

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор/Декан  
института ветеринарии и  
биотехнологий  
Скрипкин Валентин Сергеевич

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Б1.О.16.03 Основы проектирования предприятий  
биотехнологической промышленности**

19.03.01 Биотехнология

Биотехнология продуктов питания

бакалавр

очная

## 1. Цель дисциплины

Целью дисциплины Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности является сформировать у студентов способность применять инженерные знания для анализа и проектирования технологического оборудования и схем основных процессов биотехнологического производства пищевых продуктов.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-4 Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ОПК-4.1 Применяет знания инженерных дисциплин для анализа и проектирования элементов технических и технологических систем биотехнологического производства	<b>знает</b> основы инженерных дисциплин, включая принципы проектирования технических и технологических систем, методы анализа процессов биотехнологического производства, а также нормативные требования, предъявляемые к оборудованию и производственным процессам в данной области. <b>умеет</b> применять знания инженерных дисциплин для анализа и проектирования элементов технических и технологических систем биотехнологического производства. Это включает в себя способность определять характеристики, рассчитывать, моделировать и оптимизировать основные параметры биотехнологических процессов, а также выбирать и обосновывать оборудование для их реализации, обеспечивая эффективность и соответствие нормативным требованиям. <b>владеет навыками</b> методами инженерного анализа и проектирования, включая навыки применения математического моделирования, расчёта и оптимизации элементов технических и технологических систем биотехнологического производства, таких как ферментеры, теплообменники и системы фильтрации, с учётом требований энергоэффективности, безопасности и нормативных стандартов качества.
ОПК-4 Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического	ОПК-4.2 Проектирует отдельные элементы технических и технологических систем (ферментеры, теплообменники, системы фильтрации) и ключевые стадии биотехнологического	<b>знает</b> принципы проектирования и расчёта ключевых элементов технических и технологических систем биотехнологического производства пищевых продуктов, включая ферментеры, теплообменники и системы фильтрации, а также этапов процессов ферментации, сепарации и сушки, с учётом действующих

<p>производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний</p>	<p>производства пищевых продуктов (ферментация, сепарация, сушка) с учётом нормативных требований</p>	<p>нормативных требований, стандартов качества, энергоэффективности и безопасности.</p> <p><b>умеет</b></p> <p>В рамках компетенции ОПК-4.2 выпускник должен уметь проектировать отдельные элементы технических и технологических систем биотехнологического производства пищевых продуктов, включая ферментеры, теплообменники и системы фильтрации, а также ключевые стадии производственного процесса, такие как ферментация, сепарация и сушка, с учетом действующих нормативных требований. Это включает в себя способность разрабатывать технические решения, соответствующие стандартам качества, безопасности и энергоэффективности, обеспечивая эффективное функционирование биотехнологических производств.</p> <p><b>владеет навыками</b></p> <p>методами проектирования ключевых элементов технических и технологических систем биотехнологического производства пищевых продуктов, включая ферментеры, теплообменники и системы фильтрации, а также уметь разрабатывать стадии процессов ферментации, сепарации и сушки с учетом действующих нормативных требований, обеспечивая соответствие проектируемых решений стандартам качества, безопасности и энергоэффективности.</p>
<p>ОПК-4 Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний</p>	<p>ОПК-4.3 Разрабатывает технологические схемы и подбирает оборудование для ключевых стадий биотехнологического производства (ферментация, очистка, стабилизация) с учётом требований энергоэффективности, безопасности и стандартов качества</p>	<p><b>знает</b></p> <p>принципы разработки технологических схем и выбор оборудования для ключевых стадий биотехнологического производства, таких как ферментация, очистка и стабилизация. Это включает понимание процессов биотехнологии, методов расчета и проектирования оборудования, а также требований энергоэффективности, безопасности и стандартов качества, применяемых в пищевой промышленности. Знание нормативной документации и стандартов, таких как ISO 9001 и ISO 22000, также является необходимым для обеспечения соответствия производственных процессов установленным требованиям.</p> <p><b>умеет</b></p> <p>разрабатывать технологические схемы и осуществлять обоснованный выбор оборудования для ключевых стадий биотехнологического производства, таких как ферментация, очистка и стабилизация, с учетом требований энергоэффективности, безопасности и соблюдения стандартов качества. Это включает в себя проведение расчетов и подбор технологического</p>

		<p>оборудования на основе применения базовых инженерных и технологических знаний.</p> <p><b>владеет навыками</b></p> <p>методами разработки технологических схем и подбора оборудования для ключевых стадий биотехнологического производства, таких как ферментация, очистка и стабилизация, с учётом требований энергоэффективности, безопасности и стандартов качества. Это включает в себя умение анализировать технологические процессы, выбирать и обосновывать применение соответствующего оборудования, а также обеспечивать соответствие проектируемых решений действующим нормативным документам и стандартам в области биотехнологии. Владение данными навыками позволяет эффективно проектировать и оптимизировать биотехнологические процессы, обеспечивая высокое качество и безопасность продукции при рациональном использовании ресурсов.</p>
<p>ОПК-5 Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции</p>	<p>ОПК-5.1 Выбирает и эксплуатирует оборудование для биотехнологических процессов производства пищевых продуктов</p>	<p><b>знает</b></p> <p>характеристики и принцип работы технологического оборудования, используемого в биотехнологических процессах производства пищевых продуктов. Это включает в себя понимание особенностей конструкций, принципов функционирования, режимов работы и технических характеристик таких аппаратов, как ферментеры, теплообменники, фильтрационные системы и сушильные установки. Кроме того, необходимо знать правила эксплуатации, обслуживания и ремонта данного оборудования, а также требования безопасности и охраны труда, связанные с его использованием. Знание этих аспектов позволяет эффективно и безопасно управлять технологическими процессами на биотехнологических предприятиях.</p> <p><b>умеет</b></p> <p>выбирать и эффективно эксплуатировать технологическое оборудование для биотехнологических процессов в пищевой промышленности. Это включает в себя умение обосновывать выбор оборудования с учётом технологических требований, эксплуатационных характеристик и экономической целесообразности. Также студент должен уметь контролировать работу оборудования, проводить его техническое обслуживание и диагностику, обеспечивать соблюдение норм безопасности и санитарных стандартов, а также оптимизировать режимы работы для повышения производительности и качества продукции.</p>

		<p><b>владеет навыками</b>          навыками выбора и эксплуатации технологического оборудования, необходимого для ведения биотехнологических процессов в пищевой промышленности. Это включает в себя знание характеристик оборудования, принципов его работы, а также умение проводить техническое обслуживание, наладку, настройку и ремонт в соответствии с эксплуатационной документацией. Кроме того, важно соблюдать правила охраны труда, санитарной и пожарной безопасности при эксплуатации оборудования, а также вести соответствующую документацию. Владение этими навыками обеспечивает эффективную и безопасную работу на всех этапах биотехнологического производства пищевых продуктов.</p>
<p>ПК-1 Способен оперативно управлять производством биотехнологической продукции для пищевой промышленности</p>	<p>ПК-1.1 Способен организовать и контролировать ведение технологического процесса производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности</p>	<p><b>знает</b>          организацию и контроль технологического процесса производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности. Это включает понимание технологий производства, методов контроля качества, принципов обеспечения безопасности пищевых продуктов, а также навыков планирования, мониторинга и оптимизации процессов с использованием современных информационных технологий и стандартов качества, таких как ISO 22000. Кроме того, важно знание принципов мотивации и управления персоналом, а также умение вести соответствующую документацию и отчётность.</p> <p><b>умеет</b>          организовывать и контролировать ведение технологического процесса производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности. Это включает в себя подготовку технологического оборудования, проведение технического обслуживания, настройку и регулировку оборудования, а также контроль за соблюдением технологических параметров и режимов производства.</p> <p><b>владеет навыками</b>          навыками организации и контроля технологического процесса производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности. Это включает в себя подготовку технологического оборудования, проведение технического обслуживания, настройку и регулировку систем безопасности и автоматики, а также обеспечение выполнения производственных заданий на всех стадиях технологического процесса.</p>

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности» является дисциплиной обязательной части программы.

