

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

"БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И.Луковникова

\_\_\_\_\_ 16 мая \_\_\_\_\_ 20 24 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.02.03 Математическое моделирование в сфере строительства**

Закреплена за кафедрой **Базовая кафедра строительного материаловедения и технологий**

Учебный план g080401\_24\_ККСП.plx  
Направление подготовки 08.04.01 Строительство

Квалификация **магистр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

Реферат 2, Зачет 2

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
Неделя	17			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	34	34	34	34
В том числе инт.	14	14	14	14
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):  
к.т.н., доц., *Зиновьев А.А.* \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

**Математическое моделирование в сфере строительства**

разработана в соответствии с ФГОС:

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:

Направление подготовки 08.04.01 Строительство  
утвержденного приказом ректора от 30.01.2024 № 31.

Рабочая программа одобрена на заседании базовой кафедры

**Базовая кафедра строительного материаловедения и технологий**

Протокол от 20.03.2024 г. № 10

Срок действия программы: уч.г. - 2 года

Зав. баз. кафедрой Белых С. А. \_\_\_\_\_

Председатель НМС ФМП

декан, доцент, к.т.н., *Видищева Е.А.* \_\_\_\_\_ 15.04.2024 г. протокол № 08

Ответственный за реализацию ОПОП \_\_\_\_\_ *Лебедева Т.А.*

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ *Сотник Т.Ф.*

№ регистрации \_\_\_\_\_ 06

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель НМС ФМП

**08.04.01**

\_\_\_\_\_ 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры  
**Базовая кафедра строительного материаловедения и технологий**

Внесены изменения/дополнения (Приложение \_\_\_\_\_)

Протокол от \_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель НМС ФМП

**08.04.01**

\_\_\_\_\_ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры  
**Базовая кафедра строительного материаловедения и технологий**

Внесены изменения/дополнения (Приложение \_\_\_\_\_)

Протокол от \_\_\_\_\_ 2026 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	Формирование у обучающихся знаний и умений, направленных на организацию исследовательской деятельности, планирование экспериментальных исследований, обработку полученных результатов построение и использование математических моделей.
-----	--

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.02.03
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Ознакомительная практика
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Информационные системы и технологии в строительстве
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.3	Научно-исследовательская работа
2.2.4	Преддипломная практика

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ, математического аппарата фундаментальных наук**

Индикатор 1	ОПК-1.1. Выбирает фундаментальные законы, описывающие изучаемый процесс или явление
Индикатор 2	ОПК-1.2. Составляет математические модели, описывающие изучаемый процесс или явление, выбирает и обосновывает граничные и начальные условия
Индикатор 3	ОПК-1.3. Оценивает адекватность результатов моделирования, формулирует предложения по использованию математической модели для решения задач профессиональной деятельности
Индикатор 4	ОПК-1.4. Применяет типовые задачи теории оптимизации в профессиональной деятельности

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	методы описания изучаемого объекта с использованием фундаментальных законов; методику математического (в том числе компьютерного) моделирования явлений и объектов; области применимости методов математического моделирования; методы оценки адекватности математических моделей явлений и объектов; основные типы математических моделей объектов и явлений, относящихся к профилю деятельности.
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	анализировать значимость воздействующих на объект факторов на основе знаний фундаментальных законов; разрабатывать математические модели физических явлений и процессов; применять методы математического моделирования для решения задач, относящихся к профилю деятельности; анализировать математические модели физических явлений и процессов, относящихся к профилю деятельности.
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	способностью представления анализируемого объекта в виде системы воздействующих факторов и изучаемых откликов; математическим аппаратом для разработки математических моделей процессов и явлений, относящихся к профилю деятельности; способностью применять математические модели для решения задач профессиональной деятельности; способностью к анализу и оптимизации объектов и явлений, относящихся к профилю деятельности по математическим моделям.

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Вид занятия	Наименование разделов и тем	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел	<b>Раздел 1. Математическое моделирование в решении строительнотехнологических задач</b>						
1.1	Лек	Предмет и задачи дисциплины	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1

