

**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**  
**МЕХАНИКА КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И РАЗРУШЕНИЯ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.04.01.02
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	2 семестр - 48 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	2 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 77,5 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> Тестирование Контрольная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	2 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

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

О.В. Свириденко


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

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

О.В.  
Свириденко

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883c

И.В. Меркурьев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины являются изучение основных положений, моделей и методов механики контактного взаимодействия и разрушения, необходимых в профессиональной деятельности по выбранному профилю..

### Задачи дисциплины

- Ознакомить обучающихся с основными положениями механики контактного взаимодействия и разрушения; осознавать социальную значимость своей профессии.;
- Научить обоснованно применять модели и методы механики контактного взаимодействия и разрушения к прикладным задачам статики и динамики.;
- Ознакомить обучающихся с методами численного решения задач механики контактного взаимодействия и разрушения, реализованными в современных математических программных комплексах..

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-1 Способен разрабатывать техническое задание на проектирование мехатронных и робототехнических систем их подсистем, участвовать в разработке конструкторской и проектной документации в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Определяет технические и технико-экономические характеристики при проектировании мехатронных и робототехнических систем их подсистем и отдельных устройств с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматизации, измерительной и вычислительной техники, а также новых устройств и подсистем	знать: - Основы планирования эксперимента, экспериментальные методы в механике разрушения и технические нормы на проведение испытаний.;- Основные положения и методы механики контактного взаимодействия и разрушения. Основы теории квазихрупкого разрушения, критерии разрушения при квазистатическом нагружении..  уметь: - Оценивать прочность конструкционных материалов при наличии трещин.;- Моделировать рост трещин при циклических и длительно действующих нагрузках, оценивать характеристики трещиностойкости конструкционных материалов.;- Определять значения коэффициентов интенсивности напряжений конструкционных материалов..

## 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 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 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 механику контактного взаимодействия и разрушения.	30	2	4	-	16	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Введение в механику контактного взаимодействия и разрушения."</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Введение в механику контактного взаимодействия и разрушения." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение в механику контактного взаимодействия и разрушения."</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл1-2 [4], 123-134</p>	
1.1	Введение в механику контактного взаимодействия и разрушения	30		4	-	16	-	-	-	-	-	10	-		
2	Основы теории квазихрупкого разрушения.	39		6	-	16	-	-	-	-	-	-	17	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основы теории квазихрупкого разрушения."</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Основы теории квазихрупкого разрушения." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение</p>
2.1	Основы теории квазихрупкого разрушения.	39		6	-	16	-	-	-	-	-	-	17	-	

													дополнительного материала по разделу "Основы теории квазихрупкого разрушения." <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Основы теории квазихрупкого разрушения.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], гл 3
3	Экспериментальные методы в механике разрушения.	39	6	-	16	-	-	-	-	-	17	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Экспериментальные методы в механике разрушения."
3.1	Экспериментальные методы в механике разрушения.	39	6	-	16	-	-	-	-	-	17	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Экспериментальные методы в механике разрушения." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Экспериментальные методы в механике разрушения." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение</u></b>

													<i><b>теоретического материала:</b></i> Изучение дополнительного материала по разделу "Экспериментальные методы в механике разрушения." <i><b>Изучение материалов литературных источников:</b></i> [2], гл 1-4 [3], гл 1-4
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	16	-	48	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0	16	-	48		2		-	0.5		77.5	

**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 механику контактного взаимодействия и разрушения.

##### 1.1. Введение в механику контактного взаимодействия и разрушения

1.1. Связь механики разрушения с физикой твёрдого тела. Особенности подхода к проблемам разрушения с точки зрения механики. 1.2. Место эксперимента в механике разрушения. Обзор основных проблем механики разрушения. Квазихрупкое разрушение. Вязкое разрушение. Длительная прочность и разрушение при повышенных температурах. Разрушение при циклических нагрузках. Влияние окружающей среды на прочность и характер разрушения. 1.3. Феноменологические теории прочности. Предельные поверхности в пространстве напряжений и их свойства. 1.4. Связь с критериями текучести в теории пластичности. Предельные поверхности для анизотропных материалов. Планирование экспериментов по построению предельных поверхностей. 1.5. Оценка минимального количества опытов. Выбор образцов и схем нагружения. Интерпретация опытных данных..

#### 2. Основы теории квазихрупкого разрушения.

##### 2.1. Основы теории квазихрупкого разрушения.

Концепция Гриффитса-Ирвина в теории разрушения. Энергетическое условие устойчивости равновесной трещины. Поверхностная энергия твёрдого тела. Условие Гриффитса. 2.2. Задачи теории упругости, связанные с теорией квазихрупкого разрушения. Распределение напряжений в окрестности трещин. Изотропное упругое тело, плоская задача. 2.3. Распределение трещин при кручении, изгибе и сдвиге. Распределение напряжений около дисковой щели. Коэффициенты интенсивности напряжений. 2.4. Численные методы определения коэффициентов интенсивности напряжений. Особенности решения задач линейной механики разрушения по методу конечных элементов. Алгоритмизация расчётов для определения коэффициентов интенсивности напряжений на ЭВМ. 2.5. Развитие и обобщение теории Гриффитса-Ирвина. Модель Леонова-Панасюка-Дагдейла. Учёт пластических деформаций у края трещины. 2.6. Приложение теории квазихрупкого разрушения для оценки сопротивления конструкционных материалов при наличии трещин..