Изучение дисциплины осуществляется в 5 семестре(-ах).

Для освоения дисциплины «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности» студенты используют знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин:

Биотехнология утилизации отходов сельского хозяйства и пищевых производств

Основы пищевой химии

Оборудование и автоматизация биотехнологических процессов

Пищевая безопасность

Пищевые добавки в биотехнологическом производстве

Аналитическая химия

Освоение дисциплины «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности» является необходимой основой для последующего изучения следующих дисциплин:

Биотехнология переработки вторичного сырья

Проектирование инновационных биотехнологических процессов

Биотехнология функциональных продуктов

Биотехнология молочных и мясных продуктов питания

Биотехнология растительных продуктов питания

Генномодифицированное пищевое сырье и продукты питания

Биотехнологии генетической модификации в пищевой промышленности

Гибридные продукты питания

Нутрицевтика

Маркетинговые исследования в биотехнологии

Преддипломная практика

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

Инновации в пищевой промышленности

Управление системами ХАССП для обеспечения безопасности пищевых продуктов

Промышленное производство биологически активных веществ

Протеиновые технологии и инновационные заменители мяса

Товароведение продовольственных товаров

Биоинжиниринг живых систем

Сенсорика пищевых продуктов

Биотехнология белковых и биологически активных веществ

Пищевая биоиндустрия

Персонализированное питание

Основы коммерциализации технологических достижений

### 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности» в соответствии с рабочим учебным планом и ее распределение по видам работ представлены ниже.

Семестр	Трудоемкость час/з.е.	Контактная работа с преподавателем, час			Самостоятельная работа, час	Контроль, час	Форма промежуточной аттестации (форма контроля)
		лекции	практические занятия	лабораторные занятия			
5	144/4	24	54		30	36	Эк





4.1.	Экзамен	5								ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ПК-1.1, ОПК-5.1
	Промежуточная аттестация	Эк								
	Итого		144	24	54		30			
	Итого		144	24	54		30			

### 5.1. Лекционный курс с указанием видов интерактивной формы проведения занятий

Тема лекции (и/или наименование раздел) (вид интерактивной формы проведения занятий)/ (практическая подготовка)	Содержание темы (и/или раздела)	Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка
Введение и нормативные требования	Цели, задачи и структура биотехнологического предприятия. Основы стандартов ISO 9001/22000 в пищевой биотехнологии	2/-
Проектирование ферментеров	Типы ферментеров и выбор материалов	2/-
Проектирование ферментеров	Основные расчёты объёма, перемешивания и аэрации	2/-
Технология ферментации	Стадии и режимы ферментации (гомоферментное/гетероферментное брожение)	2/-
Технология ферментации	Системы питания, рН- и температурный контроль	2/-
Сепарация: фильтрация и центрифугирование	Принципы мембранной фильтрации и центрифугирования	2/-
Сепарация: фильтрация и центрифугирование	Расчёты фильтровальных поверхностей и производительности центрифуг	2/-
Теплообменники и сушка	Типы теплообменников (трубчатые, кожухотрубные, пластинчатые)	2/-
Теплообменники и сушка	Расчёт теплопередачи и выбор конструктивных материалов	2/-
Теплообменники и сушка	Основы сушки биомасс (распылительная, конвективная, сублимационная)	2/-
Автоматизация, энергоэффективность и безопасность	Основы АСУ ТП в биотехпроизводстве	2/-
Автоматизация, энергоэффективность и безопасность	Методы повышения энергоэффективности и требования безопасности	2/-
Итого		24

### 5.2.1. Семинарские (практические) занятия с указанием видов проведения занятий в интерактивной форме

Наименование раздела дисциплины	Формы проведения и темы занятий (вид интерактивной формы проведения занятий)/(практическая подготовка)	Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка	
		вид	часы
Введение и нормативные требования	Ознакомительный расчёт по техническому заданию	Пр	2/-/-
Введение и нормативные требования	Разбор требований к оборудованию	Пр	2/-/-
Проектирование ферментеров	Расчёт параметров ферментера для молочнокислого брожения	Пр	4/-/-
Проектирование ферментеров	Подбор механических и пневматических мешалок	Пр	2/-/-
Проектирование ферментеров	Проект вспомогательных систем (подогрев, датчики)	Пр	2/-/-
Контрольная точка	Контрольная точка	Пр	2/-/-
Технология ферментации	Моделирование кривой роста микрофлоры	Пр	4/-/-
Технология ферментации	Оптимизация режимов (рН, Темп, субстрат) и анализ рисков и биобезопасность	Пр	4/-/-
Сепарация: фильтрация и центрифугирование	Выбор типа фильтра и расчёт площади фильтрования	Пр	4/-/-
Сепарация: фильтрация и центрифугирование	Расчёт параметров центрифуги	Пр	2/-/-
Контрольная точка	Контрольная точка	Пр	2/-/-
Теплообменники и сушка	Расчёт коэффициентов теплопередачи и подбор теплообменника	Пр	4/-/-
Теплообменники и сушка	Расчёт кожухотрубного теплообменника	Пр	4/-/-
Теплообменники и сушка	Проект камерной и распылительной сушилки	Пр	4/-/-
Автоматизация, энергоэффективность и безопасность	Проектирование схемы автоматического контроля рН и температуры	Пр	4/-/-
Автоматизация, энергоэффективность и безопасность	Расчёт энергоэффективности участка	Пр	4/-/-
Автоматизация, энергоэффективность и безопасность	Анализ отказов и меры безопасности	Пр	2/-/-
Контрольная точка	Контрольная точка	Пр	2/-/-
Итого			

### 5.3. Курсовой проект (работа) учебным планом предусмотрен

#### 5.4. Самостоятельная работа обучающегося

Темы и/или виды самостоятельной работы	Часы
Изучение ключевых разделов ISO 9001/22000. Краткий обзор национальных стандартов	4
Подготовка схемы простейшего ферментера. Анализ технологических паспортов промышленного оборудования	6
Составление технологической карты ферментации Решение задач по расчёту удельных скоростей роста	6
Анализ паспорта промышленной фильтрационной установки. Разработка алгоритма разделения клеток и продукции	6
Подготовка сравнительной таблицы типов сушильного оборудования Решение задач по теплоэнергетике	6
Разработка плана ППР и мер безопасности для группы оборудования Анализ стандартов по охране труда и промышленной безопасности	2

## 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности» размещено в электронной информационно-образовательной среде Университета и доступно для обучающегося через его личный кабинет на сайте Университета. Учебно-методическое обеспечение включает:

1. Рабочую программу дисциплины «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности».
2. Методические рекомендации для организации самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности».
3. Методические рекомендации по выполнению письменных работ ( ) (при наличии).
4. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы студентами заочной формы обучения (при наличии)
5. Методические указания по выполнению курсовой работы (проекта) (при наличии).

