

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

Направление подготовки/специальность: 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Наименование образовательной программы: Разработка компьютерных технологий управления и математического моделирования в робототехнике и мехатронике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА В ИССЛЕДОВАНИЯХ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.07
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	не предусмотрено учебным планом
Практические занятия	3 семестр - 48 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	3 семестр - 95,7 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:	
Зачет с оценкой	3 семестр - 0,3 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гавриленко А.Б.
	Идентификатор	Rfc797ba0-GavrilenkoAB-386ea3e

(подпись)

А.Б. Гавриленко

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Свириденко О.В.
	Идентификатор	R9097b88f-SviridenkoOV-16830d5

(подпись)

О.В.

Свириденко

(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-1e4a883c

(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
ОПК-6 Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	ИД-1 _{ОПК-6} Анализирует научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области разработки и исследования мехатронных и робототехнических систем	знать: - экспериментальные методы исследования напряженно-деформированного состояния.. уметь: - проводить статистическую обработку и анализ результатов эксперимента..
ОПК-12 Способен организовывать монтаж, наладку, настройку и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	ИД-1 _{ОПК-12} Разрабатывает программу испытаний готового мехатронного или робототехнического устройства, проводит отладку управляющих программ мехатронных и робототехнических устройств	знать: - назначение и основные типы механических испытаний..
ОПК-13 Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем	ИД-2 _{ОПК-13} Использует статистические методы в процессе планирования эксперимента при исследовании мехатонных и робототехнических систем	уметь: - применять тензометрические методы измерений.; - проводить испытания на растяжение-сжатие, изгиб, кручение..
ПК-2 Способен организовывать и проводить исследования мехатронных и робототехнических систем и их подсистем с учетом	ИД-3 _{ПК-2} Разрабатывает методики проведения экспериментов на действующих макетах и образцах мехатронных и робототехнических систем и	уметь: - самостоятельно разрабатывать и анализировать цифровые модели испытаний на растяжение-сжатие, изгиб и кручение..

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
требований заказчиков	их подсистем, обрабатывает результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	
ПК-2 Способен организовывать и проводить исследования мехатронных и робототехнических систем и их подсистем с учетом требований заказчиков	ИД-4 _{ПК-2} Анализирует результаты исследований и учитывает их при определении наиболее целесообразных и экономически обоснованных проектных решений, составляет научно-технические отчеты и аналитические обзоры, готовит публикации	знать: - основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Разработка компьютерных технологий управления и математического моделирования в робототехнике и мехатронике (далее – ОПОП), направления подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, 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 4 зачетных единицы, 144 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	14	3	-	-	4	-	-	-	-	-	10	-		
1.1	Введение в экспериментальную механику	14		-	-	4	-	-	-	-	-	10	-		
2	Теоретические основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.	16		-	-	6	-	-	-	-	-	10	-		<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 121-134 [2], 134-150
2.1	Теоретические основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.	16		-	-	6	-	-	-	-	-	10	-		
3	Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций	18		-	-	6	-	-	-	-	-	12	-		
3.1	Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций	18		-	-	6	-	-	-	-	-	12	-		
4	Назначение и основные типы	16		-	-	4	-	-	-	-	-	12	-		

	механических испытаний.											
4.1	Назначение и основные типы механических испытаний.	16	-	-	4	-	-	-	-	-	12	-
5	Автоматизация экспериментальных исследований.	22	-	-	10	-	-	-	-	-	12	-
5.1	Автоматизация экспериментальных исследований.	22	-	-	10	-	-	-	-	-	12	-
6	Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений	20	-	-	8	-	-	-	-	-	12	-
6.1	Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений	20	-	-	8	-	-	-	-	-	12	-
7	Голографическая интерферометрия	20	-	-	10	-	-	-	-	-	10	-
7.1	Голографическая интерферометрия	20	-	-	10	-	-	-	-	-	10	-
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7
	Всего за семестр	144.0	-	-	48	-	-	-	-	0.3	78	17.7
	Итого за семестр	144.0	-	-	48	-	-	-	-	0.3	95.7	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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

1. Введение в экспериментальную механику;
2. Теоретические основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.;
3. Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций;
4. Назначение и основные типы механических испытаний.;
5. Автоматизация экспериментальных исследований.;
6. Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений;
7. Голографическая интерферометрия.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

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:										
экспериментальные методы исследования напряженно-деформированного состояния.	ИД-1 _{ОПК-6}			+				+	+	Тестирование/Тест 1. Экспериментальная механика Тестирование/Тест 2. Экспериментальная механика
назначение и основные типы механических испытаний.	ИД-1 _{ОПК-12}	+								Контрольная работа/Контрольная работа 1. Типы испытательных машин
основы планирования и обработки результатов экспериментальных исследований.	ИД-4 _{ПК-2}		+							Тестирование/Тест 3. Экспериментальная механика
Уметь:										
проводить статистическую обработку и анализ результатов эксперимента.	ИД-1 _{ОПК-6}						+			Тестирование/Контрольная работа 3. Методы компьютерной обработки данных
проводить испытания на растяжение-сжатие, изгиб, кручение.	ИД-2 _{ОПК-13}			+						Контрольная работа/Контрольная работа 2. Типы регистрирующих датчиков
применять тензометрические методы измерений.	ИД-2 _{ОПК-13}				+					Контрольная работа/Контрольная работа 4
самостоятельно разрабатывать и анализировать цифровые модели испытаний на растяжение-сжатие, изгиб и кручение.	ИД-3 _{ПК-2}		+							Тестирование/Тест 3. Экспериментальная механика

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 1. Типы испытательных машин (Контрольная работа)
2. Контрольная работа 2. Типы регистрирующих датчиков (Контрольная работа)
3. Контрольная работа 3. Методы компьютерной обработки данных (Тестирование)
4. Контрольная работа 4 (Контрольная работа)
5. Тест 1. Экспериментальная механика (Тестирование)
6. Тест 2. Экспериментальная механика (Тестирование)
7. Тест 3. Экспериментальная механика (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №3)

По БАРС МЭИ

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. В. П. Костин- "Теория эксперимента", Издательство: "Оренбургский государственный университет", Оренбург, 2013 - (209 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259219>;
2. А. А. Попов- "Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2013 - (296 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436033>.

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. Антиплагиат ВУЗ.

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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-415, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-415, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	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-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория эксперимента в исследованиях робототехнических систем

(название дисциплины)

3 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)
- 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 – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	5	7	8	10	15	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.								+
5	Автоматизация экспериментальных исследований.								
5.1	Автоматизация экспериментальных исследований.							+	
6	Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений								
6.1	Оптико-геометрические методы деформаций и перемещений		+		+				

7	Голографическая интерферометрия							
7.1	Голографическая интерферометрия	+		+				
Вес КМ, %:		10	10	10	10	20	20	20