

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук
(ИМАШ РАН)

Одобрено Учёным Советом
ИМАШ РАН
Протокол № 4
«12» апреля 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ
Временно исполняющий обязанности
директора ИМШ РАН, д.т.н., профессор
В.А. Глазунов
«15» апреля 2015 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ МЕХАНИКИ»

Направление подготовки
01.06.01 – Математика и механика

Направленность (профиль) программы
01.02.04 «Механика деформируемого твёрдого тела»

Квалификация
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная
Заочная

Москва
20 15

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Экспериментальные методы механики» реализуется в рамках **Блока 1** Вариативной части дисциплин по выбору Основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) аспирантам очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика.

Рабочая программа разработана с учётом требований ФГОС ВО по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 866, зарегистрировано в Минюсте Российской Федерации 25 августа 2014 года № 33837.

Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану составляет 6 зач. ед. (216 часов), из них лекций – 24 часа, практических (семинарских) занятий – 30 часов, лабораторных занятий – 0 часов, самостоятельной работы – 162 часов. Дисциплина реализуется на 2-м курсе, в 3-м семестре, продолжительность обучения – 1 семестр.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачёт в 3-м семестре.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой.

Промежуточная оценка знания осуществляется в период зачётно-экзаменационной сессии в форме зачёта.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины «Экспериментальные методы механики»:

Цель:

- сформировать у аспирантов, теоретические знания и практические навыки в области экспериментальных и экспериментально-расчетных методов определения напряжений, деформаций, перемещений и усилий, методов испытаний материалов, принципов измерения вибрации, а также современных методик корректной интерпретации экспериментальной информации.

Задачи общей части дисциплины:

- изучение теоретических основ, методов и аппаратуры, используемых для экспериментального определения нагрузок, полей перемещений и деформаций, характеристик деформирования и разрушения, виброхарактеристик материалов и конструкций;
- изучение возможностей современной испытательной техники и аппаратуры, знакомство с методиками проведения экспериментов и испытаний;
- знакомство с системами измерения и программными комплексами для сбора и обработки экспериментальных данных;
- изучение методических подходов и компьютерных программ, используемых для корректной интерпретации экспериментальной информации.

Задачи прикладной части дисциплины:

- изучение методик и практическое освоение экспериментального оборудования для определения нагруженности и напряжённо-деформированного состояния конструкций при статическом, циклическом и динамическом нагружениях;
- изучение методик и экспериментального оборудования для определения механических характеристик материалов при статическом, циклическом и динамическом нагружениях;
- изучение методик и оборудования для определения параметров механики разрушения материалов;
- изучение и получение навыков работы с оборудованием для вибрационного возбуждения, принципов измерения вибрации и методов интерпретации результатов измерений;
- выработка практических навыков анализа результатов экспериментов на основе сочетания компьютерного моделирования и экспериментального исследования;
- овладение методами применения в экспериментальной механике информационных технологий, современных систем компьютерной математики, технологий конечно-элементного анализа и вычислительного эксперимента.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Экспериментальные методы механики» направлен на формирование компетенций или отдельных их элементов в соответствии с ФГОС ВО 15.06.01 – Машиностроение:

универсальные (УК):

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- экспериментальные методы и оборудования для исследования напряжённо-деформированного состояния деталей машин и конструкций при статических и динамических нагрузках;
- экспериментальные методы и оборудование для исследования виброповедения конструкций;
- методы и оборудования для механических испытаний материалов (в том числе композитов) с целью получения деформационных характеристик при статических, циклических и динамических нагрузках;
- принципы измерения вибрации и используемое оборудование, а также методы интерпретации результатов виброизмерений;
- методики испытаний для получения статических свойств композитов при растяжении, сжатии, изгибе, сдвиге, сложном напряженном состоянии;
- особенности практического применения компьютерных программ, используемых для анализа результатов экспериментов на основе сочетания экспериментальных исследований и компьютерного моделирования.

Уметь:

- выбрать оптимальный метод экспериментального анализа НДС, а также дефектности деталей машин и конструкций в лабораторных и натурных условиях;
- выбрать оптимальный метод экспериментального (экспериментально-расчётного) метода анализа остаточных напряжений с учётом особенностей решаемой задачи;
- пользоваться программами, управляющими процессом испытаний;
- пользоваться компьютерными программами, обеспечивающими корректную интерпретацию результатов измерений.

