

федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Мичуринский государственный аграрный университет»

Кафедра садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных
культур

УТВЕРЖДЕНА
решением учебно-методического совета
университета
(протокол № 7 от 22 апреля 2026 г.)

УТВЕРЖДАЮ
Председатель учебно-методического
совета университета
Р.А. Чмир
«22» апреля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЭНЗИМОЛОГИЯ»

Направление подготовки - 19.03.01 Биотехнология

Направленность (профиль) Биотехнология

Квалификация выпускника - бакалавр

Мичуринск, 2026 г.

1. Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями дисциплины (модуля) «Инженерная энзимология» является получение знаний основных принципов и теоретических положений инженерной энзимологии;

Задачи дисциплины:

- сформировать у обучающихся понимания особенностей биотехнологических процессов с участием ферментов;
- познакомить обучающихся с основами конструирования и последующего использования в биотехнологии биокатализаторов с заданными свойствами;
- определить место инженерной энзимологии в ряду приоритетных направлений биотехнологии;
- углубить понимание физико-химических и биохимических закономерностей биокатализа, особенностей его использования в биотехнологии;
- развить видение перспектив практического использования достижений инженерной энзимологии.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина (модуль) «Инженерная энзимология» относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» Часть, формируемая участниками образовательного процесса (Б1.В.13) согласно учебному плану данного направления.

Для успешного освоения данного курса необходимы базовые знания дисциплин: «Органическая химия», «Общая биология и микробиологи», «Химия биологически активных веществ», «Генетика», «Инженерная графика», «Основы биотехнологии».

Знания, умения и навыки, приобретенные при освоении курса «Инженерная энзимология» необходимы при прохождении производственной практики научно-исследовательская работа, подготовке к государственному экзамену.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины обучающийся должен усвоить трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом 22.004 Специалист в области биотехнологий продуктов питания утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 сентября 2019 года № 633 н)

Обобщенные трудовые функции (ОТФ)	Трудовые функции (ТФ)	Выбранные трудовые действия (ТД)
Оперативное управление производством биотехнологической продукции для пищевой промышленности /D6	Управление качеством, безопасностью и прослеживаемостью производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности D/02.6	Входной и технологический контроль качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции для организации рационального ведения технологического процесса производства в целях разработки мероприятий по повышению эффективности производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности
		Учет сырья и готовой продукции на базе стандартных и сертификационных испытаний производства биотехнологической продукции для

		пищевой промышленности в целях обеспечения нормативов выхода готовой продукции в соответствии с технологическими инструкциями
		Контроль технологических параметров и режимов производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности на соответствие требованиям технологической и эксплуатационной документации
		Внедрение систем управления качеством, безопасностью и прослеживаемостью производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности в целях обеспечения требований технических регламентов к видам пищевой продукции
		Разработка мероприятий по предупреждению и устранению причин брака продукции на основе данных технологического контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в процессе производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности

Освоение дисциплины (модуля) направлено на формирование следующих компетенций:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ПК-4 Способен проводить бактериологические, токсикологические исследования природных образцов, оценку технических средств и технологических процессов с учетом экологических последствий их применения

Код и наименование универсальной компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				
	Код и наименование индикатора достижения универсальных компетенций	низкий (допороговый, компетенция не сформирована)	пороговый	базовый	продвинутый
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для	ИД-1 _{УК-1} – Анализирует поставленную задачу, выделяя ее базовые составляющие, осуществляет декомпозицию	Не может формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающ	Не достаточно четко может формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязан	В достаточной степени может формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач,	Отлично формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечиваю

решения поставленных задач	задачи	их ее достижение. Не может определять ожидаемые результаты решения выделенных задач.	ных задач, обеспечиваю щих ее достижение. Не достаточно четко может определять ожидаемые результаты решения выделенных задач.	обеспечивающ их ее достижение. Достаточно четко может определять ожидаемые результаты решения выделенных задач.	щих ее достижение. Четко может определять ожидаемые результаты решения выделенных задач.
	ИД-2 _{УК-1} – Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи	Не может находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи	Недостаточно находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи	Достаточно хорошо находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи	Успешно находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	ИД-3 _{УК-1} – Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Не может рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Слабо рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Хорошо рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Отлично рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки
	ИД-4 _{УК-1} – Аргументировано формирует собственные суждения и оценки, отличает факты от мнений и интерпретаций в рассуждениях других участников деятельности, принимает обоснованное решение поставленной задачи	Не может формировать собственные суждения и оценки, отличает факты от мнений и интерпретаций в рассуждениях других участников деятельности, принимает обоснованное решение поставленной задачи	Неуверенно формирует собственные суждения и оценки, отличает факты от мнений и интерпретаций в рассуждениях других участников деятельности, принимает обоснованное решение поставленной задачи	Достаточно четко формирует собственные суждения и оценки, отличает факты от мнений и интерпретаций в рассуждениях других участников деятельности, принимает обоснованное решение поставленной задачи	Отлично формирует собственные суждения и оценки, отличает факты от мнений и интерпретаций в рассуждениях других участников деятельности, принимает обоснованное решение поставленной задачи
	ИД-5 _{УК-1} – Определяет и оценивает последствия	Не может определять и оценивать последствия	Неуверенно Определяет и оценивает последствия	Достаточно четко определяет и оценивает	Отлично определяет и оценивает последствия

