплоотдача и теплопередача в биотехнологическом оборудовании. Тепловой расчет оборудования. Нестационарные процессы теплопередачи. Умеренное и глубокое охлаждение.

Раздел 6 «Массообменные процессы биотехнологических производств»

Массообменные процессы биотехнологических производств. Основной закон массопередачи. Адсорбция, термическая сушка, экстрагирование, перегонка и ректификация.

Раздел 7 «Оборудование складских и транспортных операций»

Оборудование складских и транспортных операций. Определение величин складских запасов. Оборудование для хранения сырья, полупродуктов и продуктов. Оборудование для транспортирования и дозировки сыпучих материалов и жидких сред. Выбор и определение производительности и затрат мощности.

Раздел 8 «Оборудование для подготовки питательных сред»

Оборудование для подготовки питательных сред: при поверхностном методе культивирования, при глубинном методе культивирования.

Раздел 9 «Биореакторы»

Биореакторы. Классификация. Аппараты для аэробного культивирования в жидких питательных средах: с подводом энергии к газовой фазе, с подводом энергии к жидкой фазе, с комбинированным подводом энергии. Аппараты для поверхностного культивирования на твердых питательных средах. Аппараты для анаэробного культивирования. Вспомогательные устройства биореакторов. Выбор типа биореактора. Тепло- и массообменные расчеты биореакторов. Схема оптимального расчета биореактора.

Раздел 10 «Оборудование для концентрирования, выделения и очистки целевых продуктов биосинтеза и придания им товарных форм»

Оборудование для концентрирования, выделения и очистки целевых продуктов биосинтеза и придания им товарных форм. Методы и оборудование для разделения жидкой и твердой фаз (флотация, отстаивание, фильтрация, центрифугирование, сепарация). Методы и оборудование для концентрирования, разделения и очистки растворов (выпаривание, мембранное разделение, высаливание, кристаллизация, растворение, адсорбция, ионный обмен, экстракция). Методы и оборудование для измельчения поверхностных культур и готовых продуктов биосинтеза, для

дезинтеграции микробных клеток. Оборудование для сушки продуктов биосинтеза (конвективной, контактной, сублимационной). Придание товарных форм продукции биотехнологических производств, фасовка и упаковка ее. Выбор и расчет проектируемого оборудования.

Раздел 11 «Обеспечение асептических условий производства»

Обеспечение асептических условий производства. Методы и оборудование стерилизации сыпучих и жидких сред, тонкой очистки и стерилизации воздуха. Стерилизация технологического оборудования и коммуникаций. Выбор и расчет оборудования стерилизации технологических потоков. Определение режимов стерилизации и уровня стерильности.

Раздел 12 «Обслуживание оборудования биотехнологических производств»

Графики и регламенты обслуживания биотехнологического оборудования, дефекация и основные методы восстановления узлов биотехнологического оборудования.

Таблица 4. Тематика практических занятий

№ Темы	Тематика практического занятия	Объем, акад. ч.	Формируемые компетенции
Раздел 1	Классификация биотехнологического оборудования и предприятий биотехнологической промышленности	6	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 2	Методы исследования процессов и аппаратов в биотехнологическом производстве	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 3	Решение задач: гидравлические процессы биотехнологических производств	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 4	Решение задач: гидромеханические процессы биотехнологических производств	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 5	Решение задач: тепловые процессы биотехнологических производств	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 6	Решение задач: массообменные процессы биотехнологических производств	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 7	Оборудование складских и транспортных операций	6	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3

Раздел 8	Оборудование для подготовки питательных сред	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 9	Биореакторное оборудование	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 10	Решение задач: оборудование для концентрирования, выделения и очистки целевых продуктов биосинтеза и придания им товарных форм.	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 11	Обеспечение асептических условий производства	6	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 12	Обслуживание оборудования биотехнологических производств	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3

Таблица 5. Тематика лабораторных занятий

№ Темы	Тематика лабораторного занятия	Объем, акад. ч.	Формируемые компетенции
Раздел 1	Классификация биотехнологического оборудования и предприятий биотехнологической промышленности	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 2	Методы исследования процессов и аппаратов в биотехнологическом производстве	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 5	Изучение тепловых процессов биотехнологических производств	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3
Раздел 6	Изучение массообменных процессов биотехнологических производств	7	ОК 01, ОК 02, ОК 07, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.5, ПК 3.1, ПК 3.3

3. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости

Основными целями самостоятельной работы студентов является формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых, рациональных и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к лабораторным и практическим занятиям; к текущему контролю успеваемости; подготовке к промежуточной аттестации.

