

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Курганский государственный университет»
(КГУ)

Кафедра «Механика машин и основы конструирования»



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор

/ Н.В. Дубив /

« 11 » сентября 2020 г.

Рабочая программа учебной дисциплины
МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

образовательной программы высшего образования –
программы специалитета

01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Направленность (профиль):

Математическое и компьютерное моделирование механических систем

Формы обучения: очная

Курган 2020

Рабочая программа дисциплины «Методы планирования экспериментов» составлена в соответствии с учебными планами по программе специалитета Фундаментальные математика и механика (Математическое и компьютерное моделирование механических систем), утвержденной «28» августа 2020 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Механика машин и основы конструирования» «11» сентября 2020 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил

к.т.н., доцент кафедры



Д.А. Курасов

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«Механика машин и
основы конструирования»



Д.А. Курасов

Специалист по учебно-методической работе
Учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 4 зачетных единиц трудоемкости (144 академических часа)

Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестры
		7
Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов в том числе:	64	64
Лекции	24	24
Лабораторные работы	16	16
Практические занятия	24	24
Самостоятельная работа, всего часов в том числе:	80	80
Подготовка к зачету	18	18
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	62	62
Вид промежуточной аттестации	Зачет	Зачет
Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов	144	144

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Методы планирования экспериментов» относится к вариативной части дисциплин по выбору Блока 1.

Изучение дисциплины «Методы обработки результатов экспериментов» базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин:

- Математический анализ;
- Физика;
- Теоретическая механика;
- Техническая механика;
- Вычислительная механика;
- Сопротивление материалов.

Результаты обучения по дисциплине необходимы для освоения последующих дисциплин:

- Компьютерное моделирование механических систем;
- Инженерные методы механики разрушения;
- Специальные главы технической механики;
- Механика роботов;
- Системы CAD, CAM, CAE (САПР).

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью освоения дисциплины «Методы планирования экспериментов» является: изучение методик обработки экспериментальных данных с построением математических моделей и приобретение практических навыков обработки экспериментальных данных для получения математического описания систем.

Задачами освоения дисциплины «Методы планирования экспериментов» является: овладение основными методами обработки результатов экспериментальных исследований и разработка предложений по их реализации.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способен собирать, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, необходимые для проектной, производственной и технологической деятельности (ПК-4).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен знать:

- методы математического моделирования механических систем, принципы выбора и аналитические возможности использования современных методик и методов в проведении аналитических экспериментов и испытаний сред, тел и конструкций (для ПК-4);

- методы сбора, анализа и обработки экспериментальных данных (для ПК-4);

- основные классификационные признаки и элементы эксперимента (для ПК-4);

- основные классификационные признаки и элементы эксперимента (для ПК-4).

Обучающийся должен уметь:

- излагать в устной и письменной форме результаты своего экспериментального исследования и аргументированно отстаивать свою точку зрения в дискуссии (для ПК-4);

- применять математические и статистические методы в исследовательской деятельности (для ПК-4);

- проводить классификацию экспериментов, выбирать необходимые факторы и составлять факторные планы экспериментов различного вида; (для ПК-4).

Обучающийся должен владеть:

- существующими методами математического и статистического анализа для применения их при проведении научно-исследовательской работы (для ПК-4);

- выполнять оптимальное планирование экспериментов с использованием различных критериев (для ПК-4);

- методами подбора эмпирических зависимостей для экспериментальных данных (для ПК-4).

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Учебно-тематический план

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
			Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
Рубеж 1	1	Основные понятия и принципы планирования эксперимента	2	2	2
	2	Обработка численных данных	4	-	-
	3	Случайные величины и их характеристики	4	4	4
		Рубежный контроль № 1		1	
Рубеж 2	4	Первичная обработка результатов эксперимента	4	4	2
	5	Использование элементов дисперсионного и корреляционного анализа для обработки результатов эксперимента	4	4	4
	6	Методы и планы эксперимента для проведения регрессионного анализа	4	4	2
	7	Многофакторная регрессия	2	4	2
		Рубежный контроль № 2		1	
Всего:			24	24	16

4.2. Содержание лекционных занятий

Тема 1. Основные понятия и принципы планирования эксперимента.

Основные понятия теории планирования эксперимента. Объект исследования, виды входных и выходных переменных, факторы, факторное пространство. Классификация экспериментов. Структурная схема эксперимента. Элементы теории ошибок. Интервальная оценка ошибок измерения. Исключение грубых ошибок.

Тема 2. Обработка численных данных.