	возможных решений задачи	возможных решений задачи	возможных решений задачи	последствия возможных решений задачи	возможных решений задачи
ПК-1 Способен владеть основными методами, приемами планирования и проведения экспериментальных исследований, обработки и представления полученных результатов в своей профессиональной области	ИД-1 _{ПК-4} Проводит экологическую оценку природных образцов, состояния территорий, применяя природоохранные биотехнологии	Не проводит экологическую оценку природных образцов, состояния территорий, применяя природоохранные биотехнологии	Не всегда проводит экологическую оценку природных образцов, состояния территорий, применяя природоохранные биотехнологии	Достаточно часто проводит экологическую оценку природных образцов, состояния территорий, применяя природоохранные биотехнологии	Всегда проводит экологическую оценку природных образцов, состояния территорий, применяя природоохранные биотехнологии
	ИД-2 _{ПК-4} Осуществляет лабораторные исследования и экспертизу биологического материала	Не осуществляет лабораторные исследования и экспертизу биологического материала	Не всегда осуществляет лабораторные исследования и экспертизу биологического материала	Достаточно часто осуществляет лабораторные исследования и экспертизу биологического материала	Всегда осуществляет лабораторные исследования и экспертизу биологического материала
	ИД-3 _{ПК-4} Применяет биотехнологические приемы против появления очагов вредных организмов	Не применяет биотехнологические приемы против появления очагов вредных организмов	Не всегда применяет биотехнологические приемы против появления очагов вредных организмов	Обычно применяет биотехнологические приемы против появления очагов вредных организмов	Всегда применяет биотехнологические приемы против появления очагов вредных организмов

Знать:

- технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров биотехнологических процессов, свойств сырья и продукции;
- системы менеджмента качества биотехнологической продукции в соответствии с требованиями российских и международных стандартов качества;
- физико-химические и биохимические закономерности биокатализа;
- способы стабилизации и регенерации ферментативных систем, применяемых в биотехнологии;
- структурные и термодинамические основы функционирования ферментов в экстремальных условиях;

- примеры использования биокатализа в науке, медицине, технике и промышленности;
- современные технологические схемы индустриального биокатализа;
- принципы создания биокатализаторов с заданными свойствами;
- современные информационные технологии, используемые в инженерной энзимологии;
- новейшие достижения и перспективы развития инженерной энзимологии;

Уметь:

- проводить теоретические исследования, пользоваться справочной литературой в области инженерной энзимологии;
- использовать полученные знания для анализа экспериментальных данных, касающихся подбора, характеристики и совершенствования продуцентов, а также их использования в разнообразных технологических процессах производства ферментов;
- работать с научно-технической информацией, использовать российский и международный опыт в профессиональной деятельности;
- самостоятельно выбирать технические средства, рациональную схему производства заданного продукта;
- оценивать технологическую эффективность производства и вносить предложения по их усовершенствованию;
- оптимизировать состав питательных сред;
- определять параметры культивирования продуцентов;
- оптимизировать условия культивирования;
- предупреждать загрязнения воздушного и водного бассейнов, почвы;
- разрабатывать биотехнологические процессы с участием очищенных ферментов или ферментных препаратов;
- конструировать биокатализаторы с заданными свойствами;

Владеть:

- способностью управлять биотехнологическими процессами;
- навыками самостоятельного решения научных, инженерных и производственных задач в области энзимологии;
- опытом микробиологических, биотехнологических и аналитических методов исследования;
- методами очистки и стерилизации воздуха, приготовления и стерилизации питательных сред;
- методами проведения стандартных испытаний по определению качества сырья и продукции;
- методами технического контроля за соблюдением технологической дисциплины в условиях действующего биотехнологического производства.

3.1. Матрица соотнесения тем/разделов учебной дисциплины (модуля) и формируемых в них универсальных и профессиональных компетенций

Темы, разделы дисциплины	Компетенции		
	УК-1	ПК-4	общее количество компетенций
Тема 1. Общие сведения о ферментах.	+	+	2
Тема 2. Общее устройство ферментов.	+	+	2
Тема 3. Факторы влияющие на скорость ферментативных процессов.	+	+	2
Тема 4. Причины высокой специфичности ферментов.	+	+	2

Тема 5. Общие механизмы действия ферментов.	+	+	2
Тема 6. Низкомолекулярные регуляторы ферментативной активности.	+	+	2
Тема 7. Небелковые части ферментных молекул.	+	+	2
Тема 8. Синтез ферментов в клетках.	+	+	2

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 ак. часов.