После вводных лекций, в которых обозначается содержание дисциплины, ее проблематика и практическая значимость, студентам выдаются задания на самостоятельную работу. Студенты выполняют задания в часы СРС в течение семестра в соответствии с освоением учебных разделов. Защита выполненных заданий производится поэтапно в часы лабораторных/практических занятий. Оценивание осуществляется по содержанию и качеству выполненного задания. Форма оценивания – зачет.

Критерии оценивания:

«зачтено» выставляется студенту за задание, выполненное полностью. Допускаются минимальные неточности в расчетах.

«не зачтено» выставляется студенту за не полностью выполненное задание и/или при наличии грубых ошибок.

Не зачтенные задания студент должен исправить в часы, отведенные на СРС, и сдать на проверку снова.

4. Условия реализации общепрофессиональной дисциплины

4.1. Материально-техническое обеспечение

Для реализации программы предусмотрены следующие специальные помещения: кабинет специальных дисциплин, лаборатория процессов и аппаратов, оснащенные в соответствии с ОП СПО по специальности 19.02.15 Биотехнология пищевой промышленности.

Помещение для самостоятельной работы: библиотека с читальным залом, оснащенная в соответствии с Приложением 3 ОХОП-П, библиотечный фонд.

4.2. Учебно-методическое обеспечение

4.2.1. Основная литература по дисциплине

1. Процессы и аппараты биотехнологических производств : учебник для среднего профессионального образования / под редакцией И. А. Евдокимова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 206 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-13580-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/566306> (дата обращения: 19.09.2025).

2. Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств. Практикум : учебник для среднего профессионального образования / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. М. Зимняков, А. В. Поликанов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 185 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10397-7. — Текст :

электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/565866> (дата обращения: 19.09.2025).

4.2.2. Дополнительная литература

1. Процессы и аппараты биотехнологии: ферментационные аппараты : учебник для среднего профессионального образования / под редакцией В. А. Быкова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 274 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-14042-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/567769> (дата обращения: 19.09.2025).

2. Биотехнология. Практический курс : учебник и практикум для среднего профессионального образования — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 174 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-20761-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/558717> (дата обращения: 19.09.2025).

3. 1. Долуда, В.Ю. Процессы и аппараты биотехнологии : практикум для самостоятельной подготовки к практ. занятиям студентов по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология / В.Ю. Долуда, Э.М. Сульман; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2016. - 23 с. : ил. - Текст : непосредственный. - 33 р. - (ID=113473-95)

4. 2. Учебно-методический комплекс дисциплины «Процессы и аппараты биотехнологии». Направление подготовки 19.03.01 Биотехнология. Направленность (профиль): Промышленная биотехнология : ФГОС 3++ / Кафедра "Биотехнология, химия и стандартизация" ; составитель В.Ю. Долуда. - Тверь : ТвГТУ, 2023. - (УМК). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/122354>. - (ID=122354-1)

4.3. Программное обеспечение по дисциплине

- ОС "Альт Образование" 8
- Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3D v18 для преподавателя

Программное обеспечение КОМПАС-3D v18

- МойОфис Стандартный
- WPS Office
- Libre Office
- Lotus Notes!Domino,
- LMS Moodle
- Marc-SQL
- МегаПро,
- Office для дома и учебы 2013
- 7zip,
- «Консультант Плюс»

- «Гарант»
- ОС РЕД ОС
- 1С:Предприятие 8.
- ПО РИХ.

4.4. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.). Диск 1, 2, 3, 4. - М.: Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 p. – (105501-1)]

5. Контроль и оценка результатов освоения общепрофессиональной дисциплины

Результаты обучения должны быть ориентированы на получение компетенций для последующей профессиональной деятельности как в рамках данной предметной области, так и в смежных с ней областях. Они включают в себя результаты освоения общеобразовательной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО и на основе ФГОС СОО.