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)		
		основная (из п.8 РПД)	дополнительная (из п.8 РПД)	метод. лит. (из п.8 РПД)
1	Введение и нормативные требования. Изучение ключевых разделов ISO 9001/22000. Краткий обзор национальных стандартов	Л1.1, Л1.2	Л2.1, Л2.2	Л3.1, Л3.2, Л3.3
2	Проектирование ферментеров. Подготовка схемы простейшего ферментера. Анализ технологических паспортов промышленного оборудования	Л1.1, Л1.2	Л2.1, Л2.2	Л3.1, Л3.2, Л3.3
3	Технология ферментации. Составление технологической карты ферментации. Решение задач по расчёту удельных скоростей роста	Л1.1, Л1.2	Л2.1, Л2.2	Л3.1, Л3.2, Л3.3
4	Сепарация: фильтрация и центрифугирование. Анализ паспорта промышленной фильтрационной установки. Разработка алгоритма разделения клеток и продукции	Л1.1, Л1.2	Л2.1, Л2.2	Л3.1, Л3.2, Л3.3
5	Теплообменники и сушка. Подготовка сравнительной таблицы типов сушильного оборудования. Решение задач по теплоэнергетике	Л1.1, Л1.2	Л2.1, Л2.2	Л3.1, Л3.2, Л3.3
6	Автоматизация, энергоэффективность и безопасность. Разработка плана ППР и мер безопасности для группы оборудования. Анализ стандартов по охране труда и промышленной безопасности	Л1.1, Л1.2	Л2.1, Л2.2	Л3.1, Л3.2, Л3.3

**7. Фонд оценочных средств (оценочных материалов) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности»**

**7.1. Перечень индикаторов компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	

**7.2. Критерии и шкалы оценивания уровня усвоения индикатора компетенций, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Оценка знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций по дисциплине «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности» проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль проводится в течение семестра с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний, формирования умений и навыков, своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по её корректировке, а также для совершенствования методики обучения, организации учебной работы и оказания индивидуальной помощи обучающемуся.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности» проводится в виде Экзамен, Курсовая работа.

За знания, умения и навыки, приобретенные студентами в период их обучения, выставляются оценки «ЗАЧТЕНО», «НЕ ЗАЧТЕНО». (или «ОТЛИЧНО», «ХОРОШО», «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» для дифференцированного зачета/экзамена)

Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в университете применяется балльно-рейтинговая система оценки качества освоения образовательной программы. Оценка проводится при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся. Рейтинговая оценка знаний является интегрированным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине.

**Состав балльно-рейтинговой оценки студентов очной формы обучения**

Для студентов очной формы обучения знания по осваиваемым компетенциям формируются на лекционных и практических занятиях, а также в процессе самостоятельной подготовки.

В соответствии с балльно-рейтинговой системой оценки, принятой в Университете студентам начисляются баллы по следующим видам работ:

№ контрольной точки	Оценочное средство результатов индикаторов достижения компетенций		Максимальное количество баллов
<b>5 семестр</b>			
КТ 1	Коллоквиум		10
КТ 2	Коллоквиум		10
КТ 3	Коллоквиум		10
<b>Сумма баллов по итогам текущего контроля</b>			<b>30</b>
Посещение лекционных занятий			20
Посещение практических/лабораторных занятий			20
Результативность работы на практических/лабораторных занятиях			30
<b>Итого</b>			<b>100</b>
№ контрольной точки	Оценочное средство результатов индикаторов достижений компетенций	Максимальное количество баллов	Критерии оценки знаний студентов
<b>5 семестр</b>			

КТ 1	Коллоквиум	10	<p>1–3 балла (начальный уровень) – студент демонстрирует поверхностное понимание принципов работы с микроорганизмами, ферментами и клеточными культурами, не способен выбирать и применять методы культивирования и контроля (критерии: распознавание только базовых понятий, отсутствие анализа); 4–7 баллов (средний уровень) – студент знает основные методы подготовки питательных сред и базовой ферментации, может проводить простейшие эксперименты и частично интерпретировать результаты, но допускает ошибки в настройке биореакторов и аналитике (критерии: выполнение задач по образцу, частичная самостоятельность, наличие описательных, но неполных аргументов); 8–10 баллов (продвинутый уровень) – студент уверенно анализирует и выбирает биологические объекты для заданных технологических процессов, корректно настраивает и контролирует параметры ферментации, полно и обоснованно оформляет отчёты и стандарты, демонстрируя глубокое понимание и способность к самостоятельному решению нестандартных задач</p>
------	------------	----	--

КТ 2	Коллоквиум	10	<p>1–3 балла (начальный уровень) – студент демонстрирует поверхностное понимание принципов работы с микроорганизмами, ферментами и клеточными культурами, не способен выбирать и применять методы культивирования и контроля (критерии: распознавание только базовых понятий, отсутствие анализа); 4–7 баллов (средний уровень) – студент знает основные методы подготовки питательных сред и базовой ферментации, может проводить простейшие эксперименты и частично интерпретировать результаты, но допускает ошибки в настройке биореакторов и аналитике (критерии: выполнение задач по образцу, частичная самостоятельность, наличие описательных, но неполных аргументов); 8–10 баллов (продвинутый уровень) – студент уверенно анализирует и выбирает биологические объекты для заданных технологических процессов, корректно настраивает и контролирует параметры ферментации, полно и обоснованно оформляет отчёты и стандарты, демонстрируя глубокое понимание и способность к самостоятельному решению нестандартных задач</p>
------	------------	----	--

КТ 3	Коллоквиум	10	<p>1–3 балла (начальный уровень) – студент демонстрирует поверхностное понимание принципов работы с микроорганизмами, ферментами и клеточными культурами, не способен выбирать и применять методы культивирования и контроля (критерии: распознавание только базовых понятий, отсутствие анализа); 4–7 баллов (средний уровень) – студент знает основные методы подготовки питательных сред и базовой ферментации, может проводить простейшие эксперименты и частично интерпретировать результаты, но допускает ошибки в настройке биореакторов и аналитике (критерии: выполнение задач по образцу, частичная самостоятельность, наличие описательных, но неполных аргументов); 8–10 баллов (продвинутый уровень) – студент уверенно анализирует и выбирает биологические объекты для заданных технологических процессов, корректно настраивает и контролирует параметры ферментации, полно и обоснованно оформляет отчёты и стандарты, демонстрируя глубокое понимание и способность к самостоятельному решению нестандартных задач</p>
------	------------	----	--

### Критерии и шкалы оценивания результатов обучения на промежуточной аттестации

При проведении итоговой аттестации «зачет» («дифференцированный зачет», «экзамен») преподавателю с согласия студента разрешается выставлять оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «зачет») по результатам набранных баллов в ходе текущего контроля успеваемости в семестре по выше приведенной шкале.

