

**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.В.02 Проектирование инновационных биотехнологических
процессов**

19.03.01 Биотехнология

Биотехнология продуктов питания

бакалавр

очная

1. Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины Проектирование инновационных биотехнологических процессов является формирование у студентов компетенций по полному циклу разработки и масштабирования биотехнологических производств — от лабораторных исследований до промышленного внедрения; овладение методами построения и применения математических моделей материальных и энергетических балансов для обоснования и оптимизации технологических схем; развитие навыков подбора, наладки и автоматизированного мониторинга и управления ключевыми параметрами (рН, температура, концентрации целевых веществ) с использованием современных цифровых инструментов; освоение принципов устойчивого развития и циркулярной экономики при проектировании процессов; а также изучение регуляторных требований и процедур валидации технологических линий, что в результате позволит выпускникам эффективно работать в междисциплинарных командах, формировать обоснованные проектные решения и защищать их перед экспертным сообществом.

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
ПК-1 Способен оперативно управлять производством биотехнологической продукции для пищевой промышленности	ПК-1.3 Способен разрабатывать и внедрять мероприятия по повышению эффективности технологических процессов производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности на основе анализа производственных данных и современных методов оптимизации	знает принципы системного анализа и математического моделирования технологических процессов биотехнологических производств, включая методы принятия решений и поисковой оптимизации на основе дифференциальных уравнений и массового баланса; основные методы оптимизации (метод Бокса–Уилсона, многофакторные эксперименты с ограниченным числом опытов) для повышения выхода и продуктивности процессов; современные подходы к анализу производственных данных, в том числе применение машинного обучения для предиктивного контроля и оптимизации режимов работы биореакторов. умеет собирать и систематизировать производственные данные (например, показатели выхода, расход сырья, энергопотребление), применять статистические методы и современные алгоритмы оптимизации (линейное программирование, эвристические подходы, машинное обучение) для выявления «узких мест» и расчёта оптимальных режимов; разрабатывать практические мероприятия (модернизация оборудования, корректировка технологических параметров, внедрение автоматизированных систем управления) и осуществлять их внедрение; проводить мониторинг и оценку эффективности

		<p>реализованных улучшений посредством ключевых показателей производительности и экономической выгоды.</p> <p>владеет навыками современными методами математического и статистического анализа производственных данных (хеометрика, мультимодальный анализ, методы планирования экспериментов и регрессионного моделирования) и алгоритмами оптимизации (многокритериальная оптимизация, генетические алгоритмы, машинное обучение) для повышения выхода и качества биотехнологической продукции, уметь пользоваться цифровыми инструментами мониторинга и управления процессами (MES/SCADA, цифровые двойники) и программными пакетами для моделирования биореакторов и массопереноса (Aspen Plus, MATLAB, Python), а также применять подходы Lean Six Sigma и принципы устойчивой циркулярной экономики для внедрения мероприятий по оптимизации и снижению потерь в пищевой биотехнологии.</p>
--	--	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Проектирование инновационных биотехнологических процессов» является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений программы.

Изучение дисциплины осуществляется в 8семестре(-ах).

Для освоения дисциплины «Проектирование инновационных биотехнологических процессов» студенты используют знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин:

Технология производства функциональных напитков

Биотехнология переработки вторичного сырья

Биотехнология органических продуктов питания

Технологии обработки, сохранения и упаковки пищевых продуктов

Биотехнология функциональных продуктов

Биотехнология молочных и мясных продуктов питания

Биотехнология растительных продуктов питания

Биотехнология утилизации отходов сельского хозяйства и пищевых производств

Генномодифицированное пищевое сырье и продукты питания

Биотехнологии генетической модификации в пищевой промышленности

Маркетинговые исследования в биотехнологии

Проектная работа

Проектирование и оборудование технологических объектов

Инновации в пищевой промышленности

Основы проектирования предприятий биотехнологической промышленности

Пищевая безопасность

Методы контроля качества сырья и готовой пищевой продукции

Товароведение продовольственных товаров

Сенсорика пищевых продуктов

Основы коммерциализации технологических достижений

Освоение дисциплины «Проектирование инновационных биотехнологических процессов» является необходимой основой для последующего изучения следующих дисциплин:

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 «Проектирование инновационных биотехнологических процессов» 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			
8	144/4	24	54		30	36	Эк
в т.ч. часов: в интерактивной форме		4	6				

Семестр	Трудоемкость час/з.е.	Внеаудиторная контактная работа с преподавателем, час/чел					
		Курсовая работа	Курсовой проект	Зачет	Дифференцированный зачет	Консультации перед экзаменом	Экзамен
8	144/4						0.25

