

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

Механика деформируемых тел и сред

**М.2 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ
ВАРИАТИВНАЯ ЧАСТЬ**

2.4. Теория вязкоупругости и ползучести

Цели и задачи изучения дисциплины.

Цель дисциплины «Теория вязкоупругости и ползучести» – изучение методов математического моделирования реологически сложных сред; изучение фундаментальных понятий, концепций, моделей и методов теории вязкоупругости и ползучести.

Задачи дисциплины:

- изложение базовых понятий, определяющих соотношений и термодинамических принципов, используемых в современной теории вязкоупругости и ползучести;
- знакомство слушателей с важнейшими понятиями теории вязкоупругости и ползучести;
- демонстрация процедур построения и обоснования моделей вязкоупругих сред различной степени сложности – от линейных одномерных до трехмерных геометрически и физически нелинейных;
- изложение различных методов решений на основании развитых моделей начально-краевых задач: использование интегральных преобразований, теории потенциала, построение фундаментальных решений;
- продемонстрировать основные методы и приемы решения прикладных задач;
- ознакомить слушателей с экспериментальными методами идентификации вязкоупругих моделей;
- научить студентов умению самостоятельно работать со специальной математической литературой по теории ползучести, добывать и осознанно применять полученные знания;
- выработать у студентов навыки математического исследования прикладных задач теории вязкоупругости и ползучести, 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 способах феноменологического описания реологически сложных сред, о термодинамических принципах описания диссипативных процессов, о методах экспериментальной идентификации феноменологических моделей;
- о ползучести металлов, об основных опытных фактах и феноменологических теориях;
- об описании ползучести при сложном напряженном состоянии;
- о длительном разрушении при высоких температурах;
- о простейших задачах теории установившейся ползучести;
- о степенном законе теории установившейся ползучести.

Знать:

- основные результаты теории вязкоупругости и ползучести;
- основные методы исследования задач теории вязкоупругости и ползучести;
- основные результаты решений начально-краевых задач теории вязкоупругости и ползучести.

Уметь:

- самостоятельно математически корректно ставить задачи механики;
- 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 теории вязкоупругости и ползучести на основе глубоких знаний теории разрушения;
- к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности;
- к самостоятельному решению проблем теории вязкоупругости и ползучести;
- к собственному видению прикладного аспекта в теоретических результатах исследования проблем ползучести;
- 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:

Код компетенции	Наименование результата обучения
ОК-11	Умение составлять библиографические списки и работать с библиотечными базами данных
ПК – 1	Владение методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук
ПК – 3	Способность к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности
ПК – 7	Способность к самостоятельному анализу физических аспектов в классических постановках математических задач и задач механики
ПК – 9	Умение ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики, совершенствовать, углублять и развивать математическую теорию и физико-математические модели, лежащие в их основе
ПК – 20	Умение самостоятельно математически корректно ставить инженерно-физические задачи
ПК – 25	Умение самостоятельно работать со специальной математической литературой, посвященной механике деформируемого твердого тела
ПК – 27	Знание последних достижений экспериментальной механики деформируемого твердого тела и глубокое понимание эффектов, сопровождающих деформацию твердого тела
ПК – 28	Способность к самостоятельному использованию математического аппарата на всех этапах научной и практической деятельности

Краткое содержание курса.

Раздел 1. Теория вязкоупругости

Тема 1.1 Введение в теорию вязкоупругости.

Понятие упругости, пластичности и ползучести. Течение в твердых телах. Понятие о реологии материала, релаксации, диссипации механической энергии. Обзор реологических свойств и структуры различных материалов: полимеры, бетон, металлы. Вязкоупругие определяющие соотношения между напряжениями и деформациями. Простейшие модели упруговязкого тела. Модели Фойгта, Максвелла, Томпсона. Модели с жесткопластическими элементами. Диаграммы зависимостей напряжений от деформаций. Интегральная форма определяющих соотношений между напряжениями и деформациями. Свертка Стильтьеса. Гипотеза о затухающей памяти и различие между вязкоупругими телами и жидкостями. Дифференциально-операторная форма определяющих соотношений между напряжениями и деформациями. Характеристики релаксации и ползучести. Механические модели. Стационарное состояние и применение преобразования Фурье к определяющему соотношению между напряжениями и деформациями. Ускоренные и замедленные процессы.

