**Программа вступительного экзамена в аспирантуру**

**ПФИЦ УрО РАН по специальности - 1.1.8 – Механика деформируемого**

**твердого тела**

1. Механика и термодинамика сплошных сред.

Понятие сплошной среды. Кинематика сплошной среды в переменных Эйлера и Лагранжа. переход от координат Эйлера к координатам Лагранжа и обратно.

Деформация сплошной среды. Тензоры деформации Коши-Грина и Альманси, геометрический смысл компонент этих тензоров. малые деформации и малые вращения среды. Условия совместности деформаций, формулы Чезаро.

Типы сил в механике сплошной среды: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные силы. Теория напряженного состояния: круги Мора. Простейшие виды напряженных состояний.

Интегральная и дифференциальная форма законов сохранения массы, импульса, момента импульса и энергии.

Термодинамика сплошной среды. Работа, количество тепла, внутренняя энергия, температура и энтропия термодинамической системы. Первый и второй законы термодинамики.

2. Теория упругости.

Упругая деформация твердых тел. Упругий потенциал и энергия деформации. Линейно упругое тело Гука. Понятие об анизотропии упругого тела. Закон Гука для изотропного и анизотропного твердого тела. Тензор упругих модулей. упругие модули изотропного тела, их механический смысл.

Полная система уравнений теории упругости. Уравнения Ламе в перемещениях. Уравнения Бельтрами-Митчелла в напряжениях. Постановка краевых задач математической теории упругости. Теорема существования и единственности решения. Принцип Сен-Венана.

Общие теоремы теории упругости и вариационные принципы. Теорема Клайперона. Теорема Бетти. Теорема о минимуме потенциальной энергии деформаций (вариационный принцип Лагранжа). Теорема о минимуме дополнительной энергии (вариационный принцип Кастильяно).

Методы решения пространственных задач эластостатики. Действие сосредоточенной силы в неограниченной упругой среде. Тензор фундаментальных решений Грина. Задача Буссинеска.

Двумерные задачи эластостатики. Плоская деформация. Обобщенное плоское напряженное состояние. Функции напряжений Эри, краевая задача для функции напряжений. Метод комплексных потенциалов Колосова-Мусхелишвили. Примеры решений.

Теория тонких упругих пластин и оболочек. Основные гипотезы. Деформация срединной поверхности. Внутренние усилия и моменты. Граничные условия.

2

Постановка задач теории пластин и оболочек. Безмоментная теория.

Температурные задачи теории упругости. Закон Дюамеля-Неймана. Система основных уравнений термоупругости. Методы решения задач термоупругости.

Динамические задачи теории упругости. Уравнения движения в форме Ламе. Типы упругих волн в неограниченной изотропной среде. Плоские гармонические волны. Коэффициенты отражения и прохождения. Поверхностные волны Рэлея. Волны Лява. Волны в упругом стержне. Собственные частоты упругих тел. Формула Рэлея.

Теория пластичности

Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Остаточные деформации. Идеальная пластичность. Физические механизмы пластичности. Дислокации. Локализация пластических деформаций. Линии Людерса-Чернова.

Модели идеального упругопластического и жесткопластического тела. Критерий текучести и поверхность текучести в пространстве напряжений. Критерий Треска, критерий Мизеса. Геометрическая интерпретация условий текучести в пространстве главных напряжений.

Модели упрочняющегося упругопластического и жесткопластического тела. Параметр упрочнения и поверхность нагружения.

Теория пластического течения. Принцип Мизеса, постулат Друккера. Ассоциированный закон течения. Краевые задачи теории течения.

Теория предельного равновесия. Статическая и кинематическая теоремы теории предельного равновесия. Верхние и нижние оценки. Примеры.

Кручение призматического тела за пределом упругости. Предельное состояние при кручении. Поверхность напряжений как поверхность естественного ската. Аналогия Прандтля-Надаи.

Пластическое плоское деформированное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей. Характеристики. Свойства линий скольжения. Задача Прандтля о вдавливании штампа.

Деформационная теория пластичности Генки-Ильюшина. Метод упругих решений. Задача о толстостенной трубе под действием внутреннего давления.

Упругопластические волны в стержне. Ударное нагружение. Волна разгрузки. Остаточные деформации.

Теория вязкоупругости и ползучести

Понятие о ползучести и релаксации. Кривые ползучести и релаксации. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред: модель Максвелла, модель Кельвина- Фойхта. Время релаксации.

Определяющие соотношения теории вязкоупругости. Ядра ползучести и релаксации.

Формулировка краевых задач теории вязкоупругости. Методы решения краевых задач теории вязкоупругости: принцип соответствия Вольтерра, применение интегрального преобразования Лапласа.

Теории старения, течения, упрочнения и наследственности. Ползучесть при сложном напряженном состоянии. Определяющие соотношения.

