Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.09.2025 12:41:15
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ / А.С. Соколов /
« 27 » февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое планирование моделирование биотехнологических процессов и систем

Направление подготовки
19.03.01 Биотехнология

Профиль
Биотехнология

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
Очная

Москва, 2025

Разработчик(и):

Доцент кафедры «ХимБиотех», к.т.н.  И.А. Тарасова

Согласовано:

Заведующий кафедрой «ХимБиотех», к.б.н  Л.И. Салитринник

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
5. Материально-техническое обеспечение 10
6. Методические рекомендации 10
7. Фонд оценочных средств 13

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» является – получение представления о теоретических основах планирования и организации научных экспериментов и современных методах математической обработки результатов экспериментов.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» следует отнести:

– получение представления об основных методах построения экспериментальных моделей;

– приобретение навыков построения экспериментальных моделей и анализа их применимости;

– получение представления о современных программных пакетах обработки математических данных.

Обучение по дисциплине «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	ИПК-1. Знает методы планирования и организации исследований и разработок, методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в своей области исследований. ИПК-2. Умеет применять нормативную документацию в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применять методы анализа научно-технической информации ИПК-3. Способен анализировать научно-технической информации, проводить эксперименты, обрабатывать и обобщать полученные данные
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие ИУК-1.2. Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи ИУК-1.3. Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» относится дисциплинам по выбору основной образовательной программы бакалавриата.

«Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- «Высшая математика»;
- «Физика»;
- «Общая биология и микробиология»;
- «Биохимия».

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин (практик):

- Б2.2.2 «Производственная практика (преддипломная)»;
- Б.3.1 «Выпускная квалификационная работа».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			6
1	**Аудиторные занятия**	**36**	**36**
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия		
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	**Самостоятельная работа**	**36**	**36**
	В том числе:		
2.1	Проработка лекционного материала	18	18
2.2	Подготовка к лабораторным занятиям	18	18
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет	Зачет	Зачет
	Итого	**72**	72

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1.1	Моделирование биотехнологических процессов	8	2				4
1.2	Модели кинетики роста микроорганизмов	16	2				4
1.3	Основы математического моделирования	16	2		2		4
1.4	Проверка статистической гипотезы. Модели кинетики роста микроорганизмов в реакторах периодического действия	16	2		2		4
1.5	Моделирование кинетики роста микроорганизмов в реакторах непрерывного действия	16	2				4
1.6	Корреляционный анализ. Масштабирование биотехнологических процессов.		2		2		4
1.7	Влияние кислорода и других параметров на масштабирование биотехнологических процессов		2				4
1.8	Стерехиометрия в биотехнологических процессах. Дисперсионный анализ.		2		2		4
1.9	Планирование полного факторного эксперимента. Оптимизация процесса по методу Бокса-Уилсона		2		8		4
	Итого	**72**	**18**		**18**		**36**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Моделирование биотехнологических процессов

Требования, предъявляемые к математическим моделям. Этапы построения моделей. Типы моделей в биотехнологии. Этапы построения моделей биотехнологических процессов для биотехнологического синтеза.

Тема 2. Модели кинетики роста микроорганизмов

Рост и развитие микорганизмов. Зависимость скорости роста от субстрата. Зависимость скорости роста микроорганизма от концентрации продукта, метаболизма. Многофактоные модели. Влияние процессов диссимиляции. Модели кинетики деградации. Зависимость скорости роста микроорганизмов от температуры, величины pH, продуктов метаболизма. Математические модели, зависящие от субстрата, кинетика продуктов биосинтеза метаболизма. Блочный подход к моделированию.

Тема 3. Основы математического моделирования

Вариационный ряд. Построение гистограммы. Понятие о статистической оценке. Требования к статистическим оценкам. Доверительный интервал.

Тема 4. Проверка статистической гипотезы. Модели кинетики роста микроорганизмов в реакторах периодического действия

Понятие о статистической гипотезе. Логика проверки статистических гипотез. Статистический критерий. Проверка статистической гипотезы о равенстве дисперсии. Проверка гипотезы о равенстве математических ожиданий двух нормально распределенных случайных величин (случай малых выборок). Проверка гипотезы о нормальности распределения случайной величины. Моделирование кинетики роста в биореакторах периодического действия. Замедление скорости роста - модели Ферхюльста. Оптимизация продолжительности периодического культивирования.

Тема 5. Моделирование кинетики роста микроорганизмов в реакторах непрерывного действия

Условия непрерывного культивирования микроорганизмов. Теория хемостатного культивирования. Способы определения параметров роста культуры из экспериментальных данных хемостатного культивирования. Ингибирование продуктами метаболизма в условиях хемостатного культивирования. Непрерывное культивирование с рециркуляцией биомассы. Автоселекция в процессе хемостатного культивирования. Сравнение производительности по биомассе периодического и непрерывного процессов.

Тема 6. Корреляционный анализ. Масштабирование биотехнологических процессов.

