

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное автономное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Национальный исследовательский**  
**Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

**УТВЕРЖДЕНО**

решением ученого совета ННГУ  
протокол от «02» декабря 2024 г. № 10

**Рабочая программа дисциплины**  
**Планирование и математическая обработка результатов**  
**эксперимента в механике деформируемого твердого тела**

Уровень высшего образования  
**Подготовка кадров высшей квалификации**

Научная специальность  
**1.1.7 Механика деформируемого твердого тела**

Программа подготовки  
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
**Механика деформируемого твердого тела**

Форма обучения  
**Очная**

Нижний Новгород  
2025 год

### 1. Место и цель дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Планирование и математическая обработка результатов эксперимента в механике деформируемого твердого тела» относится к числу факультативных дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры и изучается на 2 году обучения в 4 семестре.

**Цель дисциплины** – ознакомить аспирантов с современными методами планирования, проведения и обработки результатов эксперимента при решении актуальных задач механики деформируемого твердого тела..

### 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Выпускник, освоивший программу, должен

**Знать:**

- систему базовых экспериментов для определения свойств и характеристик механических объектов

**Уметь:**

- Обрабатывать и анализировать данные экспериментальных исследований в механике

**Владеть:**

- методами планирования эксперимента в механике

### 3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет 1 з.е., , из которых 12 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (6 часов занятия лекционного типа, 6 часов занятия семинарского типа, 1 час мероприятия промежуточной аттестации), 24 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

**Таблица 2**

**Структура дисциплины**

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Статистическая обработка результатов механических испытаний	12	2	2	0	0	4	8
2. Регрессионный и корреляционный анализы результатов экспериментов по определению механических свойств конструкционных материалов	12	2	2	0	0	4	8
3. Планирование экспериментов для идентификации материальных	12	2	2	0	0	4	8

функций моделей деформирования и разрушения материалов							
Промежуточная аттестация - зачет							
<b>Итого</b>	<b>36</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>24</b>

**Таблица 3**

**Содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Статистическая обработка результатов механических испытаний	Законы распределения механических свойств. Определение объема испытаний. Критерии для отбрасывания резко выделяющихся результатов испытаний. Критерий равенства двух средних значений нормально распределенных совокупностей. Критерий равенства двух дисперсий. Критерий равенства дисперсий ряда совокупностей. Критерий согласия.	Лекции, семинары	Контрольная работа
2	Дисперсионный, регрессионный и корреляционный анализы результатов экспериментов по определению механических свойств конструкционных материалов	Однофакторный дисперсионный анализ. Многофакторный дисперсионный анализ результатов механических испытаний. Связь между случайными величинами. Линейный регрессионный анализ для случая одной независимой величины. Нелинейная регрессия. Множественная регрессия. Корреляционное отношение. Коэффициент множественной корреляции. Частные коэффициенты корреляции. Значимость коэффициента корреляции. Проверка адекватности модели.	Лекции, семинары	Контрольная работа
3	Планирование	Планирование	Лекции,	Контрольная

	экспериментов для идентификации материальных функций моделей деформирования и разрушения материалов	эксперимента для определения долговечности при испытаниях на усталость. Функции распределения долговечности при действии переменных нагрузок. Планирование испытаний при построении медианной кривой усталости. Планирование испытаний при построении квантильных кривых усталости. Планирование ускоренных испытаний на усталость. Построение функции распределения предела выносливости. Статистическая обработка результатов длительных статических испытаний	семинары	работа
--	---	--	----------	--------

#### **4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающегося заключается в освоении одного из профессиональных пакетов прикладных программ по статистическому анализу данных применительно к задачам планирования и анализа результатов экспериментов в механике деформируемого твердого тела. По результатам проведенной самостоятельной работы обучающийся оформляет курсовую работу, содержащую описание порядка работы с выбранным пакетом прикладных программ, а также результаты решения задач аналогичных лабораторным работам, выполненным в Microsoft Excel. На одном из семинарских занятий обучающийся в форме краткого доклада представляет результаты, полученные им в ходе выполнения курсовой работы.

