Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 26.09.2023 17:17:30
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета химической технологии и биотехнологии
_____ Ю.В. Данильчук
«__» 07 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика»

Направление подготовки
19.03.01 «Биотехнология»

Профиль
«Промышленная биотехнология и биоинженерия»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва 2022 г.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (уровень бакалавриата) по направлению 19.03.01 Биотехнология, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10.08.2021 № 736 и основной образовательной программы высшего профессионального образования ООП ВО, разработанной в Московском политехническом университете.

Программу составил:

доцент, к.т.н. /Зубов Д.В./

Программа дисциплины «Технология получения биотехнологических продуктов» утверждена на заседании кафедры «ХимБиотех»
« 04 » июля 2022 г., протокол № 12

Зав. кафедрой «ХимБиотех» проф., д.б.н. /Т.И. Громовых/
« 04 » июля 2022 г.

Программа согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология»

Доцент, к.б.н. /Е.С. Горшина/
« 04 » июля 2022 г.

1. Цели освоения дисципл

1. Цели освоения дисципл

Целью освоения дисциплины
«Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика» является
– получение представления о теоретических основах планирования и организации научных экспериментов и современных методах математической обработки результатов экспериментов.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика» 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.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика» относится вариативным дисциплинам основной образовательной программы бакалавриата.
«Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В базовой части базового цикла (Б1):

- Б.1.1.9 «Высшая математика»;
- Б.1.1.14 «Физика».

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

- Б.2.3 «Преддипломная практика»;
- Б.3.1 «Выпускная квалификационная работа».

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
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

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетные единицы, т.е. **108** академических часов (из них 72 часов – самостоятельная работа студентов) на четвёртом курсе в **седьмом** семестре: лекции – 1 час в неделю (18 часов), семинарские занятия – 1 час в неделю (18 часов), форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика» по срокам и видам работы отражены в приложении.

Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Основы построения экспериментальных моделей

Требования, предъявляемые к математическим моделям. Этапы построения моделей. Экспериментальные, экспериментально-аналитические модели, их особенности, преимущества и недостатки. Метрики качества модели.

Тема 2. Метод наименьших квадратов. Параметрическая идентификация.

Метод наименьших квадратов. Регрессионный анализ, основные допущения. Определение параметров линейного уравнения регрессии методом наименьших квадратов. Определение параметров линейного уравнения регрессии с использованием статистических характеристик. Определение параметров линейного уравнения регрессии в матричной форме. Таблица дисперсионного анализа. Определение наличия регрессионной зависимости с использованием F -отношения. ПФЭ. Дробный факторный эксперимент.

Тема 3. Структурная идентификация математических моделей

Методы последовательного уточнения структуры регрессионного уравнения: метод включений, метод исключений, метод пошаговой регрессии. Проверка значимости параметров. Множественный коэффициент корреляции. Понятие о частном коэффициенте корреляции. Определение его значимости.

Тема 4. Проверка адекватности математических моделей и значимости параметров модели

Схема проверки статистических гипотез. Понятие о законах распределения случайных величин. Критерий Фишера. Критерий Стьюдента.

F-отношение. Проверка значимости параметров математической модели, проверка адекватности математической модели.

Тема 5. Построение экспериментальных моделей с использованием программных средств

Построение математических моделей в среде MS Excel, Matcad. Представление результатов экспериментов. Программная фильтрация и сглаживание временных рядов.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– проведение практических занятий;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме контрольных работ;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика» и в целом по дисциплине составляет 10% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

– проведение контрольных работ и обсуждение ошибок.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК-1	Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ПК-1 Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	Неудовлетворительно	**удовлетворительно**	хорошо	отлично
знать: – Знает методы планирования и организации исследований и разработок, методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в своей области исследований.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: – основные законы распределения случайных величин; – математические основы метода наименьших квадратов, границы его применимости, понятие об альтернативах МНК; – математические основы регрессионного и дисперсионного анализа данных.	Обучающийся демонстрирует существенные недочёты, которые восполняет после явного указания преподавателя в следующих знаний: – основные законы распределения случайных величин; – математические основы метода наименьших квадратов, границы его применимости, понятие об альтернативах МНК; – математические основы регрессионного и дисперсионного анализа данных.	Обучающийся демонстрирует незначительные недочёты, которые самостоятельно исправляет в следующих знаний: – основные законы распределения случайных величин; – математические основы метода наименьших квадратов, границы его применимости, понятие об альтернативах МНК; – математические основы регрессионного и дисперсионного анализа данных.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: – основные законы распределения случайных величин; – математические основы метода наименьших квадратов, границы его применимости, понятие об альтернативах МНК; – математические основы регрессионного и дисперсионного анализа данных.

уметь: меет применять нормативную документацию в соответствующей области знаний, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применять методы анализа научно-технической информации	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выдвигать и проверять статистические гипотезы; – проводить проверку значимости найденных параметров и адекватности полученных моделей.	Обучающийся умеет в выдвигать и проверять гипотезы и проводить проверку адекватности только в знакомых примерах.	Обучающийся умеет выдвигать и проверять гипотезы и проводить проверку адекватности в знакомых примерах, с незначительными погрешностями при переносе на другие примеры..	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: – выдвигать и проверять статистические гипотезы; – проводить проверку значимости найденных параметров и адекватности полученных моделей.
владеть: Способен анализировать научно-технической информации, проводить эксперименты, обрабатывать и обобщать полученные данные.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет специальной терминологией области систем автоматизации, автоматического контроля и мониторинга, контроля качества изделий и продукции.	Обучающийся владеет навыками применения программных пакетов для обработки и представления экспериментальных данных со значительными затруднениями..	Обучающийся владеет навыками применения программных пакетов для обработки и представления экспериментальных данных с незначительными затруднениями..	Обучающийся в полном объеме владеет навыками применения программных пакетов для обработки и представления экспериментальных данных.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

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

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика» – прошли промежуточный контроль.

Шкала оценивания	**Описание**
отлично	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.
хорошо	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 некоторые ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации, которые самостоятельно устраняются после замечаний.

удовлетворительно	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 возникают значительные неточности и затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации, которые устраняются после подробных замечаний.
Неудовлетворительно	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.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 1 к рабочей программе.

Приложение 1 к
рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология

ОП (профиль): «Биотехнология»

Форма обучения: очная

Вид профессиональной деятельности: научно-исследовательская

Кафедра: «ХимБиотех»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Математическое планирование экспериментов

и прикладная статистика

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

2.1. Комплекты заданий для контрольной работы
2.2 Комплект вопросов к экзамену
2.3 Вариант экзаменационного билета

Составители:

Зубов Д.В.

Москва, 2021 год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ПРИКЛАДНАЯ СТАТИСТИКА					
ФГОС ВО **19.03.01 «Биотехнология»**					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **Общепрофессиональные и профессиональные компетенции**:					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИН-ДЕКС	**ФОРМУЛИРОВ-КА**				
ОПК-2	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	**знать:** – основные законы распределения случайных величин; – математические основы метода наименьших квадратов, границы его применимости, понятие об альтернативах МНК; – математические основы регрессионного и дисперсионного анализа данных. **уметь:** – выдвигать и проверять статистические гипотезы; – проводить проверку значимости найденных параметров и адекватности полученных моделей. **владеть:** – навыками применения программных пакетов для обработки и представления экспериментальных данных.	лекция, практические занятия, самостоятельная работа	К/Р	**Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля **Повышенный уровень:** практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарам

ПК-10	владением планирования эксперимента, обработки и представления полученных результатов	**знать:** – основные принципы планирования научного эксперимента; – основные структуры экспериментальных моделей; – математические основы регрессионного и дисперсионного анализа данных. **уметь:** – осуществлять выделение значимых и незначимых параметров, проводить структурную и параметрическую идентификацию моделей; – проводить проверку значимости найденных параметров и адекватности полученных моделей. **владеть:** – методикой составления планов полного и дробного факторного эксперимента; – навыками применения программных пакетов для обработки и представления экспериментальных данных.	лекция, практические занятия, самостоятельная работа	К/Р	**Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля **Повышенный уровень:** практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарам

Таблица 2. Перечень оценочных средств по дисциплине Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам

Комплект заданий для контрольной работы

по дисциплине

Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика

Образцы домашних контрольных работ для рубежного контроля

Вариант 1 ……..…….

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_0 + b_1 x_1$, сделать вывод об её адекватности

	x1	y
1	0,5	7,22
2	0,5	6,6
3	1	8,46
4	7,5	23,85
5	2	10,32
6	1,5	9,09
7	2	10,69
8	8,5	26,3
9	8	25,56
10	2,5	12,16
11	0,5	6,97
12	7,5	23,87
13	4	15,14
14	2	10,83
15	3	13,21
16	6,5	21,78
17	6	20,36
18	7	22,62
19	3	12,68
20	5	18,3
21	5	18,27
22	5	17,64
23	5	18,37
24	5	17,66

Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
2,64	0,48	4,67	-1,00	4,67	-1,00	20,98
2,13	0,85	1,99	0,91	2,49	0,61	14,98
4,27	-0,90	0,57	0,54	2,82	0,32	12,45
0,03	0,03	2,50	0,60	2,40	0,68	11,87
4,94	-0,97	1,27	0,96	2,80	0,33	17,84
4,02	-0,77	0,67	0,62	3,37	-0,23	12,60
3,57	-0,42	1,64	1,00	3,77	-0,59	16,70
3,41	-0,27	0,45	0,43	5,56	-0,66	9,94
1,03	0,86	0,13	0,13	2,97	0,17	2,98
0,67	0,62	5,53	-0,68	0,13	0,13	21,41
1,66	1,00	4,32	-0,92	4,85	-0,99	17,84
0,52	0,50	0,22	0,22	5,64	-0,60	2,59
2,67	0,45	2,25	0,78	1,30	0,96	16,68
5,36	-0,80	5,99	-0,29	4,49	-0,98	33,82
0,18	0,18	0,75	0,68	2,36	0,70	5,42
4,72	-1,00	1,28	0,96	5,02	-0,95	17,44
3,95	-0,72	3,60	-0,44	4,04	-0,78	20,99
2,51	0,59	4,31	-0,92	2,12	0,85	19,52
2,30	0,75	0,89	0,78	4,36	-0,94	10,50
5,47	-0,73	1,45	0,99	1,90	0,95	19,72

Вариант 2. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$, сделать вывод об её адекватности

	x1	x2	y
1	10	6	33,96
2	2,5	8	11,46
3	6,5	2	32,04
4	3	6,5	15,11
5	7	3,5	30,81
6	1,5	6,5	11,81
7	4,5	4	23,79
8	3,5	6	17,36
9	1	8,5	6,62
10	7,5	0,5	36,89
11	7,5	1	36,84
12	9,5	10	25,18
13	5,5	7,5	19,90
14	4	8	15,54
15	2,5	3	20,25
16	9,5	9,5	26,03
17	9,5	2,5	38,76
18	7	4,5	29,21
19	9,5	3	38,17
20	3	4,5	19,03
21	3	4,5	18,80
22	3	4,5	19,19
23	3	4,5	19,31
24	3	4,5	18,51

Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
1,89	0,95	4,53	-0,98	5,34	-0,81	18,97
0,71	0,65	4,70	-1,00	0,28	0,28	17,23
2,56	0,55	4,63	-1,00	2,61	0,51	20,67
3,83	-0,64	2,85	0,29	2,61	0,51	19,94
3,57	-0,42	4,77	-1,00	2,18	0,82	23,23
1,76	0,98	0,74	0,67	3,30	-0,16	8,50
3,80	-0,61	3,96	-0,73	1,67	1,00	21,25
3,73	-0,56	4,23	-0,89	0,85	0,75	21,72
2,91	0,23	2,53	0,57	4,27	-0,90	17,68
2,21	0,80	1,91	0,94	3,12	0,02	14,89
4,09	-0,81	2,07	0,88	5,82	-0,45	19,11
5,07	-0,94	3,08	0,06	4,15	-0,85	22,65
3,97	-0,74	1,86	0,96	5,76	-0,50	18,28
0,55	0,52	4,76	-1,00	0,29	0,29	17,16
0,35	0,34	5,31	-0,83	5,75	-0,51	19,46
0,81	0,72	5,64	-0,60	4,64	-1,00	22,39
1,05	0,87	4,45	-0,97	2,39	0,68	17,02
2,34	0,72	3,69	-0,52	2,89	0,25	17,89
0,23	0,23	0,39	0,38	3,87	-0,67	3,16
5,83	-0,44	5,04	-0,95	0,23	0,23	28,99

Вариант 3 ……..……..……..……..

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_1 x_1 + b_2 x_2$, сделать вывод об её адекватности

	x1	x2	y
1	6,7	9,7	33,02
2	4,9	6,1	22,26
3	9,7	10	41,28
4	2,3	8,3	19,69
5	2,3	0,6	5,84
6	3,4	7,4	20,9
7	3,5	8,1	22,19
8	8,8	6,4	32,53
9	4,1	8,8	25,05
10	2,9	4,8	14,91
11	7,6	9,9	35,75
12	5,7	2,5	17,83
13	6,4	0,2	15,32
14	3,3	1,4	9,73
15	1,7	3,6	9,69
16	9,1	5,1	30,86
17	10	7,6	37,67
18	3,4	5,7	17,71
19	4	9,9	26,87
20	2,6	8	20,01
21	2,6	8	19,95
22	2,6	8	19,9
23	2,6	8	19,9
24	2,6	8	19,93

Задание 2. Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
5,08	-0,93	3,19	-0,05	0,75	0,68	64,83
1,38	0,98	2,20	0,81	2,27	0,77	38,62
0,27	0,27	1,40	0,99	5,26	-0,85	39,41
2,64	0,48	5,16	-0,90	3,47	-0,32	77,12
4,29	-0,91	0,50	0,48	2,60	0,52	47,04
4,57	-0,99	2,19	0,81	0,61	0,57	52,58
2,30	0,75	3,36	-0,22	2,64	0,48	56,18
2,36	0,70	0,90	0,78	0,10	0,10	24,23
1,02	0,85	2,47	0,62	2,53	0,57	39,55
0,95	0,81	5,21	-0,88	0,93	0,80	52,98
4,57	-0,99	0,77	0,70	3,68	-0,51	56,55
4,48	-0,97	2,87	0,27	1,10	0,89	59,82
2,81	0,33	1,04	0,86	5,23	-0,87	54,15
5,50	-0,71	4,55	-0,99	1,57	1,00	82,75
1,57	1,00	1,76	0,98	0,45	0,43	27,33
0,94	0,81	3,85	-0,65	0,76	0,69	41,19
4,71	-1,00	1,54	1,00	3,56	-0,41	63,10
5,06	-0,94	3,95	-0,72	3,72	-0,55	85,62
0,42	0,41	5,68	-0,57	2,61	0,51	61,43
1,52	1,00	4,22	-0,88	0,10	0,10	44,91

Вариант 4 ……..

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_0 + b_1 x_1$, сделать вывод об её адекватности

	x1	y
1	7	22,79
2	4,5	16,09
3	3,5	13,75
4	1,5	8,56
5	6,5	21,13
6	5,5	18,69
7	5	17,62
8	4,5	16,14
9	7	22,59
10	6,5	21,36
11	6	20,05
12	3,5	13,73
13	8	25,02
14	8,5	26,27
15	3	12,58
16	8,5	26,44
17	6,5	21,2
18	4,5	16,11
19	9	27,43
20	5,5	18,81
21	5,5	18,68
22	5,5	18,64
23	5,5	18,81
24	5,5	18,83

Задание 2. Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
3,37	-0,23	1,91	0,94	2,18	0,82	5,17
4,53	-0,98	1,29	0,96	1,75	0,98	6,23
3,45	-0,30	3,24	-0,10	2,78	0,35	7,80
0,22	0,22	5,34	-0,81	5,33	-0,82	5,58
1,86	0,96	2,54	0,57	0,22	0,22	6,30
3,46	-0,31	4,16	-0,85	3,68	-0,51	12,58
3,30	-0,16	0,27	0,27	1,76	0,98	4,18
4,88	-0,99	4,92	-0,98	5,06	-0,94	17,86
5,27	-0,85	4,12	-0,83	0,88	0,77	9,88
1,72	0,99	1,31	0,97	5,95	-0,33	8,94
0,51	0,49	5,96	-0,32	5,46	-0,73	6,55
4,73	-1,00	1,98	0,92	4,16	-0,85	16,89
0,87	0,76	2,11	0,86	1,79	0,98	-1,21
5,35	-0,80	2,76	0,37	2,44	0,65	10,91
4,72	-1,00	2,15	0,84	2,44	0,65	8,62
0,04	0,04	0,48	0,46	1,85	0,96	-5,09
1,16	0,92	3,89	-0,68	4,87	-0,99	10,75
1,27	0,96	2,34	0,72	3,30	-0,16	6,59
3,94	-0,72	0,60	0,56	2,51	0,59	7,15
4,35	-0,94	4,95	-0,97	2,33	0,73	7,20

Вариант 5 ……..

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_0 + b_1 x_1$, сделать вывод об её адекватности

	x1	y
1	3	14,1
2	4	17,55
3	1,5	7,85
4	6	26,15
5	4	18,15
6	5	22,25
7	6	26,45
8	5,5	24,15
9	7	30,15
10	0,5	3,65
11	8	33,9
12	2,5	12
13	8,5	36,2
14	3	13,85
15	0,5	4,45
16	1	6,05
17	3,5	16,45
18	8,5	36,45
19	9	37,9
20	7	30,5
21	7	30,35
22	7	29,75
23	7	29,9
24	7	29,65

Задание 2. Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
4,20	-0,87	3,47	-0,32	0,67	0,62	30,13
2,82	0,32	1,87	0,96	4,91	-0,98	-0,56
5,68	-0,57	0,54	0,51	2,90	0,24	-5,27
5,93	-0,35	4,02	-0,77	2,53	0,57	30,75
3,94	-0,72	3,32	-0,18	0,33	0,32	29,39
2,51	0,59	0,21	0,21	0,65	0,61	-0,64
0,14	0,14	3,70	-0,53	4,85	-0,99	20,24
1,73	0,99	0,36	0,35	1,88	0,95	-3,38
2,80	0,33	3,91	-0,69	2,31	0,74	30,21
4,12	-0,83	3,91	-0,69	0,13	0,13	36,76
0,00	0,00	5,95	-0,33	3,80	-0,61	43,08
3,60	-0,44	1,34	0,97	3,55	-0,40	-1,31
4,23	-0,89	0,84	0,74	4,21	-0,88	-7,15
0,38	0,37	4,58	-0,99	3,13	0,01	34,62
4,69	-1,00	0,74	0,67	0,78	0,70	2,44
2,97	0,17	2,15	0,84	0,83	0,74	14,52
3,24	-0,10	1,80	0,97	0,88	0,77	10,84
3,71	-0,54	5,51	-0,70	2,07	0,88	45,34
0,29	0,29	0,32	0,31	1,72	0,99	-3,15
2,47	0,62	5,41	-0,77	3,69	-0,52	39,77

Вариант 6 ……..…….

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$, сделать вывод об её адекватности

	x1	x2	y
1	7,7	4,9	29,40
2	4,4	5,6	19,94
3	7,3	0,3	36,62
4	1,9	4,6	15,54
5	4,9	7,4	17,98
6	0,9	9,4	4,40
7	5,6	9,6	15,54
8	3,7	8,2	13,54
9	4,3	6,4	18,30
10	5,8	5,8	22,98
11	5,6	8,1	18,72
12	1	2,3	17,68
13	9	7	29,03
14	9,1	4,5	33,66
15	3	3,4	20,32
16	7,9	9	22,41
17	6	5,2	24,83
18	7,2	2,5	32,33
19	9,8	6,5	32,09
20	8,5	1,6	37,34
21	8,5	1,6	37,42
22	8,5	1,6	37,32
23	8,5	1,6	37,44
24	8,5	1,6	37,27

Задание 2. Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
4,07	-0,80	4,37	-0,94	1,34	0,97	-10,40
2,11	0,86	5,19	-0,89	4,62	-1,00	-8,09
5,66	-0,58	5,02	-0,95	5,82	-0,45	-19,70
0,32	0,31	3,65	-0,49	4,86	-0,99	-3,79
5,36	-0,80	2,11	0,86	5,03	-0,95	-21,00
0,03	0,03	3,70	-0,53	4,80	-1,00	-3,50
5,72	-0,53	4,52	-0,98	0,86	0,76	-15,56
5,03	-0,95	3,17	-0,03	2,92	0,22	-16,20
5,35	-0,80	4,53	-0,98	3,68	-0,51	-19,45
4,91	-0,98	4,87	-0,99	5,55	-0,67	-19,02
1,34	0,97	0,19	0,19	0,75	0,68	0,32
4,99	-0,96	4,41	-0,95	3,11	0,03	-16,78
4,34	-0,93	0,60	0,56	1,20	0,93	-11,62
3,83	-0,64	0,52	0,50	1,68	0,99	-9,28
1,95	0,93	2,19	0,81	1,97	0,92	-0,77
5,47	-0,73	0,22	0,22	3,21	-0,07	-18,10
4,35	-0,94	4,43	-0,96	1,02	0,85	-11,94
4,77	-1,00	1,59	1,00	0,13	0,13	-15,85
4,53	-0,98	3,57	-0,42	0,17	0,17	-14,96
4,14	-0,84	1,56	1,00	1,16	0,92	-10,89

Вариант 7 ……..…….

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модель вида $y = b_1 x_1 + b_2 x_2$, сделать вывод об её адекватности

	x_1	x_2	y
1	5	8,5	28,04
2	6	6	26,8
3	3,5	2	13,16
4	8,5	8,5	36,88
5	2,5	1	8,15
6	1	2	6,34
7	5,5	6,5	26
8	1	7	16,09
9	4,5	4,5	19,38
10	2,5	7,5	20,67
11	4,5	8	26,12
12	3	8,5	22,82
13	5,5	6	25,1
14	8,5	8,5	37,18
15	5	8	27,52
16	10	5	34,53
17	2	9	21,32
18	0,5	3	7,49
19	6,5	2	20,04
20	8	8	34,45
21	8	8	34,93
22	8	8	34,53
23	8	8	35,14
24	8	8	35,39

Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
3,80	-0,61	3,31	-0,17	0,03	0,03	9,62
2,55	0,56	1,91	0,94	5,79	-0,47	37,33
4,14	-0,84	1,34	0,97	2,94	0,20	21,46
2,93	0,21	3,56	-0,41	0,30	0,30	11,05
4,42	-0,96	3,47	-0,32	4,97	-0,97	34,36
0,47	0,45	1,51	1,00	3,91	-0,69	26,89
2,18	0,82	5,81	-0,46	1,72	0,99	24,77
5,83	-0,44	1,33	0,97	0,63	0,59	9,87
4,44	-0,96	3,29	-0,15	2,92	0,22	24,07
0,06	0,06	4,57	-0,99	1,12	0,90	16,56
0,51	0,49	5,60	-0,63	1,69	0,99	23,48
5,64	-0,60	4,29	-0,91	2,97	0,17	25,17
0,19	0,19	1,21	0,94	1,68	0,99	14,65
5,23	-0,87	1,72	0,99	4,31	-0,92	29,50
4,36	-0,94	1,68	0,99	0,45	0,43	10,08
2,38	0,69	5,46	-0,73	0,05	0,05	14,59
0,56	0,53	5,11	-0,92	5,37	-0,79	39,60
4,19	-0,87	1,19	0,93	1,24	0,95	12,38
0,16	0,16	2,31	0,74	2,21	0,80	20,06
0,16	0,16	4,96	-0,97	2,16	0,83	22,97

Вариант 8 ……..…….

Задание 1. Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_1 x_1 + b_2 x_2$, сделать вывод об её адекватности

	x1	x2	y
1	4,5	8	26,13
2	2	10	23,74
3	6,5	6	28,05
4	3,5	5	18,15
5	7	4	25,33
6	10	5,5	35,13
7	5	0,5	14
8	7,5	9	35,09
9	5,5	2,5	18,28
10	4,5	4,5	20,27
11	0,5	9	18,33
12	5	9	28,86
13	1	6,5	14,57
14	8,5	9	38,08
15	8,5	8,5	37,04
16	8	1,5	23,1
17	5	1,5	16,13
18	4,5	3	17,35
19	4,5	7,5	25,29
20	9,5	9	40,47
21	9,5	9	40,73
22	9,5	9	40,32
23	9,5	9	40,84
24	9,5	9	40,82

Задание 2. Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
4,43	-0,96	1,79	0,98	1,55	1,00	5,02
1,50	1,00	2,27	0,77	3,69	-0,52	2,21
1,43	0,99	4,99	-0,96	5,06	-0,94	-4,65
3,79	-0,60	2,10	0,86	0,19	0,19	2,14
4,46	-0,97	3,72	-0,55	2,02	0,90	0,04
4,90	-0,98	5,47	-0,73	4,99	-0,96	-7,97
0,53	0,51	3,19	-0,05	3,60	-0,44	-0,88
1,31	0,97	5,40	-0,77	0,60	0,56	1,89
1,69	0,99	3,89	-0,68	0,17	0,17	0,63
5,58	-0,65	1,21	0,94	0,22	0,22	2,40
0,39	0,38	2,83	0,31	1,34	0,97	5,58
3,00	0,14	1,19	0,93	4,62	-1,00	-0,90
0,30	0,30	5,56	-0,66	5,95	-0,33	-2,69
2,48	0,61	1,99	0,91	4,09	-0,81	0,73
2,76	0,37	0,72	0,66	0,12	0,12	3,22
3,37	-0,23	3,86	-0,66	1,52	1,00	1,57
5,93	-0,35	4,28	-0,91	0,75	0,68	-0,68
3,76	-0,58	1,69	0,99	6,00	-0,28	0,72
3,93	-0,71	1,86	0,96	4,02	-0,77	-1,61
4,72	-1,00	2,67	0,45	1,38	0,98	3,31

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если правильно определена структура модели, правильно построены выражения для расчёта коэффициентов модели, найдены верные значения коэффициентов, правильно рассчитаны значения дисперсий и F-отношения, выбрано правильно значение Fкр сделан верный вывод об адекватности модели.
- оценка «хорошо» имеются отдельные недочёты, не существенно повлиявшие на точность модели или на вывод об адекватности модели.
- оценка «удовлетворительно» если есть недочёты, снизившие точность модели, но не повлиявшие на её структуру.
- оценка «неудовлетворительно» если полученная модель не соответствует экспериментальным данным или сделан неверный вывод об адекватности модели.

Приложение 2.2

Комплект вопросов к экзамену

по дисциплине

Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика

1. Требования, предъявляемые к математическим моделям. Этапы построения экспериментальных моделей. Особенности построения моделей при проведении активного и пассивного эксперимента.
2. Сравнительная характеристика основных методов построения моделей при проведении активного и пассивного эксперимента.
3. Определение параметров линейного уравнения регрессии методом наименьших квадратов.
4. Определение параметров линейного уравнения регрессии (простой и множественной) с использованием статистических характеристик (с выводом).
5. Понятие о законах распределения "Хи-квадрат", Стьюдента и Фишера. Примеры их использования.
6. Понятие о статистических гипотезах и методах их проверки. Р- значение.
7. Определение параметров линейного уравнения регрессии в матричной форме.
8. Регрессионный анализ, основные допущения. Проверка значимости параметров и адекватности уравнения.
9. Таблица дисперсионного анализа. Определение наличия регрессионной зависимости с использованием F - отношения. Множественный коэффициент корреляции.
10. Понятие о частном коэффициенте корреляции. Определение его значимости. Пример использования.
11. Методы последовательного уточнения структуры регрессионного уравнения: метод включений, метод исключений, метод пошаговой регрессии.
12. Полный факторный эксперимент
13. Планы дробных факторных экспериментов
14. Звёздные планы.
15. Метод группового учёта параметров.