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды занятий	Всего часов	
	Очная форма 7 семестр	Заочная форма 5 курс
Общая трудоемкость дисциплины	180	180
Контактная работа обучающихся с преподавателем.	64	24
Аудиторные занятия	64	24
Лекции	32	8
Практические занятия	32	16
Самостоятельная работа	80	147
проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	40	67
подготовка к практические занятиям	20	40
выполнение индивидуальных заданий	10	20
подготовка к сдаче модуля	10	20
Контроль	36	9
Вид итогового контроля	экзамен	

4.2. Лекции

№	Раздел дисциплины (модуля), темы лекций и их содержание	Объем в акад. часах		Формируемые компетенции
		очная форма обучения	заочная форма обучения	
1	Тема 1. Введение. Перспективы развития инженерной энзимологии	2	2	УК-1; ПК-4
2	Структурно-функциональные особенности биокатализа	2	1	УК-1; ПК-4
3	Строение, свойства, механизм действия и классификация ферментов	2		УК-1; ПК-4
4	Строение ферментов	2	1	УК-1; ПК-4
5	Механизм действия ферментов	2		УК-1; ПК-4
6	Классификация ферментов	2		УК-1; ПК-4
7	Влияние внешних условий на функционирование ферментов	2		УК-1; ПК-4
8	Носители для иммобилизации ферментов	2		УК-1; ПК-4

9	Промышленные процессы с использованием иммобилизованных ферментов и клеток.	4	2	УК-1; ПК-4
10	Иммобилизация и стабилизация ферментов.	2		УК-1; ПК-4
11	Выделение и стандартизация ферментных препаратов	2		УК-1; ПК-4
12	Индустриальный биокатализ	2	1	УК-1; ПК-4
13	Охрана труда и техника безопасности на предприятиях, выпускающих ферментные препараты. Применение ферментов.	2		УК-1; ПК-4
14	Утилизация отходов при помощи ферментов	2		УК-1; ПК-4
15	Применение ферментов	1	1	УК-1; ПК-4
16	Конструирование биокатализаторов	1		УК-1; ПК-4
	Итого	32	8	

4.3. Практические занятия

№ разд ела	Наименование занятия	Объем в акад. часах		Формируемые компетенции
		очная форма обучения	заочная форма обучения	
1	Методы определения органолептических, физико-химических и микробиологических качеств ферментных препаратов	4	2	УК-1; ПК-4
2	Общие методы определения активности ферментов. Техника безопасности при работе с оборудованием.	4	2	УК-1; ПК-4
3	Контрольная работа №1 Методы иммобилизации ферментов	4	2	УК-1; ПК-4
4	Определение активности ферментов с использованием фотометрии	6	2	УК-1; ПК-4
5	Методы определения активности протеолитических ферментов	4	4	УК-1; ПК-4
6	Определение активности амилазы	4	2	УК-1; ПК-4
7	Коллоквиум: Производство ферментных препаратов. Принципиальная схема процесса.	6	2	УК-1; ПК-4
	Итого	32	16	

4.4. Лабораторные работы не предусмотрены

4.5 Самостоятельная работа обучающихся

Раздел дисциплины	№	Вид СР	Объем часов	
			очная форма обучения	заочная форма обучения
Раздел 1	1	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	5	10
	2	подготовка к практические занятия	4	5
	3	выполнение индивидуальных заданий	3	4
	4	подготовка к сдаче модуля	2	4
Раздел 2	1	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	5	8
	2	подготовка к практические занятия	2	5
	3	выполнение индивидуальных заданий	1	4
	4	подготовка к сдаче модуля	1	4
Раздел 3	1	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	5	8
	2	подготовка к практические занятия	2	5
	3	выполнение индивидуальных заданий	1	2
	4	подготовка к сдаче модуля	1	2
Раздел 4.	1	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	5	8
	2	подготовка к практические занятия	2	5
	3	выполнение индивидуальных заданий	1	2
	4	подготовка к сдаче модуля	1	2
Раздел 5.	1	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	5	10
	2	подготовка к практические занятия	2	5
	3	выполнение индивидуальных заданий	1	2
	4	подготовка к сдаче модуля	1	2
Раздел 6.	1	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	5	7
	2	подготовка к практические занятия	2	5
	3	выполнение индивидуальных заданий	1	2
	4	подготовка к сдаче модуля	1	2
Раздел 7.	1	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	5	8
	2	подготовка к практические занятия	2	5
	3	выполнение индивидуальных заданий	1	2
	4	подготовка к сдаче модуля	1	2
Раздел 8.	1	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	5	8
	2	подготовка к практические занятия	4	512
	3	выполнение индивидуальных заданий	1	2
	4	подготовка к сдаче модуля	2	2
Итого:			80	147

Перечень методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

1. Муратова С.А. Методические указания для выполнения контрольной работы по дисциплине «Инженерная энзимология» для обучающихся по направлению 19.03.01 Биотехнология. - Мичуринск 2026.

4.6. Выполнение контрольной работы обучающимися заочной формы

Важной формой самостоятельной работы обучающегося является написание письменных работ, в том числе контрольной работы по данной дисциплине.