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№	Наименование раздела/темы	Семестр	Количество часов					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций	Код индикаторов достижения компетенций
			всего	Лекции	Семинарские занятия		Самостоятельная работа			
					Практические	Лабораторные				
1.	1 раздел. Основы проектирования и моделирования									
1.1.	Основы проектирования и моделирования	8	16	6	10		8		Устный опрос	ПК-1.3
1.2.	Контрольная точка	8	2		2			КТ 1	Коллоквиум	ПК-1.3
2.	2 раздел. Дизайн биореакторов и масштабирование									
2.1.	Дизайн биореакторов и масштабирование	8	20	6	14		8		Устный опрос	ПК-1.3
2.2.	Контрольная точка	8	2		2			КТ 2	Коллоквиум	ПК-1.3
3.	3 раздел. Устойчивость, регуляtorика и экономика									
3.1.	Устойчивость, регуляtorика и экономика	8	16	6	10		6		Устный опрос	ПК-1.3
3.2.	Контрольная точка	8	2		2			КТ 3	Коллоквиум	ПК-1.3
4.	4 раздел. Цифровизация, инновации и защита проектов									
4.1.	Цифровизация, инновации и защита проектов	8	20	6	14		8		Устный опрос	ПК-1.3

5.	5 раздел. Экзамен								
5.1.	Экзамен	8							ПК-1.3
	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
Основы проектирования и моделирования	Введение в проектирование биотехнологических процессов	2/-
Основы проектирования и моделирования	Математическое моделирование: материальные балансы	2/-
Основы проектирования и моделирования	Основы ферментации и культивирования	2/-
Дизайн биореакторов и масштабирование	Типы биореакторов и их конфигурации	2/-
Дизайн биореакторов и масштабирование	Масштабирование: от лаборатории до промышленности	2/-
Дизайн биореакторов и масштабирование	Мониторинг параметров (pH, DO, температура)	2/-
Устойчивость, регуляторика и экономика	Принципы «зелёной» биотехнологии и циркулярная экономика	2/-
Устойчивость, регуляторика и экономика	Регулирование и валидация процессов	2/-
Устойчивость, регуляторика и экономика	Экономическая оценка и бизнес-модели	2/-
Цифровизация, инновации и защита проектов	Industry 4.0 и цифровые дашборды	2/-
Цифровизация, инновации и защита проектов	Новые методы: CRISPR, биокатализ	2/-
Цифровизация, инновации и защита проектов	Презентация и защита идей	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
Основы проектирования и моделирования	Построение и решение материального баланса	Пр	4/-/-

Основы проектирования и моделирования	Настройка базовых условий культивирования (рН, температура)	Пр	4/-/-
Основы проектирования и моделирования	Знакомство с ПО для моделирования (Aspen Plus или аналог)	Пр	2/-/-
Контрольная точка	Контрольная точка	Пр	2/-/-
Дизайн биореакторов и масштабирование	Сборка лабораторного биореактора	Пр	4/-/-
Дизайн биореакторов и масштабирование	Определение режимов культивирования	Пр	4/-/-
Дизайн биореакторов и масштабирование	Программируемые контроллеры и датчики	Пр	4/-/-
Дизайн биореакторов и масштабирование	Онлайн-аналитика и SCADA-системы	Пр	2/-/-
Контрольная точка	Контрольная точка	Пр	2/-/-
Устойчивость, регуляторика и экономика	Оценка устойчивости процесса	Пр	4/-/-
Устойчивость, регуляторика и экономика	Подготовка пакета регуляторных документов	Пр	2/-/-
Устойчивость, регуляторика и экономика	Экономическое обоснование (расчёт CAPEX/OPEX)	Пр	2/-/-
Устойчивость, регуляторика и экономика	Кейс-стади: разработка бизнес-модели	Пр	2/-/-
Контрольная точка	Контрольная точка	Пр	2/-/-
Цифровизация, инновации и защита проектов	Разработка цифрового дашборда	Пр	4/-/-
Цифровизация, инновации и защита проектов	Лабораторные исследования (CRISPR/катализ)	Пр	4/-/-
Цифровизация, инновации и защита проектов	Подготовка и репетиция презентации	Пр	4/-/-
Цифровизация, инновации и защита проектов	Финальная командная работа над прототипом	Пр	2/-/-
Итого			

5.3. Курсовой проект (работа) учебным планом не предусмотрен

5.4. Самостоятельная работа обучающегося

Темы и/или виды самостоятельной работы	Часы
Подбор литературы по ферментации и отчёты по балансам и моделям. Подготовка к контрольной точке. Подготовка к зачету.	8
Расчёты масштабирования и подготовка схемы контроля процессов. Подготовка к контрольной точке. Подготовка к зачету.	8
Анализ реальных примеров в индустрии и подготовка регуляторной документации. Подготовка к контрольной точке. Подготовка к зачету.	6
Окончательное оформление мини-проекта и защита. Подготовка к контрольной точке. Подготовка к зачету.	8

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

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Проектирование инновационных биотехнологических процессов» 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 «Проектирование инновационных биотехнологических процессов».

2. Методические рекомендации для организации самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Проектирование инновационных биотехнологических процессов».