Таблица 6. Оценочные мероприятия освоения дисциплины

Результаты обучения	Критерии оценки	Методы оценки
- знать		Устный опрос;
виды и качественные показатели сырья полуфабрикатов и готовой биотехнологической продукции для пищевой промышленности	Демонстрирует знания: Основных закономерностей и способов математического описания технологических процессов и их совокупностей	Оценка результатов практической работы; Оценка результатов текущего контроля;
основные технологические процессы производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности	Основных принципов организации биотехнологического производства, его иерархической структуры, общих закономерностей	Самооценка своего знания, осуществляемая обучающимися; Промежуточная аттестация

способы технологических регулировок оборудования, систем безопасности и сигнализации, контрольно-измерительных приборов и автоматики, используемых для реализации технологических операций производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности, в соответствии с эксплуатационной документацией	организации и реализации биотехнологических процессов, основ биотехнологического производства Основных характеристик биотехнологического процесса Типов реакторов, применяемых в биотехнологии	
- уметь		
проводить основные технологические процессы производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности осуществлять технологические регулировки оборудования, систем безопасности и сигнализации, контрольно-измерительных приборов и автоматики, используемых для реализации технологических операций производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности проверять состояние охраны труда и промышленной безопасности на рабочих местах в процессе производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности определять потребность в средствах производства и рабочей силе для выполнения общего объема работ по каждой технологической операции на основе технологических карт производства биотехнологической	Проводит выбор оптимального типа реактора и рассчитывает технологические параметры для заданного процесса Демонстрирует умение рассчитывать и проектировать основные характеристики биотехнологического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта и оценивать технологическую эффективность производства	

продукции для пищевой промышленности		
- практический опыт		
определения и подготовки технологического оборудования для производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности в соответствии с технологическими параметрами и технологическими инструкциями обеспечения безопасной эксплуатации и обслуживания оборудования, систем безопасности и сигнализации, контрольно-измерительных приборов и автоматики, используемых для реализации технологических операций производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности определения технологических параметров, подлежащих контролю и регулированию, в том числе автоматическому, для обеспечения режимов производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности в соответствии с технологическими инструкциями организации выполнения технологических операций производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности в соответствии с технологическими инструкциями	Демонстрирует навыки планирования выбора рациональных технологических режимов эксплуатации действующих производств использования технических средств для контроля параметров биотехнологического процесса, свойств сырья и готовой продукции эксплуатации технологического оборудования, выполнения технологических операций и управления биотехнологическими процессами контроля количественных и качественных показателей получаемой биотехнологической продукции	

5.1. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

Фонды оценочных средств (далее ФОС) предназначены для контроля и оценки образовательных достижений студентов, освоивших программу учебной дисциплины «Процессы и аппараты биотехнологии».

ФОС включают контрольные материалы для проведения итоговой аттестации в форме дифференцированного зачета и экзамена.

ФОС разработаны на основании основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки специальности СПО 19.02.15 Биотехнология пищевой промышленности.

1. Оценочные средства для текущего контроля.

Текущий контроль проводится в форме домашнего задания для самостоятельного выполнения. Результаты фиксируются в образовательной платформе, на которой зарегистрированы студенты и преподаватель.

2. Оценочные средства для промежуточного контроля

1. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 20. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (1 вопрос для категории «знать» и 2 вопроса для категории «уметь»).

Продолжительность экзамена – 60 минут.

2. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0;

критерии оценки и ее значение для категории «уметь»:

отсутствие умения – 0 баллов;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

4. Вид экзамена – письменный экзамен, включающий решение задач с использованием справочного материала и непрограммируемого калькулятора.

База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене.

