

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной (135)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №16 от 18 мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОТЕХНОЛОГИИ»

Направление: 19.03.01 Биотехнология

Промышленная биотехнология

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Тигунцева Надежда Павловна
Дата подписания: 30.05.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Евстафьев Сергей
Николаевич
Дата подписания: 01.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Лозовая Татьяна
Сергеевна
Дата подписания: 01.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Моделирование в биотехнологии» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-7 Способность к организации и проведению научных исследований; к обработке и анализу результатов научных исследований в сфере биотехнологии	ПКС-7.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-7.1	Применяет математические методы и основы математического моделирования для решения практических задач в биотехнологии	Знать методы математического моделирования и оптимизации биотехнологических процессов; современные технологии сбора информации, обработки и интерпретации полученных экспериментальных и эмпирических данных Уметь находить оптимальные решения биотехнологических задач с помощью ЭВМ Владеть методами математического моделирования и оптимизации биотехнологических процессов

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Моделирование в биотехнологии» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Основы биотехнологии», «Культивирование продуцентов», «Научные исследования в биотехнологии», «Химия биотехнологического сырья и целевых продуктов»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Выделение и очистка целевых продуктов», «Зообиотехнология», «Фитобиотехнология», «Организация производства по GMP»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	16	16

лабораторные работы	32	32
практические/семинарские занятия	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	60	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Курсовая работа	Экзамен, Курсовая работа

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Моделирование как современный метод исследования биотехнологическ их процессов	1	2	1	4			1, 3	17	Устный опрос
2	Математическое моделирование	2	2	2	2			3, 4	5	Устный опрос
3	Типовые модели биотехнологическ их процессов	3	4	3	3			3, 4	5	Устный опрос
4	Работа с электронными таблицамиExcel для оценки и обработки результатов исследований	4	1	4	4			3, 4	6	
5	Планирование эксперимента для составления математической модели биотехнологическ ого процесса	5	3	5	3			3, 4	6	Устный опрос
6	Методы математической статистики в биотехнологии	6	2	6	3			3, 4	6	Устный опрос
7	Компьютерное моделирование и оптимизация биотехнологическ их процессов	7	2	7, 8, 9	13			2, 3, 4	15	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен, Курсовая работа

	Всего		16		32			96	
--	-------	--	----	--	----	--	--	----	--

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Моделирование как современный метод исследования биотехнологических процессов	Методами компьютерного моделирования пользуются специалисты практически всех отраслей и областей науки и техники, поскольку с их помощью можно прогнозировать и даже имитировать явления, события или проектируемые предметы в заранее заданных параметрах. Методы моделирования играют большую роль в интенсификации научных исследований и технического прогресса, так как позволяют получить количественную оценку предполагаемых технических решений наиболее экономичными способами. Прогнозировать развитие биотехнологии можно только путем замены исходного биотехнологического объекта его «образом»– математической моделью. Создание математической модели технологического процесса возможно по экспериментальным данным, для чего необходимо первоначально провести материальное моделирование– создать физическую модель процесса (активный эксперимент) или изучить данные биотехнологического процесса на оригинале(пассивный эксперимент). Также математическую модель можно построить методами аналогового моделирования.
2	Математическое моделирование	Математическое моделирование это приближенное описание какого-либо класса явлений или объектов реального мира на языке математики. Математическое моделирование и связанный с ним компьютерный эксперимент незаменимо в тех случаях, когда натурный эксперимент невозможен или затруднен по тем или иным причинам. Математическое описание биотехнического процесса– это совокупность различных таблиц, графиков, математических формул, отражающих соотношения между параметрами процесса и выбранным критерием качества продукта, процесса, машины, аппарата и системы управления.
3	Типовые модели биотехнологических процессов	В машинах и аппаратах биотехнологических производств происходят различные явления, отражающие механическое перемещение потоков, процессы переноса массы и энергии, а также