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	Основы проектирования и моделирования. Подбор литературы по ферментации и отчёты по балансам и моделям. Подготовка к контрольной точке. Подготовка к зачету.	Л1.1, Л1.2, Л1.3	Л2.1, Л2.2	Л3.1, Л3.2
2	Дизайн биореакторов и масштабирование. Расчёты масштабирования и подготовка схемы контроля процессов. Подготовка к контрольной точке. Подготовка к зачету.	Л1.1, Л1.2, Л1.3	Л2.1, Л2.2	Л3.1, Л3.2
3	Устойчивость, регуляторика и экономика. Анализ реальных примеров в индустрии и подготовка регуляторной документации. Подготовка к контрольной точке. Подготовка к зачету.	Л1.1, Л1.2, Л1.3	Л2.1, Л2.2	Л3.1, Л3.2
4	Цифровизация, инновации и защита проектов. Окончательное оформление мини-проекта и защита. Подготовка к контрольной точке. Подготовка к зачету.	Л1.1, Л1.2, Л1.3	Л2.1, Л2.2	Л3.1, Л3.2

7. Фонд оценочных средств (оценочных материалов) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Проектирование инновационных биотехнологических процессов»

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 «Проектирование инновационных биотехнологических процессов» 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 «Проектирование инновационных биотехнологических процессов» проводится в виде Экзамен.

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

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 «Проектирование инновационных биотехнологических процессов»

Экзаменационные вопросы

Билет № 1

1. Дайте определение материального баланса в биотехнологическом процессе.
2. Рассчитайте входной и выходной расходы для биореактора объемом 500 л при расходе питающего раствора 20 л/ч и концентрации субстрата 150 г/л.
3. Разработайте схему масштабирования лабораторного биореактора (5 л) до полупромышленного (500 л), укажите три ключевых параметра.

Билет № 2

1. Перечислите основные этапы проектирования биотехнологического процесса.
2. Определите время пребывания среды (τ) в реакторе объемом 1 м³ при объемном расходе 100 л/ч.
3. Сформируйте технико экономическое обоснование для внедрения процесса ферментации с выходом продукта 80 % по массе.

Билет № 3

1. Охарактеризуйте виды биореакторов по способу аэрации.
2. Рассчитайте массовую скорость аэрации (г/л·ч) при подаче воздуха 0,5 м³/ч в реактор 200 л, влажность воздуха 10 %.
3. Предложите конструктивное решение мешалки для реактора 1000 л, обоснуйте выбор частоты вращения.

Билет № 4

1. Опишите принцип работы системы SCADA в биотехнологии.
2. Спроектируйте простой контроллер поддержания pH на уровне 6,5 в реакторе 300 л; укажите точность регулирования $\pm 0,05$ ед.
3. Разработайте алгоритм автоматизированного контроля температуры с двумя независимыми датчиками.

Билет № 5

1. Назовите основные методы стерилизации технологического оборудования.
2. Рассчитайте потребление пара для стерилизации реактора 500 л за 30 мин при 121 °С, если теплоёмкость системы 4,2 кДж/(кг·°С).
3. Смоделируйте цикл стерилизации охлаждения с учётом запасов тепловой энергии.

Билет № 6

1. Перечислите показатели эффективности ферментации.
2. Определите скорость роста культуры (μ) при удвоении клеточной массы каждые 4 ч.
3. Сформируйте план эксперимента по оптимизации концентрации глюкозы для максимального μ .

Билет № 7

1. Охарактеризуйте принципы циркулярной био-экономики.
2. Рассчитайте выход биопродукта при рецикле жидкости 20 % и исходном выходе 70 %.
3. Разработайте схему утилизации побочных продуктов процесса.

Билет № 8

1. Опишите основные этапы валидации биотехнологического процесса.
2. Составьте список из трёх обязательных тестов при валидации стерильности установки.
3. Предложите программу документального сопровождения этапов валидации.

Билет № 9

1. Назовите типы математических моделей биореакторов.
2. Распишите уравнение материального баланса для непрерывного реактора CSTR объёмом 250 л.
3. Разработайте модель процесса с учётом реакции первого порядка и удержания клеток.

Билет № 10

1. Перечислите ключевые компоненты программного обеспечения для моделирования (например, Aspen Plus).
2. Опишите порядок подготовки входных данных для симуляции процесса ферментации.
3. Спроектируйте упрощённый цифровой дашборд для мониторинга трёх параметров процесса.

Билет № 11

1. Охарактеризуйте функции биокатализаторов в пищевой биотехнологии.
2. Рассчитайте активность фермента (U) при преобразовании 2 ммоль субстрата за 5 мин.
3. Предложите схему иммобилизации фермента на носителе площадью 0,1 м².

Билет № 12

1. Опишите основные принципы CRISPR технологий.
2. Определите размер вектора для доставки Cas9-генетической конструкции длиной 4 кб.
3. Разработайте стратегию контроля off target эффектов в лабораторном опыте.

