

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

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.09
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 111,5 часов;
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;

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мурзаханов Г.Х.
	Идентификатор	R95682147-MurzakhanovGK-bd6def

(подпись)

Г.Х. Мурзаханов

(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:** 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
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	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Основы планирования эксперимента, экспериментальные методы в механике разрушения и технические нормы на проведение испытаний.;</li> <li>- Основные положения и методы механики контактного взаимодействия и разрушения. Основы теории квазихрупкого разрушения, критерии разрушения при квазистатическом нагружении..</li> </ul>
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-3 <sub>ПК-1</sub> Способен решать сложные инженерные задачи, применяя теории механики разрушения, композиционных материалов, пластичности, ползучести, физики прочности, учитывать физически- и геометрически-нелинейное деформирование	<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Моделировать рост трещин при циклических и длительно действующих нагрузках, оценивать характеристики трещиностойкости конструкционных материалов.;</li> <li>- Определять значения коэффициентов интенсивности напряжений конструкционных материалов..</li> </ul>
ПК-1 Готов участвовать в	ИД-5 <sub>ПК-1</sub> Способен	<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Оценивать прочность</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
научных и расчетно-экспериментальных исследованиях объектов профессиональной деятельности с целью обеспечения их прочности, жесткости, устойчивости, долговечности, безопасности и надежности	разработать методику проведения эксперимента, выполнить экспериментальные исследования, провести анализ и обработку полученных данных	конструкционных материалов при наличии трещин..

## 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 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 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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.	39	2	8	-	8	-	-	-	-	-	23	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [3], 7-40
1.1	Введение в механику контактного взаимодействия и разрушения	39		8	-	8	-	-	-	-	-	23	-	
2	Основы теории квазихрупкого разрушения.	47		12	-	12	-	-	-	-	-	23	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [2], 85-136
2.1	Основы теории квазихрупкого разрушения.	47		12	-	12	-	-	-	-	-	23	-	
3	Экспериментальные методы в механике разрушения.	56		12	-	12	-	-	-	-	-	32	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 3-60
3.1	Экспериментальные методы в механике разрушения.	56		12	-	12	-	-	-	-	-	32	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>178.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>78</b>	<b>33.5</b>		
	<b>Итого за семестр</b>	<b>178.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>111.5</b>				

**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 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. Определение параметров энергетического критерия разрушения композитов при сложном нагружении. (32 часа).;
2. Определение удельной работы разрушения слоистых композитов.;
3. Определение критических значений  $J$ -интеграла.;
4. Определение интенсивности высвобождения энергии методом измерения податливостей.;
5. Стандартный метод определения критических значений коэффициентов

- интенсивности напряжений конструкционных материалов.;
6. Исследование поля напряжений вблизи вершины трещины поляризационно-оптическим методом.;
  7. Определение направления роста кривой трещины в пластине при одноосном растяжении.;
  8. Экспериментальная проверка формулы Гриффитса.;
  9. Уравнения роста трещин при циклических и длительно действующих нагрузках.;
  10. Предельное равновесие трещин при сложном напряженном состоянии.;
  11. Критерии разрушения при квазистатическом нагружении..

#### **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	
<b>Знать:</b>					
Основные положения и методы механики контактного взаимодействия и разрушения. Основы теории квазихрупкого разрушения, критерии разрушения при квазистатическом нагружении.	ИД-1 <sub>ОПК-12</sub>	+			Тестирование/КМ-1. ТЕСТ 1. МКВ и Р_1
Основы планирования эксперимента, экспериментальные методы в механике разрушения и технические нормы на проведение испытаний.	ИД-1 <sub>ОПК-12</sub>		+		Тестирование/КМ-3. ТЕСТ 2. МКВ и Р_2
<b>Уметь:</b>					
Определять значения коэффициентов интенсивности напряжений конструкционных материалов.	ИД-3 <sub>ПК-1</sub>		+		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-3 <sub>ПК-1</sub>			+	Контрольная работа/КМ-5. Контрольная работа №3. Современные средства компьютерной обработки данных
Оценивать прочность конструкционных материалов при наличии трещин.	ИД-5 <sub>ПК-1</sub>	+			Контрольная работа/КМ-2. Контрольная работа №1. Разрушения в результате контакта

## **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. Мурзаханов, Г. Х. Механика разрушения слоистых и волокнистых композитов : учебное пособие по курсам "Механика композитных материалов", "Экспериментальные методы" по направлению "Энергомашиностроение" / Г. Х. Мурзаханов, А. В. Щугорев, В. Н. Щугорев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"); ред. В. П. Радин . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 67 с. - ISBN 978-5-7046-1893-5 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9995;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9995)

2. Колесников, Ю. В. Механика контактного разрушения / Ю. В. Колесников, Е. М. Морозов . – 2-е изд . – М. : Эдиториал УРСС, 2007 . – 224 с. - ISBN 978-5-382-00268-2 .;

3. Матвиенко Ю. Г.- "Модели и критерии механики разрушения", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2006 - (328 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=47550.](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47550)

### **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.

### 5.3 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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
6. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
7. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

### 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
	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
	Б-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
	Б-407, 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-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

### 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:	3	7	10	13	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, %:			20	20	20	20	20