Цели выполнения работы:

- систематизация, закрепление и углубление теоретических знаний и умений применять их для решения конкретных практических задач;
- развитие навыков самостоятельной научной работы (планирование и проведение исследования, работа с научной и справочной литературой, нормативными правовыми актами, интерпретация полученных результатов, их правильное изложение и оформление).

Работа должна отвечать следующим требованиям:

- формирование авторской позиции по основным теоретическим проблемным вопросам;
- анализ научной и учебной литературы по теме исследования;
- связь предмета исследования с актуальными проблемами современной науки и практики;
- логичность изложения, аргументированность выводов и обобщений;
- научно-практическая актуальность работы.

Задания в контрольной работе направлены на закрепление теоретических знаний обучающегося и овладения цитогенетическими методами исследований.

Перечень вопросов и методика решения генетических задач рассмотрены в методических указаниях для выполнения контрольной работы.

4.7. Содержание разделов дисциплины

1. Введение. Перспективы развития инженерной энзимологии.

Общие сведения о ферментах. Ферменты как основа жизни. Ферменты и структурные компоненты клетки. Внутриклеточные структуры. Локализация ферментов в клетке. Локализация ферментов и физиология клетки. Сравнительная биохимия ферментов. Сравнение тканей.

Тема 2. Общее устройство ферментов.

Сравнительная энзимология развития. Сравнение ферментов. Изоферменты. Дегградация ферментов. Биологическая регуляция активности ферментов. Происхождение ферментов.

1. Структурно-функциональные особенности биокатализа.

Структура, свойства и механизм действия биокатализаторов. Сходство и отличие биологических катализаторов от синтетических. Преимущества и недостатки биокатализа при его использовании в технологических процессах. Рибозимы.

2. Влияние внешних условий на функционирование ферментов.

Факторы влияющие на скорость ферментативных процессов. Значение исследования кинетики действия ферментов. Факторы, влияющие на скорость ферментативных реакций. Влияние концентрации фермента. Вогнутые кривые $V — [E]$. Выпуклые кривые $V — [E]$. Влияние концентрации субстрата. Ферментативная кинетика одностратных реакций. Теория Михаэлиса. Теория стационарного состояния.

Кинетические уравнения для ферментов, действующих на два и большее число субстратов. Реакции с участием двух субстратов. Установление кинетического механизма. Реакции с участием трех и большего числа субстратов. Исследование связывания субстрата. Ингибирование высокими концентрациями субстрата. Субстрат, действующий одновременно как активатор фермента. Влияние рН. рН-функции Михаэлиса. Влияние рН на V . Влияние рН на K_m . Влияние температуры. Теплота инактивации ферментов. Влияние температуры на собственно ферментативную реакцию. Влияние температуры на состояние ионизации фермента. Влияние давления. Предстационарная фаза ферментативных реакций. Методы исследования быстрых реакций. Анализ результатов исследований быстрых реакций. Релаксационные методы.

3. Иммобилизация и стабилизация ферментов.

Стабилизация ферментов в биотехнологических системах. Традиционные методы стабилизации. Стабилизирующие добавки. Химическая модификация ферментов. Иммобилизация ферментов. Экстремозимы и источники их получения. Термозимы. Структурные и термодинамические основы функционирования термозимов при высоких температурах. Использование экстремозимов в биотехнологии. Амилазы и пуллулаказы. Протеиназы. ДНК-полимеразы. Ферментативные реакции в системах с органическими растворителями. Их прикладное значение.

4. Индустриальный биокатализ.

Получение ферментных препаратов различной степени очистки. Технологическая схема производства. Ферменты в химической промышленности. Ферменты в фармацевтической промышленности. Ферменты в пищевой промышленности. Управление биотехнологическими процессами с помощью ферментов. Получение глюкозо-фруктозных сиропов с помощью глюкозоизомеразы. Использование в пищевой промышленности протеиназ, амилаз, липаз, пектиназ, β -галактозидаз. Ферменты как компоненты моющих средств. Перспективы развития индустриального биокатализа.

5. Конструирование биокатализаторов.

Биоконверсия растительного сырья. Ферментативное получение глюкозы из целлюлозосодержащего сырья. Синтез ферментов в клетках. Явления, важные для биосинтеза белка. Репликация ДНК. ДНК-полимераза. РНК-полимераза. Присоединение аминокислот к тРНК. Аминоацил-тРНК—синтетазы. Генетический код. Структура рибосом. Функционирование рибосом и кофакторы. Инициация. Элонгация. Терминация. Контроль биосинтеза ферментов. Контроль в бактериальной системе. Контроль метаболитами. Контроль биосинтеза белка в животных клетках. Нерибосомный синтез полипептидов.

6. Экспериментальный анализ пространственной структуры ферментов.

Получение химерных и бифункциональных ферментов. Получение полусинтетических ферментов и их использование в качестве индустриальных биокатализаторов. Направления и перспективы развития молекулярного дизайна биокатализаторов.