Билет № 13

1. Перечислите факторы, влияющие на массовый перенос в биореакторе.
2. Рассчитайте коэффициент k_{La} для реактора 100 л при аэрации 0,3 м³/ч, k_{La} табличный = 150 ч⁻¹.
3. Сформулируйте рекомендации по оптимизации аэрации в промышленном масштабе.

Билет № 14

1. Назовите основные типы биосенсоров, применяемых в реальном времени.
2. Опишите процедуру калибровки датчика DO в реакторе 200 л.
3. Предложите метод оповещения персонала при превышении пороговых значений.

Билет № 15

1. Охарактеризуйте методы очистки биопродуктов (хроматография, фильтрация).
2. Рассчитайте объём адсорбента для хроматографии при загрузке 100 г белка и ёмкости смолы 50 г/л.
3. Спроектируйте многоступенчатую систему очистки с учётом выхода 90 %.

Билет № 16

1. Перечислите регуляторные требования для пищевых биопрепаратов.
2. Составьте контрольный список документации для регистрации продукта в РФ.
3. Разработайте график взаимодействия с регуляторными органами по этапам проекта.

Билет № 17

1. Опишите принципы расчёта CAPEX и OPEX в биотехнологическом проекте.
2. Рассчитайте OPEX за год для линии производства 100 т продукта, если себестоимость 500 Р/кг.
3. Предложите способы снижения операционных затрат на 10 %.

Билет № 18

1. Назовите ключевые риски реализации биотехнологических проектов.
2. Составьте матрицу рисков с вероятностью 20 % и уровнем ущерба «средний» для трёх рисков.
3. Разработайте план управления рисками для риска «загрязнение культуральной

среды».

Билет № 19

1. Охарактеризуйте роль цифровизации (Industry 4.0) в биопроизводстве.
2. Опишите последовательность внедрения MES-системы на предприятии.
3. Сформируйте дорожную карту цифровой трансформации отделения биотехнологии.

Билет № 20

1. Перечислите виды промышленного оборудования для микробиологической ферментации.
2. Рассчитайте потребность в электроэнергии для ферментера 1000 л мощностью 5 кВт при 8 ч работы.
3. Спроектируйте энергоэффективную систему рекуперации тепла.

Билет № 21

1. Опишите этапы внедрения пилотной установки.
2. Составьте график запуск–старт–стоп для цикла продолжительностью 72 ч.
3. Разработайте процедуру сбора и анализа данных на пилотной линии.

Билет № 22

1. Охарактеризуйте принципы «зелёной» чистой технологии.
2. Рассчитайте снижение углеродного следа (CO₂ экв.) при переходе на биокатализ, если исходные выбросы 500 т/год, снижение 15 %.
3. Предложите комплекс мер для повышения устойчивости производства.

Билет № 23

1. Перечислите методы анализа качества конечного продукта.
2. Определите содержание белка в образце массой 2 г, если при реактиве Биурет поглощение 0,8 ед. соответствует 100 мг белка.
3. Сформулируйте методику валидации аналитического протокола.

Билет № 24

1. Охарактеризуйте требования GMP для производственных помещений.
2. Опишите схему зональности для лаборатории биоферментации.
3. Разработайте план аудита соответствия GMP.

Билет № 25

1. Назовите современные тенденции в биотехнологии продуктов питания.
2. Сравните два технологических маршрута получения протеинового концентрата по выходу (75 % vs 85 %) и времени (24 ч vs 18 ч).
3. Предложите инновационный маршрут с целевым выходом ≥ 90 %.

Билет № 26

1. Опишите роль командной работы в проектировании процессов.
2. Составьте структуру проектной группы из пяти человек с распределением функций.
3. Разработайте систему мотивации участников проекта.

Билет № 27

1. Перечислите ключевые показатели эффективности (KPI) для биотехнологического процесса.
2. Рассчитайте индекс эффективности (E) = (выход/время) для выхода 80 % за 20 ч.
3. Предложите дашборд из трёх KPI для еженедельного мониторинга.

Билет № 28

1. Охарактеризуйте особенности работы с клеточными культурами.
2. Опишите расчет объема среды для культивирования при стартовой плотности 10⁶ кл/мл в объеме 2 л.
3. Сформулируйте протокол переноса культуры с сохранением жизнеспособности ≥ 95 %.

Билет № 29

1. Опишите принципы масштабирования геометрически подобного реактора.
2. Рассчитайте линейный масштаб при переходе с 10 л на 1000 л (по объёму).
3. Разработайте рекомендации по сохранению гидродинамики при масштабировании.

Билет № 30

1. Перечислите этапы защиты интеллектуальной собственности биотехнологического процесса.

2. Составьте календарный план подачи патентной заявки сроком 12 мес.
3. Предложите стратегию коммерциализации разработанного процесса.

Темы рефератов по дисциплине «Проектирование инновационных биотехнологических процессов» для профиля «Биотехнология продуктов питания». Каждая тема рассчитана на глубокий литературный анализ, обоснование собственных выводов и при необходимости — элемент практического моделирования или расчётов.