Владеть:

- теоретическими основами и навыками проведения экспериментальных исследований, связанных с определением характеристик деформирования, прочности, долговечности и трещиностойкости материалов;
- теоретическими основами и навыками проведения экспериментальных исследований, связанных с определением виброактивности материалов и конструкций;
- теоретическими основами и навыками проведения экспериментальных исследований, связанных с определением статических свойств композитов при растяжении, сжатии, изгибе, сдвиге, сложном напряженном состоянии;
- техникой проведения экспериментальных исследований, связанных с изучением виброактивности конструкций.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость					
	общая		из них			
	зач.ед	час.	Лекц.	Прак.	Сем.	Сам..
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ по Учебному плану	6	216	24	0	30	162
Аудиторные занятия	1,5	54	24		30	162
Лекции (Л)	0,67	24	24			
Практические занятия (ПЗ)		0		0		
Семинары (С)	0,83	30			30	
Самостоятельная работа (СР) в т.ч. с учётом промежуточного и итогового контроля	4,5	162				162
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины, подготовка к экзамену	4,5	162				162
Вид контроля:	зачёт					

3.2. Содержание разделов дисциплины

Общее содержание дисциплины

№ Раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Когерентно-оптические и оптико-цифровые методы исследования напряжённо-деформированного состояния (НДС) конструкций при статических и динамических нагрузках	Задачи экспериментальной механики деформируемого тела. Соотношение и взаимосвязь между расчётными и экспериментальными методами. Использование в современном эксперименте компьютерных технологий и современных программных комплексов для расчёта конструкций. Мониторинг напряжённого состояния и нагруженности натуральных конструкций при оценки их прочности и остаточного ресурса.
2	Физические методы исследования НДС и дефектности конструкций	Голографическая интерферометрия. Основы теории образования интерференционных картин. Получение 3-х компонент вектора перемещений поверхности объекта. Метод реального времени. Исследования при динамических нагрузках. Определение собственных частот и форм колебаний. Метод усреднения по времени. Электронная цифровая спекл-интерферометрия: образование полос корреляции. Схемы измерения отдельных компонент

		вектора перемещений. Применение метода ЭЦСИ в экспериментальной механике материалов. Метод корреляции цифровых изображений и его применение в механике разрушения
3	Методы определения деформационных и прочностных характеристик конструкционных материалов	Приборы и аппаратура для измерения вибрации. Контактные и бесконтактные способы. Типы первичных преобразователей информации. Преобразователи инерционного принципа действия. Пьезоакселерометры. Понятие чувствительности. Интегрирование сигналов. Особенности работы с регистрирующей аппаратурой. Обработка информации. Автоматизация вибрационных испытаний. Особенности проведения испытаний в реальных условиях. Виброметрические измерения. Типы приборов и датчики для измерения динамических процессов. Обработка результатов вибрационных и динамических испытаний. Спектральный анализ виброграмм
4	Методы исследования виброповедения конструкций	Испытания образцов из полимерных композитов. Машины для статических испытаний, методы испытаний на растяжение, сжатие, сложное напряженное состояние при различных температурах. Машины для статических испытаний. Климатические испытания на установке «Атлас». Криогенные испытания. Методы обработки диаграмм деформирования. Испытания кольцевых, трубчатых образцов и сегментов колец
5	Методы испытаний композитов при растяжении, сжатии, изгибе, сдвиге, сложном напряженном состоянии	Рентгеновский метод. Интерференция рентгеновских лучей, отраженных атомами кристаллической решетки. Уравнение Брэгга-Вульфа. Анализ напряжений рентгеновским методом (\sin^2 - метод). Особенности практического применения рентгеновского метода. Метод нейтронного облучения. Акустоупругость. Метод поверхностных волн Релея, ультразвуковой метод. Электромагнитный метод. Анализ дефектности конструкций акустическими методами
6	Интерпретация результатов экспериментов использованием математической обработки компьютерного моделирования. Обратные задачи экспериментальной механики.	Прямые и обратные задачи экспериментальной механики. Примеры постановок обратных задач. Понятие о корректных и некорректно-поставленных задачах. Пример Адамара. Основные математические особенности обратных задач – некорректность, нелинейность, неединственность. Степень некорректности и точность решения. Диагностика теплового и термонапряженного состояний элементов машин и конструкций в условиях натурального эксперимента.

