

**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	Цой В.Э.
	Идентификатор	Rd9d3a9dd-TsoyVE-b05eb4b4

В.Э. Цой

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

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.

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

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: Определять значения коэффициентов интенсивности напряжений конструкционных материалов. Моделировать рост трещин при циклических и длительно действующих нагрузках, оценивать характеристики трещиностойкости конструкционных	КМ-1 КМ-1. ТЕСТ 1. МКВ и Р_1 (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)

		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 КМ-2. Контрольная работа №1. Разрушения в результате контакта (Контрольная работа) КМ-3 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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: Оценивать прочность конструкционных материалов при наличии трещин.	1.Определить значения коэффициентов интенсивности напряжений конструкционных материалов.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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 («неудовлетворительно»)

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.