1. Современные подходы к математическому моделированию биотехнологических процессов
 - Обзор типов моделей (стационарные/нестационарные, CSTR, PFR и пр.) и их применение в проектировании пищевых биореакторов.
2. Принципы «зелёной» биотехнологии и циркулярная био-экономика в пищевой промышленности
 - Рециклинг субстратов и побочных продуктов, оценка углеродного следа и энергоэффективных решений.
3. Проектирование биореакторов: от лабораторного образца до промышленного масштаба
 - Ключевые критерии масштабирования, сохранение гидродинамики и массового переноса.
4. Интеграция цифровых технологий (Industry 4.0) в системы управления биопроцессами
 - MES/SCADA-системы, IoT-датчики и создание цифровых дашбордов.
5. Методы стерилизации и контроля чистоты технологического оборудования
 - Параметры циклов автоклавирования, валидация стерильности и альтернативные технологии.
6. Иммобилизация ферментов и её роль в производстве пищевых ингредиентов
 - Выбор носителей, расчёт загрузки и оценка эффективности катализа.
7. Применение CRISPR/Cas-технологий для создания новых штаммов микроорганизмов в пищевой биотехнологии
 - Стратегии редактирования, контроль off-target эффектов и нормативно-правовые аспекты.
8. Экономическая оценка биотехнологических проектов: расчёт CAPEX и OPEX
 - Методы финансового моделирования и критерии инвестиционной привлекательности.
9. Регуляторные требования и стандарты качества при разработке пищевых биопрепаратов
 - GMP, HACCP, требования к маркировке и документации.
10. Кейс-стади: внедрение процесса ферментации для получения растительного белка
 - Технологическая схема, расчёт материальных балансов и технико-экономическое обоснование.
11. Управление рисками при проектировании и эксплуатации биотехнологических установок
 - Идентификация рисков, матрица вероятностей и план реагирования.
12. Тренды и перспективы развития инновационных биотехнологий в пищевой индустрии
 - Нанобиотехнологии, синтетическая биология, новые биокатализаторы и цифровые двойники процессов.

Вопросы для устного опроса:

1. Основы проектирования и моделирования
 1. Что включает в себя этап предпроектного анализа в биотехнологии?
 2. Какие существуют основные этапы проектирования биотехнологического процесса?
 3. Что такое технико-экономическое обоснование проекта и из каких разделов оно состоит?
 4. Какие методы моделирования используются в биотехнологических процессах?
 5. Чем отличаются статические и динамические модели в биотехнологии?
 6. Как классифицируются математические модели по степени детализации?
 7. В чём заключается роль балансовых уравнений при моделировании?
 8. Каковы особенности кинетического моделирования в пищевой биотехнологии?
 9. Что такое CFD-моделирование и где оно применяется в проектировании?
 10. Как учитываются санитарно-гигиенические требования на этапе проектирования?

11. Что такое потоковый лист (Flow Sheet) и как он используется в проектировании?
12. Какие программные среды применяются для моделирования биотехнологических процессов?
13. Какие факторы необходимо учитывать при выборе сырья на стадии проектирования?
14. Что такое технологическая схема и чем она отличается от схемы автоматизации?
15. Какие критерии устойчивости биотехнологического процесса учитываются при моделировании?

2. Дизайн биореакторов и масштабирование

1. Какие типы биореакторов применяются в пищевой биотехнологии?
2. Как влияет форма и размер биореактора на эффективность процесса?
3. Что такое соотношение объёмов в системе биореактор–аэратор и почему оно важно?
4. Какие параметры являются ключевыми для контроля в биореакторах?
5. Что такое масштабирование вверх и вниз в биотехнологии?
6. Какие основные проблемы возникают при масштабировании биопроцесса?
7. Как обеспечить равномерное перемешивание в крупных биореакторах?
8. Что такое критерий подобия и как он используется при масштабировании?
9. Какие системы стерилизации применяются в конструкциях биореакторов?
10. Что такое mass transfer rate (скорость массопереноса) и как она влияет на биореактор?
11. Как рассчитывается кислородный баланс в биореакторах?
12. Какие материалы предпочтительны при проектировании ферментёров для пищевой продукции?
13. Как проектируются системы управления и мониторинга биореактора?
14. Что учитывается при выборе датчиков для контроля pH, DO, температуры?
15. Как биореакторы адаптируются к различным типам культур (бактерии, дрожжи, микроводоросли)?

