



ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

1.1.8 Механика деформируемого твердого тела

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: «Механика сплошной среды», «Механика деформируемого твердого тела», «Динамические задачи теории упругости и методы их исследования», «Моделирование волновых процессов».

Перечень тем для подготовки к кандидатскому экзамену

Раздел 1. Понятие сплошного тела. Гипотеза сплошности. Физически и геометрически малый элемент. Деформация элемента сплошной среды. Два способа описания деформации сплошного тела. Координаты Эйлера и координаты Лагранжа. Переход от Эйлера к Лагранжу и обратно. Тензор деформации Коши-Грина. Геометрический смысл компонент тензора деформации Грина. Тензор деформации Альманси. Классификация сил в механике сплошных сред: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные силы. Тензоры напряжений Коши, Пиолы и Кирхгофа. Законы сохранения механики сплошных сред.

Раздел 2. Упругое деформирование твердых тел. Упругий потенциал и энергия деформации. Линейно упругое тело Гука. Понятие об анизотропии упругого тела. Тензор упругих модулей. Полная система уравнений теории упругости. Уравнения Ламе в перемещениях. Уравнения Бельтрами-Митчелла в напряжениях. Постановка краевых задач математической теории упругости. Принцип Сен-Венана. Основные энергетические функционалы линейной теории упругости. Вариационные принципы теории упругости: принцип минимума полной потенциальной энергии, принцип минимума дополнительной энергии, принцип Рейснера. Теоремы Кастильяно. Теорема Бетти.

Раздел 3. Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Идеальная пластичность. Физические механизмы пластического течения. Понятие о дислокациях. Локализация пластических деформаций. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса. Законы связи между напряженным и деформированным состояниями в теории течения. Принцип Мизеса. Постулат Друккера.

Раздел 4. Понятие о ползучести и релаксации. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред: модель Максвелла, модель Фохта, модель Томсона. Формулировка краевых задач теории вязкоупругости.



Вариационные принципы в линейной вязкоупругости. Установившаяся и неуставившаяся ползучесть.

Раздел 5. Понятие о разрушении и прочности тел. Основные типы разрушения. Концентраторы напряжений. Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения: деформационный, энергетический, энтропийный. Критерии длительной и усталостной прочности. Энергетический подход Гриффитса в механике разрушения. Силовой подход в механике разрушения: модели Баренблатта и Ирвина. Эквивалентность подходов в случае хрупкого разрушения. Формула Ирвина.

Раздел 6. Метод конечных разностей для дифференциальных уравнений теории упругости. Вариационный принцип минимума полной потенциальной энергии упругого тела. Методы Релея–Ритца, Бубнова–Галеркина и градиентного спуска. Метод конечных элементов в теории упругости. Формула Сомильяны и метод граничных интегральных уравнений (метод граничных элементов). Метод интегральных преобразований.

Вопросы для подготовки к сдаче кандидатского экзамена

1. Дифференциальные уравнения движения твердого тела вокруг неподвижной точки. Динамические уравнения Эйлера. Первые интегралы.
2. Малые деформации и малые вращения. Обоснование линеаризации тензоров деформаций.
3. Закон Гука для изотропного и анизотропного тела. Тензор упругих постоянных. Частные случаи анизотропии. Полная система уравнений теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами–Митчелла.
4. Теория напряженного и деформируемого состояний. Тензоры деформаций Грина и Альманси, тензоры напряжений Коши, Пиолы и Кирхгофа.
5. Вариационные принципы теории упругости. Принцип Лагранжа. Теорема Клайперона. Теорема Бетти. Принцип Кастильяно.
6. Распространение волн в неограниченной упругой среде. Продольные и поперечные волны. Поверхностные волны Релея. Волны Лява. Сферические волны. Собственные частоты упругих тел. Формула Релея.
7. Методы решения плоских задач. Применение теории функций комплексного переменного. Формулы Колосова–Мухелишвили. Применение интегралов типа Коши.
8. Случай плоской деформации и плоского напряженного состояния. Задача о штампе и полосе с выточками.
9. Уравнения теории упругости в перемещениях. Постановка основных задач теории упругости. Теоремы о существовании и единственности.



10. Пространственные и осесимметричные задачи. Представления Галеркина, Папковича, Нейбера. Решение Кельвина, тензор Грина.
11. Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Функция напряжений. Дифференциальные уравнения и краевые условия для функций напряжений. Теорема Мориса–Леви.
12. Методы решения краевых задач для комплексных потенциалов. Действие штампа на полуплоскость, плоскость с отверстием и разрезом.
13. Температурные задачи теории упругости. Основные уравнения термоупругости. Методы решения задач термоупругости.
14. Применение преобразования Лапласа. Понятие о нелинейных моделях наследственных сред.
15. Допущения классической теории тонких упругих оболочек. Деформация срединной поверхности. Внутренние усилия и моменты. Соотношения упругости.
16. Полная система уравнений теории оболочек. Граничные условия. Постановка задач теории оболочек. Безмоментная теория. Краевые эффекты в оболочках.
17. Плоская задача теории пластичности. Уравнения плоской задачи. Характеристики и линии скольжения. Простейшие примеры полей скольжения.
18. Условия на границе упругой и пластической областей. Задача о кручении, о нагружении внутренним давлением цилиндра и полый сферы.
19. Теория линейной вязкоупругости. Использование механических моделей. Спектры времен релаксации и последействия. Дифференциальная и интегральная формы соотношений между напряжениями и деформациями.
20. Принцип температурно-временного соответствия. Постановка и методы решения задач теории вязкоупругости. Принцип Вольтерры.
21. Модель жестко-пластического тела. Вариационные принципы для предельного состояния. Определение верхней и нижней границ для предельной нагрузки. Постулаты теории пластичности. Деформационная теория.
22. Модели упруго-пластического тела. Постулаты теории пластичности. Деформационная теория. Теория пластического течения.
23. Теория пластического течения. Методы решения задач теории пластичности с упрочнением и идеальная пластичность. Разгрузка. Остаточные напряжения.
24. Понятие о ползучести и релаксации. Определяющие соотношения теории ползучести. Ползучесть в случае сложного напряженного состояния изотропного тела.