1.2	Лек	Классификация моделей	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1
1.3	Лек	Моделирование - метод анализа системы	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1
1.4	Лек	Применение математических моделей	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	1	Лекция-беседа ОПК-1.1; ОПК-1.2
1.5	Лек	Входные факторы и выходные параметры систем	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	1	Лекция-беседа ОПК-1.1; ОПК-1.2
1.6	Лаб	Обработка экспериментальных данных с использованием программы «МОДЕЛЬ» («СТАНИЯ», «EXEL»)	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2
1.7	Лаб	Кодирование переменных при экспериментально-статистическом моделировании	2	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2
1.8	Лаб	Планирование многофакторного эксперимента и обработка его результатов	2	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	2	Проектная работа ОПК-1.1; ОПК-1.2
1.9	Ср	Подготовка к лекциям, лабораторным работам	2	10	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-1.4
1.10	Зачёт	Подготовка к зачету	2	0	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-1.4
	Раздел	<b>Раздел 2. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем</b>						
2.1	Лек	Пассивный и активный эксперимент	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	1	Лекция-беседа ОПК-1.2
2.2	Лек	Планы для исследования линейных процессов	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.2
2.3	Лек	Дробные факторные планы	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.2

2.4	Лек	Планы для исследования нелинейных процессов	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.2
2.5	Лек	Проведение экспериментальных исследований	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	1	Лекция-беседа ОПК-1.2
2.6	Лаб	Кодирование переменных при экспериментально-статистическом моделировании	2	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2
2.7	Лаб	Планирование многофакторного эксперимента и обработка его результатов	2	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2
2.8	Ср	Подготовка к лекциям, лабораторным работам	2	12	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-1.4
2.9	Зачёт	Подготовка к зачету	2	0	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-1.4
	Раздел	<b>Раздел 3. Обработка результатов эксперимента и построение математической модели изучаемого объекта</b>						
3.1	Лек	Обработка экспериментальных данных	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.2; ОПК-1.3
3.2	Лек	Регрессионный анализ	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.2; ОПК-1.3
3.3	Лек	Программное обеспечение в математическом моделировании	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.3; ОПК-1.4
3.4	Лаб	Обработка экспериментальных данных с использованием программы «МОДЕЛЬ» («СТАНИЯ», «EXEL»)	2	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.3
3.5	Лаб	Построение многофакторных зависимостей различного вида по экспериментальным данным	2	4	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	2	Проектная работа ОПК-1.3; ОПК-1.4
3.6	Лаб	Построение однофакторных зависимостей различного вида по экспериментальным данным	2	3	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	2	Проектная работа ОПК-1.3; ОПК-1.4

3.7	Лаб	Кодирование переменных при экспериментально-статистическом моделировании	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2
3.8	Лаб	Планирование многофакторного эксперимента и обработка его результатов	2	3	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.2; ОПК-1.4
3.9	Ср	Подготовка к лекциям, лабораторным работам	2	10	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-1.4
3.10	Реф	Написание реферата	2	5	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-1.4
3.11	Зачёт	Подготовка к зачету	2	0	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-1.4
	Раздел	<b>Раздел 4. Анализ объектов и их оптимизация по математическим моделям</b>						
4.1	Лек	Интерпретация полиномиального уравнения модели	2	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	2	Лекция-беседа ОПК-1.3; ОПК-1.4
4.2	Лек	Графическая интерпретация многофакторной модели	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.3; ОПК-1.4
4.3	Лек	Поиск оптимальных решений	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.4
4.4	Лаб	Обработка экспериментальных данных с использованием программы «МОДЕЛЬ» («СТАНИЯ», «EXEL»)	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.3
4.5	Лаб	Построение однофакторных зависимостей различного вида по экспериментальным данным	2	3	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	2	Проектная работа ОПК-1.3; ОПК-1.4
4.6	Лаб	Построение однофакторного уравнения из многофакторной модели	2	6	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.3; ОПК-1.4
4.7	Лаб	Кодирование переменных при экспериментально-статистическом моделировании	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2

4.8	Лаб	Планирование многофакторного эксперимента и обработка его результатов	2	1	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.2; ОПК-1.4
4.9	Ср	Подготовка к лекциям, лабораторным работам, зачету	2	15	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-1.4
4.10	Реф	Написание и защита реферата	2	5	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-1.4
4.11	Зачёт	Зачет	2	0	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1	0	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-1.4

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция – беседа)

Технология коллективного взаимодействия (работа в малых группах) (самостоятельное изучение обучающимися нового материала посредством сотрудничества в малых группах, дает возможность всем участникам участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения)

Технология модульного обучения (деление учебной дисциплины на модули (блоки), каждый из которых состоит из учебного содержания и технологии овладения им)

Традиционная (репродуктивная) технология (преподаватель знакомит обучающихся с порядком выполнения задания, наблюдает за выполнением и при необходимости корректирует работу обучающихся)

Технология проектного обучения (приобретение знаний, умений и личного опыта по созданию и реализации проектов)

Технология дистанционного обучения (получение образовательных услуг без посещения университета, с помощью современных систем телекомму-никации (электронная почта, Интернет и др.))