1. Классификация процессов и аппаратов биотехнологических производств.
2. Уравнение фильтрования при постоянной движущей силе процесса (вывод).
3. Расчет предельно допустимой высоты всасывания насоса. Явление кавитации. Выбор насоса.
4. Гидродинамика и предмет ее изучения. Внутренняя, внешняя и смешанная задачи гидродинамики. Понятие вязкости, мгновенной и средней скорости, расхода жидкости, единицы их измерения в системе СИ. Уравнения расхода.
5. Разделение неоднородных систем под действием центробежной силы. Скорость осаждения под действием центробежной силы.
6. Схема насосной установки и ее описание. Напор, создаваемый насосом для проектируемой и действующей установки. Расчет напора по показаниям манометра и вакуумметра.
7. Гидростатика и предмет ее изучения. Понятие идеальной и реальной жидкости, их свойства. Капельные и упругие жидкости. Физические свойства жидкостей.
8. Подобие гидродинамических процессов. Обработка уравнения Навье-Стокса методом анализа размерностей. Критерии гидродинамического подобия. Обобщенное критериальное уравнение.
9. Классификация сил, действующих в жидкости. Гидростатическое давление и его свойства, единицы измерения в системе СИ.
10. Устройство и принцип действия центробежного насоса, характеристики насоса при постоянном числе оборотов. Определение рабочей точки при работе насоса на трубопровод. Формулы пропорциональности.
11. Устройство и принцип работы полого и насадочного скрубберов. Расчет аппаратов мокрой очистки газов.
12. Конвективный теплообмен. Закон теплоотдачи Ньютона. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, размерность. От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи.
13. Принципиальная схема фильтрования. Классификация фильтров. Движущая сила фильтрования и способы ее создания.
14. Расчет фильтров. Расчет периодически действующих фильтров. Устройство и принцип работы вертикального листового фильтра.
15. Взаимные направления движения теплоносителей. Определение средней движущей силы процесса теплопередачи при различных взаимных направлениях теплоносителей. Уравнение массопередачи при переменной движущей силе процесса. Расчет среднего значения движущей силы процесса массопередачи. Число единиц переноса.
16. I-x диаграмма влажного воздуха. Изображение теоретического процесса сушки на I-x диаграмме. Определение температуры мокрого термометра и точки росы.

17. Классификация отстойников. Устройство и принцип работы отстойников: с наклонными перегородками, с гребковой мешалкой.

18. Дистилляция и ректификация: назначение и физическая сущность процессов. Иллюстрация принципа осуществления этих процессов на диаграмме температура-состав.

19. Изображение вариантов сушильного процесса I-х диаграмме: сушка с промежуточным подогревом воздуха по зонам, сушка с частичной рециркуляцией отработанного воздуха. Определение расхода воздуха и теплоты.

20. Дифференциальное уравнение фильтрования. Физический смысл входящих в него величин.

21. Механическое перемешивание. Классификация мешалок. Конструкции механических мешалок, их характеристика.

22. Температурные потери и полезная разность температур. Расчет температуры кипения раствора.

23. Классификация теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники. Разновидности конструкций, области применения.

24. Материальный баланс массообменного аппарата (на примере противоточного абсорбера). Уравнение рабочей линии. Направление массопередачи и движущая сила массообменного процесса.

25. Простая дистилляция. Варианты осуществления и области применения процесса. Схема установки. Материальный баланс процесса.

26. Физические основы электроочистки газов. Сущность метода электроосаждения. Формы электродов для создания неоднородного электрического поля.

27. Три способа переноса теплоты. Физические основы теплопередачи, основные понятия и определения. Тепловые балансы.

28. Абсорбция: физическая сущность и разновидности процесса. Закон равновесия при абсорбции. Тепловой эффект абсорбции. Материальный баланс противоточного абсорбера.

29. Термодинамические основы работы компрессоров.

30. Осаждение частиц под действием силы тяжести. Расчет скорости осаждения частиц в любом режиме, недостаток метода. Формула Стокса.

31. Физическая сущность мокрой очистки газов. Способы осуществления контакта запыленного газа с жидкостью. Устройство и принцип работы скруббера Вентури.

32. Классификация насосов. Основные параметры насоса: подача, напор, потребляемая мощность, КПД.

33. Режимы течения жидкостей и их характеристика. Понятие абсолютной и относительной шероховатости, гладкости трубопровода. Расчет потерь напора и давления на трение.

34. Определение скорости центробежного осаждения при ламинарном режиме. Фактор разделения. Определение скорости центробежного осаждения по методу Лященко.

35. Классификация массообменных процессов. Основные понятия и определения. Способы выражения составов фаз.

36. Теплопередача как сложный вид теплообмена. Уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи, его физический смысл, размерность и расчет.

37. Классификация абсорбционных аппаратов. Конструкции поверхностных и насадочных абсорберов.

38. Изображение процесса непрерывной ректификации на У-Х диаграмме. Построение рабочих линий, определение теоретического и действительного числа тарелок.

39. Определение мощности, затрачиваемой на перемешивание. Расчет рабочей мощности механической мешалки (с выводом). Расчет пусковой мощности мешалки. Расчет мощности двигателя.