В случае отказа – студент сдает зачет (дифференцированный зачет, экзамен) по приведенным выше вопросам и заданиям. Итоговая успеваемость (зачет, дифференцированный зачет, экзамен) не может оцениваться ниже суммы баллов, которую студент набрал по итогам текущей и промежуточной успеваемости.

При сдаче (зачета, дифференцированного зачета, экзамена) к заработанным в течение семестра студентом баллам прибавляются баллы, полученные на (зачете, дифференцированном зачете, экзамене) и сумма баллов переводится в оценку.

### Критерии и шкалы оценивания ответа на экзамене

Сдача экзамена может добавить к текущей балльно-рейтинговой оценке студентов не более 20 баллов:

Содержание билета	Количество баллов
Теоретический вопрос №1	до 7
Теоретический вопрос №2	до 7
Задача (оценка умений и	до 6

## Критерии оценки ответа на экзамене

Теоретические вопросы (вопрос 1, вопрос 2)

7 баллов выставляется студенту, полностью освоившему материал дисциплины или курса в соответствии с учебной программой, включая вопросы рассматриваемые в рекомендованной программой дополнительной справочно-нормативной и научно-технической литературы, свободно владеющему основными понятиями дисциплины. Требуется полное понимание и четкость изложения ответов по экзаменационному заданию (билету) и дополнительным вопросам, заданных экзаменатором. Дополнительные вопросы, как правило, должны относиться к материалу дисциплины или курса, не отраженному в основном экзаменационном задании (билете) и выявляют полноту знаний студента по дисциплине.

5 балла заслуживает студент, ответивший полностью и без ошибок на вопросы экзаменационного задания и показавший знания основных понятий дисциплины в соответствии с обязательной программой курса и рекомендованной основной литературой.

3 балла дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.

2 балла дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

1 балл дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

0 баллов - при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.

Оценивание задачи

6 баллов Задачи решены в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности.

5 баллов Задачи решены с небольшими недочетами.

4 балла Задачи решены с небольшими недочетами.

3 балла Задачи решены не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы.

2 балла Задачи решены не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы.

1 баллов Задачи решены частично, с большим количеством вычислительных ошибок, объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

0 баллов Задачи не решены или работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Перевод рейтинговых баллов в пятибалльную систему оценки знаний обучающихся:  
для экзамена:

- «отлично» – от 89 до 100 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному;

- «хорошо» – от 77 до 88 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы

недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками;

- «удовлетворительно» – от 65 до 76 баллов – теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки;

- «неудовлетворительно» – от 0 до 64 баллов - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий

### **7.3. Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности»**

Экзаменационные вопросы

Билет № 1

1. Дайте определение понятию «ферментер» и перечислите основные виды по принципу действия.

2. Выполните расчёт объёма стационарного ферментера для аэрационной ферментации, если задан суточный выход продукта 5 т, коэффициент выхода  $0,25 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{сут}$ , время цикла 48 ч.

3. Постройте технологическую схему одноступенчатой аэробной ферментации с учётом подогрева и аэрации.

Билет № 2

1. Опишите основные требования нормативных документов GMP для пищевой биотехнологии.

2. Рассчитайте площадь теплообменника-рекумбератора (кожух–труба), если необходимо охладить  $1 \text{ м}^3$  сусла с  $40 \text{ °C}$  до  $25 \text{ °C}$  при теплоёмкости  $4,2 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°C)}$ ,  $\Delta t$  на стенке  $10 \text{ °C}$ , коэффициент теплоотдачи  $600 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ .

3. Составьте алгоритм управления температурным режимом в ферментере с использованием ПИД-регулирования.

Билет № 3

1. Перечислите стадии разработки технологической схемы биотехнологического производства.

2. Постройте расчётный баланс по материальным потокам для процесса сепарации: исходный объём сусла  $2 \text{ м}^3$ , концентрация целевого белка  $8 \text{ г/л}$ , выход после центрифугирования  $85 \%$ .

3. Разработайте схему фильтрации сусла через глубинный фильтр с указанием последовательности операций мойки.

Билет № 4

1. Объясните роль аэрации в биореакторе и факторы, влияющие на её эффективность.

2. Рассчитайте мощность насоса для подачи воздуха в ферментер объёмом  $10 \text{ м}^3$  при избыточном давлении  $0,2 \text{ бар}$  и расходе  $0,5 \text{ м}^3/\text{м}^3 \cdot \text{мин}$ .

3. Спроектируйте конструкцию пенного скиммера для удаления избыточной пены в процессе.

Билет № 5

1. Охарактеризуйте методы сушки для биомасс: распылительная и ленточная.

2. Определите массу продукта, получаемого из  $500 \text{ л}$  сусла при сушке распылительной сушилкой с выходом сушки  $10 \%$ .

3. Нарисуйте блок-схему распылительной сушки с указанием основных узлов.

Билет № 6

1. Назовите основные типы сепарации в биотехнологии и их принцип действия.

2. Проведите расчёт скорости центрифугирования в приборе с радиусом  $0,2 \text{ м}$  при угловой скорости  $3000 \text{ об/мин}$  для гравитационного отделения клеток.

3. Сформулируйте критерии отбора метода сепарации для молочно-брожений.

Билет № 7

1. Дайте определение понятию «энергетический баланс» на предприятии биотехнологического цикла.
2. Рассчитайте тепловую нагрузку на холодильник, если необходимо охладить 1,5 м<sup>3</sup> ферментационного бульона с 37 °С до 10 °С (ср. теплоёмкость 3,9 кДж/кг·°С, плотность 1000 кг/м<sup>3</sup>).
3. Опишите мероприятия по повышению энергоэффективности при проектировании ферментера.

Билет № 8

1. Перечислите функции автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП).
2. Составьте принципиальную схему АСУ ТП для двухкамерного ферментера с датчиками рН, температуры и давления.
3. Разработайте алгоритм аварийной остановки при превышении давления 0,3 бар.

Билет № 9

1. Раскройте понятие «коррозионная стойкость» материалов в биотехнологическом оборудовании.
2. Выберите материал для теплообменника, если агрессивность среды рН = 3, температура 70 °С, и обоснуйте выбор.
3. Опишите методы защиты оборудования от коррозии.

Билет № 10

1. Опишите принципы работы глубинного фильтра для очистки суслу.
2. Рассчитайте площадь фильтрующей поверхности для проточного глубинного фильтра при расходе 2 м<sup>3</sup>/ч и допустимой скорости 200 л/м<sup>2</sup>·ч.
3. Сравните достоинства и недостатки глубинной и мембранной фильтрации.

Билет № 11

1. Дайте характеристику нормам ISO 22000 и их роли в пищевой биотехнологии.
2. Проведите расчёт воздушного режима для поддержания стерильности газовой фазы: объём камеры 1 м<sup>3</sup>, воздухообмен 15 об/ч.
3. Разработайте профиль температурного режима для пастеризации сока.