3.3 Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар.) задания	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Когерентно-оптические и оптико-цифровые методы исследования напряжённо-деформированного состояния (НДС) конструкций при статических и	4	5			27

	динамических нагрузках					
2	Физические методы исследования НДС и дефектности конструкций	4	5			27
3	Методы определения деформационных и прочностных характеристик конструкционных материалов	4	5			27
4	Методы исследования виброповедения конструкций	4	5			27
5	Методы испытаний композитов при растяжении, сжатии, изгибе, сдвиге, сложном напряженном состоянии	4	5			27
6	Интерпретация результатов экспериментов с использованием математической обработки и компьютерного моделирования. Обратные задачи экспериментальной механики.	4	5			27
Итого часов		24	30			162
Общая трудоёмкость		216 час. 6 зач. ед.				

3.3. Тематика аудиторных занятий

3.3.1. Тематика лекционных занятий

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во часов
1	1	Методы определения параметров хрупкого разрушения (на основе математической обработки экспериментальных данных). Методы испытаний на трещиностойкость.	4
2	2	Основы когерентно-оптических и оптико-цифровых методов (электронной цифровой спекл-интерферометрии, метода корреляции цифровых изображений) и их применение для решения задач статики и динамики.	4
4	3	Методы испытаний композитов на ползучесть в рамках наследственной теории ползучести (с использованием ядер Абеля и Работнова)	4
5	4	Принципы измерения вибраций, используемое оборудование и методы интерпретации результатов виброизмерений.	4
		Итого:	12

4.3.2. Тематика практических (или семинарских) занятий

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов
1	1	Разрушающие методы исследования остаточных напряжений	5
2	2	Исследование виброхарактеристик материалов и конструкций на основе когерентно-оптических методов	5
3	3	Вибрационные технологические процессы	5
4	4	Испытания образцов из полимерных композитов на растяжение, сжатие, сдвиг, сложное напряженное состояние.	5
5	5	Динамические высокоскоростные испытания	5

6	6	Теоретические основы методологии обратных задач экспериментальной механики	5
		Итого:	30

Программой дисциплины лабораторные занятия не предусмотрены.

4. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором и экраном.

На лекционных занятиях демонстрируются презентации с помощью мультимедийных технологий.

Учебный процесс обеспечивается наличием следующего материально-технического оборудования:

- 1) кабинеты-аудитории, оснащенные компьютером с проектором, обычной доской, партами, кафедрами – для проведения лекционных и практических занятий;
- 2) библиотека с читальным залом, книжный фонд которой составляет специализированная методическая и учебная литература, журналы.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Экспериментальная механика: в 2-х книгах/Ред. А. Кобаяси. М.: Мир. 1990. 1168 с.
2. Полилов А.Н. Экспериментальная механика композитов: учебное пособие. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. 375 с.
3. Белл Дж. Ф. Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел. В 2-х частях. Часть 1 – Малые деформации. 559 с. Часть 2 - Конечные деформации. 432 с. М.: Наука. 1984.

Дополнительная литература и Интернет-ресурсы

1. Пановко Г.Я. Лекции по основам теории вибрационных машин и технологий. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2008. 191 с.
2. Разумовский И.А. Интерференционно-оптические методы механики деформируемого твёрдого тела. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2008. 236 с.
3. Экспериментальная механика/Ред. Р.К. Вафин, О.С. Нарайкин. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2004. 136 с.
4. Полилов А.Н. Этюды по механике композитов. 2015. М.:

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для успешного освоения курса, помимо посещения лекций и семинаров, от аспирантов требуется самостоятельная работа в объёме не менее чем те часы, которые указаны для каждого раздела программы. В основном, это время отводится на самостоятельное решение задач. Самостоятельные занятия включают в себя также повторение материала лекций.