

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 15.04.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕХАНИКА**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.10
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 4; 3 семестр - 4; всего - 8
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	288 часа
<b>Лекции</b>	2 семестр - 32 часа; 3 семестр - 16 часов; всего - 48 часа
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	2 семестр - 16 часов; 3 семестр - 32 часа; всего - 48 часа
<b>Консультации</b>	2 семестр - 2 часа; 3 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 93,5 часа; 3 семестр - 93,5 часа; всего - 187,0 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	2 семестр - 0,5 часа;
<b>Экзамен</b>	3 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,0 час

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цой В.Э.
	Идентификатор	Rd9d3a9dd-TsoyVE-b05eb4b4

В.Э. Цой

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

Е.В. Позняк

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MercuryevIV-1e4a883c

И.В. Меркурьев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение основных положений, экспериментальной механики, необходимых в профессиональной деятельности по выбранному профилю.

### Задачи дисциплины

- – изучение основ экспериментальной механики, планирования и обработки результатов экспериментальных исследований;;
- – обучение постановке и проведению основных типов механических испытаний, организации измерений;;
- – обучение постановке численного эксперимента с помощью современных программных комплексов..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-12 Способен создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации	ИД-1 <sub>ОПК-12</sub> Способен выполнить цифровую обработку экспериментальных данных	знать: - основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований..  уметь: - проводить статистическую обработку и анализ результатов эксперимента.; - проводить испытания на растяжение-сжатие, изгиб, кручение..
ПК-1 Готов участвовать в научных и расчетно-экспериментальных исследованиях объектов профессиональной деятельности с целью обеспечения их прочности, жесткости, устойчивости, долговечности, безопасности и надежности	ИД-5 <sub>ПК-1</sub> Способен разработать методику проведения эксперимента, выполнить экспериментальные исследования, провести анализ и обработку полученных данных	знать: - экспериментальные методы исследования напряженно-деформированного состояния.; - назначение и основные типы механических испытаний..  уметь: - применять тензометрические методы измерений.; - самостоятельно разрабатывать и анализировать цифровые модели испытаний на растяжение-сжатие, изгиб и кручение..

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры (далее – ОПОП), направления подготовки 15.04.03 Прикладная механика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания		
				Контактная работа							СР					
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль			
КПР	ГК	ИККП	ТК													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	Введение в экспериментальную механику	18	2	6	2	-	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [3], 1-47		
1.1	Введение в экспериментальную механику	18		6	2	-	-	-	-	-	-	-	10		-	
2	Теоретические основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.	39		8	6	-	-	-	-	-	-	-	25	-		
2.1	Теоретические основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.	39		8	6	-	-	-	-	-	-	-	25	-		
3	Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций	27		8	4	-	-	-	-	-	-	-	15	-		<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [2], 35-91
3.1	Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций	27		8	4	-	-	-	-	-	-	-	15	-		
4	Назначение и основные типы	24		10	4	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i>	

	механических испытаний.												[1], 4-45
4.1	Назначение и основные типы механических испытаний.	24		10	4	-	-	-	-	-	-	10	-
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	-	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>60</b>	<b>33.5</b>
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>93.5</b>		
5	Автоматизация экспериментальных исследований.	38	3	4	12	-	-	-	-	-	-	22	-
5.1	Автоматизация экспериментальных исследований.	38		4	12	-	-	-	-	-	-	22	-
6	Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений	36		6	8	-	-	-	-	-	-	22	-
6.1	Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений	36		6	8	-	-	-	-	-	-	22	-
7	Голографическая интерферометрия	34		6	12	-	-	-	-	-	-	16	-
7.1	Голографическая интерферометрия	34		6	12	-	-	-	-	-	-	16	-
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>16</b>	<b>32</b>	-	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>60</b>	<b>33.5</b>
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>16</b>	<b>32</b>	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>93.5</b>		
	<b>ИТОГО</b>	<b>288.0</b>	-	<b>48</b>	<b>48</b>	-	<b>4</b>	-	-	<b>1.0</b>	<b>187.0</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Введение в экспериментальную механику

#### 1.1. Введение в экспериментальную механику

Объекты испытаний.. Требования к образцам, их классификация.. Структура испытательных комплексов.. Узлы испытательных машин.. Машины для статических испытаний.. Машины для испытаний на усталость.. Тарировка испытательных машин.. Стенды для испытаний натуральных конструкций.. Тензометрические методы измерения деформации..