### 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

#### 6.1. Контрольные вопросы и задания

Контрольные вопросы для самопроверки при выполнении лабораторных работ:

№1

1. Что является однофакторным экспериментом;
2. Что является многофакторным экспериментом;
3. Приведите вид полиномиального уравнения первого порядка;
4. Приведите вид полиномиального уравнения второго порядка;
5. По какому показателю, отражаемому в окне «Решение» программы «МОДЕЛЬ» можно судить о соответствии построенного уравнения экспериментальным данным;
6. Для решения каких задач предназначен блок программы MODEL IR;
7. Для решения каких задач предназначен блок программы MODEL NR.

№2

1. Что является графиком линейного уравнения;
2. Что является графиком квадратичного уравнения;
3. Что является графиком кубического уравнения;
4. Приведите основные принципы выбора вида функции для описания экспериментальных данных;
5. По какому показателю, отражаемому в окне «Решение» программы «МОДЕЛЬ» можно судить о соответствии построенного уравнения экспериментальным данным;
6. Приведите формулу расчета показателя «сумма квадратов отклонений».

№3

1. Вид линейного уравнения с двумя факторами;
2. Вид линейного уравнения с тремя факторами факторами;
3. Вид линейного уравнения с эффектом взаимодействия с двумя факторами;
4. Вид полного квадратичного уравнения с двумя факторами факторами;
5. Какое количество коэффициентов содержит полное квадратичное уравнения с тремя факторами.



№4

1. Что представляют собой линии построенные по однофакторному уравнению полученному из линейной многофакторной зависимости при различных значениях фиксируемой переменной;
2. Что представляют собой линии построенные по однофакторному уравнению полученному из линейной многофакторной зависимости с эффектом взаимодействия при различных значениях фиксируемой переменной;
3. Что представляют собой линии построенные по однофакторному уравнению полученному из квадратичной многофакторной зависимости при различных значениях фиксируемой переменной.

№5

1. Что представляет собой нормализованное факторное пространство при планировании активного эксперимента при различном количестве факторов.
2. Кодирование и раскодирование факторов.
3. Преимущества кодирования переменных при планировании эксперимента и обработки его результатов.
4. Различия моделей полученных на кодированных и натуральных значениях факторов;
5. Какую размерность имеют кодированные значения факторов в уравнениях модели.

№6

1. Что представляют собой матрицы планов многофакторных экспериментов.
2. Вид факторного пространства при раскодированной и натуральной размерности факторов.
3. Преимущества кодирования переменных при планировании эксперимента и обработки его результатов.
4. Пассивный и активный эксперимент.
5. Что представляет собой геометрическая интерпретация факторного пространства плана эксперимента для двух факторов в натуральных значениях.
6. Нормализованное факторное пространство при планировании активного эксперимента.
7. Основные принципы назначения интервалов варьирования факторов.

### **6.2. Темы письменных работ**

Предусмотрен реферат в разделе "Обработка результатов эксперимента и построение математической модели изучаемого объекта".

Основная тематика реферата: Математическое моделирование в строительно-технологических задачах

### **6.3. Фонд оценочных средств**

Вопросы к зачету:

- 1.1. Понятие модели. Применение моделей в современной науке и производстве.
- 1.2. Материальные и нематериальные модели, их применение, достоинства и недостатки.
- 1.3. Что является математической моделью.
- 1.4. Источники информации для построения математических моделей.
- 2.1. Пассивный и активный эксперимент.
- 2.2. Кодирование и раскодирование факторов.
- 2.3. Преимущества кодирования переменных при планировании эксперимента и обработки его результатов.
- 2.4. Предварительный анализ и выявление грубоошибочных экспериментальных данных.
- 2.5. Основные понятия метода наименьших квадратов.
- 2.6. Какую размерность имеют кодированные значения факторов в матрице плана?
- 2.7. Какую роль играет значение свободного члена в уравнении модели?
- 2.8. Анализ систем по значениям коэффициентов полиномиальной модели.
- 2.9. Требования предъявляемые к математическим моделям строительных объектов.
- 3.1. Понятие системы. Входные факторы и выходные параметры системы, их связь с внешней средой.
- 3.2. Что представляет собой геометрическая интерпретация факторного пространства плана эксперимента для двух факторов в натуральных значениях?
- 3.3. Различия моделей полученных на кодированных и натуральных значениях факторов.
- 3.4. Факторное пространство при различном количестве факторов (1,2,3).
- 3.5. Построение зависимостей по результатам эксперимента.
- 3.6. Вид полиномиального уравнения первого и второго порядка.
- 3.7. Графическое отображение моделей различного вида.
- 3.8. Построение однофакторных зависимостей из многофакторного уравнения регрессии.
- 3.9. Решение оптимизационных задач с использованием современного программного обеспечения.
- 3.10. Что является входными факторами и выходными параметрами системы.
- 3.11. Подсистемы факторов характерные для строительных объектов.
- 3.12. Линейные и нелинейные математические модели.
- 4.1. Виды полиномиальных зависимостей для описания строительных объектов.
- 4.2. Нормализованное факторное пространство при планировании активного эксперимента.
- 4.3. Построение плана полнофакторного эксперимента.
- 4.4. Недостатки полнофакторных экспериментов.
- 4.5. Дробный факторный эксперимент и правило его построения.
- 4.6. Понятие генератора дробного факторного плана.
- 4.7. Правило построения планов второго порядка.
- 4.8. Проверка значимости коэффициентов уравнения модели.
- 4.9. Проверка адекватности уравнения модели.
- 4.10. Интерпретация линейного, неполного квадратичного и квадратичного уравнений регрессии.

### **6.4. Перечень видов оценочных средств**

Вопросы к лабораторным работам, вопросы к зачету; реферат

**7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)****7.1. Рекомендуемая литература****7.1.1. Основная литература**

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л1.1.1	Алпатов Ю.Н.	Математическое моделирование производственных процессов: учебное пособие	Братск: БрГУ, 2016	23	
Л1.1.2	Масягин В. Б., Волгина Н. В.	Математическое моделирование и информационные технологии при проектировании: учебное пособие	Омск: Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493368">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493368</a>
Л1.1.3	Данилов Н. Н.	Математическое моделирование: учебное пособие	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=278827">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=278827</a>
Л1.1.4	Гусева Е. Н.	Экономико-математическое моделирование: учебное пособие	Москва: Флинта, 2021	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=83540">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=83540</a>

**7.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л1.2.1	Сидняев Н.И.	Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учебное пособие для магистров	Москва: Юрайт, 2012	10	
Л1.2.2	Зариковская Н. В.	Математическое моделирование систем: учебное пособие	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=480523">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=480523</a>
Л1.2.3		Математическое моделирование: лабораторный практикум	Ставрополь: Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2016	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=467014">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=467014</a>

**7.1.3. Методические разработки**

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л1.3.1	Зиновьев А.А., Даминова А.М.	Математическое моделирование в сфере строительства: методические указания по самостоятельной работе студентов	Братск: БрГУ, 2021	1	<a href="https://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Строительство%20-%20Архитектура/Зиновьев%20А.А.Математическое%20моделирование%20в%20сфере%20строительства.МУ.2021.pdf">https://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Строительство%20-%20Архитектура/Зиновьев%20А.А.Математическое%20моделирование%20в%20сфере%20строительства.МУ.2021.pdf</a>

**7.3.1 Перечень программного обеспечения**

7.3.1.1	Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN No Level
7.3.1.2	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
7.3.1.3	LibreOffice