5. Образовательные технологии

Вид учебной работы	Образовательные технологии
Лекции	Электронные материалы, использование мультимедийных средств, раздаточный материал
Практические занятия	Анализ опытов, обсуждение и анализ предложенных вопросов их аудиторных занятиях, индивидуальные доклады, тестирование
Самостоятельные работы	Защита и презентация результатов самостоятельного исследования на занятиях

6. Фонд оценочных средств дисциплины (модуля)

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Инженерная энзимология»

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции	Оценочное средство	
			наименование	кол-во
1	Тема 1. Общие сведения о ферментах.	УК-1; ПК-4	Тестовые задания Реферат Вопросы экзамена	15 20 3
2	Тема 2. Общее устройство ферментов.	УК-1; ПК-4	Тестовые задания Реферат Вопросы экзамена	35 2 10
3	Тема 3. Факторы влияющие на скорость ферментативных процессов.	УК-1; ПК-4	Тестовые задания Реферат Вопросы экзамена	50 2 10
4	Тема 4. Причины высокой специфичности ферментов.	УК-1; ПК-4	Тестовые задания Реферат Вопросы экзамена	50 5 10
5	Тема 5. Общие механизмы действия ферментов.	УК-1; ПК-4	Тестовые задания Реферат Вопросы экзамена	20 2 10
6	Тема 6. Низкомолекулярные регуляторы ферментативной активности.	УК-1; ПК-4	Тестовые задания Реферат Вопросы экзамена	10 2 10
7	Тема 7. Небелковые части ферментных молекул.	УК-1; ПК-4	Тестовые задания Реферат Вопросы экзамена	10 20 5
8	Тема 8. Синтез ферментов в клетках.	УК-1; ПК-4	Тестовые задания Реферат Вопросы экзамена	10 2 5

6.2. Перечень вопросов для экзамена

1. Общая характеристика катализаторов (УК-1; ПК-4).
2. Дать определение ферментам (УК-1; ПК-4).
3. Общие свойства ферментов и других катализаторов (УК-1; ПК-4).
4. Отличия ферментов от неорганических катализаторов (УК-1; ПК-4).
5. Молекулярное строение ферментов, изоферменты (УК-1; ПК-4) .
6. Строение активного центра (УК-1; ПК-4).
7. Контактный участок (УК-1; ПК-4).
8. Каталитический участок (УК-1; ПК-4).
9. Строение и значение аллостерического центра (УК-1; ПК-4).
10. Теория индуцированного соответствия субстрата активному центру фермента (УК-1; ПК-4).
11. Механизм действия ферментов (УК-1; ПК-4).
12. Порядок и молекулярность ферментативной реакции (УК-1; ПК-4).
13. Теория Михаэлиса-Ментен ((УК-1; ПК-4).
14. Зависимость скорости реакции от концентрации субстрата (УК-1; ПК-4).
15. Константа Михаэлиса и максимальная скорость реакции (УК-1; ПК-4).
16. Определение кинетических констант методом Лайнуивера и Берка (УК-1; ПК-4).
17. Зависимость скорости реакции от температуры (УК-1; ПК-4).
18. Зависимость скорости реакции от pH (УК-1; ПК-4).

19. Небелковые компоненты ферментов: ионы металлов, коферменты (УК-1; ПК-4).
20. Строение и механизм действия кофермента А (УК-1; ПК-4).
21. Строение и механизм действия кофермента НАД. (УК-1; ПК-4)
22. Активаторы ферментов и механизм их действия (УК-1; ПК-4).
23. Строение глутатиона и его роль в регуляции активности ферментов (УК-1; ПК-4).
24. Управление биотехнологическими процессами с помощью ферментов. (УК-1; ПК-4).
25. Ингибиторы ферментов. Виды ингибирования (УК-1; ПК-4).
26. Механизм конкурентного ингибирования и его значение (УК-1; ПК-4).
27. Классификация и номенклатура ферментов (УК-1; ПК-4).
28. Характеристика трансфераз (УК-1; ПК-4).
29. Характеристика гидролаз (УК-1; ПК-4).
30. Характеристика оксидоредуктаз (УК-1; ПК-4).
31. Характеристика лиаз (УК-1; ПК-4).
32. Характеристика синтетаз (УК-1; ПК-4).
33. Характеристика изомераз (УК-1; ПК-4).
34. Методы выделения ферментов (УК-1; ПК-4).
35. Методы определения активности ферментов (УК-1; ПК-4).
36. Единицы активности ферментов (УК-1; ПК-4).
37. Применение ферментов в пищевых технологиях (УК-1; ПК-4).
38. Локализация ферментов в клетке (УК-1; ПК-4).
39. Плюсы и минусы использования иммобилизованных ферментов (УК-1; ПК-4).
40. Методы иммобилизации ферментов (УК-1; ПК-4).
41. Носители для иммобилизованных ферментов (УК-1; ПК-4).
42. Химические сшиватели (УК-1; ПК-4).
43. Принципиальная схема синтеза ферментов поверхностным способом (УК-1; ПК-4).
44. Принципиальная схема синтеза ферментов глубинным способом (УК-1; ПК-4).
45. Питательные среды для биосинтеза ферментов (УК-1; ПК-4).
46. Сырье для питательных сред (УК-1; ПК-4).
47. Источники углерода для приготовления питательных сред (УК-1; ПК-4).
48. Способы стерилизации питательных сред (УК-1; ПК-4).
49. Потребление кислорода и закономерности массообмена (УК-1; ПК-4).
50. Пеногашение и пеногасители (УК-1; ПК-4).
51. Продуценты ферментов (УК-1; ПК-4).
52. Инактивация ферментов (УК-1; ПК-4).
53. Ферменты в химической промышленности (УК-1; ПК-4).
54. Ферменты в фармацевтической промышленности (УК-1; ПК-4).
55. Ферменты в пищевой промышленности (УК-1; ПК-4).
56. Ферменты как компоненты моющих средств (УК-1; ПК-4).
57. Биоконверсия растительного сырья (УК-1; ПК-4).
58. Экспериментальный анализ пространственной структуры ферментов (УК-1; ПК-4).
59. Белковая инженерия ферментов (УК-1; ПК-4).
60. Направленная эволюция промышленных ферментов (УК-1; ПК-4).
61. Получение химерных и бифункциональных ферментов (УК-1; ПК-4).
62. Каталитические антитела (абзимы) (УК-1; ПК-4).
63. Получение полусинтетических ферментов (УК-1; ПК-4).