3. Устойчивость, регуляtorика и экономика

1. Что включает в себя оценка устойчивости биотехнологического процесса?
2. Какие экологические риски необходимо учитывать при проектировании?
3. Какие существуют подходы к Life Cycle Assessment (LCA) биотехнологических продуктов?
4. Как оценивается углеродный след биотехнологического производства?
5. Что такое биобезопасность и какие уровни биобезопасности существуют?
6. Какие существуют нормативные акты, регулирующие производство пищевых биотехнологических продуктов в РФ?
7. Какие международные стандарты следует учитывать при разработке продукта (например, ISO, HACCP)?
8. В чём заключаются принципы устойчивого проектирования?
9. Что такое GMP и как его внедрение влияет на проект?
10. Какие финансовые показатели используют для оценки экономической эффективности проекта?
11. Что такое точка безубыточности и как она рассчитывается?
12. Какие методы анализа инвестиционных проектов применяются в биотехнологии?
13. Какие аспекты интеллектуальной собственности следует учитывать при проектировании?
14. Каковы особенности сертификации биотехнологической продукции?
15. В чём заключается отличие между регуляторными требованиями для функционального и обычного пищевого продукта?

4. Цифровизация, инновации и защита проектов

1. Какие цифровые инструменты применяются при проектировании биотехнологических процессов?
2. Что такое цифровой двойник (digital twin) в биотехнологии?
3. Какие системы автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП) используются?

4. Как искусственный интеллект может быть применён для оптимизации биопроизводства?
5. В чём преимущества внедрения SCADA-систем на предприятиях пищевой биотехнологии?
6. Что такое PAT (Process Analytical Technology) и как он реализуется?
7. Какие современные платформы используются для управления проектами в биотехнологии?
8. Что такое открытые инновации и как они применяются в биоиндустрии?
9. Какие источники финансирования инновационных биопроектов наиболее доступны в РФ?
10. Как защищается биотехнологический стартап с юридической точки зрения?
11. Что входит в презентацию инвестиционного проекта по биотехнологии?
12. Какие методы оценки рисков цифровых решений в пищевой отрасли применяются?
13. Что такое биохакинг и может ли он быть источником инноваций в проектировании?
14. Как подать заявку на патент на биотехнологический продукт?
15. Какие тенденции цифровизации ожидаются в пищевой биотехнологии в ближайшие 5 лет?

Коллоквиум 1. Основы проектирования и моделирования (Модуль 1)

1. Тестовые вопросы (MCQ)

1. Какие этапы включает общий биотехнологический процесс?

- A) Подготовка сырья, субстратное обогащение, ферментация, очистка продукта
- B) Upstream, ферментация, downstream, аналитика
- C) Только ферментация и очистка
- D) Генетическая трансформация и downstream

2. Что из перечисленного описывает нарушение массопотока в замкнутой системе?

- A) Нарушение закона сохранения массы
- B) Погрешности измерений датчиков
- C) Наличие утечек на оборудовании
- D) Изменение pH среды

3. В каком программном пакете обычно моделируют биотехнологические процессы?

- A) Aspen Plus
- B) COMSOL Multiphysics
- C) MATLAB/Simulink
- D) Все перечисленные

4. Какая величина прямо связана с выходом конечного продукта при работе с плазмидными векторами?

- A) Единичная скорость роста клеток
- B) Копийность плазмидного вектора
- C) Концентрация субстрата
- D) Скорость аэрации

2. Задача на расчёт

Условие: В заданной лабораторной колонне идёт непрерывная ферментация с расходом среды $Q_{in} = 2 \text{ L/h}$ и концентрацией субстрата в питательном растворе $S_{in} = 50 \text{ g/L}$. В выходном потоке $Q_{out} = 2 \text{ L/h}$ концентрация $S_{out} = 5 \text{ g/L}$.

Вопрос: Определите скорость потребления субстрата (г/ч) и проверьте баланс массы по субстрату.

3. Вопросы открытого типа

1. Опишите в 3–4 предложениях основные принципы моделирования материальных балансов в биореакторах.

2. Расскажите о различиях между пакетными, периодическими и непрерывными культурами микроорганизмов.

3. Приведите один пример, когда математическое моделирование спасло проект от масштабного технологического сбоя.

Коллоквиум 2. Дизайн биореакторов и масштабирование (Модуль 2)

1. Тестовые вопросы (MCQ)

1. Какой тип биореактора чаще всего используется для выращивания одноклеточных микроорганизмов?
 - А) Стиррый биореактор с перемешиванием
 - В) Реактор с фиксированным слоем
 - С) Аспирационный реактор
 - Д) Пневматический реактор
2. Что обеспечивает масштабирование по постоянному отношению P/V (мощность к объёму)?
 - А) Сохранение одинаковой турбулентности
 - В) Постоянное удельное перемешивание
 - С) Регулирование расхода газа
 - Д) Фиксацию рН
3. Какой датчик НЕ используется для онлайн-контроля в биореакторе?
 - А) DO (растворённый кислород)
 - В) рН
 - С) Вискозиметр
 - Д) Оптический датчик клеточной массы
4. При масштабировании от $L \rightarrow m^3$ сохраняют:
 - А) Тепловой баланс
 - В) Массовый баланс субстрата
 - С) Кинетические параметры роста и массообмен
 - Д) Все перечисленные

2. Задача на расчёт

Условие: В лабораторном реакторе объёмом 2 L перемешивание осуществляется с мощностью $P_{lab} = 200 \text{ W}$. Требуется спроецировать мощность на реактор объёмом 2000 L при сохранении P/V постоянным.