7.3.1.4	Adobe Acrobat Reader DC		
<b>7.3.2 Перечень информационных справочных систем</b>			
7.3.2.1	Электронная библиотека БрГУ		
7.3.2.2	Электронный каталог библиотеки БрГУ		
7.3.2.3	«Университетская библиотека online»		
7.3.2.4	ИСС "Кодекс". Информационно-справочная система		
<b>8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>			
Вид занятия	Аудитория	Наименование аудитории	Оснащённость
Лаб	3019	Лаборатория компьютерных технологий для испытаний, оценки качества и обработки информации	Основное оборудование: <input type="checkbox"/> проектор Aser Projector X 1260, <input type="checkbox"/> экран, <input type="checkbox"/> монитор TFT 17" Lg L1753S-SF Silver (8 штук), <input type="checkbox"/> системный блок CPU 4000.2*512MB (8 штук). Дополнительно: – меловая доска – 1 шт. – маркерная доска – 1 шт. Учебная мебель: – комплект мебели (посадочных мест/АРМ) – 16/7 шт. – комплект мебели (посадочных мест/АРМ) для преподавателя – 1/1 шт.
Лек	3227	Учебная аудитория (мультимедийный класс)	Основное оборудование: <input type="checkbox"/> интерактивная доска SMART Board со встроенным проектором UX60 <input type="checkbox"/> ПК – AMD Athlon (tm) 7550 Dual-Core Processor 2.50 GHz ОЗУ 2,00ГБ Учебная мебель: – комплект мебели (посадочных мест) – 44 шт. – комплект мебели (посадочных мест/АРМ) для преподавателя – 1/1 шт.
Зачёт	3313а	Учебная аудитория (дисплейный класс)	Основное оборудование: <input type="checkbox"/> проектор Aser Projector X 1260, <input type="checkbox"/> экран, <input type="checkbox"/> Автоматизированное рабочее место Моноблок Aquarius Mnb Pro T584 R52 (23.8*/i7_8700T/D4_8G/VINT/SSD1000/SB/NIC/WiFi/KM/AstraCE) – 15 шт Дополнительно: – меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: – комплект мебели (посадочных мест/АРМ) – 21/15 шт. – комплект мебели (посадочных мест/АРМ) для преподавателя – 1/0 шт.
Ср, Реферат	2201	читальный зал №1	Комплект мебели (посадочных мест) Стеллажи Комплект мебели (посадочных мест) для библиотекаря Выставочные шкафы ПК i5-2500/H67/4Gb (монитор TFT19 Samsung) (10шт.); принтер HP Laser Jet P2055D (1шт.)
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>			
<p>Методические указания для подготовки к лекциям:  В процессе формирования конспекта лекций, обучающийся должен кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Самостоятельно осуществлять проверку терминов с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, практическом занятии</p> <p>Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ:  Лабораторная работа №1  Обработка экспериментальных данных с использованием программы «МОДЕЛЬ» («СТАНИЯ», «EXEL)</p>			

**Цель работы:**

Освоение навыков обработки экспериментальных данных однофакторного и многофакторного экспериментов с использованием метода наименьших квадратов в программе MODEL

**Задание:**

1. По результатам однофакторного эксперимента, используя модуль программы MODEL IR построить линейное и квадратическое уравнения регрессии;
2. По результатам многофакторного эксперимента, используя модуль программы MODEL NR построить линейное и квадратическое уравнения регрессии.

**Порядок выполнения:**

Лабораторную работу выполняют на персональном компьютере. Перед выполнением лабораторной работы, студент должен получить допуск к ее выполнению. Для допуска к выполнению лабораторной работы, обучающемуся необходимо подготовиться в соответствии с тематикой работы используя методические указания и литературные источники.

Выполнение заданий оформить в виде отчета по лабораторной работе с последующей защитой.

**Форма отчетности:**

Результаты выполнения работы отражаются в отчете по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен содержать название работы, цель, результаты выполнения заданий, вывод о достижении поставленной цели. Отчет оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95. Каждым обучающимся индивидуально производится подготовка отчета с последующей его защитой.

**Задания для самостоятельной работы:**

1. Изучить вопросы, связанные с построением полиномиальных зависимостей различного вида;
2. Сформулировать задачи, решаемые при проведении однофакторного и многофакторного экспериментов.

**Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе**

Задания выполняются в рабочей тетради, в произвольной форме. Выполненные записи в дальнейшем могут быть использованы при получении допуска к выполнению лабораторной работы и при ее защите.

Для подготовки к выполнению лабораторной работы, обучающемуся необходимо изучить в соответствии с тематикой работы методические указания и литературные источники.

**Лабораторная работа №2**

Построение однофакторных зависимостей различного вида по экспериментальным данным

**Цель работы:**

Освоение методики построения и выбора математических зависимостей, описывающих поведение изучаемого объекта после проведения однофакторного эксперимента.

**Задание:**

1. По результатам двух экспериментальных данных представленных в виде пяти значений результативного показателя объекта ( $Y$ ) полученных при соответствующих значениях фактора ( $X$ ) необходимо построить три математические зависимости  $y=f(x)$  для каждого из набора данных. Расчеты проводятся используя блок программы MODEL IR;
2. По каждому набору экспериментальных данных построить графические отображения полученных математических зависимостей с нанесением на координатную плоскость значений экспериментальных точек;
3. Проанализировать все полученные результаты и сделать вывод о возможности использования полученных зависимостей для описания экспериментальных данных.
4. Выбрать вид зависимости для описания результатов первых и вторых экспериментальных данных.

**Порядок выполнения:**

Лабораторную работу выполняют на персональном компьютере. Перед выполнением лабораторной работы, студент должен получить допуск к ее выполнению. Для допуска к выполнению лабораторной работы, обучающемуся необходимо подготовиться в соответствии с тематикой работы используя методические указания и литературные источники.

