

**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**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Вариативная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4; 3 семестр - 3; всего - 7
Часов (всего) по учебному плану:	252 часа
Лекции	2 семестр - 32 часа; 3 семестр - 16 часов; всего - 48 часа
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	2 семестр - 16 часов; 3 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
Консультации	2 семестр - 2 часа; 3 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
Самостоятельная работа	2 семестр - 93,5 часа; 3 семестр - 73,5 часа; всего - 167,0 часа
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,0 час

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

В.Э. Цой

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

Е.В. Позняк

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

(подпись)

И.В. Меркурьев

(расшифровка подписи)

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
ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности		знать: - основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.. уметь: - проводить испытания на растяжение-сжатие, изгиб, кручение.; - проводить статистическую обработку и анализ результатов эксперимента..
ПК-7 готовностью овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по динамике и прочности, устойчивости, надежности, трению и износу машин и приборов, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов		знать: - назначение и основные типы механических испытаний.; - экспериментальные методы исследования напряженно-деформированного состояния.. уметь: - самостоятельно разрабатывать и анализировать цифровые модели испытаний на растяжение-сжатие, изгиб и кручение.; - применять тензометрические методы измерений..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока дисциплин 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 среднего общего образования.

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 7 зачетных единиц, 252 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
	Всего за семестр	144.0		32	16	-	-	2	-	-	0.5	60	33.5
	Итого за семестр	144.0		32	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
5	Автоматизация экспериментальных исследований.	25	3	4	6	-	-	-	-	-	-	15	-
5.1	Автоматизация экспериментальных исследований.	25		4	6	-	-	-	-	-	-	15	-
6	Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений	25		6	4	-	-	-	-	-	-	15	-
6.1	Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений	25		6	4	-	-	-	-	-	-	15	-
7	Голографическая интерферометрия	22		6	6	-	-	-	-	-	-	10	-
7.1	Голографическая интерферометрия	22		6	6	-	-	-	-	-	-	10	-
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Всего за семестр	108.0		16	16	-	-	2	-	-	0.5	40	33.5
	Итого за семестр	108.0		16	16	-	2	-	-	0.5	40	33.5	
	ИТОГО	252.0	-	48	32	-	4	-	-	1.0	60	33.5	

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

модели турбинной лопатки.

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		
Знать:										
основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.	ПК-2(Компетенция)	+								Тестирование/Тест 1. Экспериментальная механика
экспериментальные методы исследования напряженно-деформированного состояния.	ПК-7(Компетенция)			+						Тестирование/Тест 2. Экспериментальная механика
назначение и основные типы механических испытаний.	ПК-7(Компетенция)		+							Контрольная работа/Контрольная работа 1. Типы испытательных машин
Уметь:										
проводить статистическую обработку и анализ результатов эксперимента.	ПК-2(Компетенция)					+				Тестирование/Тест 3. Экспериментальная механика
проводить испытания на растяжение-сжатие, изгиб, кручение.	ПК-2(Компетенция)				+					Контрольная работа/Контрольная работа 2. Типы регистрирующих датчиков
применять тензометрические методы измерений.	ПК-7(Компетенция)							+		Тестирование/Контрольная работа 3. Методы компьютерной обработки данных
самостоятельно разрабатывать и анализировать цифровые модели испытаний на растяжение-сжатие, изгиб и кручение.	ПК-7(Компетенция)								+	Контрольная работа/Контрольная работа 4

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 (Тестирование)
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 "Энергетическое машиностроение" / Ю. П. Самсонов, В. Н. Щугорев ; ред. Ю. Н. Самогин ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 140 с. - ISBN 978-5-7046-1656-6 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8206;

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. Майнд Видеоконференции;
5. Scilab.

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
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.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 лабораторных занятий	Б-112, Лаборатория вычислительной механики	стол, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
	Б-409, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	НТБ-303, 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	Б-06а, Учебная	стеллаж для хранения книг

хранения оборудования и учебного инвентаря	лаборатория	
---	-------------	--

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 (Тестирование)
 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