Корреляционная зависимость, коэффициенты корреляции. Маштабирование биотехнологических процессов. Постановка задачи масштабирования. Подход к масштабированию на основе учета концентрации растворенного кислорода:аэрация при культивировании микроорганизмов. Влияние концентрации растворенного в среде кислорода на рост микроорганизмов. Абсорбция кислорода в биореакторах периодического действия при культивировании микроорганизмов.

Тема 7. Влияние кислорода и других параметров на масштабирование биотехнологических процессов

Абсорбция кислорода в биореакторе непрерывного действия при культивировании микроорганизмов. Методы определения параметра KLA в аппаратах различного масштаба Другие критерии масштабного перехода. Регрессионный анализ.

Тема 8. Стерехиометрия в биотехнологических процессах. Дисперсионный анализ.

Экономические и метаболитические коэффициенты выхода продукта по продукту и субстрату. Закон сохранения материи. Правило математического описания вывода формулы биомассы микроорганизмов. Расчет выхода биомассы на углеродном субстрате. Расчет выделяемого тепла в биохимическом процессе. Дисперсионный анализ.

Тема 9. Планирование полного факторного эксперимента

Принципы планирования однофакторных и многофакторных экспериментов. Концепции теории математического эксперимента: рандомность, последовательность эксперимента, математическое моделирование,оптимальное использование факторов. Теория планирования для поиска оптимальных условий для культивирования продуцентов. Построение матрицы планирования полного факторного эксперимента. Интервал варьирования. Определение коэффициентов уравнения регрессии. Поиск оптимальных условий для сложных процессов методом «крутого восхождения-спуска».

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия
Семинарские/практические занятия не предусмотрены.

3.4.2. Лабораторные занятия
«Оптимизация процессов роста продуцента. Математическая модель роста»

Планирование эксперимента по плану полнофакторному эксперименту. Проведение эксперимента. Построение математической модели. Определение средних значений биомассы продуцента; Проведение дисперсионного анализа и определение воспроизводимость опыта. Составление уравнения регрессии. Проведение оценки значимости коэффициентов регрессии. Оценка адекватности полученной модели. Составление плана эксперимента поиска условий оптимизации процесса по методу Бокса-Уилсона. Поведение эксперимента. Проведение повторного дисперсионного анализа, составление скорректированного уравнения регрессии.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые проекты и курсовые работы не предусмотрены.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ Р 59793-2021 Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания
2. ГОСТ 21.408-2013 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов
3. ГОСТ 21.208—2013 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах

4.2 Основная литература

1. Биотехнология /Под ред. В.А. Колодзяной, М.А. Самотруевой Изд-во ГОЭТАР. 2020. – 384 с.
2. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии/ В.В. Бирюков. М.: КолосС. 2004. – 296 с.
3. Варфоломеев С.Д. Биотехнология. Кинетические основы микробиологических процессов/ С.Д. Варфоломеев, С.В. Калюжный. М.: Высш. шк., 1990. – 296 с.
4. Глик Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение/ Б. Глик, Дж. Пастернак. – М.: Мир, 2002. – 465 с.
5. Горленко, В.А. Научные основы биотехнологии. Ч. I. Нанотехнологии в биологии / В.А. Горленко, Н.М. Кутузова, С.К. Пятунина. М.: Прометей, 2013. — 262 с.

6. Микробиология: теория и практика. В 2 ч. Часть 2 : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. — М .: Издательство Юрайт, 2018. — 332 с. — Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс.

7. Общая биотехнология : учебник / В.В. Ревин, Н.А. Атыкян, Е.В. Лияськина, Д.А. Кадималиев, В.В. Шутова, Н. Желев, Р.Р. Биглов, Т.В. Овчинникова; под общ. ред. акад. А.И. Мирошникова. - 3-е изд., доп. и перераб. - Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2019. - 416 с.

8. Шмид Р. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия / Р. Шмид ; пер. с нем. — 3-е изд. — М. : Лаборатория знаний, 2019. – 324 с.

9. Баврин И.И. Основы теории вероятностей. М.:Высшая школа, 2005.-160с.

10. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей: Учебник. - Изд. 8-е, испр. и доп. — М.: Едиториал УРСС, 2005. — 448 с. (Классический университетский учебник.).

11. Гроссман С., Тернер Дж. Математика для биологов. М.: Высш.шк.-1983.

12. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика - М., Высш.шк., 2003.- 479 с.

13. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. - М., Высш.шк., 2004.- 404 с.

14. Владимирский М. Математические методы в биологии. Ростов-на-Дону: РГУ. – 1983.

15. Ефимов В.М., В.Ю.Ковалева Многомерный анализ биологических данных. 2008. СПб. (изд.2, исправленное и дополненное). 86 с.

16. Золотаревская Д.И.Теория вероятностей. Задачи с решениями. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Едиториал УРСС, 2003. — 168 с.

17. Фомин С.В., Беркинблит М.В. Математические проблемы в биологии.М.:Наука.- 1973.

18. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.:Высш.шк.- 1990.