		химические и биохимические превращения. Для описания этих явлений применяются типовые унифицированные стандартные формы. В настоящее время установлено несколько стандартных форм описания гидродинамических потоков, в основу которых положены приближенные представления о внутренней структуре различных потоков. Типовые математические модели имеют одинаковые стандартные характеристики и поэтому все многообразие потоков, возникающих в различных аппаратах, может быть представлено несколькими типовыми моделями.
4	Работа с электронными таблицами Excel для оценки и обработки результатов исследований	Результативность компьютерной модели в значительной степени определяется качеством используемого программного. Основные требования, обеспечения, предъявляемые к программам – это простота ввода и корректировки исходных данных, а также визуализация (наглядность) результатов счета. В процессе выполнения научных исследований часто приходится иметь дело с различными результатами, которые представляют исследований в виде таблиц. Автоматизация табличных расчетов во много раз повышает эффективность и качество работы. Компьютерные программы, предназначенные для хранения и обработки данных представленных в табличном виде, называют электронными таблицами. Одним из самых популярных средств управления электронными таблицами является программа Microsoft Excel.
5	Планирование эксперимента для составления математической модели биотехнологического процесса	Для исследования биотехнологических процессов и установления количественных связей между показателями качества процессов и определяющими факторами широко используют математические описания, полученные на основе экспериментальных данных по различным планам. Однофакторный эксперимент не дает возможности выявить оптимальные биотехнологического процесса значения выходного параметра с учетом взаимодействия двух и более факторов и поэтому имеет ограниченное применение. В большинстве случаев процессы, происходящие в биотехнологии, являются сложными. Это выражается в том, что на процесс влияет целая группа факторов, такие влияния называют многофакторными.
6	Методы математической статистики в	Обработка экспериментальных данных проводится с помощью методов математической статистики и включает в себя расчет, как минимум, следующих

	биотехнологии	статистических величин: средняя арифметическая; среднеквадратичное отклонение результата; стандартное отклонение среднеарифметической или ошибка средней арифметической; достоверность средней арифметической; доверительная ошибка оценки измеряемой величины. Инструмент анализа данных Excel. Описательная статистика. Чем больше характеристик распределения случайной величины нам известно, тем точнее мы можем судить об описываемых ею процессов. Описательная статистика автоматически вычисляет наиболее широко используемые в практическом анализе характеристики распределений. При этом значения могут быть определены сразу для нескольких исследуемых переменных. Результатом выполнения описательной статистики будет формирование отдельного листа, содержащего вычисленные характеристики описательной статистики для исследуемых переменных.
7	Компьютерное моделирование и оптимизация биотехнологических процессов	Задача поиска оптимального решения математически сформулирована в том случае, если записана функция оптимальности и область допустимых решений (ограничения). Это позволяет найти оптимальное решение (оптимизировать процесс), т. е. определить, при каких условиях должен проходить технологический процесс, чтобы обеспечить наилучшее качество продукта, наименьший расход энергии, наибольшую прибыль и т. д. При проектировании биотехнологических предприятий этот принцип является основополагающим, что позволяет наращивать выпуск продуктов питания и снижать затраты на производство продукции. Для оптимизации, как отдельных технологических операций, так и технологий в целом, в настоящее время широко используются методы моделирования, как инструмент изучения поведения объекта с помощью его математического описания. Задача поиска оптимального решения математически сформулирована в том случае, если записана функция оптимальности и область допустимых решений (ограничения), то это позволяет найти оптимальное решение (оптимизировать процесс), т. е. определить, при каких условиях должен проходить биотехнологический процесс, чтобы обеспечить наилучшее качество продукта, наименьший расход энергии, наибольшую прибыль и т.д.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 6

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Компьютерное моделирование молекулярных структур в биотехнологии с помощью онлайн ресурса ximuk.ru	4
2	Оценка качества регрессионных моделей технологических объектов	2
3	Моделирование кинетики химических реакций в биореакторе	3
4	Статистическая обработка данных биотехнологических исследований в программе «Excel»	4
5	Математическое моделирование и оптимизация условий культивирования микроорганизмов на основе многофакторного эксперимента	3
6	Оценка вариабельности биотехнологических показателей в программе «Excel»	3
7	Оптимизация питательной среды для <i>Clostridium acetobutylicum</i> методом математического планирования	3
8	Оптимизация производственной программы биотехнологических продуктов	2
9	Моделирование биохимической кинетики потребления субстрата микроорганизмами в MS Excel с применением VBA	8

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	15
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	10
3	Подготовка к экзамену	15
4	Создание математических и графических моделей процессов	20

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссии, компьютерные симуляции

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Задание на курсовую работу по дисциплине «Моделирование в биотехнологии» выдается руководителем на 3 курсе в начале 6 семестра; тема работы – «Моделирование производственной программы биотехнологического производства».