6.3. Шкала оценочных средств

Уровни освоения компетенций	Критерии оценивания	Оценочные средства (кол. баллов)
Продвинутый (75 - 100 баллов)	Полнота знаний основных терминов и понятий инженерной энзимологии;	Тест (18-20) Реферат (5-10)

соответствует оценке «отлично»	Общая характеристика и свойства ферментов класса гидролаз, оксидоредуктаз, лиаз, лигаз, трансфераз. Общая характеристика и свойства ферментов класса изомераз. Виды ингибирования ферментов. Необратимое ингибирование ферментов. Кинетика ингибирования. Виды активации ферментов. Кинетика активации. Биосинтез белковой части фермента. Простетическая группа. Коферменты и кофакторы.	Экзаменационные вопросы (34-50 баллов)
Базовый (50 -74 балла) – соответствует оценке «хорошо»	Достаточные знание об основных понятиях, связанных с современной энзимологией, путях регуляции метаболизма на уровне ферментов, методах определения структуры ферментов и методов оценки кинетических параметров. уметь: - применять теоретические знания для решения практических вопросов инженерной энзимологии; владеть: - методами инженерной энзимологии производства.	Тест (12-17) Реферат (5- 7) Экзаменационные вопросы (21-33)
Пороговый (35 - 49 баллов) – соответствует оценке «удовлетворительно»	Умение ответить на все вопросы билета, но со значительными уточнениями, отсутствие четкой и логичной способности излагать собственные мысли, делать умозаключения и выводы	Тест (7-12) Реферат (3 -7) Экзаменационные вопросы (14-20)
Низкий (допороговый) (компетенция не сформирована) (менее 35 баллов) – соответствует оценке «неудовлетворительно»	Поверхностные знания вопросов билета и/или их примитивное изложение, не желание пользоваться ресурсами интернета, не умение анализировать современное состояние отрасли, науки и техники, делать умозаключения и выводы	Тест (менее 10) Экзаменационные вопросы (менее 15)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная учебная литература:

1. Муратова С.А. УМКД «Инженерная энзимология».- Мичуринск, 2026.
2. Краснюк И.И. Фармацевтическая технология. Технология лекарственных форм [Элек-тронный ресурс]: учеб. / И.И. Краснюк, Г.В. Михайлова, Л.И. Мурадова; под ред. И.И. Краснюка, Г.В. Михайловой – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 656 с. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970418055.html>

3. Орехов С.Н. Фармацевтическая биотехнология. Руководство к практическим занятиям [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С.Н. Орехов; под ред. В.А. Быкова, А.В. Катлинского – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 384 с. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970413036.html>

7.2 Дополнительная учебная литература:

1. БИОТЕХНОЛОГИЯ [Электронный ресурс] / О. Отис, Воронин // РУБЕЖ .— 2015 .— №6 (14) .— С. 125-129 .— Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/481763>

2. Скворцова, Н.Н. Основы биохимии и молекулярной биологии. Ч. I. Химические компоненты клетки: учебное пособие. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб.: НИУ ИТМО, 2016. — 154 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91337>

3. Якупов, Т. Р. Молекулярная биотехнология : учебник / Т. Р. Якупов, Т. Х. Фаизов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-5820-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145846>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.3. Методические указания по освоению дисциплины

1. Муратова С.А. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Инженерная энзимология», Мичуринск, 2026.

2. Муратова С.А. Методические указания по проведению практических занятий для обучающихся по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология для дисциплины «Инженерная энзимология». – Мичуринск, 2026.

7.4. Информационные и цифровые технологии (программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы)

Учебная дисциплина (модуль) предусматривает освоение информационных и цифровых технологий. Реализация цифровых технологий в образовательном пространстве является одной из важнейших целей образования, дающей возможность развивать конкурентоспособные качества обучающихся как будущих высококвалифицированных специалистов.