Билет № 12

1. Раскройте виды перемешивающих устройств в ферментерах и их область применения.
2. Рассчитайте мощность редуктора и электродвигателя для мешалки с диаметром импеллера 0,5 м при частоте 120 об/мин и вязкости среды 0,001 Па·с.
3. Спроектируйте форму и расположение лопастей для оптимального перемешивания.

Билет № 13

1. Перечислите основные показатели качества продукта в биотехнологическом производстве.
2. Рассчитайте выход продуктового осадка после центрифугирования: сусло 3 м<sup>3</sup>, концентрация продукта 6 г/л, выход 90 %.
3. Разработайте систему контроля качества на стадии сепарации.

Билет № 14

1. Объясните основные принципы GMP и их значение для биотехнологических предприятий.
2. Составьте план валидации процесса стерилизации ферментера объёмом 5 м<sup>3</sup> при 121 °С, 20 мин.
3. Предложите методы верификации чистоты оборудования после СІР-моек.

Билет № 15

1. Дайте определение понятию «массообмен» и его значению в биотехнологических процессах.
2. Рассчитайте коэффициент массообмена кислорода в ферментере ( $k_{L,a}$ ) при скорости аэрации 0,3 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>·ч и объёме 8 м<sup>3</sup>.
3. Опишите принцип разработки режимов непрерывной ферментации.

Билет № 16

1. Охарактеризуйте методы сушки биопродуктов: морозостойкая и конвективная.

2. Определите время сушки порошка при сушке на лотках: толщина слоя 5 мм, температура 60 °С, влажность исходного продукта 70 %.

3. Спроектируйте лотковую сушилку для производства 100 кг/сут порошка.

Билет № 17

1. Перечислите требования к санитарно-гигиеническому оборудованию на пищевом предприятии.

2. Рассчитайте объём моечного раствора для СІР-системы: длина магистрали 100 м, диаметр труб 50 мм, кратность циркуляции 3.

3. Разработайте график проведения СІР-моек и валидации системы.

Билет № 18

1. Объясните принципы работы теплообменника типа «труба в трубе».

2. Рассчитайте длину внутренней трубы, если задана площадь теплообмена 15 м<sup>2</sup> и диаметр трубы 0,1 м.

3. Составьте чертёж схемы подключения теплоносителя на входе и выходе теплообменника.

Билет № 19

1. Раскройте понятие «пенообразование» в биореакторах и его последствия.

2. Подберите ёмкость для сборки пены объёмом 20 л и рассчитайте параметры отсоса при 0,05 м<sup>3</sup>/мин.

3. Опишите методы контроля и ликвидации пены в процессе.

Билет № 20

1. Дайте определение «стабилизации продукта» и её целей.

2. Составьте технологическую схему сушки и последующей грануляции лактозы при 40 °С.

3. Обоснуйте выбор метода стабилизации для ферментного препарата.

Билет № 21

1. Перечислите виды систем фильтрации: камера, кассета, модуль.

2. Рассчитайте число кассет в модульном фильтре при расходе 1 м<sup>3</sup>/ч и производительности одной кассеты 100 л/ч.

3. Спроектируйте последовательность замены картриджей в модульном фильтре.

Билет № 22

1. Опишите роль теплоизоляции в энергетическом балансе предприятия.

2. Рассчитайте толщину пеноизоляции для трубопровода Ф 100 мм, если теплотери не должны превышать 15 Вт/м.

3. Разработайте план мероприятий по утеплению оборудования.

Билет № 23

1. Охарактеризуйте технологию непрерывной десальтизации и её применение.

2. Постройте расчётный материальный баланс по непрерывному фильтрованию сушла 0,5 м<sup>3</sup>/ч с концентрацией 10 г/л.

3. Предложите схему рециркуляции жидкости для минимизации стоков.

Билет № 24

1. Раскройте понятие «обратный осмос» и области применения в биотехнологии.

2. Рассчитайте расход подпиточной воды для системы обратного осмоса производительностью 2 м<sup>3</sup>/ч при проницаемости мембраны 0,5 л/(м<sup>2</sup>·ч·бар) и давлении 3 бар.

3. Составьте чертёж установки обратного осмоса с насосом высокого давления.

Билет № 25

1. Дайте определение «пастеризация» и отличия от стерилизации.

2. Рассчитайте теплообменную поверхность пластинчатого аппарата, если необходимо нагреть 0,5 м<sup>3</sup> сока с 20 °С до 72 °С при Δt = 15 °С и U = 1200 Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

3. Разработайте временной график температурных режимов в зоне выдержки.

Билет № 26

1. Перечислите основные показатели энергоэффективности биотехнологических установок.

2. Рассчитайте коэффициент использования тепла в системе рекуперации, если подаётся 1 м<sup>3</sup> горячей воды при 80 °С, отводится 1 м<sup>3</sup> при 40 °С, теплоёмкость 4,2 кДж/(кг·°С).

3. Опишите мероприятия по улучшению КПД рекуперативного теплообменника.

Билет № 27

1. Объясните принципы aseptic design и их значение для производства стерильных продуктов.
2. Постройте схему оборудования для асептической подачи среды в ферментер объёмом 2 м<sup>3</sup>.
3. Составьте перечень мероприятий по контролю чистоты воздушной среды.

Билет № 28

1. Охарактеризуйте методы контроля биобезопасности и уровни BSL.
2. Спроектируйте шлюз-камеру для уровня BSL-2 с учётом объёма 4 м<sup>3</sup> и однократного воздухообмена 12 об/ч.
3. Опишите систему реагирования на аварийный выброс культур.

Билет № 29

1. Перечислите этапы валидации и квалификации оборудования (IQ, OQ, PQ).
2. Разработайте протокол PQ для теплового режима сушилки при 60 °С на 4 ч.
3. Опишите процедуру документирования результатов квалификации.

Билет № 30

1. Дайте определение «технологической карты» и её структуре.
2. Составьте фрагмент технологической карты для процесса сепарации: входное сусло 1 м<sup>3</sup>, выход 0,85 м<sup>3</sup>, метод центрифугирования.
3. Разработайте план обучения персонала по выполнению технологической карты.