4.3 Дополнительная литература

1. Волова Т.Г. Биотехнология / Т. Г. Волова. – Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской Академии наук, 1999. – 252 с.

2. Слюняев, В.П., Плошко, Е.А. Основы биотехнологии. Научные основы биотехнологии: учебное пособие [Электронный ресурс]/В.П.Слюняев.- Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, 2012.- 112с. URL:https://e.lanbook.com/book/4531

3. Тихонов, Г.П. Основы биотехнологии / Г.П. Тихонов, И.А. Минаева. – М.: Альтаир : МГАВТ, 2009. – 133 с. : URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430056

4. Цымбаленко, Н.В. Биотехнология / Н.В. Цымбаленко. Санкт-Петербург : РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. – Ч. 1. – 128 с. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428265

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. www.elibrary.ru – научная электронная библиотека

2. http://patft.uspto.gov/ - United States Patent and Trademark Office Бесплатная патентная база.

3. www.molbiol.ru - Учебники, научные монографии, обзоры, лабораторные практикумы по биотехнологии и молекулярной биологии.

4. http://www.nature.web.ru.

5. Международная база данных Scopus **http://www.scopus.com/home.url.**

6. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier **http://www.sciencedirect.com/.**

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Программы пакета Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint).

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Нет.

5. Материально-техническое обеспечение

Для реализации рабочей программы используются:

Лекционная аудитория кафедры «ХимБиотех» Ав5511 (115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16 стр. 1 (корпус 5)), оборудованная: столы учебные со скамьями, аудиторная доска, мультимедийный комплекс (мультимедийная доска, ноутбук). Рабочее место преподавателя: стол, стул.

Аудитория для семинарских и практических занятий кафедры «ХимБиотех» Ав5404а (115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16 стр. 1), оборудованная: столы учебные со скамьями, аудиторная доска, мультимедийный комплекс (переносной проектор, ноутбук). Рабочее место преподавателя: стол, стул.

Лаборатория кафедры «ХимБиотех» Ав5405б (115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16 стр. 1 (корпус 5)), оборудованная: Лабораторные столы, вытяжной шкаф, весы прецизионные KERN, весы аналитические Vibra, магнитные мешалки, спектрофотометр ПВЭ-5300, pH-метр Эконикс, химическая мойка, химические реактивы, химическая посуда.

Реализация образовательной программы обеспечивается доступом каждого студента к информационным ресурсам – библиотечному фонду и сетевым ресурсам Интернет.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый интерактивный подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – практическая. Преподаватель должен последовательно провести ряд практических занятий, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического

материала, а также организовать проведение семинарских занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют практические занятия. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): семинарские занятия, консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к практическим занятиям по курсу «Информационные технологии в биотехнологии и биоинженерии» необходимо продумать план их проведения, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме практического занятия, определить средства материально-технического обеспечения занятия и порядок их использования.

В ходе практического занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во время первого занятия обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение, в последующих занятиях необходимо увязать ее тему с предыдущими, не нарушая логики изложения учебного материала. Занятие следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В заключительной части занятия необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех поставленных вопросов. Объявить план очередного семинарского занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару.

При этом во всех частях занятия необходимо вести диалог со студентами и давать студентам возможность дискутировать между собой.

Цель практических занятий обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

В практических необходимо вести диалог со студентами и давать студентам возможность дискутировать между собой.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное изучение курса требует посещения и активной работы на семинарских занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой. Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут.

При самостоятельной проработке домашних заданий и написания индивидуальных работ студентам рекомендуется пользоваться библиотечным фондом литературы (учебниками и периодическими изданиями), а также методическими указаниями по выполнению самостоятельных работ.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Сформированность компетенций при изучении дисциплины определяется посредством оценки соответствия ответов и/или выполнения заданий заявленным индикаторам в рамках мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации (зачета).

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Формы промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено», «не зачтено»».

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в

	таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Для текущего контроля используются контрольные работы.

Комплект заданий для рубежного контроля

по дисциплине «Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем»

Тема 1.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое генеральная совокупность?
2. Что такое выборка?
3. Суть выборочного метода.
4. Понятие о репрезентативности.
5. Понятие о статистической оценке.
6. Требования к статистическим оценкам.
7. Понятие о доверительном интервале.

8. Дана выборка (рост студентов в см): 166, 171, 167, 156, 167, 166, 167, 173, 169, 176, 168, 163, 169, 164, 171, 169, 161, 167, 167, 171, 168, 162, 174, 173, 173, 165, 167, 172, 176, 174, 170, 164, 166, 168, 172, 163, 170, 156, 154, 165, 177, 183, 163, 170.

Построить вариационный ряд и гистограмму, вычислить X, S и доверительный интервал для генеральной средней при β=0.95.