Вопрос: Рассчитайте P_{ind} (мощность промышленного реактора).

3. Вопросы открытого типа

1. Опишите процедуру установки и калибровки датчика DO в биореакторе.
2. Перечислите ключевые параметры, влияющие на эффективность масштабирования.
3. Охарактеризуйте различия между механическим и пневматическим перемешиванием.

Коллоквиум 3. Устойчивость, регуляторика и экономика (Модуль 3)

1. Тестовые вопросы (MCQ)

1. Что из перечисленного НЕ относится к принципам циркулярной экономики?
 - А) Максимизация переработки
 - В) Уменьшение образования отходов
 - С) Одноразовое использование ресурсов
 - Д) Восстановление сырья
2. В чём смысл CAPEX в биотехнологическом проекте?
 - А) Операционные затраты
 - В) Капитальные затраты на создание производства
 - С) Затраты на исследования
 - Д) Расходы на персонал
3. Какой документ обязательный для регистрации нового биотехнологического продукта?
 - А) Технический паспорт установки
 - В) Реестр биобезопасности
 - С) Сертификат ISO 9001
 - Д) Счёт-фактура
4. Показатель OPEX включает:
 - А) Затраты на электроэнергию, реагенты, фонд оплаты труда
 - В) Затраты на строительство
 - С) Амортизацию оборудования

D) НИОКР

2. Задача на расчёт

Условие: Для установки требуется CAPEX = \$2 млн, а ежегодный OPEX оценивается в \$400 тыс. При ставке дисконтирования 5 % рассчитайте период окупаемости (Payback Period).

3. Вопросы открытого типа

1. Опишите ключевые этапы подготовки пакета документов для регуляторной инспекции (GMP, FDA, EAC).
2. Приведите примеры инструментов оценки жизненного цикла (LCA) в биотехнологии.
3. Объясните, почему устойчивое развитие важно для пищевых биотехнологий.

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 Лебедько Е. Я., Катмаков П. С., Бушов А. В., Гавриленко В. П. Биотехнология в животноводстве [Электронный ресурс]:учебник ; ВО - Бакалавриат. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 160 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/140754>

Л1.2 Якупов Т. Р., Фаизов Т. Х. Молекулярная биотехнология [Электронный ресурс]:учебник; ВО - Бакалавриат, Магистратура, Специалитет. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 160 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/179623>

Л1.3 Музафаров Е. Н. Биотехнология. Основы биологии [Электронный ресурс]:учеб. пособие для СПО. - Санкт-Петербург: Лань, 2024. - 168 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/432734>

дополнительная

Л2.1 Якупов Т. Р., Фаизов Т. Х. Молекулярная биотехнология [Электронный ресурс]:учебник ; ВО - Бакалавриат, Магистратура, Специалитет. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 160 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/179623>

Л2.2 под ред. В. С. Шевелухи Сельскохозяйственная биотехнология:учебник для студентов вузов по с.-х., естественнонауч. и пед. специальностям, и магистерским программам. - М.: Высш. шк., 1998. - 416 с.

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

Л3.1 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>

Л3.2 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>

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

№	Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
1	Coursera: Introduction to Industrial Bioprocess Development – обзор стадий биопроцессов, от лаборатории до производства; рассчитан на студентов и специалистов с базовыми знаниями биотехнологии	https://www.coursera.org/learn/industrial-bioprocess-development?utm_source=chatgpt.com
2	edX/DelftX: Industrial Biotechnology – курс по проектированию биопроцессов с учётом устойчивости и выбора сырья	https://www.edx.org/learn/biotechnology/delft-university-of-technology-industrial-biotechnology?utm_source=chatgpt.com

3	FutureLearn: Free Biology and Biotechnology Courses – разнообразные курсы по биологии и биотехнологии с примерами прикладного использования	https://www.futurelearn.com/subjects/science-engineering-and-maths-courses/biology-and-biotechnology?utm_source=chatgpt.com
4	NPTEL (Swayam): Bioreactor Design and Analysis – базовый курс по проектированию и масштабированию биореакторов (batch, fed-batch, continuous)	https://onlinecourses.nptel.ac.in/noc24_bt17/preview?utm_source=chatgpt.com
5	MIT OpenCourseWare: 10.442 Biochemical Engineering – свободный доступ к лекциям, задачам и дополнительным материалам по биореакторам и процессам	https://ocw.mit.edu/courses/10-442-biochemical-engineering-spring-2005/?utm_source=chatgpt.com
6	Prentice Hall: «Bioprocess Engineering: Basic Concepts» (Shuler & Kargi) – классический учебник в PDF-формате для скачивания	https://www.eng.uc.edu/~beaucag/Classes/ChEThermoBeaucage/Books/Michael%20Shuler%20%20Fikret%20Kargi%20-%20Bioprocess%20Engineering_%20Basic%20Concepts-Prentice%20Hall%20%282001%29.pdf?utm_source=chatgpt.com

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся по дисциплине «Проектирование инновационных биотехнологических процессов», направлению 19.03.01 «Биотехнология», профиль «Биотехнология продуктов питания» (144 ч), которые помогут студентам эффективно планировать свою работу, овладеть необходимыми знаниями и навыками, а также успешно подготовиться к экзамену.