Обработка численных данных. Основы теории измерений. Численные модели и шкалы Типы шкал (номинальная; порядка; отношений; интервалов; абсолютная). Понятия и операции, допустимые в разных шкалах.

Тема 3. Случайные величины и их характеристики.

Закон распределения случайных величин. Характеристики случайных величин. Нормальное распределение. Точечные и интервальные оценки для измерения параметра. Исключение выскакивающих значений.

Тема 4. Первичная обработка результатов эксперимента.

Вариационные ряды, их характеристики. Расчет выборочных характеристик статистического распределения. Интервальные и точечные оценки параметров распределения. Проверка статистических гипотез. Организация вычислений с использованием ПК.

Тема 5. Использование элементов дисперсионного и корреляционного анализа для обработки результатов эксперимента.

Сравнение дисперсий, сравнение выборочных средних. Парная линейная корреляция. Построение модели по сгруппированным и несгруппированным данным. Нелинейная корреляционная зависимость. Построение модельного уравнения нелинейной регрессии. Множественная корреляция. Организация вычислений с использованием ПК.

Тема 6. Методы и планы эксперимента для проведения регрессионного анализа.

Суть и выводы регрессионного анализа. Требования к планированию эксперимента для применения классического регрессионного анализа (КРА). Алгоритм действий при выполнении КРА. Суть метода математического планирования эксперимента для проведения регрессионного анализа (РАМПЭ), планы полных и дробных факторных экспериментов первого и второго порядков. Достоинства метода РАМПЭ перед КРА.

Тема 7. Многофакторная регрессия.

Учет автокорреляции и временного запаздывания. Построение и оценка многофакторных регрессионных моделей.

4.3. Лабораторные занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.
1	Основные понятия и принципы планирования эксперимента	Математическое планирование эксперимента.	2
3	Случайные величины и их характеристики.	Случайные величины и их характеристики.	4
4	Первичная обработка результатов эксперимента	Погрешности прямых и косвенных измерений.	2
5	Использование элементов дисперсионного и корреляционного анализа для обработки результатов эксперимента	Основы корреляционного анализа и определение взаимосвязи факторных признаков на базе парного и частного коэффициентов корреляции.	4
6	Методы и планы эксперимента для проведения регрессионного анализа.	Основы регрессионного анализа. Применение метода наименьших квадратов для построения уравнения линейной регрессии.	2
7	Многофакторная регрессия.	Выбор существенных факторов и построение многофакторной регрессионной модели на основе парного коэффициента корреляции.	2
Всего:			16

4.4. Практические занятия

Но- мер раз- дела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование практического занятия	Норматив времени, час.
1	Обработка численных данных	Погрешности измерения физиче- ских величин	2
3	Случайные величины и их характеристики	Оценка характеристик и пара- метров распределения	4
4	Первичная обработка ре- зультатов эксперимента	Проверка статистических гипотез	4
		Рубежный контроль № 1	1
5	Использование элемен- тов дисперсионного и корреляционного анализа для обработки результа- тов эксперимента	Дисперсионный анализ	4
6	Методы и планы экспе- римента для проведения регрессионного анализа.	Регрессионный анализ	4
7	Многофакторная регрес- сия	Многофакторная регрессия	4
		Рубежный контроль № 2	1
Всего:			24

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей лабораторной работы и практического занятия.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции. Приветствуется активное участие обучающихся в решении коротких задач с выходом к доске и пояснением хода расчетов, а также обсуждение получаемых результатов.

На практических и лабораторных занятиях с целью усвоения и закрепления теоретического материала преподаватель у доски демонстрирует решение типовых задач. При этом используются технологии проблемного обучения, учебные дискуссии. Приветствуется активное участие обучающихся в решении (как правило, коротких) задач с выходом к доске и пояснением хода расчетов, а также обсуждение получаемых результатов.

Для текущего контроля успеваемости преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на практических и лабораторных занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к лекциям, практическим и лабораторным занятиям, к рубежным контролям, подготовку к зачету.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.
Самостоятельное изучение тем дисциплины:	36
Обработка численных данных	5
Обработка численных данных	5
Случайные величины и их характеристики	5
Первичная обработка результатов эксперимента	5
Дисперсионный и корреляционный анализ	5
Методы и планы эксперимента для проведения регрессионного анализа	6
Многофакторная регрессия	5
Подготовка к практическим занятиям (по 2 часа на каждое занятие)	12
Подготовка к лабораторным работам (по 2 часа на каждое занятие)	12
Подготовка к рубежным контролям (по 1 часу на каждый рубеж)	2
Подготовка к зачету	18
Всего:	80

Приветствуется выполнение разделов самостоятельной работы в лабораториях и в компьютерном классе кафедры «Механика машин и основы конструирования».

