

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой ТТПП  
\_\_\_\_\_ В.Г. Попов

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины: Моделирование биотехнологических процессов

направление подготовки: 19.04.01 Биотехнология

направленность (профиль): Биотехнология

форма обучения: очная

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры Товароведения и технологии продуктов питания  
Протокол № 2/1 от 24.09.2024

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель: формирование навыков выполнения организационно-технических, экспериментально-исследовательских и проектно-конструкторских видов профессиональной деятельности, связанных с автоматизированным проектированием современных, надежных и высокоэффективных машин и аппаратов; содействие знакомству студентов с различными вариантами компьютерного моделирования биотехнологических систем, а также их использование.

Задачи:

- ознакомление с современными компьютерными технологиями, принципами системного подхода при проектировании промышленных предприятий;
- изучение основ программного и аппаратного обеспечения компьютерной графики, систем автоматизированного проектирования автоматизированной технологической подготовки производства, автоматизации инженерного анализа, автоматизированных научных исследований, автоматизированных средств движения товаров и сопровождения документации;
- освоение автоматизированных систем, инструментальных средств и языков программирования систем автоматизированного проектирования;
- приобретение навыков использования компьютера в научных исследованиях, при создании и сопровождении бизнес проектов.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к части формируемой участниками образовательных отношений учебной программы.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

**знание** – основные направления исследований;

**умение** - использовать современные информационные технологии на биотехнологическом производстве, в том числе базы данных и пакеты прикладных программ; использовать современные системы для автоматизированного проектирования;

**владение** - методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при проектировании; методиками исследования и навыками анализа результатов эксперимента.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплины «Биохимические основы биотехнологических процессов», «Методы извлечения биологически активных веществ из растительного сырья» и служит основой для освоения преддипломной практики.

### 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине
ОПК-2 Способен использовать специализированное программное обеспечение, базы данных, адаптировать известные программные продукты, элементы искусственного интеллекта для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1. Использует знания о процессах, методах поиске, хранении, обработки, представлении, распространении информации и способах осуществления информационных технологий	Знать: З1 основы организации и управления процессами обработки информационных технологий
		Уметь: У1 разработка и оценка эффективности исследования на предприятии
	ОПК-2.3. Демонстрирует навыки применения современных информационно-коммуникационных	Владеть: В1 навыками применения новейших достижений техники и технологии в своей научно-исследовательской деятельности по исследованию сырья
		Знать: З1 оценку результатов исследований предприятия по критериям и показателям с использованием информационных технологий

		Уметь: У1 разработка и оценка эффективности исследования на предприятии с помощью информационных технологий
		Владеть: В1 навыками применения новейших достижений техники и технологии в своей научно-исследовательской деятельности по исследованию сырья
ОПК-7 Способен представлять результаты профессиональной деятельности на русском и иностранном языках в виде научных докладов, отчетов, обзоров и публикаций с использованием современных информационных технологий	ОПК-7.2 Демонстрирует навыки оформления и представления результатов профессиональной деятельности в виде научных докладов, отчетов, обзоров и публикаций с использованием современных информационных технологий	Знать: З1 основы организации и управления процессами обработки информационных технологий
		Уметь: У1 разработка и оценка эффективности исследования на предприятии
		Владеть: В1 навыками предоставления новейших достижений техники и технологии в своей научно-исследовательской деятельности

#### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 8 зачетных единицы, 288 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Контроль	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			
очная	2/3	30	40	-	38	-	зачет
очная	2/4	50	50	-	44	36	экзамен

#### 5. Структура и содержание дисциплины

##### 5.1. Структура дисциплины.

##### Очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, час			СРС, час.	Всего, час	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
3 семестр									
1	1	Клеточная популяция как объект для моделирования в биотехнологии	10	10	-	18	38	ОПК-2.1	вопросы к опросу №1
2	2	Моделирование экспоненциальной фазы роста клеточных культур	10	20	-	10	40	ОПК-2.1	вопросы к опросу №2
								ОПК-2.3	отчет по практическим работам № 1,2,3
3	3	Моделирование	10	10	-	10	30	ОПК-7.2	вопросы к опросу №3