Выполнение заданий оформить в виде отчета по лабораторной работе с последующей защитой.

**Форма отчетности:**

Результаты выполнения работы отражаются в отчете по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен содержать название работы, цель, результаты выполнения заданий, вывод о достижении поставленной цели. Отчет оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95. Каждым обучающимся индивидуально производится подготовка отчета с последующей его защитой.

**Задания для самостоятельной работы:**

1. Изучить вопросы, связанные с построением однофакторных зависимостей различного вида;
2. Изучить вопросы, связанные с выбором вида функции для описания экспериментальных данных однофакторного эксперимента.

**Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе**

Задания выполняются в рабочей тетради, в произвольной форме. Выполненные записи в дальнейшем могут быть использованы при получении допуска к выполнению лабораторной работы и при ее защите.

Для подготовки к выполнению лабораторной работы, обучающемуся необходимо изучить в соответствии с тематикой работы методические указания и литературные источники.

**Лабораторная работа №3**

Построение многофакторных зависимостей различного вида по экспериментальным данным

**Цель работы:**

Освоение методики построения многофакторных математических зависимостей, описывающих поведение изучаемого объекта.

**Задание:**

1. По набору экспериментальных данных представленных в виде девяти значений результативного показателя объекта ( $Y$ )

полученных при соответствующих значениях факторов ( $X_1$  и  $X_2$ ) необходимо построить три математические зависимости:

- 1) линейного вида  $y=C_1+C_2x_1+C_3x_2$
- 2) линейную с эффектами взаимодействия  $y=C_1+C_2x_1+C_3x_2+C_4x_1x_2$
- 3) квадратическую  $y=C_1+C_2x_1+C_3x_2+C_4x_1^2+C_5x_2^2+C_6x_1x_2$

2. Проанализировать все полученные результаты и сделать вывод о возможности использования полученных зависимостей для описания экспериментальных данных.

Порядок выполнения:

Лабораторную работу выполняют на персональном компьютере. Перед выполнением лабораторной работы, студент должен получить допуск к ее выполнению. Для допуска к выполнению лабораторной работы, обучающемуся необходимо подготовиться в соответствии с тематикой работы используя методические указания и литературные источники.

Выполнение заданий оформить в виде отчета по лабораторной работе с последующей защитой.

Форма отчетности:

Результаты выполнения работы отражаются в отчете по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен содержать название работы, цель, результаты выполнения заданий, вывод о достижении поставленной цели. Отчет оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95. Каждым обучающимся индивидуально производится подготовка отчета с последующей его защитой.

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить вопросы, связанные с построением многофакторных зависимостей различного вида;
2. Изучить вопросы, связанные с выбором вида функции для описания экспериментальных данных многофакторного эксперимента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Задания выполняются в рабочей тетради, в произвольной форме. Выполненные записи в дальнейшем могут быть использованы при получении допуска к выполнению лабораторной работы и при ее защите.

Для подготовки к выполнению лабораторной работы, обучающемуся необходимо изучить в соответствии с тематикой работы методические указания и литературные источники.

#### Лабораторная работа №4

Построение однофакторного уравнения из многофакторной модели

Цель работы:

Освоение методики построения однофакторного уравнения из многофакторной модели и их графического отображения на плоскостном графике

Задание:

1. Используя двухфакторные уравнения полученные в ходе выполнения лабораторной работы № 3 необходимо построить однофакторные зависимости путем подстановки фиксированных значений одной из переменных:

1. Линейное при  $x_2=K_1$
2. Линейное при  $x_2=K_2$
3. Линейное с эффектом взаимодействия при  $x_2=K_1$
4. Линейное с эффектом взаимодействия при  $x_2=K_2$
5. Квадратическое при  $x_2=K_1$
6. Квадратическое при  $x_2=K_2$

2. На основании полученных однофакторных зависимостей построить их графические отображения.

3. Проанализировать все полученные графические зависимости и сделать вывод о возможности использования полученных уравнений для описания экспериментальных данных. При этом необходимо учитывать степень приближения расчетных значений  $Y_i$ , к экспериментальным данным и суммы квадратов отклонений каждой построенной модели.

Порядок выполнения:

Лабораторную работу выполняют на персональном компьютере. Перед выполнением лабораторной работы, студент должен получить допуск к ее выполнению. Для допуска к выполнению лабораторной работы, обучающемуся необходимо подготовиться в соответствии с тематикой работы используя методические указания и литературные источники.