Темы курсовых работ по дисциплине «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности» (профиль «Биотехнология продуктов питания»):

1. Проектирование однофазного ферментера для производства молочнокислых культур.
2. Разработка технологической схемы двухступенчатой ферментации для получения кефира.
3. Расчёт и конструирование кожухотрубного теплообменника для охлаждения бродильного сусла.
4. Проект фильтрационной установки глубинного типа для очистки сыворотки.
5. Схема и расчёт центрифуги для отделения дрожжей после спиртового брожения.
6. Автоматизация поддержания pH и температуры в биореакторе объёмом 5 м<sup>3</sup>.
7. Энергоэффективная система рекуперации тепла на пищевом биотехнологическом участке.
8. Проектирование распылительной сушилки для получения молочного порошка.
9. Разработка схемы газоочистки и аэрации в ферментере при производстве ацетона–бутанол–этанольного брожения.
10. Проект установки обратного осмоса для подготовки воды к ферментации.
11. Расчёт и выбор мембранного фильтра для концентрирования белков в сыворотке.
12. Технологическая схема пастеризации и гомогенизации сока с последующей ферментацией.
13. Проектирование системы SIP-моёк для ферментационного отделения.
14. Разработка процесса сушки на лотках для концентрированных фруктовых экстрактов.
15. Проект пенного скиммера и системы удаления пены при производстве пива.
16. Моделирование массообмена кислорода в аэробном ферментере.
17. Расчёт энергоэффективности и выбор теплоизоляции для трубопроводов в биотехнологическом цехе.
18. Автоматизированная система контроля и управления процессом сухого брожения.
19. Проект двухступенчатой фильтрации с применением касетных фильтров для кваса.
20. Разработка технологической схемы производства йогурта с высоким выходом пробиотиков.
21. Проектирование и расчёт вакуумной сушилки для получения экстрактов из ягодных культур.
22. Схема и расчёт ректификационной колонны для получения пищевого этанола.
23. Проект системы аварийного сброса избыточного давления в ферментере.
24. Валидация и квалификация (IQ/OQ/PQ) теплообменного оборудования в пищевой биотехнологии.

25. Разработка технологической карты процесса сепарации и концентрирования биопрепаратов.
26. Проектирование модульной установки для производства лактозы из молочной сыворотки.
27. Расчёт и выбор теплообменника–регенератора для сока в линии сокопереработки.
28. Схема управления и контроля стерильности воздуха в асептическом отделении.
29. Проект установки для микрокапсулирования пробиотиков методом спрея.
30. Разработка энерго- и ресурсосберегающей схемы приготовления питательной среды для культивирования микроорганизмов.

Вопросы для устного опроса:

Тема 1. Введение и нормативные требования

1. Что включает в себя понятие "биотехнологическое предприятие"?
2. Назовите основные этапы проектирования биотехнологического предприятия.
3. Какие нормативные документы регулируют проектирование предприятий пищевой биотехнологии в РФ?
4. Что такое санитарно-защитная зона и какие нормативы к ней предъявляются?
5. Какие требования СанПиН предъявляются к планировке помещений на биотехнологических предприятиях?
6. Что включает в себя концепция GMP и как она применяется в проектировании?
7. Чем отличаются нормативы по безопасности для пищевых и фармацевтических производств?
8. Что такое производственный контроль и на каком этапе проектирования он учитывается?
9. Какие документы входят в проектную документацию на предприятие пищевой биотехнологии?
10. Перечислите стадии жизненного цикла проекта биотехнологического предприятия.
11. Как классифицируются зоны чистоты в производственных помещениях?
12. Что входит в состав предпроектного обследования территории?
13. Какие санитарные разрывы нужно учитывать при планировании территории предприятия?
14. Почему важна стандартизация в проектировании производств биотехнологической продукции?
15. Какой контроль осуществляется со стороны Роспотребнадзора при проектировании новых производств?

---

Тема 2. Проектирование ферментеров

1. Что такое ферментер и какова его основная функция?
2. Какие основные типы ферментеров применяются в пищевой биотехнологии?
3. Какие параметры учитываются при выборе типа ферментера?
4. Как рассчитывается рабочий объем ферментера?
5. В чем заключается важность стерилизации при проектировании ферментера?
6. Какие материалы предпочтительны при изготовлении ферментеров?
7. Какова роль мешалки в ферментере?
8. Какие системы автоматизации чаще всего применяются в ферментерах?
9. Почему важна аэрация в ферментерах и как она реализуется?
10. Как обеспечивается теплообмен в ферментерах?
11. Что такое биобезопасность в контексте проектирования ферментеров?
12. Какие типы датчиков и контрольно-измерительных приборов устанавливаются на ферментере?
13. Каково значение герметичности в конструкции ферментера?
14. Какие гигиенические требования предъявляются к ферментерам?
15. В чем различие между ферментерами периодического и непрерывного действия?

---

Тема 3. Технология ферментации и сепарация (фильтрация, центрифугирование)

1. Какие основные этапы включает технология ферментации?
2. Какова цель подготовки питательной среды перед ферментацией?

3. Какие параметры контроля важны в процессе ферментации?
4. В чем заключается разница между аэробной и анаэробной ферментацией?
5. Какие организмы чаще всего используются в пищевой ферментации?
6. Что такое биомасса и как она извлекается после ферментации?
7. Для чего применяют фильтрацию в биотехнологическом производстве?
8. Какие типы фильтрации применимы на пищевых производствах?
9. Как осуществляется выбор фильтрующего материала?
10. В чем заключается принцип действия центрифуги?
11. Какие различают типы центрифуг?
12. Как обеспечивается стерильность при сепарации?
13. Почему важен контроль скорости вращения в центрифуге?
14. Какова роль сепарации в очистке биопродукта?
15. Какие меры предосторожности применяются при работе с центрифугами?

---

#### Тема 4. Теплообменники и сушка

1. Какие задачи решает теплообмен в пищевой биотехнологии?
2. Какие типы теплообменников используются в биотехнологических производствах?
3. Как выбирается тип теплообменника для конкретного процесса?
4. Что такое коэффициент теплопередачи и от чего он зависит?
5. Какие теплоносители применяются в пищевой промышленности?
6. Почему важно поддерживать заданную температуру в биотехнологических процессах?
7. Какие виды сушки применяются в пищевой биотехнологии?
8. Каковы основные параметры процесса сушки?
9. В чем преимущества распылительной сушки для получения порошковых продуктов?
10. Какие факторы влияют на выбор метода сушки?
11. Что такое вакуумная сушка и где она применяется?
12. Какие виды оборудования применяются для инфракрасной сушки?
13. Как влияет сушка на биологические свойства продукта?
14. Какие требования к гигиене предъявляются к сушильному оборудованию?
15. В чем особенности теплообмена в стерильных процессах?

---

#### Тема 5. Автоматизация, энергоэффективность и безопасность

1. Какие процессы подлежат автоматизации на биотехнологическом предприятии?
2. Какие системы управления чаще всего применяются на пищевых производствах?
3. Что такое SCADA-система и какова её роль в управлении производством?
4. Как автоматизация повышает безопасность и точность процессов?
5. Какие параметры обычно контролируются в автоматическом режиме?
6. Как обеспечивается энергоэффективность на предприятии?
7. Какие существуют методы снижения энергопотребления в биотехнологии?
8. В чем преимущества использования рекуператоров?
9. Какие меры безопасности должны быть предусмотрены при проектировании оборудования?
10. Что включает в себя анализ рисков на предприятии?
11. Какие средства индивидуальной защиты обязательны при работе с оборудованием?
12. Как осуществляется вентиляция и фильтрация воздуха в производственных зонах?
13. В чем разница между активной и пассивной безопасностью?
14. Какие датчики и сигнализация используются для предотвращения аварийных ситуаций?
15. Почему важно учитывать энергоэффективность уже на этапе проектирования?

#### Коллоквиум 1:

1. Теоретические вопросы
  1. Дайте определение понятия «технологический цикл» и перечислите его основные стадии.
  2. Назовите три ключевых нормативных документа (ГОСТ, ISO или ТУ), применяемых

при проектировании пищевых биотехнологических предприятий.

