Введение

Программа вступительных испытаний при приеме на обучение по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре разработана в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по программам магистратуры 01.04.02 Прикладная математика и информатика, и 01.04.03 Механика и математическое моделирование. Программа включает основные разделы механики сплошной среды, актуальные в задачах, решаемых в Удмуртской республике и в Ижевском государственном техническом университете имени М.Т. Калашникова.

1 Содержание программы

1.1 Деформация вязкоупругих сред

1. Понятия упругости, пластичности, ползучести и релаксации. Модель Максвелла. Модель Фохта. Модель Томсона. Стандартное вязкоупругое тело. Дифференциальные модели вязкоупругого тела.
2. Экспериментальные кривые ползучести нестареющих и стареющих материалов. Интегральные соотношения для вязкоупругих тел.
3. Одноосное напряженно-деформированное состояние. Модуль упругомгновенной деформации при растяжении. Ядро ползучести и мера ползучести при растяжении
4. Поперечная деформация. Коэффициенты поперечного сжатия упругомгновенной деформации и деформации ползучести.
5. Деформация чистого сдвига. Модуль упругомгновенной деформации при сдвиге. Ядро и мера ползучести при сдвиге.
6. Ядра и меры ползучести. Ядра и меры релаксации.
7. Упругие и реологические характеристики для квазистатических процессов.
8. Упругие и реологические характеристики для динамических процессов.
9. Сравнение интегральных и дифференциальных моделей, а также моделей, содержащих дробные производные
10. Одномерные краевые задачи теории вязкоупругости однородных и неоднородных стареющих тел.
11. Плоская деформация вязкоупругих тел.
12. Задача Ламе для однородно стареющей вязкоупругой трубы.
13. Напряженно-деформированное состояние однородно стареющей полой сферы.
14. Растяжение неоднородно стареющего стержня.
15. Кручение неоднородно стареющего стержня кругового поперечного сечения.
16. Понятие растущего или наращиваемого тела.
17. Основное тело. Дополнительное тело. Субтело.
18. Поверхности раздела основного и дополнительного тел и субтел.
19. Поверхность роста или наращивания. Базовая поверхность.
20. Особенности основных соотношений механики растущих тел.
21. Краевая задача кусочно-непрерывного наращивания вязкоупругого стареющего тела.

22. Основные этапы: деформирование до начала наращивания, непрерывное наращивание тела, деформирование после остановки роста.
23. Обобщенное плоское напряженное состояние вязкоупругих тел.
24. Кручение растущих тел. Задача для наращиваемого эллипса.
25. Плоская задача для растущих тел.
26. Задача усиления засыпаемой арочной конструкции методом наращивания.
27. Контактные задачи механики растущих тел.
28. Контактная задача для растущего клина.
29. Кручение растущего кругового цилиндра жестким диском.

1.2 Течения неньютоновских жидкостей

1. Уравнения движения вязких жидкостей.
2. Уравнения движения вязких несжимаемых жидкостей.
3. Течение Куэтта. Тензор вязких напряжений. Закон Ньютона. Обобщенный закон Ньютона.
4. Движение неньютоновских жидкостей.
5. Общие понятия и классификация неньютоновских жидкостей. Реологические кривые.
6. Уравнения движения неньютоновских жидкостей.
7. Точные решения уравнений движения вязких неньютоновских жидкостей.
8. Вязко-пластичные жидкости и их свойства.
9. Статика вязко-пластичных жидкостей.
10. Движение вязко-пластичных жидкостей по трубам.
11. Структурный режим течения жидкости.
12. Формула Букингема. Обобщенный критерий Рейнольдса.
13. Аналитические методы решения уравнений движения вязких неньютоновских сред при малых числах Рейнольдса.
14. Аналитические методы решения уравнений движения вязких неньютоновских сред при больших числах Рейнольдса.
15. Неустойчивость ламинарных режимов течений и возникновение турбулентности в вязких неньютоновских жидкостях.