Цифровые технологии предусматривают развитие навыков эффективного решения задач профессионального, социального, личностного характера с использованием различных видов коммуникационных технологий. Освоение цифровых технологий в рамках данной дисциплины (модуля) ориентировано на способность безопасно и надлежащим образом получать доступ, управлять, интегрировать, обмениваться, оценивать и создавать информацию с помощью цифровых устройств и сетевых технологий. Формирование цифровой компетентности предполагает работу с данными, владение инструментами для коммуникации.

7.4.1. Электронно-библиотечная системы и базы данных

1. ООО «ЭБС ЛАНЬ» (<https://e.lanbook.com/>) (договор на оказание услуг от 01.09.2025 № б/н (Сетевая электронная библиотека).

2. База данных электронных информационных ресурсов ФГБНУ ЦНСХБ (договор по обеспечению доступа к электронным информационным ресурсам ФГБНУ ЦНСХБ через терминал удаленного доступа (ТУД ФГБНУ ЦНСХБ) от 01.12.2025 № 04-УТ/2025).

3. ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (<https://urait.ru/>) (договор на оказание услуг по предоставлению доступа к образовательной платформе ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» от 01.09.2025 № 7326).

4. Электронно-библиотечная система «Вернадский» (<https://vernadsky-lib.ru>) (договор на безвозмездное использование произведений от 26.03.2020 № 14/20/25).

5. База данных НЭБ «Национальная электронная библиотека» (<https://rusneb.ru/>) (договор о подключении к НЭБ и предоставлении доступа к объектам НЭБ от 02.09.2024 № 101/НЭБ/4712-п).

6. Договор о сотрудничестве по оказанию библиотечно-информационных и социокультурных услуг пользователям университета из числа инвалидов по зрению, слабовидящих, инвалидов других категорий с ограниченным доступом к информации, лиц, имеющих трудности с чтением плоскостпечатного текста ТОГБУК «Тамбовская областная универсальная научная библиотека им. А.С. Пушкина» Филиал «Специальная библиотека для слепых им. Н.А. Островского» (<https://www.tambovlib.ru>) (договор о сотрудничестве от 10.10.2024 № 0001).

7.4.2. Информационные справочные системы

1. Справочная правовая система КонсультантПлюс (договор поставки, адаптации и сопровождения экземпляров систем КонсультантПлюс от 24.02.2026 № 12760 /13900/ЭС).

2. Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ» (договор на услуги по сопровождению от 11.02.2026 № 194-01/2026).

7.4.3. Современные профессиональные базы данных

1. База данных нормативно-правовых актов информационно-образовательной программы «Росметод» (договор от 06.11.2025 № 505/2025)

2. База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU – российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования - <https://elibrary.ru/>

3. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru/>

4. Открытые данные Федеральной службы государственной статистики - <https://rosstat.gov.ru/opendata>

7.4.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

№	Наименование	Разработчик ПО (правообладатель)	Доступность (лицензионное, свободно распространяемое)	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)	Реквизиты подтверждающего документа (при наличии)
1	Microsoft Windows, Office Professional	Microsoft Corporation	Лицензионное	-	Лицензия от 04.06.2015 № 65291651 срок действия: бессрочно
2	Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security для бизнеса	АО «Лаборатория Касперского» (Россия)	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/366574/?sphrase_id=415165	Сублицензионный договор с ООО «Софтекс» от 17.12.2025 № 6/н, срок действия: с 18.12.2025 по 17.12.2026
3	МойОфис	ООО «Новые	Лицензионное	https://reestr.digital.g	Контракт с ООО

	Стандартный - Офисный пакет для работы с документами и почтой (myoffice.ru)	облачные технологии» (Россия)		ov.ru/reestr/301631/? sphrase_id=2698444	«Рубикон» от 24.04.2019 № 03641000008190000 12 срок действия: бессрочно
4	Офисный пакет «Р7-Офис» (десктопная версия)	АО «Р7»	Лицензионное	https://reestr.digital.g ov.ru/reestr/306668/? sphrase_id=4435041	Контракт с ООО «Софттекс» от 24.10.2023 № 03641000008230000 07 срок действия: бессрочно
5	Операционная система «Альт Образование»	ООО "Базальт свободное программное обеспечение"	Лицензионное	https://reestr.digital.g ov.ru/reestr/303262/? sphrase_id=4435015	Контракт с ООО «Софттекс» от 24.10.2023 № 03641000008230000 07 срок действия: бессрочно
6	Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат ВУЗ» (https://docs.antiplagia us.ru)	АО «Антиплагиат» (Россия)	Лицензионное	https://reestr.digital.g ov.ru/reestr/303350/? sphrase_id=2698186	Лицензионный договор с АО «Антиплагиат» от 16.05.2025 № 10567, срок действия: с 16.06.2025 по 15.06.2026
7	Acrobat Reader - просмотр документов PDF, DjVU	Adobe Systems	Свободно распространяем ое	-	-
8	Foxit Reader - просмотр документов PDF, DjVU	Foxit Corporation	Свободно распространяем ое	-	-

