

**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 «16» января 2024г. №1

**Рабочая программа дисциплины**  
**Теоретическая механика, динамика машин**

Уровень высшего образования  
**Подготовка научных и научно-педагогических кадров**

Программа аспирантуры  
**Теоретическая механика, динамика машин**

Научная специальность  
**1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин**

Форма обучения  
**Очная**

Нижний Новгород  
2024 год

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

Дисциплина «Теоретическая механика, динамика машин» относится к числу обязательных, дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры и изучается на 4 году обучения в 7 семестре.

**Цель дисциплины** – углубление знаний о современных методах динамических испытаний материалов для экспериментального изучения механических свойств конструкционных материалов, ознакомление с особенностями испытаний в области высоких скоростей деформации, изучение методов нагружения и способов регистрации быстропротекающих процессов. Также цель изучения данной дисциплины заключена в подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин.

### 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Выпускник, освоивший программу, должен

**Знать:**

основные физико-механические свойства конструкционных материалов, методы статических испытаний, способы регистрации и обработки экспериментальной информации, основы теории упругости с основами теории пластичности и ползучести.

**Уметь:**

разработать план эксперимента, методически правильно выбрать средства измерений, соблюдать установленные требования, действующие нормы, правила и регламенты (стандарты) при выполнении измерений, составлять протоколы и отчеты о полученных результатах.

**Владеть:**

способами статистической обработки и анализа результатов испытаний, оформления отчетной документации.

### 3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет 1 з.е., всего – 36 часов, из которых 18 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия семинарского типа - 10 часов, консультации – 8 часов), 18 часов 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. Методы динамических испытаний конструкционных материалов	18	0	5	0	4	9	9

2. Методы исследования процессов высокоскоростного взаимодействия	18	0	5	0	4	9	9
Промежуточная аттестация в 6 семестре: – экзамен	36						
Итого	36	0	10	0	8	18	18

**Таблица 3**

**Содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1.	Методы динамических испытаний конструкционных материалов	Методы динамических испытаний конструкционных материалов	Семинар	Собеседование
2.	Методы исследования процессов высокоскоростного взаимодействия	Методы исследования процессов высокоскоростного взаимодействия	Семинар	Собеседование

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

Самостоятельная работа обучающегося состоит в изучении литературы и интернет-ресурсов по экспериментальным основам механики деформируемого твердого тела, методам динамических испытаний материалов, в выполнении научно-исследовательской работы, в индивидуальной подготовке аспирантов к кандидатскому экзамену по специальности и написании соответствующих разделов диссертации на соискание ученой степени.

**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 экзамена***

Оценка *отлично* – исчерпывающее владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных

проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы.

Оценка *хорошо* – достаточно полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, поверхностное знакомство с отдельными теориями и фактами, достаточно формальное отношение к рекомендованным для подготовки материалам.

Оценка *удовлетворительно* – фрагментарные знания, расплывчатые представления о предмете. Ответ содержит как правильные утверждения, так и ошибки, возможно, грубые. Испытуемый плохо ориентируется в учебном материале, не может устранить неточности в своем ответе даже после наводящих вопросов.

Оценка *неудовлетворительно* – отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией.

## ***5.2. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, используемых для оценивания результатов обучения по дисциплине***

Вопросы для экзамена (кандидатского)

1. Теория напряжений и деформаций. Уравнения равновесия и движений. Соотношения Коши. Условия совместности деформаций. Закон Гука для изотропного и анизотропного тел. Частные случаи анизотропии.
2. Полная система уравнений теории упругости. Уравнения Бельтрами—Митчела. Уравнения в перемещениях. Постановка основных задач теории упругости. Прямой, обратный и полубратный методы решения задач теории упругости. Принцип Сен-Венана.
3. Постановка основных задач теории упругости. Теорема Клапейрона. Теорема Бетти. Вариационные принципы Лагранжа, Кастельяно, Рейснера.
4. Уравнения Лагранжа второго рода для голономных систем. Потенциальные, гироскопические и диссипативные силы. Диссипативная функция Релея. Функция Гамильтона. Принцип Гамильтона—Остроградского.
5. Динамические задачи теории упругости. Распространение волн в стержне, неограниченной среде. Волны сжатия и сдвига. Волны Релея, Лява.
6. Основы классической теории тонких упругих оболочек. Полная система уравнений теории оболочек. Граничные условия и постановка задач теории оболочек.
7. Допущения классической теории пластин и оболочек и связанная с ними погрешность. Основное уравнение изгиба пластин. Граничные условия. Изгиб пластин, имеющих в плане форму прямоугольника, круга, кругового кольца.
8. Модели упругопластических тел. Постулаты теории пластичности. Теория течения и деформационная теория пластичности. Задачи теории пластичности.
9. Методы решения задач теории пластичности и вариационные принципы для предельного состояния. Цилиндрическая труба под давлением. Плоские задачи теории пластичности. Характеристики и линии скольжения.