#### **5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине**

##### **5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

- уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные членами комиссии);
- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;
- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая сжатости);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,

- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

**Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме зачета**

Оценка	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
<i>Зачтено</i>	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить проблемные ситуации в организации научных исследований, способность критически анализировать и сравнивать существующие подходы и методы к оценке результативности научной деятельности, свободное владение источниками, умение четко и ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.
<i>Не зачтено</i>	непонимание смысла ключевых проблем, недостаточное владение науковедческой терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, неспособность анализировать и сравнивать существующие концепции, подходы и методы, неумение ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.

**5.2. Примеры** контрольных вопросов и заданий для текущего контроля успеваемости

1. Ошибки измерения.
2. Классификация ошибок измерения.
3. Метод исключения грубых ошибок.
4. Оценки измеряемой величины и их свойства.
5. Точечная оценка при равнооточных и неравнооточных измерениях.
6. Доверительные оценки при равнооточных измерениях. Правило трех сигм.
7. Доверительные оценки при неравнооточных измерениях.
8. Необходимое количество измерений.
9. Сравнение средних значений.
10. Точечные оценки дисперсий.
11. Сравнение дисперсий. Выделение большей дисперсии.
12. Виды связей между рядами наблюдений.
13. Интерполирование.
14. Метод избранных точек.
15. Метод медианных центров
16. Метод наименьших квадратов.
17. Нелинейная регрессия.
18. Множественная регрессия. Полиномиальное представление уравнения регрессии.

19. Матричная форма записи метода наименьших квадратов. Матрица базисных функций.
20. Корреляционное отношение и его свойства.
21. Выборочный коэффициент корреляции и его свойства.
22. Проверка значимости коэффициента корреляции. Доверительный интервал КК.
23. Коэффициент множественной корреляции. Частные коэффициенты корреляции.
24. Проверка значимости коэффициента множественной корреляции.
25. Проверка адекватности модели.
26. Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии.
27. Планирование эксперимента. Матрица плана. Информационная матрица плана.
28. Критерии оптимальности планов регрессионных экспериментов.
29. Полный факторный эксперимент типа  $2^k$ . Кодированные переменные.
30. Модель с взаимодействиями на основе ПФЭ  $2^k$ .
31. Дробный факторный эксперимент  $2^{k-p}$ .
32. Система смешивания оценок. Генерирующее соотношение.
33. Определяющий контраст. Обобщенный определяющий контраст.
34. Композиционные планы 2-го порядка.

Текущий контроль успеваемости осуществляется преподавателем в ходе проведения занятий.

### **Вопросы к зачету.**

Совпадают с вопросами текущего контроля успеваемости

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

#### **а) Основная литература**

1. Фаддеев М.А. Элементарная обработка результатов эксперимента: Учебное пособие. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2004. – 120 с. (201 экз., 2002 – 3 экз., 2008 – 2 экз.)
2. Румшиский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1971. (12 экз.)

#### **б) Дополнительная литература**

1. Трухин Б.В., Черников А.А. Математические методы планирования и обработки результатов эксперимента: Учебное пособие. Горький. Изд-во Горьк. ун-та. 1990. 96 с. (1 экз.)

#### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Microsoft Excel.
2. statsoft.msu.ru.
3. statsoft.ru.
4. statgraphics.com

5. [predictivesolutions.ru](http://predictivesolutions.ru)
6. [sas.com](http://sas.com)
7. [ncss.com](http://ncss.com)
8. [minitab.com](http://minitab.com)
9. [www.mmf.unn.ru/files/2014/01/Kapustin\\_DeformationAndDestructionProcesses.pdf](http://www.mmf.unn.ru/files/2014/01/Kapustin_DeformationAndDestructionProcesses.pdf)

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
  - материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;
  - лицензионное программное обеспечение: *Windows, Microsoft Office*;
  - обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.
- ресурсам.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122), Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 № 951).

Авторы:

Автор: Горохов Василий Андреевич, профессор кафедры теоретической, компьютерной и экспериментальной механики

Рецензент(ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института информационных технологий, математики и механики \_\_\_\_\_.