40. Тепловое подобие. Основные критерии подобия и их физический смысл. Обобщенное критериальное уравнение.

41. Кривые псевдооживления. Расчет критических и оптимальной рабочей скоростей.

42. Центрифугирование. Классификация центрифуг. Фактор разделения. Принцип работы отстойных центрифуг. Приведите схему и опишите конструкцию подвесной отстойной центрифуги.

43. Физические основы выпаривания. Способы выпаривания.

44. Способы количественной оценки влагосодержания материала. Материальный баланс процесса сушки.

45. Сущность процесса отстаивания. Схема процесса отстаивания на примере простого отстойника-сгустителя. Расчет отстойника-сгустителя.

46. Цели процесса разделения неоднородных систем. Выбор методов разделения. Классификация методов разделения неоднородных систем.

47. Гидравлические сопротивления в трубопроводах. Понятие местного сопротивления, типы местных сопротивлений, расчет потерь напора и давления на местных сопротивлениях.

48. Уравнение фильтрования при постоянной скорости процесса (вывод). Уравнение фильтрования при постоянных перепаде давления и скорости процесса (вывод).

49. Уравнения теплопроводности плоской многослойной и цилиндрической многослойной стенок.

50. Расчет непрерывно действующих фильтров. Устройство и принцип работы барабанного вакуум-фильтра.

51. Применение процесса центрифугирования для разделения эмульсий. Схема и описание принципа работы тарельчатого сепаратора.

52. Классификация теплообменных аппаратов. Спиральные, пластинчатые, оросительные теплообменники. Области применения.

53. Физические основы непрерывной ректификации. Схема установки и ее принцип работы. Общий материальный баланс.

54. Тепловой баланс воздушной калориферной сушилки. Изображение действительного процесса сушки на I-х диаграмме. Определение расхода воздуха и теплоты на сушку.

Пользование различными техническими устройствами, кроме ЭВМ компьютерного класса, калькулятором и программным обеспечением, необходимым для решения поставленных задач, не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов на экзаменационные вопросы и решенных на компьютере задач задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках содержания экзаменационного билета, выданного студенту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

1. Шкала оценивания курсового проекта – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

2. Примерная тематика курсового проекта (5 семестр).

Темы курсовых работ основаны на выполнении основных расчетов реакционного оборудования. Варианты с исходными данными представлены в таблице 6. Основная схема реактора представлена на рисунке 1.

Цель: Научиться проводить расчеты емкостного оборудования для проведения химических процессов, обосновывать подбор их геометрических параметров и проводить их подбор на основе установленных стандартов.

Задание 1. Рассчитать основные конструктивные и энергетические показатели реактора общим объемом $V_{\text{м}^3}$ (Рисунок 1). Реактор предназначен для проведения процесса этерификации олеиновой кислоты этиловым спиртом. Плотность среды $\rho_{\text{ср}}$ кг/м³, динамическая вязкость среды $\mu_{\text{ср}}$ (н с)/м², теплоемкость среды $c_{\text{ср}}$ Дж/(кг К), коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{ср}}$ Вт/(м К), коэффициент заполнения аппарата К, рабочее избыточное давление $P_{\text{пара}}$, атм. Произвести расчет одноступенчатого редуктора привода мешалки. Предоставить чертежи 1 – реактор – общий вид (Чертеж в автокаде или компасе формат чертежа А1), редуктор сборочные чертеж (Чертеж от руки в формате А1).

Таблица 6. Исходные данные к индивидуальному заданию 1.1

№		$V, \text{м}^3$	$\rho_{\text{ср}}, \text{кг/м}^3$	$\mu_{\text{ср}}, (\text{н с})/\text{м}^2$	$c_{\text{ср}}, \text{Дж}/(\text{кг К})$	$\lambda_{\text{ср}}, \text{Вт}/(\text{м К})$	К	$P_{\text{изб. пара}}, \text{атм}$
1		0.1	1010	0.0011	4186	0.6	0.5	0.5
2		0.2	1020	0.0012	4196	0.65	0.525	1
3		0.3	1030	0.0013	4216	0.7	0.55	1.5
4		0.4	1040	0.0014	4226	0.75	0.575	2