10. Предельные поверхности изотропных и анизотропных материалов. Линейная механика квазихрупкого разрушения. Условия разрушения. Устойчивая и неустойчивая трещины. Трещиностойкость и критический коэффициент интенсивности. Учет пластических деформаций в конце трещины.
11. Применение теории разрушения к задачам усталости. Понятие о теории накопления повреждений. Континуальные теории накопления повреждений.
12. Гипотезы старения, упрочнения и наследственности в теории ползучести. Постановка и методы решения задач теории ползучести. Установившаяся ползучесть при изгибе. Ползучесть вращающихся дисков.
13. Физические основы прочности материалов. Вязкий и хрупкий типы разрушения. Прочность при сложном напряженном состоянии. Усталостное разрушение, его физическая природа. Малоцикловая усталость. Длительная прочность. Статистические аспекты разрушения и масштабный эффект. Влияние концентрации напряжений на прочность.
14. Механические эффекты необратимого деформирования в конструкционных материалах, их идентификация, зависимость проявления этих эффектов от интенсивности и режимов изменения силовых, температурных и других полей высоких параметров.
15. Физические аспекты и основные механизмы разрушения конструкционных материалов. Влияние развивающейся поврежденности на характеристики последующего процесса деформирования. Меры повреждений. Многостадийность процесса развития повреждений.
16. Основные эффекты ползучести и релаксации напряжений в конструкционных материалах и зависимость их от условий нагружения. Простейшие модели ползучести.
17. Варианты кинетических уравнений накопления повреждений при пластичности и ползучести. Влияние параметров и условий нагружения на скорость развития процесса накопления повреждений.
18. Построение модели поврежденного материала, учитывающей развитие и взаимное влияние эффектов пластичности, ползучести и развивающейся поврежденности на процесс разрушения материала при квазистатических термосиловых нагружениях.
19. Классификация, постановка задач аэрогидроупругости и методы их решения. Устойчивость упругих тел в потоке жидкости или газа.
20. Ударные нагрузки. Определение коэффициентов динамичности при ударе. Защита от ударных воздействий.
21. Роль компьютерных технологий в расчетах и исследованиях динамики и прочности. Требования, предъявляемые к алгоритмам и программам. Понятие о проблемах автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования. Численные методы решения задач динамики и прочности.
22. Численные методы решения задач динамики и прочности. Разностные методы. Численная реализация вариационных методов. Метод конечных элементов. Метод граничных элементов.

23. Метод конечных разностей. Типичные разностные схемы для параболических, эллиптических и гиперболических уравнений. Метод конечных разностей для дифференциальных уравнений теории упругости.
24. Интегрирование уравнений динамики на ЭВМ. Вычислительный эксперимент в задачах динамики и прочности. Статистическое моделирование на ЭВМ как средство оценки показателей надежности и ресурса. Применение компьютеров для решения оптимизационных задач. Пакеты прикладных программ для задач динамики деформируемых тел
25. Определение механических свойств материалов. Назначение и основные типы механических испытаний. Испытательные машины, установки и стенды.
26. Методы анализа напряженно-деформированных состояний. Метод тензометрии. Поляризационно-оптический метод. Применение фотоупругих и лаковых тензочувствительных покрытий. Оптическая и голографическая интерферометрия.
27. Понятие пространств качества, нагрузки, состояния. Математическая формулировка задачи надежности. Процесс накопления необратимых повреждений, ведущих к отказу. Уравнение накопления повреждений.
28. Модель оценки вероятности безотказной работы при однократном воздействии (модель «нагрузка-прочность»). Прогнозирование вероятности безотказной работы в случае, когда внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий. Применение теории выбросов случайных процессов для оценки вероятности безотказной работы.
29. Модель вероятности безотказной работы объекта в случае линейного закона накопления повреждений. Оценка вероятности безотказной работы системы при последовательном и параллельном соединениях, при ненагруженном резерве. Метод Байеса.

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

### **а) Основная литература**

Каневский И.Н., Сальникова Е.Н. Неразрушающие методы контроля: Учебное пособие. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. - 243 с. -

<http://window.edu.ru/resource/916/49916/files/dvgtu102.pdf>

### **б) Дополнительная литература**

Сударикова Е.В. Неразрушающий контроль в производстве: Учебное пособие. Ч.1. - СПб.: ГУАП, 2007. - 137 с. - <http://window.edu.ru/resource/024/45024/files/cudarikova.pdf>

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

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm> Учебники и книги по механике

<http://www.aspirantura.spb.ru/other/polez.html> Портал для аспирантов

<http://www.rsl.ru/> Российская государственная библиотека.

<http://www.gpntb.ru/> Государственная публичная научно-техническая библиотека России.

<http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека.

## 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:

Авторы: доцент кафедры теоретической, компьютерной и экспериментальной механики  
Баландин В.В.

Рецензент(ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

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