

**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

**Оценочные материалы
по дисциплине
Механика контактного взаимодействия и разрушения**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

В.Э. Цой

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

Е.В. Позняк

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883d

И.В.
Меркурьев

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. 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 Способен решать сложные инженерные задачи, применяя теории механики разрушения, композиционных материалов, пластичности, ползучести, физики

прочности, учитывать физически- и геометрически-нелинейное деформирование

ИД-5 Способен разработать методику проведения эксперимента, выполнить экспериментальные исследования, провести анализ и обработку полученных данных

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

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)

БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	3	7	10	13	15
Введение в механику контактного взаимодействия и разрушения.						
Введение в механику контактного взаимодействия и разрушения		+	+			
Основы теории квазихрупкого разрушения.						
Основы теории квазихрупкого разрушения.				+	+	
Экспериментальные методы в механике разрушения.						
Экспериментальные методы в механике разрушения.						+
Вес КМ:		20	20	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-ЗПК-1 Способен решать сложные инженерные задачи, применяя теории механики разрушения, композиционных материалов, пластичности, ползучести, физики прочности, учитывать физически-геометрически-нелинейное деформирование	Знать: Основные положения и методы механики контактного взаимодействия и разрушения. Основы теории квазихрупкого разрушения, критерии разрушения при квазистатическом нагружении. Уметь: Моделировать рост трещин при циклических и длительно действующих нагрузках, оценивать характеристики трещиностойкости конструкционных материалов. Определять значения коэффициентов интенсивности напряжений конструкционных	КМ-1. ТЕСТ 1. МКВ и Р_1 (Тестирование) КМ-4. Контрольная работа №2. Отслоения как тип разрушения (Контрольная работа) КМ-5. Контрольная работа №3. Современные средства компьютерной обработки данных (Контрольная работа)

		материалов.	
ПК-1	ИД-5 _{ПК-1} Способен разработать методику проведения эксперимента, выполнить экспериментальные исследования, провести анализ и обработку полученных данных	Знать: Основы планирования эксперимента, экспериментальные методы в механике разрушения и технические нормы на проведение испытаний. Уметь: Оценивать прочность конструкционных материалов при наличии трещин.	КМ-2. Контрольная работа №1. Разрушения в результате контакта (Контрольная работа) КМ-3. ТЕСТ 2. МКВ и Р_2 (Тестирование)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ-1. ТЕСТ 1. МКВ и Р_1

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестирование

Краткое содержание задания:

Письменный ответ на вопрос.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Основные положения и методы механики контактного взаимодействия и разрушения. Основы теории квазихрупкого разрушения, критерии разрушения при квазистатическом нагружении.	1. Основы теории квазихрупкого разрушения, критерии разрушения при квазистатическом нагружении.
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. КМ-2. Контрольная работа №1. Разрушения в результате контакта

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа.

Краткое содержание задания:

Письменный ответ на вопрос.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Оценивать прочность конструкционных материалов при наличии трещин.	1.Определить значения коэффициентов интенсивности напряжений конструкционных материалов.
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. КМ-3. ТЕСТ 2. МКВ и Р_2

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменная работа

Краткое содержание задания:

Письменный ответ на вопрос

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Основы планирования эксперимента, экспериментальные методы в механике разрушения и технические нормы на проведение испытаний.	1.Основы планирования эксперимента, экспериментальные методы в механике разрушения и технические нормы на проведение испытаний.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. КМ-4. Контрольная работа №2. Отслоения как тип разрушения

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменная работа

Краткое содержание задания:

Письменный ответ на вопрос.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Определять значения коэффициентов интенсивности напряжений конструкционных материалов.	1. Моделирование роста трещин при циклических и длительно действующих нагрузках, оценить характеристики трещиностойкости конструкционных материалов.
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-5. КМ-5. Контрольная работа №3. Современные средства компьютерной обработки данных

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменная работа

Краткое содержание задания:

Письменный ответ на вопрос

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Моделировать рост трещин при циклических и длительно действующих нагрузках, оценивать характеристики трещиностойкости конструкционных материалов.	1.Оценить прочность конструкционных материалов при наличии трещин.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1 Кафедра Динамики и прочности машин	Утверждаю: Зав. кафедрой
МЭИ	Дисциплина Механика контактного взаимодействия и разрушения	
	Институт ЭнМИ	« » 20 г
1. Понятие о теоретической прочности. Механизмы вязкого и хрупкого разрушения. 2. Плоская деформация и плоское напряжённое состояние вблизи вершины трещины. 3. Практическое задание		

Процедура проведения

Проводится в письменной/устной форме по билетам в виде тестирования/подготовки и изложения развернутого ответа. Время на выполнение экзаменационного задания/подготовку ответа – 60 минут.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-ЗПК-1 Способен решать сложные инженерные задачи, применяя теории механики разрушения, композиционных материалов, пластичности, ползучести, физики прочности, учитывать физически- и геометрически-нелинейное деформирование

Вопросы, задания

1. Предмет механики разрушения. Понятие о теоретической прочности. Механизмы вязкого и хрупкого разрушения.
2. Понятие о разрушении материала и конструкции. Классификация теорий разрушения.
3. Связь механики разрушения с физикой твердого тела. Линейные масштабы в механике разрушения.
4. Плоская сингулярная задача теории упругости. Характеристическое уравнение. Тип особенности поля напряжений вблизи вершины разреза.
5. Коэффициент интенсивности напряжений.
6. Трещина нормального разрыва. Поля напряжений и перемещений у вершины трещины.
7. Трещина поперечного сдвига. Поля напряжений и перемещений у вершины трещины.
8. Плоская деформация и плоское напряжённое состояние вблизи вершины трещины.
9. Понятие антиплоской деформации. Применение ТФКП к антиплоской задаче теории упругости. Сингулярная антиплоская задача.