Тема 1.2. Изотермические краевые задачи.

Формулировка краевой задачи. Единственность решения. Условия разделения переменных. Условие стационарного состояния гармонических колебаний. Методы интегральных преобразований. Влияние инерционных членов. Пример стационарного состояния гармонических колебаний. Пример квазистатического поведения. Цилиндр под действием внутреннего давления. Действие давления на границу сферической полости. Свободные колебания. Ограничения для методов интегральных преобразований.

Тема 1.3. Термовязкоупругость.

Термодинамический вывод определяющих соотношений. Связь с требованием неотрицательности работы. Формулировка краевых задач термовязкоупругости. Зависимость механических свойств от температуры. Термореологические простые материалы.

Тема 1.4. Распространение волн.

Изотермическое распространение волн. Задачи о динамическом поведении. Гармонические термовязкоупругие волны в неограниченной среде. Отражение гармонических волн. Движущиеся нагрузки на вязкоупругом пространстве.

Тема 1.5. Общие теоремы и формулировки.

Единственность решения краевой задачи связанной термовязкоупругости. Представление через функции перемещения. Теорема взаимности. Вариационные теоремы. Минимальные теоремы.

Раздел 2. Нелинейная теория вязкоупругости.

Тема 2.1. Нелинейная теория вязкоупругости.

Вывод определяющих соотношений для твердых тел. Приведение к линейной теории. Пример деформации прямого сдвига. Вязкоупругие жидкости. Пример течения простого сдвига.

Тема 2.2. Определение механических характеристик.

Процедуры определения характеристик ползучести и релаксации. Процедуры, основанные на стационарном состоянии гармонических колебаний. Процедуры, основанные на распространении волн. Эффекты, зависящие от температуры. Механические характеристики в нелинейной теории.

Раздел 3. Теория ползучести.

Тема 3.1. Ползучесть металлов. Основные опытные факты и феноменологические теории.

Основные сведения о ползучести. Эмпирические формулы для кривых ползучести. Подобие кривых ползучести. Температурные зависимости. Релаксация напряжений. Простейшие теории ползучести. Теория старения. Гипотеза уравнений состояния. Аналитические выражения для закона упрочнения. Связь ползучести и релаксации по теории упрочнения. Наследственная теория ползучести. Кинетические уравнения

ползучести. Разупрочнение при ползучести. Ползучесть и мгновенная пластическая деформация. Кратковременная ползучесть, основные факты.

Тема 3.2. Ползучесть при сложном напряженном состоянии.

Установившаяся ползучесть. Изотропная ползучесть. Потенциал ползучести. Специальные формы закона ползучести. Неустановившаяся ползучесть. Теория ползучести деформационного типа. Теории течения. Обобщение теории упрочнения. Квазиустановившаяся ползучесть. Ползучесть при сложном напряженном состоянии и постоянных нагрузках. Опыты Джонсона. Исследования Наместникова.

Тема 3.3. Длительное разрушение при высоких температурах.

Основные сведения о длительной прочности. Температурно-временные зависимости длительной прочности. Вязкое разрушение. Разрушение, сопровождающееся охрупчиванием. Смешанное разрушение. Гипотеза Качанова. Разрушение при циклических нагрузках. Опытное исследование длительной прочности при сложном напряженном состоянии. Простейшие критерии длительной прочности. Общие представления о длительном разрушении при сложном напряженном состоянии.

Тема 3.4. Установившаяся ползучесть. Общая теория и простейшие задачи.

Частные формы уравнений установившейся ползучести. Моделирование установившейся и квазиустановившейся ползучести. Степенной закон ползучести. Теорема Келледайна и Друккера. Плоские осесимметричные задачи теории установившейся ползучести. Толстостенные трубы. Вращающиеся диски. Ползучесть сплошного диска постоянной толщины. Ползучесть диска с центральным отверстием. Прямое численное интегрирование уравнений ползучести вращающегося диска. Расчет дисков методом последовательных приближений. Концентрация напряжений около отверстия в равномерно растягиваемой пластине.