#### 3. Экспериментальные методы в механике разрушения.

##### 3.1. Экспериментальные методы в механике разрушения.

3.1. Масштабный эффект прочности и физическая природа его происхождения. Проблема переноса результатов испытаний малых образцов и моделей на натуральные изделия. 3.2. Планирование экспериментов по определению характеристик трещиностойкости материала при статическом и динамическом нагружении. Прямые и косвенные методы испытаний. Выбор образцов и схем нагружения. 3.3. Технические нормы на проведение испытаний. Неразрушающие методы дефектоскопии. Дефектоскопия как способ повышения безопасности инженерных систем. Экспериментальные методы динамической механики разрушения..

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

1. Геометрически-нелинейная балка. Постановка краевой задачи. Вариационная постановка задачи и ее решение;
2. Ползучесть болтов фланцевого соединения. Установившаяся ползучесть лопаток паровых и газовых турбин;
3. Упруго-пластический изгиб балки под сосредоточенной и распределенной нагрузкой. Постановка краевой задачи;
4. Пластическое деформирование при плоском и объемном напряженном состоянии;



5. Линейное напряженное состояние. Пластичность, упрочнение, разгрузка..

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение в механику контактного взаимодействия и разрушения."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы теории квазихрупкого разрушения."
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Экспериментальные методы в механике разрушения."

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Введение в механику контактного взаимодействия и разрушения."
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы теории квазихрупкого разрушения."
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Экспериментальные методы в механике разрушения."

### **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	
<b>Знать:</b>					
Основные положения и методы механики контактного взаимодействия и разрушения. Основы теории квазихрупкого разрушения, критерии разрушения при квазистатическом нагружении.	ИД-2ПК-1	+		+	Тестирование/КМ-1. ТЕСТ 1. МКВ и Р_1
Основы планирования эксперимента, экспериментальные методы в механике разрушения и технические нормы на проведение испытаний.	ИД-2ПК-1		+		Тестирование/КМ-3. ТЕСТ 2. МКВ и Р_2
<b>Уметь:</b>					
Определять значения коэффициентов интенсивности напряжений конструкционных материалов.	ИД-2ПК-1			+	Контрольная работа/КМ-4. Контрольная работа №2. Отслоения как тип разрушения
Моделировать рост трещин при циклических и длительно действующих нагрузках, оценивать характеристики трещиностойкости конструкционных материалов.	ИД-2ПК-1	+			Контрольная работа/КМ-2. Контрольная работа №1. Разрушения в результате контакта
Оценивать прочность конструкционных материалов при наличии трещин.	ИД-2ПК-1	+	+		Контрольная работа/КМ-5. Контрольная работа №3. Современные средства 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. КМ-1. ТЕСТ 1. МКВ и Р\_1 (Тестирование)
2. КМ-2. Контрольная работа №1. Разрушения в результате контакта (Контрольная работа)
3. КМ-3. ТЕСТ 2. МКВ и Р\_2 (Тестирование)
4. КМ-4. Контрольная работа №2. Отслоения как тип разрушения (Контрольная работа)
5. КМ-5. Контрольная работа №3. Современные средства компьютерной обработки данных (Контрольная работа)

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.

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

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

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

1. Петров В. В.- "Нелинейная инкрементальная строительная механика", (3-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Инфра-Инженерия", Вологда, 2020 - (484 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/148421>;
2. Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности : учебник для строительных специальностей вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов . – М. : Высшая школа, 1990 . – 400 с. - ISBN 5-06-000053-2 .;
3. Ильюшин, А. А. Механика сплошной среды : учебник для университетов по специальности "Механика" / А. А. Ильюшин . – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГУ, 1990 . – 310 с.;
4. А. А. Ильюшин- "Труды", Издательство: "Физматлит", Москва, 2007 - (286 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457782>;
5. Далматов Б. И.- "Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии)", (6-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (416 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/154379>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;

4. Ansys / CAE Fidesys;
5. 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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
10. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
11. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
12. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
	Б-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
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.	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютер персональный

	"РМДиПМ"	
--	----------	--

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Механика контактного взаимодействия и разрушения**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 КМ-1. ТЕСТ 1. МКВ и Р\_1 (Тестирование)  
 КМ-2 КМ-2. Контрольная работа №1. Разрушения в результате контакта (Контрольная работа)  
 КМ-3 КМ-3. ТЕСТ 2. МКВ и Р\_2 (Тестирование)  
 КМ-4 КМ-4. Контрольная работа №2. Отслоения как тип разрушения (Контрольная работа)  
 КМ-5 КМ-5. Контрольная работа №3. Современные средства компьютерной обработки данных (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	6	8	12	15
1	Введение в механику контактного взаимодействия и разрушения.						
1.1	Введение в механику контактного взаимодействия и разрушения		+	+			+
2	Основы теории квазихрупкого разрушения.						
2.1	Основы теории квазихрупкого разрушения.				+		+
3	Экспериментальные методы в механике разрушения.						
3.1	Экспериментальные методы в механике разрушения.		+			+	
Вес КМ, %:			10	25	15	25	25