## 2. Расчётно-проектные задачи

- Задача 1.

На стандартном участке предварительной обработки сырья перерабатывают 1 000 кг плодово-ягодного сырья в сутки. Определите потребную площадь склада и бункерного оборудования, если:

- о плотность сырья = 600 кг/м<sup>3</sup>;
- о склад занимает объём, обеспечивающий трёхсуточный запас;
- о коэффициент уплотнения при хранении = 0,85.

## 3. Чертёжно-схематические задания

- Задание 1.

Составьте блок-схему типового пищевого биотехнологического предприятия, включив узлы: приём и подготовка сырья, ферментация, сепарация, сушка, очистка стоков.

### Коллоквиум 2:

#### 1. Теоретические вопросы

1. Перечислите четыре основных типа мешалок в ферментерах и укажите их области применения.

2. Опишите влияние pH и температуры на кинетику микробной ферментации.

#### 2. Расчётно-проектные задачи

- Задача 2.

Спроектируйте объём стационарного аэробного ферментера, если нужно обеспечить производство 2 тонн продукта в сутки при:

- о выходе по продукту 0,3 кг/(м<sup>3</sup>·сут);
- о времени одного цикла 36 ч;
- о коэффициенте незагруженности 0,1.

#### 3. Чертёжно-схематические задания

- Задание 2.

Нарисуйте схему подачи воздуха и сбора избыточной пены для ферментера объёмом, рассчитанным в задаче 2, с указанием основных запорных и контрольных приборов.

### Коллоквиум 3:

#### 1. Теоретические вопросы

1. Сравните принципы действия центрифуги и глубинного фильтра.

2. Перечислите три основных метода сушки биомасс и их характерные особенности.

#### 2. Расчётно-проектные задачи

- Задача 3.

Для станции сепарации задано: исходный объём суслу 1,5 м<sup>3</sup>, концентрация целевого белка 10 г/л, выход после центрифугирования 88 %.

1. Определите массу получаемого осадка (кг).

2. Вычислите потребную производительность центрифуги (м<sup>3</sup>/ч), если процесс должен уложиться в 4 ч.

- Задача 4.

Расчёт теплообменника-охладителя:

- о охлаждаем 2 м<sup>3</sup> ферментационного бульона с 38 °С до 20 °С;
- о удельная теплоёмкость 4 кДж/(кг·°С), плотность 1 000 кг/м<sup>3</sup>;
- о средний перепад температур по стенке  $\Delta t = 12$  °С;
- о коэффициент теплоотдачи  $U = 800$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Определите требуемую площадь теплообмена (м<sup>2</sup>).

#### 3. Чертёжно-схематические задания

- Задание 3.

Постройте принципиальную схему распылительной сушилки с указанием узлов подачи сырья, камеры сушки, циклона, бункера готового продукта и системы горячего воздуха.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### основная

Л1.1 Муромцев Д. Ю., Тюрин И. В. Математическое обеспечение САПР [Электронный ресурс]: учеб. пособие ; ВО - Бакалавриат, Магистратура. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 464 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=42192](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42192)

Л1.2 Гвоздева Т. В., Баллод Б. А. Проектирование информационных систем. Методы и средства структурно-функционального проектирования. Практикум [Электронный ресурс]: учеб. пособие для СПО. - Санкт-Петербург: Лань, 2024. - 148 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/388976>

### дополнительная

Л2.1 Музафаров Е. Н. Биотехнология. Основы биологии [Электронный ресурс]: учеб. пособие; ВО - Бакалавриат. - Санкт-Петербург: Лань, 2024. - 168 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/430568>

Л2.2 Алексеев Г. В., Бриденко И. И., Кравцова Е. В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых систем» [Электронный ресурс]: учеб. пособие ; ВО - Бакалавриат, Магистратура. - Санкт-Петербург: Лань, 2025. - 296 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/464291>

б) Методические материалы, разработанные преподавателями кафедры по дисциплине, в соответствии с профилем ОП.

Л3.1 Беликова И. П. Исследование инновационных возможностей предприятия: учебник. - Ставрополь: АГРУС, 2014. - 1,41 МБ

Л3.2 Орлова Т. В., Степовой А. В., Ольховатов Е. А., Варивода А. А. Оборудование перерабатывающих производств [Электронный ресурс]: учебник; ВО - Бакалавриат, Магистратура. - Санкт-Петербург: Лань, 2024. - 284 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/394697>

Л3.3 Бородулин Д. М., Шульбаева М. Т., Сафонова Е. А., Вагайцева Е. А. Процессы и аппараты пищевых производств и биотехнологии [Электронный ресурс]: учеб. пособие для СПО. - Санкт-Петербург: Лань, 2025. - 292 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/437222>

## 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

№	Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
1	Основы стадий разработки промышленных биопроцессов: ферментация, разработка технологических схем и расчёт затрат	<a href="https://www.coursera.org/learn/industrial-bioprocess-development?utm_source=chatgpt.com">https://www.coursera.org/learn/industrial-bioprocess-development?utm_source=chatgpt.com</a>
2	Инженерные расчёты в биотехнологии: ферментация, промышленный процесс и масштабирование	<a href="https://www.edx.org/learn/biotechnology/delft-university-of-technology-industrial-biotechnology?utm_source=chatgpt.com">https://www.edx.org/learn/biotechnology/delft-university-of-technology-industrial-biotechnology?utm_source=chatgpt.com</a>
3	Лекции и учебные материалы по кинетике микроорганизмов, массо- и теплообмену, масштабированию биореакторов	<a href="https://ocw.mit.edu/courses/10-442-biochemical-engineering-spring-2005/?utm_source=chatgpt.com">https://ocw.mit.edu/courses/10-442-biochemical-engineering-spring-2005/?utm_source=chatgpt.com</a>
4	Дизайн порционных, питательных и непрерывных биореакторов, критерии масштабирования и оценка неидеальности	<a href="https://onlinecourses.nptel.ac.in/noc24_bt17/preview?utm_source=chatgpt.com">https://onlinecourses.nptel.ac.in/noc24_bt17/preview?utm_source=chatgpt.com</a>
5	Профильный курс НИУ ВШЭ по созданию и управлению технологическими процессами на биопредприятии	<a href="https://www.hse.ru/edu/courses/835166601?utm_source=chatgpt.com">https://www.hse.ru/edu/courses/835166601?utm_source=chatgpt.com</a>

6	Практический курс по технологиям пищевой биотехнологии: ферментация, сепарация, сушка и инновационные методы	<a href="https://www.udemy.com/course/food-bioprocess-science/?srltid=AfmBOoqCdx1GoQPzlwPxOfqQHztt-wF0EiizSpOqex2GYqeKny4uZDT&amp;utm_source=chatgpt.com">https://www.udemy.com/course/food-bioprocess-science/?srltid=AfmBOoqCdx1GoQPzlwPxOfqQHztt-wF0EiizSpOqex2GYqeKny4uZDT&amp;utm_source=chatgpt.com</a>
---	--	---

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности». Они помогут эффективно планировать работу, использовать учебно-методические ресурсы и самостоятельно контролировать результаты обучения.

