

**АННОТАЦИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
подготовки магистра по направлению 010800 Механика и  
математическое моделирование**

Механика деформируемых тел и сред

**М.2 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ**

**ВАРИАТИВНАЯ ЧАСТЬ:**

**2.1. Механика хрупкого разрушения**

**Цели и задачи изучения дисциплины.**

**Цель дисциплины** – изучение фундаментальных понятий, концепций, моделей и методов механики хрупкого разрушения, знакомство с современными представлениями теории разрушения и теории магистральных трещин.

**Задачи дисциплины:**

- ознакомить слушателей с ключевыми положениями, методами и результатами теорий прочности и разрушения твердых тел, с закономерностями процессов разрушения;
- ознакомить слушателей с важнейшими понятиями математической теории механики разрушения;
- ввести основные гипотезы линейной механики разрушения;
- продемонстрировать основные методы и приемы решения прикладных задач;
- ознакомить слушателей с экспериментальными методами в механике разрушения;
- научить студентов умению самостоятельно работать со специальной математической литературой по механике трещин, добывать и осознанно применять полученные знания;
- выработать у студентов навыки математического исследования прикладных задач механики хрупкого разрушения, интерпретации результатов исследования, доведения решения до практически приемлемого результата с применением вычислительной техники.

**Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля).**

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен:

**Иметь представление:**

- о разрушении как о комплексной проблеме, лежащей на стыке физики твердого тела, механики сплошных сред и материаловедения;
- о прочности материалов, о критериях разрушения материалов, о критериях длительной и усталостной прочности;
- о накоплении повреждений при квазихрупком разрушении;
- о хрупком разрушении и механике трещин, о простейших задачах о напряженном состоянии упругого тела с разрезами;
- о теории Гриффитса;
- о практическом применении механики трещин.

**Знать:**

- основные результаты математической теории механики разрушения;
- основные методы исследования задач механики разрушения;
- основные результаты решений краевых задач теории трещин;
- последние достижения экспериментальной механики деформируемого твердого тела и глубоко понимать эффекты, сопровождающие деформацию твердого тела.

**Уметь:**

- показать в "работе" математические методы решения краевых задач механики хрупкого разрушения;
- привести краткий анализ полученных результатов;
- ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики, совершенствовать, углублять и развивать математическую теорию и физико-математические модели, лежащие в их основе;
- самостоятельно работать со специальной математической литературой, посвященной механике деформируемого твердого тела.

**Быть способным:**

- владеть математическими методами механики хрупкого разрушения на основе глубоких знаний теории разрушения;
- к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности;
- к самостоятельному решению проблем механики разрушения;
- к собственному видению прикладного аспекта в теоретических результатах исследования проблем разрушения и прочности;
- к применению экспериментальных результатов;
- к самостоятельному освоению специальной научной литературы по механике разрушения;
- создавать и исследовать новые математические модели реальных тел и конструкций;
- находить из определяющих экспериментов материальных функций (функционалов, постоянных) в моделях реальных тел и сред;
- ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики, совершенствовать, углублять и развивать математическую теорию и физико-математические модели, лежащие в их основе.
- 

**Владеть компетенциями:**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
ПК – 2	Владение методами математического и алгоритмического моделирования при анализе проблем техники и естествознания
ПК – 4	Способность создавать и исследовать новые математические модели реальных тел и конструкций
ПК – 5	Глубокое понимание теории эксперимента
ПК – 6	Способность к нахождению из определяющих экспериментов материальных функций (функционалов, постоянных) в моделях реальных тел и сред
ПК – 9	Умение ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики, совершенствовать, углублять и развивать математическую теорию и физико-математические модели, лежащие в их основе
ПК – 25	Умение самостоятельно работать со специальной математической литературой, посвященной механике деформируемого твердого тела
ПК – 26	Готовность использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах
ПК – 27	Знание последних достижений экспериментальной механики деформируемого твердого тела и глубокое понимание эффектов, сопровождающих деформацию твердого тела

**Содержание учебного курса.**

**РАЗДЕЛ I. МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ И ЕЕ СПЕЦИФИКА**

## **Тема 1. Введение. Теории прочности. Понятие о концентрации напряжений.**

**1.1.** Предмет механики разрушения. Возникновение механики разрушения: причины и истоки. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Первая модель тела с трещиной. Катастрофические разрушения твердых тел 40 – 50 годов прошлого века.