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ
3. Банк тестовых заданий к рубежным контролям № 1 и № 2.
3. Перечень вопросов к зачету

6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

№	Наименование	Содержание						
		Вид учебной работы:	Посещение лекций	Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	Посещение и работа на практических занятиях	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Зачет
1	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии)	Балльная оценка:	До 12	До 24	До 12	До 12	До 10	До 30
		Примечания:	12 лекций по 1 баллу	6 лабораторных работ по 4 балла	6 практических работ по 2 балла	На 3-ем практическом занятии	На последнем практическом занятии	
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета	60 и менее баллов – незачет; 61 и более – зачтено.						
3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (зачету) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и должен выполнить все лабораторные работы и практические занятия.</p> <p>Для получения экзаменационной оценки «автоматически» студенту необходимо набрать следующее минимальное количество баллов:</p> <p>- 61 для получения «автоматически» зачета.</p> <p>По согласованию с преподавателем студенту, могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активность на консультациях, активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения практических и лабораторных работ, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры и выставлена за зачет «автоматически».</p>						

4	<p>Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра</p>	<p>В случае если к промежуточной аттестации (зачету) набрана сумма менее 50 баллов, студенту необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лабораторных работ и практических занятий.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнение и защита пропущенной лабораторной работы (при невозможности дополнительного проведения лабораторной работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной лабораторной работы самостоятельно) – до 8 баллов. – написание лекции по пропущенной теме или отчета по пропущенному практическому занятию и их защита (за представление материала начисляется 1 балл, за защиту – еще 1 балл). <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>
---	--	---

6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного опроса.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Вопросы для подготовки к письменному опросу на рубежных контролях выдаются студентам заранее. Опрос включает 12 вопросов для рубежного контроля №1 и 10 вопросов для рубежного контроля №2, взятых из общего списка. Каждый вопрос оценивается в 1 балл.

На каждый опрос при рубежном контроле студенту отводится время 60 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты опроса каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Зачет проводится в традиционной форме по перечню вопросов. Вопросы для подготовки к зачету выдаются заранее. В зависимости от полноты ответа студент за зачет может получить максимум 30 баллов. Студент отвечает на два вопроса каждый из которых оценивается по 15 баллов.

Результаты текущего контроля успеваемости и зачета заносятся преподавателем в зачетную ведомость, которая сдается в орготдел института в день проведения зачета, а также выставляются в зачетную книжку студента.

6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей и зачета

Примеры вопросов по письменному опросу для рубежного контроля № 1

1. Как найти среднее квадратическое отклонение?
2. Дайте определение понятию «случайная величина».
3. Погрешность, виды погрешностей.
4. Как найти дисперсию?
5. Назовите этапы планирования эксперимента.
6. Законы распределения случайных величин.

Примеры вопросов по письменному опросу для рубежного контроля № 2

1. Вариационные ряды и их характеристики.
2. Выборочный коэффициент корреляции.
3. Разновидности планов проведения экспериментов.
4. Критерии согласия для проверки гипотез о виде распределения.
5. Метод линеаризации.
6. Последовательные методы поиска оптимальных решений.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Активный и пассивный эксперимент. Классификация экспериментальных планов. Научный и промышленный эксперимент.
2. Планирование экспериментов для решения экстремальных задач. Виды параметров оптимизации и требования к ним.
3. Погрешности измерений. Определение, классификация погрешностей. Примеры.
4. Ошибка выборки. Факторы, определяющие возникновение ошибки выборки.
5. Математическая обработка данных. Значение математической обработки данных.
6. Понятие измерения. Значение перевода биологической информации в числа. Типы измерительных шкал. Особенности измерительных шкал.
7. Понятие событие. Случайное событие. Виды случайных событий.
8. Статистический ряд, статистический кумулятивный ряд, особенности его составления.
9. Случайные величины. Вероятность. Определения, примеры.
10. Закон распределения случайных величин. Таблица распределения.
11. Характеристики случайных величин.
12. Выборочный метод (генеральная совокупность, выборка, ошибка выборки).
13. Точечные и интервальные оценки. Доверительный интервал, доверительная вероятность.