- 10.Трещина продольного сдвига. Поля напряжений и перемещений у вершины трещины.
- 11.Понятие о пространственных сингулярных задачах теории упругости.
- 12.Энергетическая теория хрупкого разрушения Гриффитса. Гипотезы. Вывод формулы Гриффитса.
- 13.Оценка по теории Гриффитса теоретического предела прочности.
- 14.Разрушение при сжатии по Гриффитсу. Значение, достоинства и недостатки теории Гриффитса.
- 15.Критерий разрушения Ирвина. Связь силового и энергетического критериев.
- 16.Применение критерия Ирвина для тел с произвольными трещинами. Направление роста трещин в плоскости в общем случае нагружения.
- 17.Понятие об устойчивом и неустойчивом росте трещин .Условия устойчивого роста трещин для энергетического и силового критериев хрупкого разрушения.
- 18.Понятие о многопараметрической механике разрушения.
- 19.Понятие об инвариантном интеграле Черепанова-Райса.
- 20.Теория квазихрупкого разрушения. Концепция Ирвина-Орвана. Форма пластической зоны у вершины трещины.
- 21.Расчётная длина трещины при квазихрупком разрушении.
- 22.Механизм развития трещины при квазихрупком разрушении.
- 23.Границы применимости теорий квазихрупкого разрушения.
- 24.Модель квазихрупкого разрушения Леонова-Панасюка-Дагдейла. Область применения модели.
- 25.Различные модели квазихрупкого разрушения. Эквивалентность критериев локального разрушения.
- 26.Континуальные теории накопления повреждений и длительной прочности.
- 27.Мера повреждений и её физическая интерпретация. Понятие о линейном суммировании повреждений. Критерий Бейли.
- 28.Кинетическая теория накопления повреждений и длительной прочности Работнова.
- 29.Усталостное развитие трещин. Диаграмма усталостного разрушения.
- 30.Кинетические уравнения роста трещин при циклическом нагружении.
- 31.Виды коррозионных разрушений.
- 32.Модели стресс – коррозионного разрушения.
- 33.Основные результаты контактной механики.
- 34.Морфология поверхностных трещин и их возникновение.
- 35.Закономерности распространения поверхностных трещин.
- 36.Зависимость критического коэффициента интенсивности напряжений от толщины пластины.

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.Каждый дефект имеет одинаковый максимальный размер. Какой дефект самый опасный?
 Ответы:
 пора, трещина, вмятина
 Верный ответ: трещина
- 2.Имеется усталостная трещина на внутренней поверхности сварного шва в высокоскоростном роторе. Выбрать наиболее подходящий способ обнаружения трещины.
 Ответы:
 а. – рентгенография.
 б. – вибродиагностика.
 в. – периодическое измерение прогиба ротора.
 Верный ответ: б
- 3.Какой фактор уменьшает трещиностойкость стального сосуда давления:

Ответы:

- а. – жесткие ребра.
- б. – исправление зон с обнаруженными небольшими дефектами.
- в. – закалка конструкции.

Верный ответ: в

4. Трос и прутки сделаны из одного материала, имеют равные площади поперечного сечения. Какая конструкция имеет более высокую трещиностойкость?

Ответы:

Трос, прутки

Верный ответ: Трос

5. Какой образец имеет самый высокий коэффициент интенсивности напряжений?

Ответы:

Привести три примера

Верный ответ: Указать верный вариант

6. Какой дефект легче обнаружить в нефтепроводе?

Ответы:

внутренняя коррозия, сквозное отверстие, трещины

Верный ответ: сквозное отверстие

7. Как определяются напряжения в вершине трещины

Ответы:

Дать правильный ответ

Верный ответ: Дать правильный ответ

2. Компетенция/Индикатор: ИД-5_{ПК-1} Способен разработать методику проведения эксперимента, выполнить экспериментальные исследования, провести анализ и обработку полученных данных

Вопросы, задания

1. Линейная механика разрушения тел с трещинами. Понятие о сингулярных задачах теории упругости. Задача о плоскости с разрезом.
2. Методы экспериментального определения характеристик трещиностойкости материала при статическом нагружении. Типы образцов, требований к их размерам.
3. Экспериментальные методы определения критического коэффициента интенсивности напряжений при плоской деформации.
4. Экспериментальный метод определения удельной работы разрушения.
5. Модели оценки остаточного ресурса трубопроводов и резервуаров.
6. Основные практические приложения механики контактного разрушения.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Корпус клапана с заглушкой. Неразрушающим контролем была обнаружена трещина. Если коэффициент интенсивности напряжений при рабочем давлении равен $40 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, трещиностойкость материала $57 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, номинальное напряжение 200 МПа . Можно ли увеличить давление при испытании до 3 МПа ?

Ответы:

- а. – да.
- б. – нет

Верный ответ: б

2. Ротор турбины отработал 200.000 часов, после чего была проведена плановая проверка, в ходе которой были замечены небольшие коррозионные трещины у поверхности ротора, с максимальной глубиной $2,5 \text{ мм}$. Как продлить ресурс ротора?

Ответы:

- а. – заварить все дефекты.
- б. – отшлифовать поверхность, срезав $2,6 \text{ мм}$.

в. – отшлифовать поверхность, срезав 5 мм.

Верный ответ: б

3. Назовите условие безопасной эксплуатации конструкции с трещинами

Ответы:

Дать правильный ответ

Верный ответ: Дать правильный ответ

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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