		процессы ингибирования и активации клеточного роста микроорганизмов в биотехнологических процессах						ОПК-2.3	отчет по практическим работам № 4,5,6
4	Зачет		-	-	-	-	-	ОПК-2.1	вопросы к опросу
								ОПК-2.3	вопросы к опросу
								ОПК-7.2	вопросы к опросу
<b>Итого:</b>			<b>30</b>	<b>40</b>	<b>-</b>	<b>38</b>	<b>108</b>		
4 семестр									
5	4	Неструктурированные и структурированные модели кинетики клеточного роста	20	20	-	14	54	ОПК-2.1	отчет по практическим работам № 7,8
								ОПК-2.3	вопросы к опросу №4
6	5	Кинетика образования популяциями клеток продуктов метаболизма	20	20	-	10	30	ОПК-7.2	отчет по практическим работам № 9,10
								ОПК-2.3	Вопросы к опросу №5
7	6	Генетически структурированные модели кинетики образования продуктов жизнедеятельности клеток	10	10	-	20	40	ОПК-7.2	отчет по практическим работам № 11,12.
								ОПК-2.3	Вопросы к опросу №6
8	Экзамен		-	-	-	-	36	ОПК-2.1	вопросы к экзамену
								ОПК-2.3	вопросы к экзамену
								ОПК-7.2	вопросы к экзамену
<b>Итого:</b>			<b>50</b>	<b>50</b>	<b>-</b>	<b>44</b>	<b>180</b>		
<b>Итого за 2 семестра</b>			<b>80</b>	<b>90</b>	<b>-</b>	<b>82</b>	<b>288</b>		

## 5.2 Содержание дисциплины.

### 5.2.1 Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы).

Раздел 1. Фазы развития клеточных культур. Общие принципы моделирования популяции микроорганизмов. Способы описания кинетики роста популяции микроорганизмов. Способы культивирования микроорганизмов. Идеальные реакторы для изучения кинетики клеточного роста: идеальный реактор периодического действия и идеальный реактор с полным перемешиванием.

Раздел 2. Кинетика сбалансированного роста. Уравнение Моно для моделирования кинетики клеточного роста. Зависимость клеточного роста от скорости разведения. Графическое определение

параметров клеточной культуры.

Раздел 3. Определение типа ингибирования. Влияние эндогенного метаболизма и метаболизма поддержания на кинетику клеточного роста. Уравнения кинетики клеточного роста. Зависимость удельной скорости роста от концентрации одного продукта метаболизма. Многофакторные зависимости. Влияние других параметров на кинетику клеточного роста.

Раздел 4. Неструктурированные модели клеточного роста в периодических процессах: построение логарифмической кривой. Рост филаментозных микроорганизмов. Структурированные модели клеточного роста: общие принципы построения. Компарментальные модели. Метаболические модели.

Раздел 5. Неструктурированные модели кинетики образования продуктов метаболизма. Химически структурированные модели кинетики образования продуктов жизнедеятельности клеток.

Раздел 6. Генетически структурированные модели кинетики образования продуктов жизнедеятельности клеток. Кинетика образования продуктов метаболизма филаментозными микроорганизмами.

#### 5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

##### Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема лекции
		ОФО	
3 семестр			
1	1	10	Моделируемый объект – клеточная популяция. Фазы развития клеточных культур. Общие принципы моделирования популяции микроорганизмов.
2	2	10	Кинетика сбалансированного роста. Уравнение Моно для моделирования кинетики клеточного роста.
	2	10	Зависимость клеточного роста от скорости разведения. Графическое определение параметров клеточной культуры
4 семестр			
3	3	10	Определение типа ингибирования. Уравнения кинетики клеточного роста.
	3	10	Зависимость удельной скорости роста от концентрации одного продукта метаболизма. Многофакторные зависимости.
4	4	20	Неструктурированные модели клеточного роста в периодических процессах: построение логарифмической кривой. Рост филаментозных микроорганизмов. Структурированные модели клеточного роста: общие принципы построения. Компарментальные модели. Метаболические модели
5	5	10	Генетически структурированные модели кинетики образования продуктов жизнедеятельности клеток. Кинетика образования продуктов метаболизма филаментозными микроорганизмами
<b>Итого:</b>		<b>80</b>	