В рамках курсовой работы требуется:

1. Оптимизировать состав питательных сред:

- для актиномицетов, продуцирующих антибиотики, — подобрать компоненты среды для максимального выхода целевого продукта с учётом лимитирующих факторов (углерод, азот, микроэлементы);
- для дрожжевых культур — определить соотношения компонентов, обеспечивающих интенсивный рост биомассы.

2. Построить математические модели зависимости выхода продукта от состава среды (например, с применением регрессионных моделей) и рассчитать оптимальные концентрации ключевых компонентов.

3. На основе оптимизированных параметров смоделировать и оптимизировать производственную программу предприятия по выпуску антибиотиков и дрожжевых препаратов.

4. Сформулировать выводы.

Моделирование процессов и расчет на ЭВМ [Электронный ресурс] : методические указания по подготовке к курсовой работе для студентов направления подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» / Иркутск : ИРНИТУ, 2018.— 18 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Лабораторные работы направлены на обучение бакалавров практическому применению теоретического материала и развитие у них навыков лабораторного экспериментирования. Ход работы (при выполнении лабораторной работы)

1. Познакомиться с теоретическими основами, лежащими в каждой лабораторной работе, а также понять принцип выполнения работ.

2. Выполнить расчеты, указанные в методических указаниях по выполнению лабораторных работ.

3. Если предусмотрена устная защита лабораторной работы, то до обучающихся доводится

перечень вопросов, выносимых на защиту; во время защиты, обучающиеся должны объяснить полученные результаты отмеченные преподавателем и ответить на его вопросы.

Рекомендации по выполнению:

На лабораторных занятиях бакалавры обсуждают практические вопросы, затронутые в лекционном курсе, углубляют и систематизируют знания, полученные при прослушивании лекций и ознакомлении с материалами учебной литературы, получают дополнительную теоретическую информацию. В соответствии с этим, подготовка к лабораторным занятиям складывается из изучения материалов лекций и учебной и справочной литературы, подготовки лабораторных материалов и защита выполненных работ.

Франтенко В. К. Моделирование в пищевом производстве: лабораторный практикум / В.К. Франтенко, Г. С. Гусакова, 2017.- 85 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Самостоятельная работа проводится с целью закрепления и углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие элементы:

Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)

Обучающийся должен:

1. При подготовке к выполнению лабораторных работ изучить конспект лекций, ознакомиться с объемом и учебной целью лабораторной работы.
2. При выполнении лабораторной работы изучить объем, последовательность выполнения работы и продумать порядок своих действий; изучить технические условия для выполнения каждой работы;
3. При выполнении лабораторной работы следовать указаниям преподавателя
Моделирование процессов и расчет на ЭВМ [Электронный ресурс] : методические указания по самостоятельной работе для студентов направления подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» / Иркутск: ИРНИТУ, 2018.— 53 с.

Создание математических и графических моделей процессов

Цель: расширение и углубление теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины.

Рекомендации по выполнению:

1. Выбрать биотехнологический процесс (рост микроорганизмов, потребление субстрата и т.д.).
2. Собрать экспериментальные данные (см. научные статьи): концентрации X (биомассы), S (субстрата), P (продукта) во времени + условия среды (рН, температура и т.д.).
3. Подобрать математическую модель (например, уравнение Моно).
4. Рассчитать параметры модели в Excel.
5. Проверить адекватность модели: сравнить расчёт с экспериментом.
6. Построить графики зависимости экспериментальных данных.
7. Проанализировать результаты: объяснить параметры, найти ограничения модели, предложить способы оптимизации процесса.
8. Оформить отчёт: цель, задачи, модель, данные, графики, выводы.

Инструменты: MS Excel (с VBA).

Написание курсового проекта (работы)

Курсовая работа — одна из важных форм обучения студента. В процессе ее выполнения студент применяет теоретические знания на практике, осваивает методы сбора и обработки данных, учится работать с литературой, развивает навыки анализа, обобщения и формулирования выводов. Работа должна быть выполнена лично студентом и представлять собой законченную разработку по выбранной теме. Структура курсовой работы включает: введение, в котором должна быть обоснована актуальность избранной темы, показано ее теоретическое и практическое значение. Во введении формулируются цели и задачи. Затем идет написание основной части (по подразделам). Далее проводится анализ результатов и формулируются выводы. В завершении работы должен быть приведен список литературы, включающий только те источники, которые были использованы автором при написании работы. При использовании материалов сети Internet должен быть указан полный URL адрес источника и дату обращения.