9. Дана выборка (длина зерен пшеницы в мм): 5.41, 5.55, 5.31, 5.45, 5,54, 5.32, 5.52, 5.39, 5.62, 5.40, 5.23, 5.45, 5.47, 5.40, 5.42, 5.53, 5.44, 5.41, 5.47, 5.51, 5.48, 5.40, 4.44, 5.60, 5.57, 5.47, 5.45, 5.38, 5.33, 5.64, 5.46, 5.56, 5.53, 5.53, 5.60, 5.47, 5.47, 5.47, 5.48, 5.58, 5.51, 5.52, 5.51, 5.47, 5.52, 5.48, 5.34, 5.59, 5.45, 5.34, 5.33, 5.41.

Построить вариационный ряд и гистограмму. Вычислить *X,S* доверительный интервал для генеральной средней, β=0,99.

10. Дана выборка (длительность сердечного цикла в сек.):

0.68, 0.52, 0.58, 0.59, 0.56, 0.74, 0.54, 0.72, 0.76, 0.76, 0.74, 0.79, 0.66, 0.84, 0.85, 0.81, 0.59, 0.71, 0.74, 0.65, 0.96, 0.83, 0.78, 0.94, 0.93, 0.62, 0.60, 0.57, 0.69, 0.56, 0.45, 0.55, 0.66, 0.49, 0.71, 0.68, 0.65, 0.66, 0.72, 0.92, 0.74, 0.66, 0.61, 0.61, 0.60, 0.67, 0.60, 0.69, 0.63, 0.80.

Построить вариационный ряд и гистограмму. Вычислить *X,S* доверительный интервал для генеральной средней при β=0,999.

11. Дана выборка (вес мозга крыс в мг):

1072, 1098, 986, 1127, 1122, 1143, 1273, 1070, 1190, 1165, 1074, 993, 1071, 1032, 952, 880, 978, 1025, 1111, 946, 1004, 945, 1108, 1169, 1126, 1137, 1268, 1004, 960, 928, 1021, 1073, 1118, 1126, 1085, 1001, 1040, 1070, 1029, 1049, 1000, 1008, 978, 1094, 877, 1168, 1098, 1100, 1031, 1058, 1086, 1004, 1088, 1035, 994, 997, 1028.

Построить вариационный ряд и гистограмму. Вычислить *X, S* доверительный интервал для генеральной средней при β=0,99.

12. Дана выборка (содержание митохондриального белка в мозге крыс в мг/г мозга): 17.1, 15.5, 14.6, 9.9, 11.9, 23.0, 14.6, 19.7, 13.8, 17.0, 12.3, 14.6, 13.2, 6.9, 5.8, 17.9, 15.0, 11.7, 14.4, 8.8, 14.3, 19.0, 9.8, 15.3, 183, 68, 12.3, 28.2, 13.8, 18.9, 17.7, 20.4, 22.6.

Построить вариационный ряд и гистограмму. Вычислить *X,S* доверительный интервал для генеральной средней при β=0,99.

13. Дана выборка (количество белка в синаптосомах мозга крыс в мг/г мозга): 9.9, 10.4, 6.8, 8.6, 5.5, 5.1, 3.9, 3.9, 7.0, 4.3, 5.2, 4.4, 6.4, 2.1, 1.3, 8.8, 3.4, 2.2, 7.4, 6.2, 5.0, 5.0, 10.8, 7.0, 5.0, 10.8, 7.0, 5.0, 3.2, 7.8, 5.2, 2.1, 4.4, 5.6, 4.8, 8.4, 3.1, 1.3, 2.6, 2.8, 6.5, 5.7, 4.3, 7.5, 2.1.

Построить вариационный ряд и гистограмму. Вычислить X, S доверительный интервал для генеральной средней при β=0,99.

14. Дана выборка (количество белка в водорастворимой фракции мозга крыс в мг/г мозга): 65.0, 50.0, 58.0, 50.0, 55.1, 60.0, 63.3, 42.2, 37.4, 63.4, 4.48, 7.42, 3.57, 57.0, 63.3, 53.6, 58.5, 55.1, 42.2, 37.4, 40.6, 48.8, 53.6, 42.0, 42.0, 57.0, 43.9, 55.1, 47.0, 52.0, 37.4, 48.7, 42.2, 70.0, 73.0, 35.7, 35.7, 43.8, 40.6, 30.9, 34.1, 37.4, 34.1, 42.2.

Построить вариационный ряд и гистограмму. Вычислить *X,S* и доверительный интервал для генеральной средней при β = 0,95.

15. Дана выборка (длина зерен пшеницы в мм):

5.38, 5.47, 5.51, 5.30, 5.40, 5.40, 5.28, 5.48, 5.46, 5.51, 5.29, 5.42, 5.69, 5.60, 5.45, 5.38, 5.46. 5.52, 5.43, 5.18, 5.61, 5.36, 5.39, 5.44, 5.41, 5.41, 5.55, 5.31, 5.45, 5.54 5.32, 5.52, 5.39, 5.62, 5.40, 5.23, 5.45, 5.47, 5.40, 5.42, 5.45, 5.32; 5.44, 5.37.