Выполнение заданий оформить в виде отчета по лабораторной работе с последующей защитой.

Форма отчетности:

Результаты выполнения работы отражаются в отчете по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен содержать название работы, цель, результаты выполнения заданий, вывод о достижении поставленной цели. Отчет оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95. Каждым обучающимся индивидуально производится подготовка отчета с последующей его защитой.

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить вопросы, связанные с построением однофакторных уравнений из многофакторных зависимостей различного вида;
2. Изучить вопросы, связанные с построением графических зависимостей многофакторного уравнения на плоскостном графике.
3. Изучить вопросы, связанные с оценкой полученной зависимости для описания экспериментальных данных многофакторного эксперимента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Задания выполняются в рабочей тетради, в произвольной форме. Выполненные записи в дальнейшем могут быть использованы при получении допуска к выполнению лабораторной работы и при ее защите.

Для подготовки к выполнению лабораторной работы, обучающемуся необходимо изучить в соответствии с тематикой работы методические указания и литературные источники.

**Лабораторная работа №5**

Кодирование переменных при экспериментально-статистическом моделировании

Цель работы:

Освоение методики кодирования переменных, построения и анализа многофакторных математических зависимостей

Задание:

1. Экспериментальные значения  $X_1$  и  $X_2$  (из л.р. № 3) перевести из натуральной размерности в кодированный (нормализованный) вид.
2. По полученному набору экспериментальных данных представленных в виде девяти значений результативного показателя объекта ( $Y$ ) и кодированных значений факторов ( $X_1$  и  $X_2$ ) построить три математические зависимости:
  - 1) линейного вида  $y=C_1+C_2x_1+C_3x_2$
  - 2) линейную с эффектами взаимодействия  $y=C_1+C_2x_1+C_3x_2+C_4x_1x_2$
  - 3) квадратическую  $y=C_1+C_2x_1+C_3x_2+C_4x_1^2+C_5x_2^2+C_6x_1x_2$
3. Используя полученные двухфакторные уравнения построить шесть однофакторных зависимости путем подстановки фиксированных значений одной из переменных в кодированном виде:
  1. Линейное при  $x_2=K_1$
  2. Линейное при  $x_2=K_2$
  3. Линейное с эффектом взаимодействия при  $x_2=K_1$
  4. Линейное с эффектом взаимодействия при  $x_2=K_2$
  5. Квадратическое при  $x_2=K_1$
  6. Квадратическое при  $x_2=K_2$
4. На основании полученных однофакторных зависимостей построить их графические отображения.
5. Проанализировать все полученные графические зависимости и сделать вывод о возможности использования полученных уравнений для описания экспериментальных данных. При этом необходимо учитывать степень приближения расчетных значений  $Y_i$ , к экспериментальным данным и суммы квадратов отклонений каждой построенной модели;
6. Полученные результаты (коэффициенты ( $C_i$ ); расчетные значения ( $y$ ); суммы квадратов отклонений) и графические зависимости сравнить с соответствующими данными, полученными в лабораторных работах №3 и №4, и сделать вывод о различиях построения зависимостей с использованием натуральных и кодированных значений переменных.

Порядок выполнения:

Лабораторную работу выполняют на персональном компьютере. Перед выполнением лабораторной работы, студент должен получить допуск к ее выполнению. Для допуска к выполнению лабораторной работы, обучающемуся необходимо подготовиться в соответствии с тематикой работы используя методические указания и литературные источники.

Выполнение заданий оформить в виде отчета по лабораторной работе с последующей защитой.

Форма отчетности:

Результаты выполнения работы отражаются в отчете по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен содержать название работы, цель, результаты выполнения заданий, вывод о достижении поставленной цели. Отчет оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95. Каждым обучающимся индивидуально производится подготовка отчета с последующей его защитой.

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить вопросы, связанные с кодированием переменных;
2. Изучить вопросы, связанные с выбором вида функции для описания экспериментальных данных многофакторного эксперимента при использовании кодированных значений переменных;
3. Изучить вопросы, связанные с построением однофакторных уравнений из многофакторных зависимостей различного вида построенных на кодированных значениях переменных;
4. Изучить вопросы, связанные с построением графических зависимостей многофакторного уравнения полученного на кодированных значениях переменных на плоскостном графике;
5. Изучить вопросы, связанные с оценкой полученной зависимости для описания экспериментальных данных многофакторного эксперимента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Задания выполняются в рабочей тетради, в произвольной форме. Выполненные записи в дальнейшем могут быть использованы при получении допуска к выполнению лабораторной работы и при ее защите.