### Краткое содержание

Данные рекомендации позволяют организовать процесс изучения дисциплины, включая ознакомление с УМК, планирование времени, освоение разных форм учебной деятельности, использование ресурсов, самоконтроль и подготовку к аттестациям.

#### 1. Общие положения

Методические указания разработаны в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами и локальными нормативными документами вуза с целью обеспечения оптимальной организации учебного процесса и достижения запланированных результатов обучения.

Учебная деятельность по дисциплине включает аудиторные занятия (лекции, практики), самостоятельную работу студентов и текущий/промежуточный контроль успеваемости.

#### 2. Ознакомление с учебно-методическим комплексом (УМК)

1. Рабочая программа – содержит цели, задачи, структуру курса, виды занятий, требования к результатам обучения и критериям оценки.

2. Фонд оценочных средств (ФОС) – примеры контрольных работ, билеты, тесты для текущего контроля и экзамена.

3. Методические указания – этот документ, в котором описаны алгоритмы и рекомендации для самостоятельного освоения дисциплины.

4. Литература и онлайн-ресурсы – список обязательной и дополнительной литературы, нормативной документации (ГОСТ, ISO, ТУ), а также электронные базы данных и профильные сайты.

#### 3. Организация учебного процесса

- Планирование времени: составьте расписание на семестр с учётом аудиторных занятий и 30 ч самостоятельной работы. Рекомендуется выделять 2–3 ч в день на самостоятельное изучение материала.

- Формы занятий: активно участвуйте в лекциях (конспектируйте ключевые понятия), выполняйте практические задания в аудитории и дома, вовремя сдавайте промежуточные работы.

- Промежуточный контроль: предусмотрены три коллоквиума по модулям и итоговый экзамен (билеты, расчёты, схемы).

#### 4. Рекомендации по видам учебной работы

##### 4.1 Лекции

- Формулируйте тему и цель каждого занятия;
- Делайте записи основных определений, формул и принципов построения оборудования;

- Задавайте вопросы преподавателю для уточнения непонятных моментов.

##### 4.2 Практические занятия

- Разберите образцы решений расчётных задач;
- Выполняйте не менее трёх вариантов задач по каждой теме (ферментеры, теплообменники, сепарация);

- Оформляйте графические схемы и чертежи согласно ЕСКД (ГОСТ 2.105-95).

##### 4.3 Самостоятельная работа

- Изучайте дополнительные разделы УМК и научные статьи;
- Проводите анализ нормативных документов и разрабатывайте фрагменты технологических схем;

- Ведите «учебный дневник» для фиксации идей и вопросов.
- 5. Использование учебно-методических и информационных ресурсов
  - Электронные библиотеки: eLIBRARY.ru, SpringerLink, ScienceDirect;
  - Нормативные базы: КонсультантПлюс, ГАРАНТ (ГОСТ, ISO, ТУ);
  - Интернет-ресурсы: официальные сайты производителей биотехнологического оборудования, тематические форумы;
  - Программные средства: MathCad, Aspen Plus, AutoCAD.
- 6. Самоконтроль и подготовка к аттестациям
  - Используйте ФОС для самопроверки: решайте тесты и задачи из прошлых экзаменов;
  - Составляйте «самоконтрольные чек-листы» с ключевыми вопросами и формулами;
  - Репетируйте устные ответы и оформление расчётов в отведённое время.
- 7. Оценка результатов и обратная связь
  - По каждому коллоквиуму и экзамену анализируйте ошибки и уточняйте непонятные моменты на консультациях;
  - Ведите портфолио выполненных работ с полученными оценками для отслеживания прогресса;
  - Обязательно участвуйте в опросах и анкетировании по качеству преподавания и учебных материалов.
- 8. Развитие профессиональных навыков
  - Применяйте знания в проектах и кейс-стадиях реальных предприятий;
  - Участвуйте в студенческих научных конференциях и конкурсах по биотехнологическому проектированию;
  - Развивайте навыки командной работы и презентации результатов.

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства и информационных справочных систем (при необходимости).**

*11.1 Перечень лицензионного программного обеспечения*

1. Kaspersky Endpoint Security 12.11 - Антивирус

*11.3 Перечень программного обеспечения отечественного производства*

1. Kaspersky Endpoint Security 12.11 - Антивирус

При осуществлении образовательного процесса студентами и преподавателем используются следующие информационно справочные системы: СПС «Консультант плюс», СПС «Гарант».

**12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Номер аудитории	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
-------	---	-----------------	---

1	Учебная аудитория для проведения занятий всех типов (в т.ч. лекционного, семинарского, практической подготовки обучающихся), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	37	<p>Специализированная мебель: столы – 14 шт., стулья - 28 шт., лабораторные столы – 6 шт., шкаф для реактивов – 1 шт., шкаф-витрина – 2 шт., сушильный шкаф (SNOL 58/350) – 1 шт., термостат INB 400, Memmert– 1 шт., вытяжной шкаф МВП-001– 1 шт., поляриметр круговой СМ-3– 1 шт., центрифуга универсальная Z-300– 1 шт., рефрактометр ИРФ-454Б2М – 1 шт., титровальная установка КЕ БМ– 1 шт., лабораторные весы VIBRANJ-220 CE– 1 шт., водяная баня GFL на 6 мест – 1 шт., плазменная ТВ панель - 1 шт., компьютер преподавательский- 1шт, демонстрационные плакаты, макеты, подключение к сети «Интернет», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, выход в корпоративную сеть университета</p>
2	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, подтверждающее наличие материально-технического обеспечения, с перечнем основного оборудования		
		130	<p>Специализированная мебель на 100 посадочных мест, персональные компьютеры – 56 шт., телевизор – 1шт., принтер – 1шт., цветной принтер – 1шт., копировальный аппарат – 1шт., сканер – 1шт., Wi-Fi оборудование, подключение к сети «Интернет», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, выход в корпоративную сеть университета.</p>

### 13. Особенности реализации дисциплины лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

а) для слабовидящих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- задания для выполнения, а также инструкция о порядке проведения промежуточной аттестации оформляются увеличенным шрифтом;

- задания для выполнения на промежуточной аттестации зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- студенту для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

в) для глухих и слабослышащих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- промежуточная аттестация проводится в письменной форме;

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости поступающим предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- по желанию студента промежуточная аттестация может проводиться в письменной форме;

д) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента промежуточная аттестация проводится в устной форме.

Рабочая программа дисциплины «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности» составлена на основе Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология (приказ Минобрнауки России от 10.08.2021 г. № 736).

Автор (ы)

\_\_\_\_\_ зав. каф. КТПИПС, дбн Шлыков Сергей  
Николаевич

Рецензенты

\_\_\_\_\_ доц. КТПИПС, квн Ходусов Александр  
Анатольевич

\_\_\_\_\_ зав. каф. КТПИПС, ксхн Растоваров Евгений  
Иванович

Рабочая программа дисциплины «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности» рассмотрена на заседании Кафедра технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции протокол № 14 от 04.03.2025 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Шлыков Сергей Николаевич

Рабочая программа дисциплины «Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности» рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Институт ветеринарии и биотехнологий протокол № 8 от 04.03.2025 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология

Руководитель ОП \_\_\_\_\_