Построить вариационный ряд и гистограмму. Вычислить *X,S* и доверительный интервал для генеральной средней при β = 0,95.

16. Дана выборка (содержание белка в грубой митохондриальной фракции в мг/г мозга):

61.0, 51.0, 70.0, 59.0, 63.3, 63.3, 51.0, 51.0, 49.0, 53.5, 56.0, 51.0, 41.0, 40.0, 40.0, 63.0, 39.0, 51.1, 46.3, 53.6, 65.8, 65.8, 48.7, 51.0, 51.0, 58.5, 53.6, 47.7, 57.0, 41.4, 41.4, 80.3, 90.0, 36.6, 41.5, 48.8, 65.6, 48.7, 63.5, 48.8, 58.3, 63.3.

Построить вариационный ряд и гистограмму. Вычислить *X,S* и доверительный интервал для генеральной средней при β = 0,95.

Тема 4. Проверка статистических гипотез

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое статистическая гипотеза?
2. Логика проверки статистических гипотез.
3. Что значит достоверность различий выборочных показателей?
4. Ошибки первого и второго ряда.
5. Понятие о статистическом критерии.
6. Как проверить гипотезу о равенстве дисперсии двух генеральных совокупностей?
7. Как проверить гипотезу о равенстве математических ожиданий двух генеральных совокупностей в случае нормального распределения?
8. Как проверить гипотезу о нормальности распределения случайной величины?
9. Определите достоверность различий средних следующих выборок:

1) Число бедренных пор у живородящей ящерицы:

а) из Бельгии : 9, 13, 9, 10, 11, 12, 11, 11, 11, 11, 10

б) из Швейцарии : 12, 11, 11, 12, 11, 10, 11.

2) Скорость кровотока (в сек.) до (а) и после (б) 20 приседаний:

а) 4.0; 5.0; 5.0; 5.1; 5.2; 6.0; 5.8; 5.0;

б) 3.5; 4.0; 4.2; 4.0; 4.3; 4.0; 3.0; 3.7.

3) Высота полярографической волны белков (в мм) в контроле (а) и при гипотермии (б) в водорастворимой фракции мозга:

а) 57.3; 67.0; 69.5; 80.7; 77.6; 88.0; 77.0

б) 50.5; 71. 8;57.0; 73.0; 66.7; 84.0; 74.0.

4) Содержание сульфгидридных групп в мкМ/г белка в грубой митохондриальной фракции мозга крыс в контроле (а) и после гипотермии (б):

а) 31.2, 10.4, 28.6, 43.0, 42.0, 50.9, 44.4

б) 37.2, 56.0, 39.0, 38.0, 38.0, 41.0, 56.0, 21.0

5) Урожай (в ц/га) ячменя (а) и овса (б):

а) 7.7, 9.0, 9.4, 7.4, 7.7, 10.9, 8.0

б) 8.3, 7.2, 8.4, 5.6, 6.4, 8.0, 9.1

6) Процент жира в плодах орешника двух сортов сбора:

а) 62, 64, 66, 64

б) 65, 63, 61, 63, 63

7) Уровень сывороточного холестерина у черепах:

самцы: 226.5, 224.1, 218.6, 220.1, 228.8, 229.6, 222.5

самки: 221.5, 230.2, 223.4, 224.3, 230.8, 223.8

8) Артериальное давление у мужчин и женщин:

	Систолическое	Диастолическое
Мужчины (22)	121.82В ±3.74	77.73В ±2.20
Женщины (22)	121.50В ±2.43	70.45В ±1.92

В скобках указано число обследованных. Даны величины $\bar{x}$ и S. Достоверно ли различие средних?

9) Измерение роста мужчин в двух популяциях дало следующие результаты:

S_1 =5.5 см n_1=27

S_2=3.3 см n_2=35

Достоверно ли различие дисперсий?

10) Содержание ГЦ пар (в мол. %) в ДНК у представителей двух семейств:

Chrococcaceae: 69, 56, 54, 57, 58, 41, 47, 63, 71

Nostoccaceae: 60, 53, 51, 39, 38, 41, 46, 44

Достоверно ли различие средних и дисперсий?

11) При определении содержания жира (%) в молоке коров получены следующие данные:

4.01, 4.30, 3.62, 4.00, 4.36, 3.74, 4.20, 4.50, 3.72, 4.02
4.25, 4.28, 3.90, 4,14, 4.01, 3.30, 3.61, 4.11, 3.86, 3.64
3.72, 4.26, 3.81, 4.00, 3.83, 4.15, 3.85, 4.14, 3.89, 3.96
4.00, 4.08, 4.12, 3.88, 3.61, 3.70, 4.10, 3.18, 3.22, 3.58
3.16, 3.92, 4.05, 3.11
Проверьте нормальность распределения этой величины.