**1.2.** Понятие о прочности твердых тел. Общие закономерности и основные типы разрушения. Виды дефектов в кристаллической решетке. Механизмы образования дислокационных микротрещин. Микромеханика. Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения: деформационные, энергетические, энтропийный.

**1.3.** Всесторонне растяжение пластины с круговым отверстием. Одноосное растяжение пластины с круговым отверстием. Растяжение плоскости с эллиптическим отверстием. Концентрация напряжений в области сферической полости в поле чистого сдвига. Концентрация напряжений в области сферической полости в поле одноосного растяжения.

## **РАЗДЕЛ II. РАЗРУШЕНИЕ УПРУГИХ ТЕЛ.**

### **Тема 2. Линейная механика разрушения.**

**2.1.** Полубесконечная трещина. Решение методом разложения по собственным функциям – решение Уильямса. Простейшие задачи о напряженном состоянии упругого тела с трещиной. Метод комплексных потенциалов. Метод конформных отображений для получения точных решений задач о трещине в линейно упругом материале. Три независимых типа трещин. Коэффициенты интенсивности напряжений. Коэффициент интенсивности напряжений и методы его расчета.

**2.2.** Энергетический критерий разрушения. Силовой критерий разрушения. Эквивалентность силового и энергетического критериев разрушения. Поток энергии в вершину трещины.

**2.3.** Концепция квазихрупкого разрушения. Поправка Ирвина на пластическую деформацию. Область применимости линейной механики разрушения.

**2.4.** Пространственные задачи механики разрушения. Напряженно-деформированное состояние окрестности вершины трещины. Эллиптическая трещина в бесконечном теле, нагруженном одноосным растяжением. Эллиптическая трещина в бесконечном теле при чистом изгибе. Метод объемных сил Эшелби в трехмерных задачах.

## **РАЗДЕЛ III. РАЗРУШЕНИЕ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ТЕЛ.**

### **Тема 3. Разрушение упругопластических тел.**

**3.1.** Влияние физической нелинейности (Сингулярное решение Хатчинсона-Райса-Розенгрена). Пластическая область в вершине трещины в упругопластическом материале.

**3.2.** Инвариантный J-интеграл Эшелби-Черепанова-Райса.

**3.3.** Локализованная пластичность. Трещина антиплоского сдвига в идеальнопластическом теле. Напряжения в окрестности вершины трещины нормального отрыва в условиях плоского деформированного и плоского напряженного состояния в идеально пластическом материале.

**3.4.** Узкая зона локализации пластических деформаций у вершины трещины нормального отрыва в условиях плоского напряженного состояния. Модель трещины Леонова – Панасюка – Дагдейла. Модификации модели Дагдейла. Разгрузка трещины Дагдейла. Повторное нагружение трещины Дагдейла.

### **Тема 4. Усталостное разрушение.**

**4.1.** Особенности усталостного разрушения. Эксперименты Велера. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Виды циклического нагружения при лабораторных испытаниях. Исследование скорости распространения усталостных трещин. Формула Париса. Усталостная долговечность. Пластические зоны у вершины трещины при перегрузке.

**4.2.** Асимптотический анализ усталостного роста трещины в среде с поврежденностью в связанной постановке (в связке упругость – поврежденность).

## **РАЗДЕЛ IV. ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ.**

### **Тема 5. Динамический рост трещины.**

**5.1.** Основные соотношения динамической теории упругости. Лавинное распространение трещин. Уравнение энергетического баланса. Поле в окрестности вершины

распространяющейся трещины. Динамические коэффициенты интенсивности напряжений. Рэлеевская скорость как верхняя граница для скорости самопроизвольного распространения трещины.

**5.2.** Вычислительные методы в динамике разрушения. Вариационные методы, применяемые при исследовании развития трещины. Численное моделирование развития трещины. Применение интегралов, не зависящих от пути интегрирования.