1. Общие положения

1. Настоящие методические указания разработаны в соответствии с ФГОС ВО и рабочей программой дисциплины, отражают цели, задачи, структуру и требования к освоению курса.

2. Дисциплина имеет междисциплинарный характер и ориентирована на проектирование биотехнологических процессов от лабораторных исследований до промышленного масштаба.

3. Общий объём дисциплины составляет 144 академических часа, включая лекционные занятия (24 ч), практические (54 ч), самостоятельную работу (30 ч) и экзамен (6 ч).

2. Цели и задачи

• Цель: формирование умений и навыков проектирования инновационных биотехнологических процессов с учётом устойчивости, регуляторных требований и цифровых технологий.

• Задачи:

1. Изучить основные этапы и методики проектирования процессов.
2. Освоить математическое моделирование и расчёт материальных балансов.
3. Научиться разработки схем биореакторов и контролю технологических параметров.
4. Применять принципы «зелёной» биотехнологии и циркулярной экономики.
5. Уметь подготовить пакет регуляторных документов и провести валидацию процесса.

3. Структура методических указаний

1. Введение: цели, задачи и место дисциплины в учебном плане.
2. Содержание курса: тематика лекций и практических занятий.
3. Требования к знаниям и умениям: перечень необходимых компетенций.
4. Организация учебного процесса: виды учебных занятий, требования к отчётности и самостоятельной работе.

5. Рекомендуемая литература и нормативные документы.
6. Критерии и формы контроля знаний: промежуточная аттестация и экзамен.

4. Рекомендуемая литература

1. Базовые учебники по биотехнологии и биореакторному дизайну.
2. ФГОС ВО по направлению 19.03.01.
3. Законодательные и регуляторные документы Минздрава и ФСБН.
4. Статьи по цифровизации и Industry 4.0 в биотехнологии.
5. Специализированные руководства по моделированию в Aspen Plus и SCADA-

системам.

5. Организация занятий и отчётность

- Лекции: обязательное присутствие, конспектирование и ответы на устные вопросы.
- Практические занятия: выполнение лабораторных работ, оформление отчётов по единым требованиям (структура: цель, теоретические основы, методика, результаты, выводы).
- Самостоятельная работа: расчетные и исследовательские задания, подготовка презентаций и аналитических записок по темам курса.
- Промежуточная аттестация: защита лабораторных отчётов и решений кейс-стади.
- Экзамен: тестовая часть, развернутые вопросы и защита мини-проекта.

6. Требования к оформлению материалов

1. Отчёты и рефераты оформляются по ГОСТу: шрифт — Times New Roman 14 пт, интервальный 1,5, поля — 2 см.
2. В тексте присутствуют ссылки на источники по ГОСТ 7.0.5-2008.
3. Результаты экспериментов и расчётов должны сопровождаться таблицами и графиками, оформленными по общепринятым стандартам.

7. Контроль успеваемости и критерии оценок

Вид контроля	Максимум	Условие зачёта
Посещение лекций и практик	10	≥ 75 % посещаемости
Лабораторные отчёты (6 отчётов)	30	каждый ≥ 4 баллов
Промежуточное тестирование	20	≥ 60 % правильных ответов
Самостоятельная работа	10	full completion and quality
Защита мини-проекта	20	глубина анализа и презентация
Экзамен	10	≥ 50 % по итоговым заданиям

Общий «зачёт» ставится при сумме баллов ≥ 60 из 100.

8. Взаимодействие с преподавателем

- По всем вопросам реализации практических и самостоятельных заданий обращаться к преподавателю и ассистентам в рабочие часы.
- Все отчёты и презентации направляются в электронный репозиторий университета не позднее оговоренного срока.

Желаем успехов в освоении дисциплины и разработке собственных инновационных биотехнологических процессов!

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 аудитор ии	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	54	Специализированная мебель: столы – 14 шт., стулья - 28 шт., учебная доска, 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.
2	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, подтверждающее наличие материально-технического обеспечения, с перечнем основного оборудования		
		130	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.

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 «Проектирование инновационных биотехнологических процессов» 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

_____ доц. КТПИПС, ксxn Растоваров Евгений Иванович

Рабочая программа дисциплины «Проектирование инновационных биотехнологических процессов» рассмотрена на заседании Кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции протокол № 12 от 09.04.2026 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 «Проектирование инновационных биотехнологических процессов» рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Института ветеринарии и биотехнологий протокол № 5 от 14.04.2026 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология

Руководитель ОП _____