12)Измерения веса кроликов дало (г):

3.0, 2.7, 2.1, 1.6, 1.2, 1.6, 2.2, 2.1, 2.3, 1.5, 1.3, 2.2,
2.5, 2.4, 1.9, 2.3, 2.1, 1.0, 1.8, 1.9, 1.8, 3.2, 2.1, 2.9,
3.0, 1.3, 1.9, 2.6, 2.5, 1.9, 2.7, 1.9, 2.7, 2.4, 2.0, 1.1, 2.6.

Построить гистограмму. Проверить нормальность распределения.

Тема 6. Корреляционный анализ

Контрольные вопросы и задания

I. Вычислить коэффициент корреляции и его достоверность:

1) Высота растений ***(X*** см) и количество язычковых цветков *(У)* нивяника обыкновенного:

X: 48 48 44 45 66 60 54 69 33
У: 18 11 12 14 18 20 21 22 12

2) Интенсивность миграции ***(X)*** и средняя жирность *(У)* зябликов на Куршской косе:

У: 360 280 210 220 190 240 170
X 4875 4103 3038 1307 840 506 351

3) Рост ***(X)*** и вес *(У)* у мужчин:

X: 166 187 170 171 182 188 175 183 179
У: 63 98 82 80 86 85 84 79 75

4) Рост (***X)*** и вес *(У)* у женщин:

X: 161 158 165 154 166 170 167 177
У: 60 61 68 52 67 68 69 80

5) Рост отцов *(X)* и их старших сыновей *(У)* в дюймах:

X: 67 63 70 66 68 71 65 62 69
У: 68 66 68 64 72 69 68 67 71

6) длины окружности грудной клетки (***X***, дюйм) и объем легких (*У*, кубические дюймы) у первокурсников:

X: 38.9 35.0 31.3 30.3 38.0 31.5 30.8 33.7
У: 311 305 330 210 269 238 305 219

7) Возраст женщин (***X***, годы) и систолическое давление (У, мм рт. ст.):

X: 36 47 49 42 38 68 56 42 63
У: 118 128 145 125 115 152 147 140 149

8) Длина лепестка (X, см) и ширина лепестка (У, см):

X: 4.7 4.5 4.9 4.0 4.5 4.7 3.3 4.6
У: 1.4 1.5 1.5 1.3 1.5 1.3 1.0 1.3

9) Коэффициент интеллектуальности родителей ***(X)*** и их детей (У):
X: 125 120 110 105 95 95 90 90 80 75
У: 110 105 95 125 120 105 75 95 90 80

10) Рост (X, дюймы) и вес (фунты) первокурсников:
X: 65.8 68.3 72.7 66.1 73.1 71.8 73.1 66.5
У: 166.0 115.2 157.8 152.5 149.3 181.0 173.2 120.4

Тема 7. Регрессионный анализ

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое регрессионный анализ?
2. Что такое линейная регрессия?
3. В чем суть метода наименьших квадратов?
4. Как находятся коэффициенты линейной регрессии?
5. Найти коэффициенты уравнения линейной регрессии для следующих выборок:
   1) Продолжительность вегетационного периода (x, дни) и вес 1000 семян ячменя (y, г):
   x: 90 85 80 75 70 65 60
   y: 47,50 46,75 45,75 42,85 44,76 41,44 37,00
   2) Общая длина в см (x) и вес в г (y) человеческого эмбриона:
   x: 15 23 30 35 40 46 50
   y: 120 300 640 1210 1700 2240 3250
   3) Рост листа валлиснерии в см (y) по часам (x):
   x: 6 16 42 54 65 77 88
   y: 0,3 1,7 12,6 15,4 16,1 16,7 17,1
   4) Вес растения кукурузы в г (y) и дни роста (x):
   x: 6 18 30 39 46 53 60 74 93
   y: 1 4 9 17 26 42 62 71 74
   5) Максимальное (y) и минимальное (x) артериальное давление у человека:
   x: 63 68 73 78 83 88 93 95 98
   y: 107 112 119 122 123 130 130 129 133
   6) Возраст в годах (x) и средний вес в г (y) у осетра:
   x: 1 2 3 4 5 6 7 8
   y: 49 82 119 150 206 275 357 375

Тема 8. Дисперсионный анализ

Контрольные вопросы и задания

1. В каких случаях применяется дисперсионный анализ?
2. В чем суть дисперсионного анализа?
3. Каковы необходимые условия для проведения дисперсионного анализа?
4. На четырех разновозрастных группах мужчин измерялась скорость кровотока в сосудах (см/сек). Результаты приведены в таблице.

Возрастные группы мужчин	Наблюдения	Среднее
Первая	7, 10, 12	9,67
Вторая	9, 7, 14	10,00
Третья	11, 16, 20	16,67
Четвертая	15, 18, 17	16,67

Методом дисперсионного анализа определите достоверность различия средних в этих группах.

5. Полярографическая активность фильтрата сыворотки крови при разной длительности заболевания(в отн. ед.) А:

A_1 98 156 168 143 128 162 92 157 162 184
A_2 90 79 101 86 171 142 82 104 108 64
A_3 69 71 116 102 110 64 120 141 92 71
A_4 51 51 71 94 64 66 72 135 75 124

Методом дисперсионного анализа проверьте гипотезу о равенстве средних.