7.4.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. CDTOWiki: база знаний по цифровой трансформации <https://cdto.wiki/>
2. Официальный сайт министерства сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа:- <http://mcx.ru/>
3. Официальный сайт журнала "Биотехнология" [Электронный ресурс]. – Режим доступа:- "<http://www.biotechnology-journal.ru/>

7.5.6. Цифровые инструменты, применяемые в образовательном процессе

1. LMS-платформа Moodle
2. Виртуальная доска Миро: miro.com
3. Виртуальная доска SBoard <https://sboard.online>
4. Виртуальная доска Padlet: <https://ru.padlet.com>

5. Облачные сервисы: Яндекс.Диск, Облако Mail.ru
6. Сервисы опросов: Яндекс Формы, MyQuiz
7. Сервисы видеосвязи: Яндекс телемост, Webinar.ru
8. Сервис совместной работы над проектами для небольших групп Trello
<http://www.trello.com>

7.4.7. Цифровые технологии, применяемые при изучении дисциплины

№	Цифровые технологии	Виды учебной работы, выполняемые с применением цифровой технологии	Формируемые компетенции	ИДК
1.	Облачные технологии	Лекции Самостоятельная работа	УК-1	ИДК1 _{УК-1} ИДК3 _{УК-1}
2.	Большие данные	Лекции Самостоятельная работа	Ук-1	ИДК1 _{УК-1} ИДК3 _{УК-1}

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебная аудитория для самостоятельной работы (г. Мичуринск, ул. Интернациональная, дом № 101, 3/2396)	1. Доска классная (инв. № 2101063508) 2. Жалюзи (инв. № 2101062717) 3. Жалюзи (инв. № 2101062716) 4. Компьютер Celeron E3500, мат. плата ASUS, опер.память 2048Mb, монитор 19" АОС (инв.№ 2101045283, 2101045284, 2101045285) 5. Компьютер Pentium-4 (инв.№ 2101042569) 6. Моноблок iRU308 21.5 HD i3 3220/4Gb/500gb/GT630M 1Gb/DVDRW/MCR/DOS/WiFi/white/We b/ клавиатура, мышь (инв. № 21013400521, 21013400520) 7. Компьютер Dual Core E 6500 (инв.№ 1101047186) 8. Компьютер торнадо Core-2 (инв.№ 1101045116, 1101045118, 1101045117) 9. Экран на штативе (инв.№ 1101047182) Компьютерная техника подключена к сети «Интернет» и обеспечена доступом в ЭИОС университета.	1. Microsoft Windows XP,7 (лицензия от 31.12.2013 № 49413124, бессрочно). 2. Microsoft Office 2003, 2010 (лицензия от 04.06.2015 № 65291658, бессрочно). 3. AutoCAD Design Suite Ultimate (договор от 17.04.2015 № 110000940282); 4. nanoCAD (версия 5.1 локальная, образовательная лицензия, серийный номер NC50B-270716 лицензия действительна бессрочно, бесплатная). 5. Программный комплекс «АСТ-Тест Plus» (лицензионный договор от 18.10.2016 № Л-21/16). 6. ГИС MapInfo Professional 15.0 для Windows для учебных заведений (лицензионный договор от 18.12.2015 №123/2015-у)
---	--	---

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Инженерная энзимология» составлена согласно ФГОС ВО по направлению подготовки 19.03.01 – Биотехнология, (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ № 736 от 10.08.2021.

Автор:

профессор кафедры садоводства, биотехнологий и селекции с.-х культур, канд. биол. наук _____ С.А. Муратова

Рецензент: профессор кафедры
агрохимии, почвоведения и агроэкологии _____ Л.В. Бобрович.

Программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, биотехнологий и селекции семеноводства сельскохозяйственных культур (протокол № 9 от «18» апреля 2022 г.)

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Плодоовощного института им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 8 от «18» апреля 2022 г.)

Программа утверждена решением Учебно-методического совета университета протокол №8 от «21» апреля 2022 г.

Программа переработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, биотехнологий и селекции семеноводства сельскохозяйственных культур, протокол №10 от 13 июня 2023 г.

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии института фундаментальных и прикладных агробиотехнологий им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 11 от 19 июня 2023 г.).

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета (протокол № 10 от 22 июня 2023 г.).

Программа переработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, биотехнологии и селекции сельскохозяйственных культур (протокол № 11 от 3 мая 2024 г.).

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии института фундаментальных и прикладных агробиотехнологий им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 10 от 20 мая 2024 г.).

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета (протокол № 10 от 23 мая 2024 г.).

Программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур, протокол № 10 от 08 апреля 2025 г.

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии института фундаментальных и прикладных агробиотехнологий им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 8 от 21 апреля 2025 г.).

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета (протокол № 8 от 23 апреля 2025 г.).

Программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур, протокол № 10 от 10 апреля 2026 г.

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии института фундаментальных и прикладных агробиотехнологий им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 8 от 20 апреля 2026 г.).

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета (протокол № 7 от 22 апреля 2026 г.).

Оригинал документа хранится на кафедре садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур