



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Волгоградский государственный технический университет»



Факультет строительства и жилищно-коммунального хозяйства

УТВЕРЖДЕНО  
Факультет строительства и жилищно-коммунального хозяйства  
Декан Поляков Владимир Геннадьевич  
г.

## Математическое моделирование

### рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

Закреплена за кафедрой **Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве**  
Учебный план 08.04.01 Строительство  
Профиль **Промышленное и гражданское строительство: проектирование**  
Квалификация **магистр**  
Срок обучения **2 года**

Форма обучения **очная**      Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**  
Виды контроля в семестрах: экзамены 1

Семестр(Курс.Номер семестра на курсе)	1(1.1)		Итого	
	УП	ПП	УП	ПП
Лекции	12	12	12	12
Лабораторные	24	24	24	24
Итого ауд.	36	36	36	36
Контактная работа	36.35	36.35	36.35	36.35
Сам. работа	72	72	72	72
Часы на контроль	35.65	35.65	35.65	35.65
Практическая подготовка	0	0	0	0
Итого трудоемкость в часах	144	144	0	0

## ЛИСТ ОДОБРЕНИЯ, СОГЛАСОВАНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Разработчик(и) программы:

доцент Ерещенко Т.В. ктн

Рецензент(ы):  
(при наличии)

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

### **Математическое моделирование**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (приказ Минобрнауки России от 31.05.2017 г. № 482)

составлена на основании учебного плана:

08.04.01 Строительство

Профиль: Промышленное и гражданское строительство:

утвержденного учёным советом вуза от 31.05.2023 протокол № 10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

### **Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве**

номер протокола 2023 г.  
Зав. кафедрой Парыгин Данила Сергеевич

СОГЛАСОВАНО:

Факультет строительства и жилищно-коммунального хозяйства  
Председатель НМС факультета: Полякова Владимира Геннадьевича

Протокол заседания НМС от  
г. №

<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ). ВИД, ТИП ПРАКТИКИ, СПОСОБ И ФОРМА (ФОРМЫ) ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ.</b>
Формирование представлений об математических моделях и математическом моделировании
Задачи освоения дисциплины - умение проводить формализацию поставленной задачи на основе современного математического аппарата, использования математических моделей при моделировании процессов в конструкциях и системах;
приобретение умений и навыков в применении компьютерных методов реализации моделей.

<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Дисциплина «Математическое моделирование» относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)», относящиеся к базовой части программы и является обязательной к изучению. Дисциплина «Математическое моделирование» базируется на знаниях, умениях и навыках приобретенных обучающимися на предыдущей ступени обучения.
2.1.2	К ним относятся: основные положения теории интегралов, теории функций нескольких переменных; базовые понятия и основные приёмы матричной алгебры;
2.1.3	основные положения теории обыкновенных дифференциальных уравнений;
2.1.4	основные методы решения экстремальных задач;
2.1.5	основные принципы обработки данных
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)</b>	
<b>ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ, математического аппарата фундаментальных наук</b>	
<i>ОПК-1.1: Выбор фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление</i>	
Результаты обучения: Знает фундаментальные основы высшей математики, включая линейную алгебру и математический анализ, основные статистические распределения; основные математические приемы формализации основных фундаментальных законов для построения математических моделей Умеет осуществлять выбор фундаментального закона, описывающего изучаемый процесс или явление; Владеет приемами формального описания изучаемого процесса или явления на основе выбранного фундаментального закона	
<i>ОПК-1.2: Составление математической модели, описывающей изучаемый процесс или явление, выбор и обоснование граничных и начальных условий</i>	
Результаты обучения: Знает основные математические модели, применяемые для описания изучаемого процесса или явления; Умеет составлять математические модели, описывающие изучаемый процесс или явление, выбирать и обоснование граничные и начальные условия; Владеет математическим аппаратом и компьютерными технологиями для построения математических моделей.	
<i>ОПК-1.3: Оценка адекватности результатов моделирования, формулирование предложений по использованию математической модели для решения задач профессиональной деятельности</i>	
Результаты обучения: Знает формулы расчета дисперсии воспроизводимости и дисперсии адекватности. Умеет проводить оценку адекватности результатов моделирования формулировать предложения по использованию математической модели для решения задач профессиональной деятельности; Владеет математическими методами оценки адекватности результатов моделирования.	
<i>ОПК-1.4: Применение типовых задач теории оптимизации в профессиональной деятельности</i>	
Результаты обучения: Знает основные математические методы оптимизации, применяемые для решения задач в строительстве	
<b>ОПК-2: Способен анализировать, критически осмысливать и представлять информацию, осуществлять поиск научно-технической информации, приобретать новые знания, в том числе с помощью информационных технологий</b>	
<i>ОПК-2.1: Сбор и систематизация научно-технической информации о рассматриваемом объекте, в т.ч. с использованием информационных технологий</i>	
Результаты обучения:	
<i>ОПК-2.2: Оценка достоверности научно-технической информации о рассматриваемом объекте</i>	
Результаты обучения:	

<i>ОПК-2.3: Использование средств прикладного программного обеспечения для обоснования результатов решения задачи профессиональной деятельности</i>				
Результаты обучения: знает математические основы методов, реализованных в средствах прикладного программного обеспечения; умеет использовать средства прикладного программного обеспечения для обоснования результатов решения задачи профессиональной деятельности; владеет навыками использования средств прикладного программного обеспечения для решения задач профессиональной деятельности с помощью математических методов.				
<i>ОПК-2.4: Использование информационно-коммуникационных технологий для оформления документации и представления информации</i>				
Результаты обучения:				
<b>ОПК-6: Способен осуществлять исследования объектов и процессов в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства</b>				
<i>ОПК-6.1: Формулирование целей, постановка задачи исследований</i>				
Результаты обучения: Умеет формулировать цель исследования, определять основные факторы модели.				
<i>ОПК-6.2: Выбор способов и методик выполнения исследований</i>				
Результаты обучения: Умеет выбирать формулы для расчета в соответствии с набором исходных данных				
<i>ОПК-6.3: Составление программы для проведения исследований, определение потребности в ресурсах</i>				
Результаты обучения: Умеет планировать эксперимент, выбирать факторы и функцию отклика				
<i>ОПК-6.4: Выполнение и контроль выполнения эмпирических исследований объекта профессиональной деятельности</i>				
Результаты обучения: знает теоретические основы планирования эксперимента; умеет применять основные математические методы обработки данных и планирования эксперимента; владеет навыками обработки данных и планирования эксперимента;				
<i>ОПК-6.5: Документирование результатов исследований, оформление отчётной документации</i>				
Результаты обучения:				
<i>ОПК-6.6: Формулирование выводов по результатам исследования</i>				
Результаты обучения: знает основные положения теории вероятностей, теоретические основы математических методов обработки данных; умеет применять математические методы обработки данных; владеет навыками применения дисперсионного анализа и регрессионно-корреляционного анализа данных.				
<i>ОПК-6.7: Представление и защита результатов проведённых исследований</i>				
Результаты обучения:				
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)</b>				
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Форма контроля
1	<b>Раздел 1. Цель и задачи математического моделирования.</b>			
1.1	Роль и место моделирования в исследованиях. Классификация моделей. Основные этапы моделирования. /Тема/	1	0	
1.1.1	Тема 1. Роль и место моделирования в исследованиях. Классификация моделей. Основные этапы моделирования. /Лек/	1	2	Э
1.1.2	Подготовка к текущему контролю успеваемости /Ср/	1	6	
1.2	Непрерывные случайные величины. Основные распределения, их числовые характеристики. /Тема/	1	0	
1.2.1	Основные понятия статистического анализа экспериментальных данных. Построение гистограммы и полигона. Эмпирическая функция распределения. /Лаб/	1	2	РГР Э
1.2.2	Непрерывные случайные величины. Основные распределения, их числовые характеристики. /Лек/	1	2	Э
1.2.3	Точечное оценивание параметров распределения. Оценка параметров выборки. Методы нахождения оценок. Оценка параметров генеральной совокупности по собственно-случайной выборке /Лаб/	1	2	РГР Э
1.2.4	Выборочные распределения. Расчет числовых характеристик случайных величин. Интервальное оценивание параметров распределения. /Лаб/	1	2	РГР Э
1.2.5	Проверка статистических гипотез. Критерии значимости /Лаб/	1	2	РГР Э
1.2.6	Выборочный коэффициент корреляции и его свойства. Определение коэффициентов эмпирического уравнения регрессии в случае линейной однофакторной зависимости /Лаб/	1	2	РГР Э

1.2.7	Выборочный коэффициент корреляции и его свойства. Определение коэффициентов эмпирического уравнения регрессии в случае нелинейной однофакторной зависимости /Лаб/	1	2	РГР Э
1.2.8	Множественная регрессия. МНК /Лаб/	1	2	РГР Э
1.2.9	Выборка. Проверка статистических гипотез. Корреляционный анализ. Регрессионный анализ. Линейная регрессия со сгруппированными данными /Лек/	1	2	Э
1.2.10	Получение линейного уравнения регрессии по данным эксперимента /Лаб/	1	2	РГР Э
1.2.11	Модели со взаимодействиями /Лаб/	1	2	РГР Э
1.2.12	Подготовка к текущему контролю успеваемости /Ср/	1	40	
1.3	Теория подобия /Тема/	1	0	
1.3.1	Теория подобия и системы единиц физических величин. Специальные разделы высшей математики /Лек/	1	2	Э
1.3.2	Подготовка к текущему контролю успеваемости /Ср/	1	6	
1.4	Планирование эксперимента /Тема/	1	0	
1.4.1	Планирование эксперимента. Основные определения. Параметры оптимизации. Обобщенный параметр оптимизации. Факторы. Выбор модели /Лек/	1	2	Э
1.4.2	Полный факторный эксперимент /Лек/	1	2	Э
1.4.3	Выбор факторов, основного уровня, составление матрицы планирования. Расчет дисперсии воспроизводимости /Лаб/	1	2	РГР Э
1.4.4	Оценка воспроизводимости эксперимента /Лаб/	1	2	РГР Э
1.4.5	Многофакторный эксперимент. Проверка адекватности модели /Лаб/	1	2	РГР Э
1.4.6	Подготовка к текущему контролю успеваемости /Ср/	1	20	
2	<b>Раздел 2. Промежуточная аттестация</b>			
2.1	Экзамен /Тема/	1	0	
2.1.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	1	35.65	
2.1.2	Контактная работа на аттестацию /КоРа/	1	0.35	

Примечание. Формы контроля: Эк – экзамен, К- контрольная работа, Ко- контрольный опрос, Сз- семестровое задание, З-зачет, ОП -отчет по практике, Зд-задание, Р-реферат.

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства планируемых результатов обучения представлены в виде фондов оценочных средств (ФОС), разработанных в соответствии с локальным нормативным актом университета. ФОС может быть представлен в Приложении к рабочей программе.

### Фонд тестовых заданий

по дисциплине Б1.О Математическое моделирование

1. Вид информационной модели зависит от

- цели моделирования
- внешнего вида объекта
- стоимости объекта
- размера объекта

2. В информационной модели облака, представленного в виде черно-белого рисунка, отражается его:

- вес
- размер
- цвет
- форма

3. Модель отражает:

- некоторые из всех существующих признаков объекта
- все существующие признаки объекта
- существенные признаки в соответствии с целью моделирования
- некоторые существенные признаки объекта

4. Для плохо формализованных задач используются методы.

- ☐ оптимизации
- ☐ аппроксимации функций
- ☐ статистической обработки
- ☐ искусственного интеллекта +

5. В информационной модели жилого дома, представленной в виде чертежа (общий вид), отражается его:
- плотность
  - стоимость
  - структура
  - надежность
6. Формализация - это
- процесс построения модели на формальном языке
  - представление модели в виде формулы
  - создание компьютерной модели объекта
  - процесс создания материальной модели объекта
7. При описании отношений между элементами системы удобнее всего использовать информационную модель следующего вида:
- математическую
  - табличную
  - графическую
  - текстовую
8. При создании игрушечного корабля для ребенка трех лет существенным является:
- внешний вид
  - размер
  - точность деталей
  - материал
9. Расположите этапы моделирования в правильной последовательности:
- А) Синтез математической модели области, выбор критериев оценки эффективности и точности моделирования  
Б) Разработка имитационной модели, алгоритма ее реализации  
В) Анализ моделируемой системы, сбор необходимой информации, выделение проблемной области исследования и постановка задачи  
Г) Анализ результатов моделирования  
Д) Оценка адекватности имитационной модели
- ☐ В, Б, А, Д, Г  
☐ В, А, Б, Г, Д +  
☐ В, А, Б, Д, Г  
☐ Б, В, А, Г, Д
10. Основой моделирования является
- процесс передачи информации
  - коммуникативный процесс
  - процесс взаимодействия людей
  - процесс формализации
11. Компьютерная имитационная модель ядерного взрыва НЕ позволяет:
- провести натурное исследование процессов
  - обеспечить безопасность исследователей
  - уменьшить стоимость исследования
  - сохранить экологию окружающей среды
12. В информационной модели компьютера, представленной в виде схемы отражается его:
- размер
  - вес
  - цвет
  - структура
13. К числу самых первых графических информационных моделей следует отнести:
- книги с иллюстрациями
  - карты поверхности Земли
  - наскальные росписи
  - церковные иконы
14. В информационной модели автомобиля, представленной в виде детской игрушки, отражается его:
- структура
  - цвет
  - плотность
  - форма
15. Модель человека в виде детской куклы создана с целью:
- продажи
  - игры
  - управления
  - рекламы
16. Информационной моделью объекта НЕЛЬЗЯ считать описание объекта-оригинала:

- a. не отражающее признаков объекта-оригинала
  - b. с помощью математических формул
  - c. на естественном языке
  - d. на формальном языке
17. Математическая модель объекта - это описание объекта-оригинала в виде:
- a. таблицы
  - b. формул
  - c. текста
  - d. рисунка
18. Пара понятий «подстанция-оператор» описывается отношением:
- ☐ объект—модель
  - ☐ процесс-результат
  - ☐ общее-частное
  - ☐ объект-субъект +
19. С помощью имитационного моделирования НЕЛЬЗЯ изучать:
- a. инфляционные процессы в промышленно-экономических системах
  - b. траекторию движения планет и космических кораблей
  - c. тепловые процессы, протекающие в технических системах
  - d. процессы психологического взаимодействия людей
20. При описании траектории движения объекта (физического тела) удобнее всего использовать:
- a. текстовую информационную модель
  - b. математическую информационную модель
  - c. графическую информационную модель
  - d. табличную информационную модель
21. Выберите ложное высказывание:
- a. объект может служить моделью другого объекта, если он отражает его существенные признаки
  - b. нет строгих правил построения модели
  - c. модель содержит столько же информации, сколько и моделируемый объект
  - d. при решении конкретной задачи модель может оказаться полезным инструментом
22. Понятие модели имеет смысл при наличии (выберите наиболее полный ответ):
- a. желания сохранить информацию об объекте
  - b. цели моделирования и моделируемого объекта
  - c. моделирующего субъекта и моделируемого объекта
  - d. моделирующего субъекта, цели моделирования и моделируемого объекта
23. Признание признака объекта существенным при построении его информационной модели зависит от:
- a. размера объекта
  - b. цели моделирования
  - c. стоимости объекта
  - d. числа признаков
24. Информационной моделью части земной поверхности является:
- a. карта местности
  - b. рисунок дома
  - c. схема метро
  - d. описание дерева
25. Табличная информационная модель представляет собой описание объекта в виде:
- a. системы математических формул
  - b. последовательности предложений на естественном языке
  - c. совокупности знаний, размещаемых в таблице
  - d. графиков, чертежей, рисунков
26. В информационной модели автомобиля, представленной в виде описания: "по дороге, как ветер, промчался лимузин", отражается его:
- a. цвет
  - b. скорость
  - c. структура
  - d. плотность
27. К числу математических моделей относится:
- a. полицейский протокол
  - b. инструкция по сборке мебели
  - c. правила дорожного движения
  - d. формула вычисления корней квадратного уравнения
28. Перечень стран мира - это информационная модель:
- a. политического устройства мира
  - b. экономического устройства мира
  - c. устройства планеты Земля
  - d. национального состава человечества
29. Рисунки, карты, чертежи, диаграммы, схемы, графики представляют собой модели следующего вида:
- a. иерархические информационные

- b. математические информационные
  - c. табличные информационные
  - d. графические информационные
30. Описание глобальной компьютерной сети Интернет в виде системы взаимосвязанных серверов следует рассматривать как:
- a. натурную модель
  - b. табличную модель
  - c. математическую модель
  - d. сетевую модель
31. В иерархической информационной модели объекты подразделяются на:
- a. классы
  - b. группы
  - c. уровни
  - d. отряды
32. Графы могут быть представлены в виде:
- a. кустов
  - b. столбцов
  - c. деревьев
  - d. строк
33. Что такое информационная модель?
- a. Это выраженная с помощью знаков вербальная модель, представленная согласно определенным правилам и максимально точно передающая существенные свойства исследуемого объекта.
  - b. Это представленная на компьютере информация об образце.
  - c. Это реляционная база данных, отражающая связи между частями образца.
  - d. Совокупность всей информации об изучаемом объекте, процессе, явлении.
34. Что такое математическая модель?
- a. Это любая формула.
  - b. Это знаковая модель, построенная с помощью формального языка над конечным алфавитом, в которой используются математические методы.
  - c. Это любая система уравнений.
  - d. Это геометрическое построение, отражающее свойства изучаемого явления.
35. Под моделью понимают:
- a. образ реального объекта, предмета, явления, отражающий все существенные для данного исследования свойства.
  - b. точную копию изучаемого объекта.
  - c. образ реального объекта, предмета, явления, отражающий все свойства исследуемого объекта.
  - d. некоторое подобие объекта, хотя бы отдаленно напоминающее исследуемый объект.
36. Что такое вербальная модель?
- a. Это текстовая модель, построенная средствами естественного языка по определенным правилам.
  - b. Это модель, которая обязательно требует дополнительного описания на естественном языке.
  - c. Это некая речевая абстракция.
  - d. Это модель, возникающая в мыслях во время общения.
37. Что такое образец в моделировании?
- a. Это порядок исследования, которого нужно придерживаться при моделировании.
  - b. Это объект, процесс, явление, для которого строится модель, и который требует изучения.
  - c. Это объект, процесс, явление, служащее основой для построения теории.
  - d. Это алгоритм построения модели.
38. Какое высказывание наиболее точно определяет понятие «модель»:
- a. точная копия оригинала;
  - b. оригинал в миниатюре;
  - c. образ оригинала с наиболее присущими ему свойствами;
  - d. начальный замысел будущего объекта?
39. Компьютерное моделирование — это:
- a. процесс построения модели компьютерными средствами;
  - b. процесс исследования объекта с помощью его компьютерной модели;
  - c. построение модели на экране компьютера;
  - d. решение конкретной задачи с помощью компьютера.
40. Вербальной моделью является:
- a. макет здания;
  - b. сборник правил дорожного движения;
  - c. формула закона всемирного тяготения;
  - d. база данных товаров на складе.
41. Математической моделью является:
- a. макет здания;
  - b. сборник правил дорожного движения;
  - c. формула закона всемирного тяготения;
  - d. база данных товаров на складе.
42. Информационной моделью не является:
- a. макет здания;



- b. сборник правил дорожного движения;  
c. формула закона всемирного тяготения;  
d. база данных товаров на складе.
43. Последовательность этапов моделирования:  
a. цель, объект, модель, метод, алгоритм, программа, эксперимент, анализ, уточнение;  
b. цель, модель, объект, алгоритм, программа, эксперимент, уточнение выбора объекта;  
c. объект, цель, модель, эксперимент, программа, анализ, тестирование;  
d. объект, модель, цель, алгоритм, метод, программа, эксперимент.
44. Компьютерный эксперимент — это:  
a. решение задачи на компьютере;  
b. исследование модели с помощью компьютерной программы;  
c. подключение компьютера для обработки физических экспериментов;  
d. автоматизированное управление физическим экспериментом.
51. Компьютерная модель «очередь» не может быть применена для оптимизации в следующих задачах:  
a. обслуживание в магазине;  
b. телефонная станция;  
c. компьютерная сеть с выделенным сервером;  
d. спортивные соревнования по бегу.
52. Пусть автобусы двигаются с интервалом в 10 минут. Каково среднее время ожидания транспорта на остановке при наличии одного маршрута:  
a. 10 мин;  
b. 0 мин;  
c. 5 мин;  
d. не определено
53. Пусть автобусы двигаются с интервалом в 10 минут. Каково среднее время ожидания транспорта на остановке при наличии двух маршрутов:  
a. 5 мин;  
b. менее 5 мин;  
c. более 5 мин;  
d. 10 мин
54. Методом случайных испытаний (метод Монте-Карло) можно вычислить:  
a. периметр фигуры;  
b. площадь фигуры;  
c. объем тела;  
d. корень уравнения.
55. Как влияет степень аппроксимирующей функции  $m$  в полиномиальной аппроксимации метода наименьших квадратов:  
А. с увеличением степени  $m$  погрешность метода уменьшается;  
Б. с увеличением степени  $m$  погрешность метода увеличивается;  
В. изменение степени  $m$  никак не влияет на погрешность МНК;  
Г. нельзя дать однозначного ответа о связи погрешности и степени аппроксимирующей функции  $m$ .  
Правильный ответ: А
56. Каким видом погрешности пользуются для оценки погрешности МНК:  
А. среднее арифметическое;  
Б. среднее геометрическое;  
В. среднее квадратическое отклонение;  
Г.  
Правильный ответ: В

#### Вопросы для собеседования

по дисциплине Б1.О . Математическое моделирование  
(наименование дисциплины)

#### Контрольные вопросы к разделам

##### Раздел 1. Цель и задачи математического моделирования

##### Контрольные вопросы к разделу

1. Место моделирования среди методов познания
2. Определение модели.
3. Свойства моделей.
4. Цели моделирования.
5. Классификация моделей.

6. Материальное моделирование
7. Идеальное моделирование.
8. Когнитивные, концептуальные и формальные модели.
9. Классификация математических моделей.

## Раздел 2. Непрерывные случайные величины

### Контрольные вопросы к разделу

1. Основные распределения и их числовые характеристики.
2. Числовые характеристики случайных величин

## Раздел 3. Математическая статистика

### Контрольные вопросы к разделу

1. Статистический анализ экспериментальных данных.
2. Точечное оценивание параметров распределения.
3. Проверка статистических гипотез.
4. Критерии значимости
5. Постановка задачи интерполирования. Линейная интерполяция
6. Интерполяция многочленом и сплайнами. Погрешность интерполяции. Реализация в MathCAD
7. Обработка данных, полученных экспериментально. Метод наименьших квадратов.
8. Проверка гипотезы о равенстве математического ожидания заданному значению
9. . Проверка гипотезы о равенстве дисперсии нормального распределения заданному значению.
10. . Сравнение двух дисперсий нормально распределенных признаков.
11. . Сравнение нескольких дисперсий нормально распределенных признаков
12. Сравнение двух средних в случае независимых нормально распределенных признаков
13. Сравнение двух средних в случае зависимых нормально распределенных признаков
14. . Основные задачи корреляционного и регрессионного анализа
15. Определение коэффициентов эмпирического уравнения регрессии в случае линейной однофакторной зависимости

## Раздел 4. Планирование эксперимента

### Контрольные вопросы к разделу

1. Цель и этапы эксперимента
2. Выбор факторов
3. Выбор основного уровня и интервалов варьирования
4. Полный факторный эксперимент типа 2<sup>k</sup>
5. Модели с взаимодействиями
6. Расчет дисперсии воспроизводимости
7. . Проверка адекватности эмпирического уравнения регрессии

Кафедра цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве  
наименование кафедры)

Расчетно графическая работа

по дисциплине Б1.О Математическое моделирование

Для каждой задачи в соответствии с вариантом выбрать параметры оптимизации. Выбрать факторы. Составить матрицу полного факторного эксперимента конкретной задачи и получить линейное уравнение регрессии.

Вариант 1.

X1	60	40	60	40	60	40	60	40
X2	20	20	80	80	20	20	80	80
X3	0	0	0	0	20	20	20	20
y	2	3	4	5	4	5	8	7

Вариант 2.

x1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
x2	-1	-1	+1	+1	+1	-1
y	2	3	4	5	5	2

Вариант 3.

X1	60	40	60	40	60	40	60	40
X2	20	20	80	80	20	20	80	80
X3	0	0	0	0	20	20	20	20
y	2	3	4	5	4	5	8	7

Вариант 4.

x1	60	40	60	40	60	40	60	40
x2	20	20	80	80	20	20	80	80
x3	20	20	20	20	10	10	10	10
y	2	3	4	5	4	5	8	7

Вариант 5.

X1	60	40	60	40	60	40	60	40
X2	20	20	80	80	20	20	80	80
X3	0	0	0	0	40	40	40	40
y	2	3	4	5	4	5	8	7

Вариант 6.

X1	60	40	60	40	60	40	60	40
X2	20	20	80	80	20	20	80	80
X3	0	0	0	0	20	20	20	20
y	2	3	4	5	4	5	8	7

Вариант 7.

x1	-1	+1	-1	+1	-1	+1		
x2	-1	-1	+1	+1	+1	-1		
y	2	3	4	5	5	2		

Вариант 8.

X1	60	40	60	40	60	40	60	40
X2	20	20	80	80	20	20	80	80
X3	0	0	0	0	20	20	20	20
y	2	3	4	5	4	5	8	7

Вариант 9.

x1	60	40	60	40	60	40	60	40
x2	20	20	80	80	20	20	80	80
x3	20	20	20	20	10	10	10	10
y	2	3	4	5	4	5	8	7

Вариант 10.

X1	60	40	60	40	60	40	60	40
X2	20	20	80	80	20	20	80	80
X3	0	0	0	0	40	40	40	40
y	2	3	4	5	4	5	8	7

Для следующих вариантов 1) определить, являются ли приведенные данные результатами ПФЭ в кодированных или натуральных переменных;

2) получить линейное уравнение регрессии в кодированных и натуральных переменных

Вариант 1.

x1	-1	+1	-1	+1				
x2	-1	+1	+1	-1				
y	2	3	4	5				

Вариант 2.

x1	20	20	40	40	20	20	40	40
x2	10	30	10	30	10	30	10	30
y	4	6	8	10	6	6	8	8

Вариант 3.

x1	20	40	20	40	20	40		
x2	0	0	0	20	20	20		
y	2	3	4	5	6	7		

Вариант 4.

x1	20	20	40	40	20	20	40	40
x2	10	30	10	30	10	30	10	30

y	4	6	8	10	4	4	8	8
Вариант 5.								
x1	20	40	20	40	20	40		
x2	0	0	0	30	30	30		
y	2	3	4	5	6	7		
Вариант 6.								
x1	-1	+1	-1	+1				
x2	-1	+1	+1	-1				
y	2	3	4	5				
Вариант 7.								
x1	20	20	40	40	20	20	40	40
x2	10	30	10	30	10	30	10	30
y	4	6	8	10	6	6	8	8
Вариант 8.								
x1	20	40	20	40	20	40		
x2	0	0	0	20	20	20		
y	2	3	4	5	6	7		
Вариант 9.								
x1	20	20	40	40	20	20	40	40
x2	10	30	10	30	10	30	10	30
y	4	6	8	10	4	4	8	8
Вариант 10.								
x1	20	40	20	40	20	40		
x2	0	0	0	30	30	30		
y	2	3	4	5	6	7		
Пример выполнения задания								
Проводится ПФЭ 23 для установления зависимости отклика от указанных факторов. Требуется получить линейное уравнение регрессии.								
X1	60	40	60	40	60	40	60	40
X2	20	20	80	80	20	20	80	80
X3	0	0	0	0	10	10	10	10
y	2	3	4	5	4	5	8	7
Решение. Проведено N различных опытов. Имеем ПФЭ 23 в натуральных переменных без дублирования опытов. Определим центр плана и интервалы варьирования факторов.								
Переходим от натуральных переменных к кодированным.								
Запишем результаты эксперимента в таблицу								
Таблица								
Номер опыта	x0	x1	x2	x3	y			
1	+	+	-	-	2			
2	+	-	-	-	3			
3	+	+	+	-	4			
4	+	-	+	-	5			
5	+	+	-	+	4			
6	+	-	-	+	5			
7	+	+	+	+	8			
8	+	-	+	+	7			
Определим коэффициенты линейного уравнения регрессии в кодированных переменных по формуле (30).								

Итак, линейное уравнение регрессии в кодированных переменных принимает вид

В натуральных переменных

Ответ: Линейное уравнение регрессии в натуральных переменных имеет вид

Пример выполнения задания

Получить линейное уравнение регрессии по данным результатам эксперимента (табл. ). Сделать вывод о значимости факторов.

Таблица

x1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
x2	-1	-1	+1	+1	+1	-1
y	2	3	4	5	5	2

Решение. Эксперимент двухфакторный. Проведено 6 опытов, из них 4 различных. Это результаты ПФЭ типа 2<sup>2</sup> в кодированных переменных с неравномерным дублированием опытов. В этом случае составляем систему нормальных уравнений. Для линейного уравнения регрессии с двумя факторами эта система имеет вид

Для вычисления необходимых сумм составим таблицу, в которой будут учтены все 6 опытов (см табл. ниже).

Таблица

Номер опыта      x1 i      x2 i      yi

1	-1	-1	2	1	+1	-2	1	-2
2	+1	-1	3	1	-1	3	1	-3
3	-1	+1	4	1	-1	-4	1	4
4	+1	+1	5	1	+1	5	1	5
5	-1	+1	5	1	-1	-5	1	5
6	+1	-1	2	1	-1	2	1	-2
Σ	0	0	21	6	-2	-1	6	7

Запишем систему нормальных уравнений

Следовательно, линейное уравнение регрессии имеет вид

Ответ: Линейное уравнение регрессии имеет вид Наиболее значимым является второй фактор

Оформление тем для эссе (рефератов, докладов, сообщений)

по дисциплине Б1.О Математическое моделирование

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Понятие математической модели и математическое моделирование.
2. Определение и назначения моделирования.
3. Задачи, приводящие к построению математической модели.
4. Типы математических моделей.
5. Материальные и информационные модели.
6. Конечно-разностные методы.
7. Аппроксимация уравнений.

8. Математические модели нестационарных процессов.
9. Примеры математического моделирования различных процессов.
10. Этапы построения математической модели.
11. Моделирование с использованием имитационного подхода.
12. Примеры структурных моделей.
13. Классификация моделей.
14. Моделирование в условиях неопределенности.
15. Линейные и нелинейные модели.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный технический университет»

Кафедра цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве  
наименование кафедры)