6. Тридцать студентов-первокурсников были разделены на три группы по специально-экономическим признакам, и каждой из групп был предложен тест, позволяющий определить степень усвоения материала во время лекции:
Результаты приведены в таблице:

Группа А	Группа Б	Группа В
21	20	24
18	20	23
17	19	23
17	18	22
17	17	20
16	17	20
15	14	18
13	14	17
12	9	16
8	7	
7		

Определите методом дисперсионного анализа, влияют ли социальные условия на усвоение материала лекции.

7. В сельскохозяйственном эксперименте 35 участников земли, имеющих примерно одинаковое плодородие, были засеяны семью сортами зерна. На каждый сорт отведено по 6 участков. Участки под сорта отводились случайно. В таблице приведены значения урожаев, полученных на всех участках (в бушелях/акр).

I	II	III	IV	V	VI	VII
10	15	9	17	12	16	13
13	14	19	15	16	12	10
11	17	17	19	9	15	14
15	9	9	11	13	11	14
12	18	14	13	15	17	19

Имеются ли существенные различия в урожайности этих сортов?

8. В таблице приведены оценки пяти студентов по трем дисциплинам (по 100-бальной шкале).

Статистика	Психология	Музыка
81	73	65
73	91	87
67	94	84
90	87	93
60	83	89

Проверить гипотезу об одинаковой успеваемости по этим трем дисциплинам.

9. Наблюдатели, расположенные в трех различных пунктах на поверхности Земли, проводили расшифровку радиосигналов, полученных из открытого космоса. Их результаты сравниваются с теми же сигналами, фиксируемыми искусственным спутником Земли. Проверить гипотезу о равенстве средних.

Земные наблюдения			Космические наблюдения
А	Б	В	Г
3	3	4	7
2	4	4	6
3	4	5	4
2	3	4	6
3	4	4	4
1	3	3	7

10. Три группы студентов, обучающихся машинописи с помощью трех различных систем, были подвергнуты проверке. Результаты в таблице. Проверить, влияет ли система обучения на количество ошибок при печатании.

I система	II система	III система
6	4	6

7	5	6
7	5	6
7	5	6
8	8	6

Тема 9.

Контрольные вопросы:

1. Что называется областью определения факторов и границами существования факторов?

2. Дайте определение многофакторных экспериментов первого порядка.

3. Дайте определение плана Полного факторного эксперимента (ПФЭ).

4. Перечислите достоинства многофакторных экспериментов

5. Что такое коэффициент регрессии? Как рассчитать коэффициент регрессии.

6. Каким критерием определяют воспроизводимость экспериментов.

Как оценивают значимость факторов в модели регрессии и адекватность модели?

8. В каких случаях определяют взаимодействие факторов и как рассчитывают коэффициент взаимодействия?

9. Поясните метод Бокса-Уилсона – крутое восхождение-спуск для поиска оптимальных значений факторов.

10. В каком направлении можно осуществлять движение по каждому фактору, учитывая значение и знак коэффициента регрессии?

Комплект вопросов к зачету

по дисциплине

Математическое моделирование биотехнологических процессов и систем

1. Определение модели. Классификация моделей.
2. Этапы моделирования биотехнологических процессов. Типы моделей в биотехнологии.
3. Модель Кобозева
4. Модель Блэкмана
5. Модель Перта
6. Модель Андрюса
7. Модель Иерусалимского
8. Этапы построения моделей биотехнологических процессов для биологического синтеза
9. Булевы модели

10. Многофакторные модели

11. Многофакторные уравнения со смешанными факторами

12. Что такое кинетические уравнения?

13. В чем состоит сходство модели Михаэлиса–Ментен для ферментативных реакций и модели Моно для роста микроорганизмов?

14. Проанализируйте модель Моно, приведите соответствующий график. Охарактеризуйте параметры уравнения Моно.

15. Как в эксперименте определить параметры уравнения Моно?

16. Охарактеризуйте метод Лайнуивера и Бэрка для определения констант уравнения Моно.

17. Охарактеризуйте альтернативные модели роста микроорганизмов и их применимость.

18. Уравнения Моно для случаев конкурентрого и неконкурентного ингибирования роста.

19. Многофакторные уравнения, учитывающие влияние различных факторов.

20. Какое уравнение учитывает влияние концентрации биомассы на вид зависимости удельной скорости роста микроорганизмов при различных концентрациях субстрата? Напишите его.

21. Расскажите о модели Мозера, ее сходстве и отличии от модели Моно.

22. Охарактеризуйте модель Хиншельвуда, учитывающую влияние на рост микроорганизмов продуктов метаболизма.

23. Проведите анализ уравнения Иерусалимского.

24. Модели кинетики роста, учитывающие влияние на рост микроорганизмов растворенного кислорода

25. Уравнение Контуа, учитывающее влияние концентрации микроорганизмов.

26. Уравнение, учитывающее одновременно рост и диссимиляцию биомассы.

