

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 "30" ноября 2023 г. №13

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
2023 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 _____.