по дисциплине Математическое моделирование

1. Место моделирования среди методов познания
2. Определение модели.
3. Свойства моделей.
4. Цели моделирования.
5. Классификация моделей.
6. Материальное моделирование
7. Идеальное моделирование.
8. Когнитивные, концептуальные и формальные модели.
9. Классификация математических моделей.
10. Основные распределения и их числовые характеристики
11. Числовые характеристики случайных величин
12. Статистический анализ экспериментальных данных.
13. Точечное оценивание параметров распределения.
14. Проверка статистических гипотез.
15. Критерии значимости
16. Постановка задачи интерполирования. Линейная интерполяция
17. Интерполяция многочленом и сплайнами. Погрешность интерполяции. Реализация в MathCAD
18. Обработка данных, полученных экспериментально. Метод наименьших квадратов.
19. Проверка гипотезы о равенстве математического ожидания заданному значению
20. Проверка гипотезы о равенстве дисперсии нормального распределения заданному значению.
21. Сравнение двух дисперсий нормально распределенных признаков.
22. Сравнение нескольких дисперсий нормально распределенных признаков
23. Цель и этапы эксперимента
24. Выбор факторов
25. Выбор основного уровня и интервалов варьирования
26. Полный факторный эксперимент типа 2k
27. Модели с взаимодействиями
28. Расчет дисперсии воспроизводимости
29. Проверка адекватности эмпирического уравнения регрессии

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство,	Электронный адрес
ЛП.1	Гмурман В. Е.	Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие	М.: Высш. шк., 1998	
ЛП.2	Гмурман В. Е.	Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учеб. пособие для студ. вузов	Москва: Высш. шк., 1998	
ЛП.3	Вентцель Е. С., Овчаров Л. А.	Теория вероятностей и ее инженерные приложения	Москва: Наука, 1988	

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство,	Электронный адрес
Л1.4	Зарубин	Моделирование: учеб. пособие для вузов по направлению "Информатика и вычисл. техника"	Москва: Академия, 2013	
Л1.5	Тарасик В. П.	Математическое моделирование технических систем: учеб. для вузов	Москва: Новое знание, 2013	<a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4324">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4324</a>
Л1.6	Горлач Б. А., Шахов В. Г.	Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: учеб. пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2016	<a href="https://e.lanbook.com/book/74673#book_name">https://e.lanbook.com/book/74673#book_name</a>
Л1.7	Ерещенко Т. В., Душко О. В., Чураков А. А.	Планирование эксперимента: учеб.-практ. пособие	Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2021	

### 6.3 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	СДО "Moodle"
6.3.1.2	Windows
6.3.1.3	Adobe Acrobat Reader DC
6.3.1.4	LibreOffice

### 6.4 Перечень информационных справочных систем и электронных библиотечных систем (ЭБС)

6.3.2.1	Электронный каталог ИБЦ ИАиС
6.3.2.2	Электронный каталог ИБЦ ВолгГТУ
6.3.2.3	Научная электронная библиотека
6.3.2.4	ЭБС "Book.ru"
6.3.2.5	ЭБС "Лань"
6.3.2.6	Электронная информационная образовательная среда университета
6.3.2.7	Библиотека (НТБ)

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) /ОБОРУДОВАНИЕ

7.1	Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. /Учебная доска, учебная мебель, интерактивная трибуна, видеопроектор.
7.2	Лаборатория информационных технологий. /Учебная мебель, компьютерная техника, оснащенная программным обеспечением, доступом в Интернет и в электронную информационно-образовательную среду университета
7.3	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся./Учебная мебель, компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета (читальный зал информационно-библиотечного центра)

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

Организация образовательного процесса по данной дисциплине регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет дисциплины (переаттестации ее части), если она была освоена в процессе предшествующего обучения. Перезачет (переаттестации ее части) освобождает обучающегося от необходимости повторного освоения дисциплины (полностью или частично).

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и практическими занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в электронной информационной образовательной среде. Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана. На первой лекции лектор информирует студентов о рекомендуемой литературе и электронных источниках информации по дисциплине, с указанием, какой учебник (учебное пособие) является базовым.

Лабораторные работы предполагают выполнение и отчет заданий по темам, рассмотренным на лекционных и закрепленных на практических занятиях. Каждому лабораторному занятию предшествует самостоятельная подготовка студента, включающая: ознакомление с содержанием лабораторной работы по методическим указаниям; проработку теоретической части по лекционному материалу и учебникам, рекомендованным в методических указаниях.

Самостоятельная работа студентов включает изучение законспектированного на лекционных занятиях материала, дополнение его с учетом рекомендованной по данной теме литературы, самостоятельную подготовку к лабораторным работам.

Перечень методических указаний для освоения дисциплины представлен в таблице 6.1.3

В течении семестра для студентов проводятся групповые текущие консультации по учебной дисциплине, а также консультация перед зачетом.

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн), в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ (при необходимости).

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.