## Практические работы

Таблица 5.2.2

№п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема лекции
		ОФО	
3 семестр			
1	1	6	Моделирование кинетики ферментативных реакций
2	2	8	Моделирование процесса периодического культивирования микроорганизмов
3	2	5	Моделирование процесса культивирования микроорганизмов в хемостате
4	2	6	Моделирование ферментативного гидролиза крахмала при осахаривания разваренной массы в производстве спирта
5	3	8	Оптимизация процесса приготовления питательной среды (на примере пивного суслу)
6	3	7	Оптимизация питательной среды для культивирования пекарских дрожжей
4 семестр			
7	4	10	Анализ результатов биотехнологического эксперимента.
8	5	10	Постановка задачи оптимизации.
9	6	10	Общие приемы поиска оптимального значения критерия оптимизации
10	6	10	Способы решения задач оптимизации
11	6	5	Метод Бокса в решении задач оптимизации
12	7	5	Составление уравнения регрессии, описывающего биотехнологический процесс
<b>Итого:</b>		<b>90</b>	

*Лабораторные работы - учебным планом не предусмотрены*

### Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.4

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема	Вид СРС
		ОФО		
1	1-5	5	Проработка теоретического материала (работа с конспектом лекций, учебником, учебными пособиями, другими источниками)	Устный опрос, защита практической работы № 1
2	1-5	7	Подготовка к практическим занятиям, включая подготовку к контрольным опросам, подготовку отчетов по практическим занятиям	Проверочная работа (тест, устный опрос), защита практических работ №№ 2-4
3	1-5	7	Проработка теоретического материала (работа с конспектом лекций, учебником, учебными	Проверочная работа (тест, устный опрос), защита практических работ № 5-6

			пособиями, другими источниками)	
4	1-5	14	Проработка теоретического материала (работа с конспектом лекций, учебником, учебными пособиями, другими источниками) Подготовка к практическим занятиям, включая подготовку к контрольным опросам, подготовку отчетов по практическим занятиям	Проверочная работа (тест, устный опрос), защита практической работы № 7,8,9
5	1-5	9	Проработка теоретического материала (работа с конспектом лекций, учебником, учебными пособиями, другими источниками) Подготовка к практическим занятиям, включая подготовку к контрольным опросам, подготовку отчетов по практическим занятиям	Проверочная работа (тест, устный опрос), защита практической работы № 10,11,12
		40	Выполнение курсовой работы	
<b>Итого:</b>		<b>82</b>		

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационно – коммуникационная технология (лекция-визуализация); проблемная технология (решение практико-ориентированных задач).

## 6. Тематика курсовых работ/проектов

1. Моделирование процесса сбраживания виноградного суслу при следующих условиях.
2. Моделирование процесса сбраживания пивного суслу при следующих условиях.
3. Моделирование процесса сбраживания суслу при следующих условиях.
4. Моделирование процесса молочнокислого брожения.
5. Моделирование процесса уксуснокислого брожения.

Условия выдаются персонального каждому магистранту с учетом темы разрабатываемой НИР. Пример: Изучить влияние на параметр оптимизации  $Y$ , в качестве которого выбрана концентрация дрожжевых клеток *Saccharomyces bayanus* в культуральной жидкости при брожении виноградного суслу, следующих факторов: 1) Концентрация глюкозы в питательной среде, % (фактор  $X_1$ ); 2) Концентрация в питательной среде растворенного кислорода, мг/дм<sup>3</sup> (фактор  $X_2$ ); 3) Продолжительность культивирования, час (фактор  $X_3$ ) и т.д.