Приложение 2.3

Вариант экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ХТ и Б, кафедра «ХимБиотех»
Дисциплина «Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика»
Образовательная программа 19.03.01 Биотехнология
Курс 4, семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №3

1. Регрессионный анализ. Основные допущения, область применения. Схема использования. Проверка адекватности модели при помощи статистических критериев.
2. Планирование активных экспериментов. ПФЭ
3. Построить по экспериментальным данным модель вида $y = b_0 + b_1 x$, сделать вывод об её адекватности

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
x	7	4,5	3,5	1,5	6,5	5,5	5	7	6	3,5	8	3	8,5	9	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
y	22,79	16,09	13,75	8,56	21,13	18,69	17,62	22,59	20,05	13,73	25,02	12,58	26,44	27,43	18,81	18,68	18,64	18,81	18,83

Утверждено на заседании кафедры « » 2021 г., протокол №_

Зав. кафедрой _____

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Сидняев, Н.И. Статистический анализ и теория планирования эксперимента : методические указания / Н.И. Сидняев. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. — 200 с. — ISBN 978-5-7038-4707-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/103275.

б) дополнительная литература:

1. Григорьев, Ю.Д. Методы оптимального планирования эксперимента: линейные модели : учебное пособие / Ю.Д. Григорьев. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1937-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/65949.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение MS Excel, MathCAD..

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

http://v.michm.ru/index.php/
Планирование_эксперимента_и_обработка_экспериментальных_данных

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированная учебная лаборатория кафедры «Аппаратное оформление и автоматизация технологических производств» Ауд. АВ4403 оснащенная лабораторными стендами, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютеры с установленным ПО).

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на семинарских занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой. Во время лекции студент должен вести краткий конспект. Дома самостоятельно работая с конспектом, студенту необходимо пометить материалы, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен найти ответы на вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самому не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. 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.

10. Методические рекомендации для преподавателя

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 – лекционная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, 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.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, 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 лекционным занятиям по курсу «Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика» необходимо продумать план их проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

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

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы.

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

При этом во всех частях лекции 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 на лекциях и 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 лекционного и 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 лекционных или практических необходимо вести диалог со студентами и давать студентам возможность дискутировать между собой.

Преподаватель, принимающий экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Приложение

Структура и содержание дисциплины «Математическое планирование экспериментов и прикладная статистика» по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология» (бакалавр)

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
	Восьмой семестр														
1.1	**Основы построения экспериментальных моделей.** Требования, предъявляемые к математическим моделям. Этапы построения моделей. Экспериментальные, экспериментально-аналитические модели, их особенности, преимущества и недостатки. Метрики качества модели.	**7**	1-2	**2**	**2**								+		
1.2	**Метод наименьших квадратов.** Параметрическая идентификация. Метод наименьших квадратов. Регрессионный анализ, основные допущения. Определение параметров линейного уравнения регрессии методом наименьших	**7**	**3-6**	**4**	**4**								+		

	квадратов. Определение параметров линейного уравнения регрессии с использованием статистических характеристик. Определение параметров линейного уравнения регрессии в матричной форме. Таблица дисперсионного анализа. Определение наличия регрессионной зависимости с использованием F -отношения. ПФЭ. Дробный факторный эксперимент.														
1.3	**Структурная идентификация математических моделей** Методы последовательного уточнения структуры регрессионного уравнения: метод включений, метод исключений, метод пошаговой регрессии. Проверка значимости параметров. Множественный коэффициент корреляции. Понятие о частном коэффициенте корреляции. Определение его значимости.	**7**	**7-10**	**4**	**4**								**+**		
1.4	**Проверка адекватности математических моделей и значимости параметров модели** Схема проверки статистических гипотез. Понятие о законах	**7**	**11-14**	**4**	**4**								**+**		

	распределения случайных величин. Критерий Фишера. Критерий Стьюдента. F-отношение. Проверка значимости параметров математической модели, проверка адекватности математической модели.														
1.5	**Построение экспериментальных моделей с использованием программных средств** Построение математических моделей в среде MS Excel, Matcad. Представление результатов экспериментов. Программная фильтрация и сглаживание временных рядов.	**7**	**15-18**	**4**	**4**								**+**		
	Форма аттестации		**19**											**Э**	
	Всего часов по дисциплине в седьмом семестре	108		18	18		72								