Механика разрушения

Понятие о разрушении и прочности тел. Общие закономерности и основные типы разрушения. Концентраторы напряжений. Критерии разрушения. Критерии длительной и усталостной прочности. Коэффициент запаса.

Скорость высвобождения энергии при продвижении трещины в упругом теле. Энергетический подход Гриффитса. Силовой подход в механике разрушения. Эквивалентность подходов в случае хрупкого разрушения. Формула Ирвина.

Двумерные задачи о трещинах в упругом теле. Коэффициенты интенсивности напряжений, методы их вычисления и оценки.

J-интеграл Эшелби-Черепанова-Райса и его инвариантность. Вычисление потока энергии в вершину трещины.

Локализованное пластическое течение у вершины трещины. Модель трещины

Леонова-Панасюка-Дагдейла с узкой зоной локализации пластических деформаций.

Численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела

Метод конечных разностей. Типичные разностные схемы для параболических, эллиптических и гиперболических уравнений. Метод конечных разностей для дифференциальных уравнений теории упругости.

Вариационный принцип минимума полной потенциальной энергии упругого тела. Методы Рэлея-Ритца и Бубнова-Галеркина в задачах минимизации функционала полной потенциальной энергии.

Метод конечных элементов в теории упругости. Пределы применимости метода конечных элементов.

Формула Сомильяны и метод граничных интегральных уравнений (метод граничных элементов).

Метод характеристик в двумерных задачах теории пластичности. Область влияния и область зависимости решения гиперболической краевой задачи.

Понятие о вычислительном эксперименте. Использование вычислительного эксперимента для решения задач механики деформируемого твердого тела.

Основная литература

Астафьев В. И., Радаев Ю. Н., Степанова Л. В. Нелинейная механика разрушения. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2001.

Быковцев Г. И., Ивлев Д. Д. Теория пластичности. Владивосток: Дальнаука, 1998.

Годунов С. К., Рябенький В. С. Разностные схемы. М.: Наука, 1977.

Годунов С. К. Элементы механики сплошной среды. М.: Наука, 1978.

Годунов С. К., Забродин А. В., Иванов М. Я., Крайко А. Н., Прокопов Г. П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М.: Наука, 1976.

Горшков А. Г., Старовойтов Э. И., Тарлаковский Д. В. Теория упругости и пластичности.

М.: Физматлит, 2002.

Ивлев Д. Д. Механика пластических сред: Т. 1. Теория идеальной пластичности. М.: Физматлит, 2001.

Ивлев Д. Д. Механика пластических сред: Т. 2. Общие вопросы. Жесткопластическое и упругопластическое состояние тел. Упрочнение. Деформационные теории. Сложные среды. М.: Физматлит, 2002.

Ишлинский А. Ю., Ивлев Д. Д. Математическая теория пластичности. М.: Физматлит,

2001.

Качанов Л. М. Основы механики разрушения. М.: Наука, 1974.

Партон В. З., Морозов Е. М. Механика упругопластического разрушения. М.: Наука, 1985.

Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1979.

Работнов Ю. Н. Введение в механику разрушения. М.: Наука, 1987.

Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. М.: Наука, 1997.

Седов Л. И. Механика сплошной среды. В 2-х томах. Санкт-Петербург: Изд-во «Лань»,

2004.

Селиванов В. В. Прикладная механика сплошных сред. В 3 томах. Том 2: Механика разрушения деформируемого тела. Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006.

Дополнительная литература

Бреббия К., Уокер С. Применение метода граничных элементов в технике. М.: Мир, 1982.

Бураго Н. Г. Вычислительная механика. М.: Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 2007.

Годунов С. К. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1979.

Горшков А. Г., Медведский А. Л., Рабинский Л. Н., Тарлаковский Д. В. Волны в сплошных средах. М.: Физматлит, 2004.

Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. М.: Мир, 1989.

Ильюшин А. А. Механика сплошной среды. М.: Изд-во МГУ, 1990.

Клюшников В. Д. Математическая теория пластичности. М.: Изд-во МГУ, 1979.

Кристенсен Р. Введение в теорию вязкоупругости. М.: Мир, 1974.

Куликовский А. Г., Погорелов Н. В., Семенов А. Ю. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений. М.: Физматлит, 2001.

Лурье А. И. Нелинейная теория упругости. М.: Наука, 1980.

Мосолов П. П., Мясников В. П. Механика жесткопластических сред. М.: Наука, 1981.

Мусхелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966.

Новацкий В. К. Волновые задачи теории пластичности. М.: Мир, 1978.

Работнов Ю. Н. Ползучесть элементов конструкций. М.: Наука, 1966.

Садовский В. М. Разрывные решения в задачах динамики упругопластических сред. М.: Физматлит, 1997.

Садовский В. М. Методы решения вариационных задач механики. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998.

Самарский А. А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1989.

Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979.

Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 1965.

Тимошенко С. П., Гудьер Дж. Теория упругости. М.: Наука, 1975.

Черепанов Г. П. Механика хрупкого разрушения. М.: Наука, 1974.