Подготовка к экзамену

Экзамен по дисциплине – аттестационное испытание, которое служит формой проверки успешного выполнения студентом лабораторных, контрольных работ и оценки полноты и прочности знаний, а также сформированности умений и навыков. Проводится в виде собеседования по билетам по темам, рассмотренным при изучении дисциплины.

Главная задача состоит в том, чтобы у студента в результате подготовки к экзамену из отдельных сведений и деталей составилось представление об общем содержании соответствующей дисциплины, стала понятной методика предмета, его система. Готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, в лабораториях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы курса, требующие внимательного изучения и обдумывания. Безусловно, вопросы, которые вызывают особые затруднения, необходимо проработать в процессе консультации с преподавателем. Подготовка не должна ограничиваться чтением лекционных записей. Поэтому конспект лекций требует дополнительной обработки на основе использования учебников и рекомендованной литературы. К экзамену допускается студент, выполнивший предусмотренных планом все лабораторные работы.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 6 | Устный опрос

Описание процедуры.

Устный опрос даёт возможность выполнить несколько задач одновременно. Преподаватель опрашивает и производит оценку проверяемых знаний и корректирует ответы, направляет, а также исправляет ошибки. При таком виде контроля текущей успеваемости происходит закрепление пройденного материала.

Тема (раздел): Моделирование как современный метод исследования биотехнологических процессов.

Вопросы для контроля:

1. Дайте определение процессу моделирования, приведите понятие модели.
2. Сформулируйте основные требования к процессу моделирования.
3. Приведите классификацию методов построения математической модели.

Тема (раздел): Математическое моделирование.

Вопросы для контроля:

1. Что такое математическое моделирование? Перечислите методы исследования математического описания.
2. Что означает адекватность математической модели? Какие два свойства обеспечивают её?
3. Перечислите достоинства и недостатки математической модели
4. Какие виды погрешностей могут возникать при математическом моделировании?

Тема (раздел): Типовые модели биотехнологических процессов.

Вопросы для контроля:

1. Какие процессы лежат в основе математического моделирования биотехнологических систем? Приведите примеры.
2. Что такое модель «чёрного ящика» в контексте моделирования биотехнологических процессов и какие кинетические характеристики она учитывает? Что задаётся на входе и на выходе такой модели?
3. Какие кинетические модели используют для описания биотехнологических процессов?

Кратко охарактеризуйте особенность каждой.

4. Перечислите основные принципы классификации биореакторов. Кратко их охарактеризуйте.

5. Опишите стратегию построения математической модели биореактора, указав основные блоки, которые она включает.

Тема (раздел): Планирование эксперимента для составления математической модели биотехнологического процесса.

Вопросы для контроля:

1. В чем заключается планирование эксперимента?

2. Что называют факторами и откликом в планировании эксперимента? Перечислите типы факторов в эксперименте.

3. Что такое уровни фактора? Назовите и кратко их охарактеризуйте

4. Что понимается под интервалом варьирования фактора? Зачем проводят кодирование уровней факторов?

5. Что такое полный факторный эксперимент (ПФЭ)? Перечислите основные этапы проведения полного факторного эксперимента.

6. Что представляет собой матрица планирования в ПФЭ? В каких значениях она может быть построена?

Тема (раздел): Методы математической статистики в биотехнологии.

Вопросы для контроля:

1. Что такое статистическая совокупность? Чем однородная совокупность отличается от разнородной?

2. Какие два основных типа признаков выделяют в статистике?

3. Что представляет собой статистический показатель? Назовите два основных вида и кратко поясните их значение.

4. Перечислите три группы методов, входящих в метод статистики.

Тема (раздел): Компьютерное моделирование и оптимизация биотехнологических процессов. Вопросы для контроля:

1. Что такое критерий оптимальности в задачах оптимизации производственной программы?

2. Что представляет собой целевая функция в оптимизационных задачах? Как она связана с критерием оптимальности?

3. Что такое оптимизирующие параметры в контексте оптимизации производственной программы?

4. Перечислите основные показатели производственной программы.

Критерии оценивания.

Всестороннее, систематическое и достаточно глубокое знание теоретического материала, свободное выполнение заданий, предусмотренные программой, умение применять методы математического моделирования и оптимизации биотехнологических процессов.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания
---	----------------------------	-------------------------------------

		промежуточной аттестации
ПКС-7.1	Способен применять методы математического моделирования и оптимизации биотехнологических процессов	Устный опрос или тестирование

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в форме устного опроса по билетам, с предварительной подготовкой. Экзаменационный билет, как правило, включает два теоретических вопроса и одно практическое задание. Контрольные вопросы для подготовки к экзамену (выдаются студенту заранее для ознакомления).

Вопросы к экзамену:

1. Дайте определение процессу моделирования, приведите понятие модели. Перечислите этапы моделирования.
2. Сформулируйте основные требования к процессу моделирования. Какова основная цель моделирования?
3. Классификация методов построения математической модели.
4. Классификация методов моделирования: по характеру моделируемых объектов, по сферам приложения моделирования; по характеру решаемых проблем; по признаку «характер процессов, протекающих в объекте» по признаку «способ реализации модели»:
5. Что такое математическое моделирование? Перечислите методы исследования математического описания.
6. Что означает адекватность математической модели? Какие два свойства обеспечивают её?
7. Перечислите достоинства и недостатки математической модели
8. Какие виды погрешностей могут возникать при математическом моделировании?
9. Какие три основных типа математических моделей применяются в биотехнологии? Кратко охарактеризуйте назначение и особенности применения каждой.
10. Какие процессы лежат в основе математического моделирования биотехнологических систем? Приведите примеры.
11. Что такое модель «чёрного ящика» в контексте моделирования биотехнологических процессов и какие кинетические характеристики она учитывает? Что задаётся на входе и на выходе такой модели?
12. Какие кинетические модели используют для описания биотехнологических процессов? Кратко охарактеризуйте особенность каждой.
13. Перечислите основные принципы классификации биореакторов. Кратко их охарактеризуйте.
14. Назовите виды биореакторов, наиболее часто используемых для культивирования суспензионных клеточных культур. Кратко укажите особенность каждого.
15. Опишите принцип работы волнового биореактора и роллерных установок. Почему они эффективны для роста клеток?
16. Какие два уровня явлений выделяют при анализе процессов в биореакторе? Кратко охарактеризуйте их и приведите по одному примеру параметра — для микроуровня и для макроуровня.

17. Опишите стратегию построения математической модели биореактора, указав основные блоки, которые она включает.
18. В чем заключается планирование эксперимента?
19. Что называют факторами и откликом в планировании эксперимента? Приведите по одному примеру фактора и отклика в биотехнологии. Перечислите типы факторов в эксперименте.
20. Что такое уровни фактора? Назовите и кратко их охарактеризуйте
21. Что понимается под интервалом варьирования фактора? Зачем проводят кодирование уровней факторов?
23. Что означает, что фактор считается заданным? Как математически записывается область определения фактора?
24. Перечислите три типа ограничений факторов и кратко поясните каждый
25. Что такое факторное пространство? Как выглядит область определения для двухфакторного и трёхфакторного экспериментов?
26. Что представляет собой точка в факторном пространстве? Что она означает с точки зрения проведения эксперимента?
27. Что называется центром плана в факторном пространстве? Как задаются уровни факторов в этой точке? Что такое функция отклика? Как она записывается математически?
28. Что такое полный факторный эксперимент (ПФЭ)? Перечислите основные этапы проведения полного факторного эксперимента.
29. Что представляет собой матрица планирования в ПФЭ? В каких значениях она может быть построена?
30. Какова роль коэффициентов регрессии в ПФЭ? Как они используются на последующих этапах?
31. Опишите правила составления матрицы планирования ПФЭ при большом числе факторов: как меняются знаки «минус» и «плюс» в столбцах матрицы для факторов?
32. Перечислите оптимальные свойства матрицы планирования.
33. В чём суть метода дробных реплик?
34. В чём суть метода центрального композиционного планирования? Когда его применяют и какие виды ЦКП различают?
35. Как ротатабельное планирование повышает точность математического описания поверхности отклика?
36. Перечислите основные типы экспериментов при его планировании.
37. Перечислите три значения термина «статистика» и кратко раскройте каждое.
38. Что такое статистическая совокупность? Чем однородная совокупность отличается от разнородной?
39. Какие два основных типа признаков выделяют в статистике?
40. Что представляет собой статистический показатель? Назовите два основных вида и кратко поясните их значение.
41. Перечислите три группы методов, входящих в метод статистики.
42. В чём состоит суть метода обобщающих показателей в статистике? Какие виды показателей он использует?
43. Что представляет собой статистическое наблюдение?
44. Перечислите формы, виды и способы наблюдения.
45. Что такое ценз, единица наблюдения и программа наблюдения в статистике? Кратко раскройте суть каждого понятия.
46. Что такое критерий оптимальности в задачах оптимизации производственной программы?
47. Что представляет собой целевая функция в оптимизационных задачах? Как она связана с критерием оптимальности?