5		0.5	1050	0.0015	4236	0.8	0.6	2.5
6		0.6	1060	0.0016	4246	0.85	0.625	3
7		0.7	1070	0.0017	4256	0.9	0.65	3.5
8		1	1010	0.0011	4186	0.6	0.5	4
9		2	1020	0.0012	4196	0.65	0.525	0.5
10		3	1030	0.0013	4216	0.7	0.55	1
11		4	1040	0.0014	4226	0.75	0.575	1.5
12		5	1050	0.0015	4236	0.8	0.6	2
13		6	1060	0.0016	4246	0.85	0.625	2.5
14		7	1070	0.0017	4256	0.9	0.65	3
15		20	1010	0.0011	4186	0.6	0.5	3.5
16		25	1020	0.0012	4196	0.65	0.525	4
17		30	1030	0.0013	4216	0.7	0.55	0.5
18		35	1040	0.0014	4226	0.75	0.575	1
19		40	1050	0.0015	4236	0.8	0.6	1.5
20		45	1060	0.0016	4246	0.85	0.625	2

Студент по согласованию с преподавателем может самостоятельно выбрать объект курсового проекта на базе организации или предприятия, на котором проводится практика или научно-исследовательская работа.

Курсовой проект может являться этапом подготовки к написанию дипломного проекта (работы).

3. Критерии итоговой оценки за курсовой проект.

Оцениваемые показатели для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта

№ раздела	Наименование раздела	Баллы по шкале уровня
	Термины и определения	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
	Введение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
1	Общая часть (обзор литературы по выбранной теме курсового проекта)	Выше базового – 6 Базовый – 3 Ниже базового – 0
2	Специальная часть (характерные системы или результаты исследований с их подробной интерпретацией)	Выше базового – 6 Базовый – 3

		Ниже базового – 0
	Заключение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
	Список использованных источников	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0

Критерии итоговой оценки за курсовой проект:

«отлично» – при сумме баллов от 18 до 20;

«хорошо» – при сумме баллов от 14 до 17;

«удовлетворительно» – при сумме баллов от 10 до 13;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 10, а также при любой другой сумме, если по разделам «Общая часть» и «Специальная часть» работа имеет 0 баллов.

4. В процессе выполнения курсового проекта руководитель осуществляет систематическое консультирование.

5. Дополнительные процедурные сведения:

- студенты выбирают тему для курсового проекта самостоятельно из предложенного списка и согласовывают свой выбор с преподавателем в течение двух первых недель обучения;

- проверку и оценку работы осуществляет руководитель, который доводит до сведения обучающего достоинства и недостатки курсового проекта и ее оценку. Оценка проставляется в зачетную книжку обучающегося и ведомость для курсового проекта. Если обучающийся не согласен с оценкой руководителя, проводится защита работы перед комиссией, которую назначает заведующий кафедрой;

- защита курсового проекта проводится в течение двух последних недель семестра и выполняется в форме устной защиты в виде доклада и презентации на 5-7 минут с последующим ответом на поставленные вопросы, в ходе которых выясняется глубина знаний студента и самостоятельность выполнения работы;

- работа не подлежит обязательному внешнему рецензированию;

- курсовые проекты хранятся на кафедре в течение трех лет.

6. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

Содержание рабочих программ дисциплин ежегодно обновляется протоколами заседаний кафедры по утвержденной «Положением о структуре, содержании и оформлении рабочих программ дисциплин по образовательным программам, соответствующим ФГОС СПО с учетом профессиональных стандартов» форме.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Специальность: 19.02.15 Биотехнология пищевой промышленности
Кафедра «Биотехнологии, химии и стандартизации»
Дисциплина «Процессы и аппараты биотехнологии»
Семестр 5

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
в форме экзамена**

БИЛЕТ № 1

1. Задание для проверки уровня «знать» – или 0, или 1, или 2 балла:
Классификация процессов и аппаратов биотехнологических производств.
2. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:
Произвести расчет материального баланса биореактора.
3. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:
Вывести уравнение Бернулли для стационарного потока реальной жидкости.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель:

В.Ю. Долуда

Заведующий кафедрой

М.Г. Сульман

Лист регистрации изменений в рабочей программе общепрофессиональной дисциплины

№ изменен ия	Номер листа			№ протокола и дата заседания кафедры	Дата внесения изменения в РПД	Ф.И.О. лица, ответственн ого за внесение изменений
	измененного	нового	изъятого			