## 7. Контрольные работы

*Контрольные работы учебным планом не предусмотрены*

## 8. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№	Виды мероприятий текущего контроля	Баллы
1	Работа на лекциях	5
2	Выполнение и защита практических работ	10
3	Устный опрос 1 аттестация	15
<b>ИТОГО за первую текущую аттестацию:</b>		<b>0-30</b>
4	Работа на лекциях	5
5	Выполнение и защита лабораторных работ	10
6	Устный опрос 2 аттестация	15
<b>ИТОГО за вторую текущую аттестацию:</b>		<b>0-30</b>
7	Работа на лекциях	5
8	Выполнение и защита лабораторных работ	20
9	Устный опрос 3 аттестация	15
<b>ИТОГО за третью текущую аттестацию:</b>		<b>0-40</b>
<b>ВСЕГО:</b>		<b>100</b>

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование информационных ресурсов	Ссылка
1	Сайт ФГБОУ ВО ТИУ	<a href="https://www.tyuiu.ru/">https://www.tyuiu.ru/</a>
2	Система поддержки учебного процесса Educon	<a href="https://educon2.tyuiu.ru/">https://educon2.tyuiu.ru/</a>
3	Электронный каталог Библиотечно-издательского комплекса	<a href="http://webirbis.tyuiu.ru/">http://webirbis.tyuiu.ru/</a>
4	Электронная библиотечная система eLib	<a href="http://elib.tyuiu.ru/">http://elib.tyuiu.ru/</a>
5	Веб интерфейс для веб конференций	<a href="https://bigbb.tyuiu.ru/b/">https://bigbb.tyuiu.ru/b/</a>

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:

- Microsoft Office Professional Plus; Microsoft Windows

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

### Обеспеченность материально-технических условий реализации ОПОП ВО

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин, практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	«Моделирование биотехнологических процессов»	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: столы - 29 шт., стулья - 58 шт., моноблок - 1 шт., проектор - 1 шт., документ-камера - 1 шт., колонки - 4 шт., экран - 1 шт., телевизор - 2 шт., доска мобильная - 1 шт.	625039, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 70, аудитория 710 (106,3 кв. м., №3, 7 этаж)

	<p>Компьютерные классы для проведения занятий семинарского типа (лабораторные занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточных аттестаций:  Основное оборудование: столы – 24 шт., стулья – 48 шт., доска аудиторная – 1 шт., компьютер в комплекте – 24 шт.</p>	<p>625039, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72, аудитория 205  (63,9 кв. м., №20, 2 этаж)</p>
	<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.  Основное оборудование: столы – 9 шт., стулья – 13 шт., подъемно-поворотные стулья-5 шт., доска аудиторная – 1 шт., моноблок – 5 шт.</p>	<p>625039, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 70, аудитория №1117  (40,5 кв. м., №39, 11 этаж)</p>
	<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.  Основное оборудование: столы –6 шт., стулья – 20 шт., компьютерные столы-5 шт., подъемно-поворотные стулья-2 шт., доска аудиторная – 1 шт., моноблок – 1 шт.</p>	<p>625039, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72, аудитория 166  (41,7 кв. м., №110, 1 этаж)</p>

## **11. Методические указания по организации СРС**

### 11.1 Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

В процессе практических занятий студенты самостоятельно изучают отдельные разделы программы дисциплины. Наряду с этим студенты самостоятельно под руководством преподавателя проводят работы по методикам, предложенным преподавателем.

### 11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в получении заданий (тем) у преподавателя для индивидуального освоения. Преподаватель на занятии дает рекомендации необходимые для освоения материала.

**Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания**

Дисциплина: Моделирование биотехнологических процессов

Код, направление подготовки 19.04.01 Биотехнология

Направленность (профиль): Биотехнология

Код компетенции	Код, наименование ИДК	Код и наименование результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
ОПК-2	ОПК-2.1. Использует знания о процессах, методах поиске, хранении, обработки, представлении, распространении информации способами осуществления информационных технологий	Знать: З1 основы организации и управления процессами обработки информационных технологий	Не демонстрирует знание указанных вопросов	Частично демонстрирует знание указанных вопросов, допуская незначительные ошибки	Демонстрирует достаточные знания указанных вопросов	Демонстрирует достаточные знания указанных вопросов, четко объясняя все нюансы и особенности
		Уметь: У1 разработка и оценка эффективности исследования на предприятии	Не демонстрирует указанные умения	Частично демонстрирует указанные умения, допуская незначительные ошибки	В достаточной мере демонстрирует указанные умения	Демонстрирует указанные умения со знанием дополнительного материала
		Владеть: В1 навыками применения новейших достижений техники и технологии в своей научно-исследовательской деятельности по исследованию сырья	Не демонстрирует владение указанными навыками	Частично демонстрирует владение указанными навыками, допуская незначительные ошибки	В достаточной мере демонстрирует владение указанными навыками	Демонстрирует владение указанными навыками, быстро и с использованием оптимальных способов выполнения поставленной задачи
		Знать: З1 оценку результатов исследований предприятия по критериям и показателям с использованием информационных технологий	Не демонстрирует знание указанных вопросов	Частично демонстрирует знание указанных вопросов, допуская незначительные ошибки	Демонстрирует достаточные знания указанных вопросов	Демонстрирует достаточные знания указанных вопросов, четко объясняя все нюансы и особенности

	коммуникационных	Уметь: У1 разработка и оценка эффективности исследования на предприятии с помощью информационных технологий	Не демонстрирует указанные умения	Частично демонстрирует указанные умения, допуская незначительные ошибки	В достаточной мере демонстрирует указанные умения	Демонстрирует указанные умения со знанием дополнительного материала
		Владеть: В1 навыками применения новейших достижений техники и технологии в своей научно-исследовательской деятельности по исследованию сырья .	Не демонстрирует владение указанными навыками	Частично демонстрирует владение указанными навыками, допуская незначительные ошибки	В достаточной мере демонстрирует владение указанными навыками	Демонстрирует владение указанными навыками, быстро и с использованием оптимальных способов выполнения поставленной задачи
ОПК-7	ОПК-7.2 Демонстрирует навыки оформления и представления результатов профессиональной деятельности в виде научных докладов, отчетов, обзоров и публикаций с использованием современных информационных технологий	Знать: З1 основы организации и управления процессами обработки информационных технологий	Не демонстрирует знание указанных вопросов	Частично демонстрирует знание указанных вопросов, допуская незначительные ошибки	Демонстрирует достаточные знания указанных вопросов	Демонстрирует достаточные знания указанных вопросов, четко объясняя все нюансы и особенности
		Уметь: У1 разработка и оценка эффективности исследования на предприятии	Не демонстрирует указанные умения	Частично демонстрирует указанные умения, допуская незначительные ошибки	В достаточной мере демонстрирует указанные умения	Демонстрирует указанные умения со знанием дополнительного материала

		<p>Владеть: В1 навыками предоставления новейших достижений техники и технологии в своей научно-исследовательской деятельности</p>	<p>Не демонстрирует владение указанными навыками</p>	<p>Частично демонстрирует владение указанными навыками, допуская незначительные ошибки</p>	<p>В достаточной мере демонстрирует владение указанными навыками</p>	<p>Демонстрирует владение указанными навыками, быстро и с использованием оптимальных способов выполнения поставленной задачи</p>
--	--	---	--	--	--	--

**КАРТА****обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой**

Дисциплина: Моделирование биотехнологических процессов

Код, направление подготовки 19.04.01 Биотехнология

Направленность (профиль): Биотехнология

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Смирнов, Г. В. Моделирование и оптимизация объектов и процессов : учебное пособие / Г. В. Смирнов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. - 216 с. - URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/72047.html">http://www.iprbookshop.ru/72047.html</a> . - Режим доступа: для автор. пользователей. - ЭБС "IPR BOOKS". - ~Б. ц. - Текст : электронный.	ЭР	25	100	+
2	Мухутдинов, А. Р. Основы моделирования и оптимизации материалов и процессов в Microsoft Excel : учебное пособие / А. Р. Мухутдинов, З. Р. Вахидова, М. Р. Файзуллина. - Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. - 172 с. - URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/96541.html">http://www.iprbookshop.ru/96541.html</a> . - Режим доступа: для автор. пользователей. - ЭБС "IPR BOOKS". - ISBN 978-5-7882-2216-5 : ~Б. ц. - Текст : непосредственный.	ЭР	25	100	+