48. Что такое оптимизирующие параметры в контексте оптимизации производственной программы?
49. Перечислите основные показатели производственной программы.
50. Что такое ABC анализ и как распределяются группы товаров в нём по доле дохода (укажите процент для каждой группы: А, В, С)?
51. Перечислите 2–3 типа ограничений для производственной программы и укажите, на какие два вида делятся ограничения по математическим признакам.
52. Что такое «узкие места» в планировании производственной программы? Приведите 2 примера таких ограничений.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
четко представляет теоретические основы моделирования в биотехнологии. понимает связь между отдельными этапами и стадиями создания биотехнологических моделей производств, владеет навыками осуществления оптимизации биотехнологических процессов с применением ЭВМ	в основном представляет теоретические основы моделирования биотехнологии. в основном понимает между отдельными этапами и стадиями создания биотехнологических моделей производств, в основном может осуществлять оптимизацию биотехнологических процессов с применением ЭВМ	фрагментарно представляет теоретические основы моделирования биотехнологии. владеет фрагментарными навыками осуществления оптимизации биотехнологических процессов с применением ЭВМ	фрагментарно представляет основы создания моделирования в биотехнологии, и не умеет грамотно их изложить, плохо понимает связь между отдельными этапами и стадиями создания биотехнологических моделей производств, практически не владеет навыками осуществления оптимизации биотехнологических процессов с применением ЭВМ

6.2.2.2 Семестр 6, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Целью курсовой работы является составление программы или универсальной формы в виде электронной таблицы для нахождения модели состава среды для культивирования продуцентов. Курсовой проект состоит из пояснительной записки и диска с программой или формой электронной таблицы продуктового расчёта и оптимизации выпуска продукции.

Пояснительная записка должна включать разделы: -теоретическая часть; -расчётная часть (математическая модель); -текст программы или форма электронной таблицы продуктового расчёта и оптимизации; -результаты расчётов; - анализ полученных результатов, выводы о целесообразности расходования сырья, и рекомендаций к производственной программе выпуска препаратов. В качестве исходных

данных для расчета расхода сырья предлагается состав и качественные показатели выпускаемых препаратов. Основными нормативными документами для изготовления препаратов являются ГОСТы. В составах сред указано определённое соотношение компонентов сырья для производства данного наименования препаратов, что позволяет определить расход сырья для выпуска готовой продукции и спланировать себестоимость препаратов.

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Работа выполнена самостоятельно, носит творческий характер, возможно содержание элементов научной новизны; продемонстрирован высокий уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций, теоретические знания и наличие практических навыков; работа хорошо оформлена и своевременно представлена на кафедру, полностью соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению курсовых работ.	Тема работы раскрыта, однако выводы и рекомендации не всегда оригинальны и/или не имеют практической значимости, есть неточности; не по всем аспектам исследуемой темы сделаны выводы и обоснованы практические рекомендации; при написании и защите работы студентом продемонстрирован средний уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций, наличие теоретических знаний и достаточных практических навыков; работа своевременно представлена на кафедру, есть отдельные недостатки в ее оформлении.	Тема работы раскрыта частично, но в основном правильно, допущено поверхностное изложение отдельных вопросов; в работе недостаточно полно были выполнены расчеты, выводы и практические рекомендации не отражали в достаточной степени содержание работы; при написании и защите работы студентом продемонстрирован удовлетворительный уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций, поверхностный уровень знаний и навыков; работа своевременно представлена на кафедру, однако не в полном объеме по содержанию и / или оформлению соответствует предъявляемым требованиям	Содержание работы не раскрывает тему, материал изложен бессистемно и поверхностно, нет анализа практического материала, основные положения и рекомендации не имеют обоснования; работа неоригинальна, основана на компиляции публикаций по теме; при написании и защите работы студентом продемонстрирован неудовлетворительный уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций; работа несвоевременно представлена на кафедру, не в полном объеме по содержанию и оформлению соответствует предъявляемым требованиям