25. Теория старения, теория течения и теория упрочнения. Постановка задач теории ползучести.
26. Постановка задач теории ползучести. Вариационные принципы. Установившаяся ползучесть при чистом изгибе. Ползучесть вращающихся дисков.
27. Условия разрушения тел с трещинами. Устойчивая и неустойчивая трещина. Критический коэффициент интенсивности напряжений.
28. Напряжения вблизи трещин в упругом теле. Энергетический и силовой подходы к механике разрушения.
29. Условия разрушения тел с трещинами. Устойчивая и неустойчивая трещина. Критический коэффициент интенсивности напряжений.
30. Характеристики раскрытия трещины. Применение механики разрушения к задачам усталостного разрушения. Теория накопления повреждений.
31. Квазихрупкое и вязкое разрушение. Феноменологические теории прочности. Линейная механика квазихрупкого разрушения.
32. Критический коэффициент интенсивности напряжений. Инвариантные интегралы. Учет пластических деформаций в конце трещины. Характеристики раскрытия трещины.
33. Применение механики разрушения к задачам усталостного разрушения. Теория накопления повреждений. Разрушение в условиях ползучести.
34. Численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела. Разностные методы.
35. Численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела. Применение сплайн-аппроксимаций.
36. Метод граничных интегральных уравнений. Первая и вторая краевые задачи для полупространства. Задача Герца. Задача Буссинеска.
37. Использование интегральных преобразований Фурье, Ханкеля и Лапласа. Метод граничных интегральных уравнений.
38. Численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела. Метод конечных элементов.
39. Вариационные методы решения задач теории упругости. Метод Ритца. Метод Бубнова–Галеркина.
40. Численная реализация метода характеристик в двумерных задачах теории пластичности и волновой динамики.



Перечень основной и дополнительной учебной литературы

1 Основная литература

1. Александров В.М., Чебаков М.И. Аналитические методы в контактных задачах теории упругости М.: Физматлит, 2004. 299 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48233>.
2. Горшков, А.Г. Теория упругости и пластичности / А.Г. Горшков, Э.И. Старовойтов, Д.В. Тарлаковский. М.: Физматлит, 2002. 417 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76683>
3. Иванов Н.Б. Теория деформируемого твердого тела: тексты лекций. Казань: Издательство КНИТУ, 2013. 124 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258827>.
4. Ишлинский А.Ю. Математическая теория пластичности. М: Физматлит, 2003. 703 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=82571&sr=1.
5. Колесников Ю.В. Механика контактного разрушения. Москва: URSS: [Изд-во ЛКИ], 2012. 222 с.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие в 10 т. Т.7: Теория упругости. М: URSS, 2003. + [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2233>.
7. Ломакин В.А. Теория упругости неоднородных тел. М.: URSS: ЛЕНАНД, 2014. 367 с.

2 Дополнительная литература

1. Александров В.М., Чебаков М.И. Аналитические методы в контактных задачах теории упругости М.: Физматлит, 2004. 299 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48233>.
2. Аналитические решения смешанных осесимметричных задач для функционально-градиентных сред / С.М. Айзикович, В.М. Александров, А.С. Васильев, Л. И. Кренев, И. С. Трубчик. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. 192 с.
3. Баженов В. Г., Игумнов Л.А. Методы граничных интегральных уравнений и граничных элементов в решении задач трехмерной динамической теории упругости с сопряженными полями. М.: Физматлит, 2008. + [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48194>.
4. Васильева А.Б., Тихонов Н.А. Интегральные уравнения. М.: Физматлит, 2009. 160 с. + [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/42>.
5. Капитонов, А. М. Физико-механические свойства композиционных материалов. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. 532 с [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=492077>



6. Капустин С.А. Моделирование процессов деформирования и разрушения материалов с периодически повторяющейся структурой / С.А. Капустин, С.Ю. Лихачева. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2012. 97 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427467>
7. Молотников В.Я., Молотникова А.А. Теория упругости и пластичности. СПб: Лань, 2017. 532 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94741>
8. Степанова Л.В. Математические методы механики разрушения. М.: Физматлит, 2009. 336 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59534>.
9. Темам Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред: М.: "Лаборатория знаний", 2014. 319 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/50538>.
10. Учайкин В.В. Механика. Основы механики сплошных сред. Санкт-Петербург: Лань, 2016. 860 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/87596>
11. Филоненко-Бородич, М.М. Теория упругости. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1959. - 364 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256387>
12. Хлуднев А. М. Задачи теории упругости в негладких областях. М.: Физматлит, 2010.
13. Черепанов Г.П. Механика разрушения. М.; Ижевск: [Ижевский институт компьютерных исследований], 2012. 872 с.
14. Шляхин Д.А. Нестационарная механика электроупругих полей в элементах конструкций. Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. 190 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143522>.