Для подготовки к выполнению лабораторной работы, обучающемуся необходимо изучить в соответствии с тематикой работы методические указания и литературные источники.

**Лабораторная работа №6**

Планирование многофакторного эксперимента и обработка его результатов

Цель работы:

Освоение методики планирования эксперимента и построения по его результатам, математической модели отражающей влияние двух факторов на результативный показатель системы.

Задание:

1. Составить план эксперимента в кодированных значениях (матрицу плана), позволяющий строить нелинейные зависимости исследуемого отклика от двух факторов.
2. Дополнить матрицу плана натуральными значениями факторов.
3. Провести мысленный эксперимент и заполнить столбец отклика системы.
4. По полученному набору экспериментальных данных представленных в виде девяти значений результативного показателя объекта ( $Y$ ) и кодированных значений факторов ( $X_1$  и  $X_2$ ) рассчитать коэффициенты квадратической зависимости.
5. Используя полученное двухфакторное уравнения построить однофакторные зависимости путем подстановки фиксированных значений одной из переменных в кодированном виде.

6. На основании полученных однофакторных зависимостей построить их графические отображения.
5. Проанализировать все полученные графические зависимости и сделать вывод о возможности использования полученного уравнения для описания экспериментальных данных.

Порядок выполнения:

Лабораторную работу выполняют на персональном компьютере. Перед выполнением лабораторной работы, студент должен получить допуск к ее выполнению. Для допуска к выполнению лабораторной работы, обучающемуся необходимо подготовиться в соответствии с тематикой работы используя методические указания и литературные источники.

Выполнение заданий оформить в виде отчета по лабораторной работе с последующей защитой.

Форма отчетности:

Результаты выполнения работы отражаются в отчете по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен содержать название работы, цель, результаты выполнения заданий, вывод о достижении поставленной цели. Отчет оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95. Каждым обучающимся индивидуально производится подготовка отчета с последующей его защитой.

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить вопросы, связанные с планированием многофакторного эксперимента;
2. Изучить вопросы, связанные с выбором интервалов варьирования исследуемых факторов;
3. Изучить вопросы, связанные с выбором вида функции для описания экспериментальных данных двухфакторного эксперимента;
4. Изучить вопросы, связанные с построением однофакторных уравнений из двухфакторного квадратического уравнения.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Задания выполняются в рабочей тетради, в произвольной форме. Выполненные записи в дальнейшем могут быть использованы при получении допуска к выполнению лабораторной работы и при ее защите.

Для подготовки к выполнению лабораторной работы, обучающемуся необходимо изучить в соответствии с тематикой работы методические указания и литературные источники.

Методические указания по выполнению реферата

Целью реферата является получение навыков планирования, проведения эксперимента и построения по его данным математической модели, отражающей изменение свойств (характеристик, выходов) объекта исследования в зависимости от рецептурных, технологических природно-климатических и других факторов.

В ходе выполнения реферата должны быть рассмотрены общие принципы построения и использования математических моделей, выбор объекта исследования и факторов влияющих на свойства этого объекта, планирование и проведение эксперимента, построение математической модели по экспериментальным данным и анализ объекта исследования по полученной модели.

Результаты выполнения работы должны быть представлены пояснительной запиской. Пояснительная записка реферата – текстовый документ, который содержит систематизированные данные о выполненном реферате, описывает его результаты и выводы.

Оформление пояснительной записки должно удовлетворять следующим требованиям:

Структурные элементы: титульный лист; задание; содержание; введение (раздел без нумерации); основная часть, разбитая на разделы, подразделы, пункты и т.д., пронумерованные арабскими цифрами; заключение (раздел без нумерации); список использованных источников не менее 3 (раздел без нумерации); приложения.

Пояснительная записка должна быть выполнена на 20-25 страницах формата А4.

Этапы выполнения реферата:

- работа с теоретическим материалом по предложенной теме, с фиксированием используемых источников;
- разработка структуры документа, произведение необходимых расчетов и составление схем;
- сдача реферата на проверку преподавателю;
- доработка реферата;
- защита реферата.

Самостоятельная работа обучающихся:

Проработка основной и дополнительной литературы, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в теме/разделе. Конспектирование прочитанных литературных источников. Проработка материалов по изучаемому вопросу, с использованием рекомендуемых ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Выполнение заданий преподавателя, необходимых для подготовки к участию в интерактивной, активной, инновационных формах обучения по изучаемой теме.

Подготовка к зачету:

При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, использовать рекомендуемые ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».