7 Основная учебная литература

1. Боев, В. Д. Компьютерное моделирование : учебное пособие / В. Д. Боев, Р. П. Сыпченко. — 4-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 517 с. — ISBN 978-5-4497-0888-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/146350.html> (дата обращения: 29.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

[Сайт] – URL: <https://www.iprbookshop.ru/epd-reader?publicationId=146350>

2. Миронов, П. В. Моделирование и масштабирование биотехнологических процессов : учебное пособие для студентов магистратуры по направлению подготовки 19.04.01 «Биотехнология» всех форм обучения / П. В. Миронов, Е. В. Алаудинова, В. В. Тарнопольская. — Красноярск : Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2017. — 114 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/94889.html> (дата обращения: 29.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

[Сайт] – URL: <https://www.iprbookshop.ru/epd-reader?publicationId=94889>

3. Шляхова, Е. А. Математическое моделирование и планирование эксперимента : учебное пособие / Е. А. Шляхова, А. М. Питерский. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 156 с. — ISBN 978-5-9729-2555-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/154284.html> (дата обращения: 29.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

[Сайт] – URL: <https://www.iprbookshop.ru/epd-reader?publicationId=154284>

4. Франтенко В. К. Компьютерное моделирование технологических процессов пищевых производств [Электронный ресурс] : лабораторный практикум для специальности 260202 "Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий" / В. К. Франтенко, 2007. - 55.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-3597.pdf>

5. Янчуковская. Моделирование и расчет на ЭВМ химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие. Ч. 1 : Гидродинамические процессы, 2012. - 110.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-4714.pdf>

6. Янчуковская Е. В. Моделирование тепловых процессов в химической технологии. Примеры и задачи : учебное пособие / Е. В. Янчуковская, 2018. - 95.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-22344.pdf>

7. Янчуковская Е. В. Моделирование и оптимизация работы теплообменников : лабораторный практикум для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 18.03.01 "Химическая технология" / Е. В. Янчуковская, 2019. - 75.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-21439.pdf>

8. Компьютерное моделирование технологических процессов пищевых производств [Электронный ресурс] : методические указания по самостоятельной работе для студентов

направления подготовки 260200 "Производство продуктов питания из растительного сырья" / Иркут. гос. техн. ун-т, 2008. - 32.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-5648.pdf>

9. Компьютерное моделирование технологических процессов пищевых производств [Электронный ресурс] : методические указания по подготовке к курсовой работе для студентов направления подготовки 260200 "Производство продуктов питания из растительного сырья" / Иркут. гос. техн. ун-т, 2008. - 35.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-5651.pdf>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Боев, В. Д. Компьютерное моделирование систем : учебник для среднего профессионального образования / В. Д. Боев. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 253 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10710-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/598783> (дата обращения: 29.05.2026).

[Сайт] – URL: <https://urait.ru/viewer/kompyuternoe-modelirovanie-sistem-598783#page/25>

2. Франтенко В. К. Моделирование в пищевом производстве : лабораторный практикум / В. К. Франтенко, Г. С. Гусакова, 2017. - 85.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-23246.pdf>

3. Семикина Т. А. Компьютерное моделирование в среде AutoCAD : учебное пособие / Т. А. Семикина, 2014. - 96.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-28364.pdf>

9 Ресурсы сети Интернет

1. <https://elib.istu.edu/>
2. <https://нэб.пф/>
3. <https://e.lanbook.com>
4. <https://e.lanbook.com/>
5. <https://elibrary.ru/defaultx.asp>
6. Справочная правовая система "Консультант Плюс"
7. <https://www.iprbookshop.ru/>
4. <https://urait.ru/>
5. <https://znanium.ru/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение

2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ
3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.