14. Исключение грубых ошибок измерений («выскакивающих» значений).
15. Нормальное распределение. Определение, характеристики. Алгоритм проверки гипотезы о нормальном распределении.
16. Линейная корреляция, определение, оценка.
17. Линейная регрессия, понятие, расчет коэффициентов.
18. Нелинейная регрессия. Метод наименьших квадратов. Применение метода при выборе полиномиального уравнения регрессии.
19. Нелинейная регрессия. Линеаризация, идея, оценка точности регрессионной модели.
20. Построение и оценка многофакторных регрессионных моделей.
21. Понятие временных рядов. Учет специфических факторов (временное запаздывание, автокорреляция).
22. Алгоритм отбора существенных факторов. Частный коэффициент корреляции.
23. Дискриминантный анализ. Случай однопараметрической и многопараметрической выборки.

6.5. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

7.1. Основная учебная литература

1. Планирование научного эксперимента [Электронный ресурс]: Учебник / В.А.Волосухин, А.И.Тищенко, 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 176 с. – Доступ из ЭБС «znanium.com»
2. Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р.Г. Сафин, А.И. Иванов, Н.Ф. Тимербаев. - Казань : Издательство КНИТУ, 2013. – Доступ из ЭБС «Консультант студента»
3. Основы инженерного эксперимента [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Лукьянов С.И., Панов А.Н., Васильев А.Е. - М.:ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 99 с. – Доступ из ЭБС «znanium.com»

7.2. Дополнительная учебная литература

1. Инженерные аспекты математического планирования эксперимента [Электронный ресурс]: Монография / Ковель А.А. - Железногорск:ФГБОУ ВО СПСА ГПС МЧС России, 2017. - 117 с. – Доступ из ЭБС «znanium.com»
2. Планирование и техника эксперимента [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Кулагина Т. А. - Красноярск : СФУ, 2017. – Доступ из ЭБС «Консультант студента»
3. Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем [Электронный ресурс] / Попов А.А. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. – Доступ из ЭБС «Консультант студента»

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ и практических занятий:

1. Математическое моделирование и планирование эксперимента: метод. указания к выполнению домашнего задания [Электронный ресурс] / Н.С. Полякова, Г.С. Дерябина, Х.Р. Федорчук. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – Доступ из ЭБС «Консультант студента»
2. Статистические методы обработки экспериментальных данных. Лабораторный практикум с использованием пакета MathCad [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Ф.И. Карманов, В.А. Острейковский. - М. : Абрис, 2012. – Доступ из ЭБС «Консультант студента»
3. Черный А.А. Математическое моделирование при планировании экспериментов на пяти уровнях факторов [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006. - 40 с. // Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам". 2005. URL: <http://window.edu.ru/resource/996/53996/files/stup350.pdf> (дата обращения: 09.06.2017)
4. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс]: методические рекомендации к выполнению курсовых работ для студентов направления (специальности) 09.03.04, 090303.65 / Министерство образования и науки Российской Федерации, Курганский государственный университет, Кафедра программного обеспечения автоматизированных систем; [сост.: В.А. Симахин, О.С. Черепанов]. - Электрон. текстовые дан. (тип файла: pdf ; размер: 698 Kb). - Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2015. - 42 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 38. - Доступ из ЭБС КГУ

9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. dist.kgsu.ru – Система поддержки учебного процесса КГУ;
2. znanium.com – Электронно-библиотечная система;
3. studmedlib.ru – Электронная библиотека высшего учебного заведения;
4. window.edu.ru – Единое окно доступа к образовательным ресурсам;
5. lib-bkm.ru – Сайт электронной библиотеки машиностроителя;
6. edu.ru – Федеральный портал «Российское образование»;
7. ru.wikipedia.org – Энциклопедия Википедия.

10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

При чтении лекций используются слайдовые презентации.

Компьютерный класс, мультимедийное оборудование (переносной персональный компьютер, мультимедийный проектор, переносной экран для проектора).

Оригинальное компьютерное ПО для проведения расчётов по темам курса.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Компьютерный класс, научная лаборатория кафедры, мультимедийное оборудование (переносной персональный компьютер, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).

Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Методы планирования экспериментов»

образовательной программы высшего образования –
программы специалитета

01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Направленность (профиль):

Математическое и компьютерное моделирование механических систем

Трудоемкость дисциплины: 4 ЗЕ (144 академических часов)

Семестр: 7

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Содержание дисциплины

Основные понятия и принципы планирования эксперимента. Обработка численных данных. Случайные величины и их характеристики. Назначение Первичная обработка результатов эксперимента. Место Использование элементов дисперсионного и корреляционного анализа для обработки результатов эксперимента. Методы и планы эксперимента для проведения регрессионного анализа. Многофакторная регрессия.