### 2. Теоретические основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.

#### 2.1. Теоретические основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.

Теория, практика и эксперимент.. Основные положения теории размерностей.. Размерные и безразмерные величины.. Основные и производные единицы измерения.. Формула размерности.. Число основных единиц измерения.. Международная система единиц. Аксиомы теории размерности.. Уравнения пластического состояния.. Теория пластического течения. Функциональные связи между физическими величинами.; П – Теорема.. Выделение определяющих параметров объекта.. Элементы теории подобия. Физическое моделирование.. Масштабы моделирования. Планирование эксперимента.. Пассивный и активный эксперимент; их сравнительные характеристики.. Регрессионная модель и исходные предпосылки регрессионного анализа.. Вычисление оценок регрессионных коэффициентов по данным экспериментальных исследований..

### 3. Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций

#### 3.1. Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций

Тензометрические методы измерения деформаций.. Типы механических и оптических тензометров.. Электрические методы измерения деформаций.. Тензорезисторы сопротивления.. Схемы включения тензорезисторов для измерения статических и динамических деформаций.. Принципы работы приборов для измерений усилий, давлений, перемещений и ускорений.. Пьезоэлектрические, емкостные и индуктивные преобразователи.. Разновидности механических упругих измерительных преобразователей.. Тензометрирование движущихся и вращающихся объектов.. Автоматизация электротензометрических измерений.. Метод хрупких лаковых покрытий.. Калибровка и чувствительность лаковых покрытий.. Комбинирование метода лаковых покрытий с другими методами тензометрирования.. Измерение однородных и неоднородных полей деформаций на поверхности элементов конструкций методом сеток.. Понятие о методе муаров..

### 4. Назначение и основные типы механических испытаний.

#### 4.1. Назначение и основные типы механических испытаний.

Классификация типов механических испытаний.. Испытания при статических, квазистатических и динамических нагрузках; испытания на усталость; технологические испытания; испытания в специальных условиях.. Лабораторные испытания на растяжение, сжатие, сдвиг, кручение и изгиб, Методика проведения испытаний; выбор образцов и условий испытаний.. Основные виды современных разрывных (универсальных) машин и их характеристики.. Технические требования к испытательным машинам и их оснащению средствами измерений.. Исследование механических свойств материалов при сложных

напряженных состояниях.. Испытания при повышенных и пониженных температурах.. Исследование ползучести, релаксации и длительной прочности.. Неразрушающие испытания.. Классификация методов: акустические, капиллярные, магнитные, оптические, радиационные, тепловые, электрические, электромагнитные.. Приборы и установки для неразрушающих испытаний.. Основные стандарты на планирование, проведение и обработку результатов механических испытаний.. Автоматизация механических испытаний..

### 5. Автоматизация экспериментальных исследований.

#### 5.1. Автоматизация экспериментальных исследований.

Применение ЭВМ в системах автоматизированного эксперимента.. Автоматизация электротензометрических измерений.. Автоматизация механических испытаний.. Автоматизация поляризационно-оптических методов.. Методы неразрушающего контроля.. Акустические, электрические и магнитные методы контроля..

### 6. Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений

#### 6.1. Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений

Метод делительных сеток.. Метод муаровых полос.. Метод хрупких тензочувствительных покрытий..

### 7. Голографическая интерферометрия

#### 7.1. Голографическая интерферометрия

Основы голографии.. Аппаратура и материал для голографических исследований.. Определение поверхностных деформаций по методу идентичных точек.. Голографирование вибрирующих объектов.. Метод осреднённого времени.. Схемы определения перемещений и деформаций в стержнях, пластинах и оболочках..

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Метод муаровых полос;
2. Пьезоэлектрические, емкостные и индуктивные преобразователи;
3. Голографическая интерферометрия для определения перемещений и деформаций в стержнях;
4. Физическое моделирование эксперимента на основе П – Теоремы;
5. Голографическая интерферометрия для определения перемещений и деформаций в пластинах;
6. Голографическая интерферометрия для определения динамических деформаций в модели турбинной лопатки;
7. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений в диске;
8. Тензометрирование движущихся и вращающихся объектов;
9. Тензометрические методы измерения деформаций;
10. Лабораторные испытания на сдвиг и кручение;
11. Лабораторные испытания на изгиб;
12. Автоматизация электротензометрических измерений.;
13. Голографическая интерферометрия для определения перемещений и деформаций в оболочках;
14. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений в пластине;



15. Лабораторные испытания на растяжение и сжатие.