27. В чем заключается кинетика диссимиляции микроорганизмов по модели Ферхюльста и по модели Рамкришна?

28. Влияние температуры на рост микроорганизмов, приведите уравнение, учитывающее влияние температуры на рост.

29. Способ оценки возрастного состояния популяции клеток микроорганизмов по кривой роста биомассы во времени.

30. Как учитывается влияние возраста культуры в уравнениях кинетики биосинтеза продуктов метаболизма?

31. Что такое средний возраст культуры и методы его вычисления?

32. В чем суть упрощенной оценки характеристик культуры по «возрасту зрелости»?

33. Каковы методы управления процессом ферментации для «омоложения», «старения» культуры и сохранения постоянного возраста?

34. Расскажите о системной модели, учитывающей одновременное образование продукта метаболизма и его инактивацию.

35. Дайте варианты уравнений кинетики инактивации продуктов метаболизма.

36. Изложите суть блочного подхода к моделированию процессов ферментации.

37. Укажите варианты зависимости коэффициента поддержания жизнедеятельности от параметров процесса ферментации.

38. Дайте характеристику различных способов культивирования микроорганизмов. Охарактеризуйте периодическое глубинное и непрерывное глубинное культивирование.

39. Основные стадии роста микроорганизмов, дайте характеристику фаз роста. Уравнение роста в экспоненциальной фазе.

40. Понятия удельной скорости роста, выхода биомассы, экономического коэффициента.

Дайте понятие о времени удвоения биомассы (период генерации). Напишите уравнение Моно для кинетики роста микробной биомассы.

41. Опишите экспериментальные приемы определения констант уравнения Моно в условиях периодического глубинного культивирования. Опишите способы определения количественных параметров роста микробных популяций по экспериментальным данным периодического культивирования.

42. Опишите принципы построения моделей роста микробных популяций, отражающих ход кривой роста. Модель Ферхюльста. Приведите уравнение роста микроорганизмов в интегральной форме.

43. Дайте характеристику процессов ингибирования и активации роста микроорганизмов.

Приведите модели Моно, учитывающие конкурентное и неконкурентное ингибирование роста.

44. Охарактеризуйте модели ингибирования роста микроорганизмов в условиях избытка субстрата и продуктами метаболизма. Какое влияние оказывают температура и концентрация водородных ионов на рост микроорганизмов?

45. Дайте характеристику систем непрерывного культивирования. Перечислите условия непрерывного культивирования.

46. Саморегулирующая способность микроорганизмов в условиях непрерывного культивирования. Расскажите об открытых одноступенчатых гомогеннонепрерывных системах.

47. В чем отличие принципов работы хемостата и турбидостата? Напишите уравнение кинетики хемостатного культивирования для биомассы.

48. Дайте понятие о стационарных режимах. Напишите систему уравнений, описывающих зависимости стационарных концентраций биомассы, субстрата и продукта метаболизма от скорости разбавления (протока).

49. Что такое производительность хемостата по биомассе? Как можно оптимизировать производительность хемостата?

50. Как определить количественные параметры неосложненного роста по экспериментальным данным стационарных состояний хемостатного культивирования?

51. Расскажите о расчетных и графических методах определения параметров роста по экспериментальным данным стационарных состояний хемостатного культивирования.

52. Что такое масштабирование процесса ферментации? Можно ли использовать растворенный кислород как параметр масштабирования для аэробных процессов? Преимущества и недостатки этого способа.

53. Объясните связь концентрации растворенного кислорода с коэффициентом массопередачи по кислороду.Что такое *KLa*? Расскажите о нем как о параметре масштабирования.

54. Охарактеризуйте уравнение Моно для кислорода как лимитирующего субстрата.

55. Опишите системы диспергирования воздуха для различных объемных коэффициентов массопередачи.
56. Опишите способы определения параметра *KLa.* Напишите уравнение для расчета концентрации растворенного кислорода в культуральной жидкости при периодическом культивировании.
57. Дайте определение равновесной и рабочей концентраций растворенного кислорода.
58. Обобщенное стехиометрическое уравнение микробиологического процесса по аналогии с химической реакцией. Как определить условную «формулу» биомассы из ее элементного состава?
59. Поясните понятие С-моля биомассы. Приведите формулу Стоутхамера для биомассы. Какова молекулярная масса С-моля? Как рассчитать стехиометрический выход биомассы от используемого углеродного субстрата?
60. Что такое «доступные электроны» в субстратах и в биомассе? Как рассчитать степень восстановленности субстратов, биомассы и продуктов метаболизма?
61. Как рассчитать стехиометрические коэффициенты процесса ферментации, зная количество израсходованного субстрата и образовавшихся продуктов и биомассы?
62. Какова степень восстановленности воды, диоксида углерода, аммиака, метана?
63. Как определить количество тепла, выделившегося в процессе ферментации, зная скорости потребления субстрата и образования продуктов метаболизма и самой биомассы?
64. Как определить интенсивность тепловыделения в процессе ферментации?