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7		
<b>Знать:</b>										
основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.	ИД-1 <sub>ОПК-12</sub>	+								Тестирование/Тест 1. Экспериментальная механика
назначение и основные типы механических испытаний.	ИД-5 <sub>ПК-1</sub>		+							Контрольная работа/Контрольная работа 1. Типы испытательных машин
экспериментальные методы исследования напряженно-деформированного состояния.	ИД-5 <sub>ПК-1</sub>			+						Тестирование/Тест 2. Экспериментальная механика
<b>Уметь:</b>										
проводить испытания на растяжение-сжатие, изгиб, кручение.	ИД-1 <sub>ОПК-12</sub>				+					Контрольная работа/Контрольная работа 2. Типы регистрирующих датчиков
проводить статистическую обработку и анализ результатов эксперимента.	ИД-1 <sub>ОПК-12</sub>					+				Тестирование/Тест 3. Экспериментальная механика
самостоятельно разрабатывать и анализировать цифровые модели испытаний на растяжение-сжатие, изгиб и кручение.	ИД-5 <sub>ПК-1</sub>								+	Контрольная работа/Контрольная работа 4
применять тензометрические методы измерений.	ИД-5 <sub>ПК-1</sub>								+	Контрольная работа/Контрольная работа 3. Методы компьютерной обработки данных

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

###### **2 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 1. Типы испытательных машин (Контрольная работа)
2. Контрольная работа 2. Типы регистрирующих датчиков (Контрольная работа)
3. Тест 1. Экспериментальная механика (Тестирование)
4. Тест 2. Экспериментальная механика (Тестирование)

###### **3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 3. Методы компьютерной обработки данных (Контрольная работа)
2. Контрольная работа 4 (Контрольная работа)
3. Тест 3. Экспериментальная механика (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

###### Экзамен (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

###### Экзамен (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Мурзаханов, Г. Х. Экспериментальная механика: Сборник лабораторных работ : Методическое пособие по курсам "Прикладная механика", "Эспериментальная механика" по направлению "Прикладная механика" / Г. Х. Мурзаханов, В. Н. Щугорев, В. Н. Комарова, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2001 . – 49 с.;
2. Самсонов, Ю. П. Основы метрологии. Средства измерения в механике материалов и конструкций : учебное пособие по курсам "Метрология", "Экспериментальные методы" по направлению "Энергомашиностроение" / Ю. П. Самсонов, В. Н. Щугорев ; Ред. Г. Х. Мурзаханов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 92 с. - ISBN 978-5-383-00473-9 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=1681>;

3. Балла О. М.- "Экспериментальные методы исследования в технологии машиностроения",  
Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (168 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/206531>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Б-112, Лаборатория вычислительной механики	стол, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-112, Лаборатория вычислительной механики	стол, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Б-112, Лаборатория вычислительной механики	стол, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-112, Лаборатория вычислительной механики	стол, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Б-110/1, Кабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-06а, Учебная лаборатория	стеллаж для хранения книг

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Экспериментальная механика

(название дисциплины)

#### 2 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Тест 1. Экспериментальная механика (Тестирование)
- КМ-2 Контрольная работа 1. Типы испытательных машин (Контрольная работа)
- КМ-3 Тест 2. Экспериментальная механика (Тестирование)
- КМ-4 Контрольная работа 2. Типы регистрирующих датчиков (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Введение в экспериментальную механику					
1.1	Введение в экспериментальную механику		+			
2	Теоретические основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.					
2.1	Теоретические основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.			+		
3	Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций					
3.1	Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций				+	
4	Назначение и основные типы механических испытаний.					
4.1	Назначение и основные типы механических испытаний.					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

#### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-5 Тест 3. Экспериментальная механика (Тестирование)
- КМ-6 Контрольная работа 3. Методы компьютерной обработки данных (Контрольная работа)
- КМ-7 Контрольная работа 4 (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	8	12

1	Автоматизация экспериментальных исследований.			
1.1	Автоматизация экспериментальных исследований.	+		
2	Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений			
2.1	Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений		+	
3	Голографическая интерферометрия			
3.1	Голографическая интерферометрия			+
Вес КМ, %:		25	25	50