1.3 Теоретическая гидромеханика ньютоновских сред

1. Интегральная и дифференциальная формы закона сохранения.
2. Закон сохранения массы.
3. Массовые и поверхностные силы, гидромеханическое давление.
4. Уравнение импульса.
5. Работа поверхностных и массовых сил. Уравнение энергии.
6. Обобщенный закон Ньютона.
7. Система уравнений Навье-Стокса и система уравнений Эйлера.
8. Установление критериев подобия разных объектов.
9. Геометрическое и кинематическое подобие явлений.
10. Динамическое подобие явлений.
11. Подобие группы явлений.
12. π -теорема.
13. Получение основных критериев подобия.

14. Выбор начальных и граничных условий для уравнений гидромеханики.
15. Уравнение неразрывности в декартовой системе координат.
16. Перемещение, вращение и деформация частицы. Чистая деформация.
17. Соотношение между тензором вязких напряжений и тензором скоростей деформации.
18. Уравнение импульса в декартовой системе координат.
19. Уравнение энергии в декартовой системе координат.
20. Уравнения Навье-Стокса в тензорном виде в различных криволинейных системах координат.
21. Получение безразмерной формы системы уравнений Навье-Стокса.
22. Анализ матриц Якоби конвективных слагаемых уравнений гидромеханики.
23. Анализ матриц Якоби диссипативных слагаемых уравнений гидромеханики.
24. Ламинарные вязкие потоки.
25. Турбулентные потоки.
26. Расчет пограничного слоя.

1.4 Численные методы механики жидкости и газа

1. Основные законы сохранения: уравнение неразрывности, уравнение движения, уравнение энергии.
2. Система уравнений Эйлера.
3. Система уравнений Навье-Стокса.
4. Турбулентность. Опыт Рейнольдса.
5. Ламинарное и турбулентное движение жидкости.
6. Уравнения Рейнольдса.
7. Гипотезы Буссинеска, Прандтля, Кармана.
8. $k-\epsilon$ - модель турбулентности, уравнение сохранения химической компоненты.
9. Методы дискретизации дифференциальных уравнений в частных производных, метод конечных разностей, согласованность, сходимость, устойчивость, условие Куранта.
10. Методы расчета одномерных течений жидкости и газа, общие принципы построения расчетных схем.
11. Численное интегрирование уравнений гидромеханики по пространственным переменным.
12. Граничные условия для системы уравнений гидромеханики.
13. Метод Годунова, граничные условия, особенности расчета течений жидкости и газа.
14. Моделирование двумерных и трехмерных течений жидкостей и газов.
15. Методы расчета двумерных и трехмерных течений жидкости и газа.
16. Метод частиц в ячейках, метод крупных частиц, метод Годунова для многомерных задач газовой динамики.
17. Метод конечных объемов.
18. Методы расчета химически реагирующих течений, многофазных течений, течений со свободными поверхностями.
19. Методы интегрирования укороченных уравнений Навье-Стокса.

2 Вопросы для подготовки к вступительному испытанию

- 1 Одноосное напряженно-деформированное состояние. Модуль упругомгновенной деформации при растяжении. Ядро ползучести и мера ползучести при растяжении.
- 2 Уравнения движения вязких несжимаемых жидкостей.
- 3 Вязко-пластичные жидкости и их свойства.
- 4 Неустойчивость ламинарных режимов течений и возникновение турбулентности в вязких неньютоновских жидкостях.
- 5 Соотношение между тензором вязких напряжений и тензором скоростей деформации.
- 6 Уравнение импульса в декартовой системе координат.
- 7 Методы дискретизации дифференциальных уравнений в частных производных, метод конечных разностей, согласованность, сходимость, устойчивость, условие Куранта.
- 8 Метод Годунова, граничные условия, особенности расчета течений жидкости и газа.
- 9 Основные законы сохранения: уравнение неразрывности, уравнение движения, уравнение энергии.
- 10 Установление критериев подобия разных объектов.

3 Список рекомендуемой литературы

3.1 Основная литература

1. Липанов А.М. Теоретическая гидромеханика ньютоновских сред. – М.: Наука, 2011. – 551 с.
2. Волков К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. – М.: Наука, 2012. – 468 с.
3. Алиев А.В., Мищенко О.В. Математическое моделирование в технике. – М.-Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2012. – 476 с.

3.2 Дополнительная литература

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В 2-х томах. – М.: Наука, 2005.
2. Валландер С.В. Лекции по гидромеханике. Л.: изд. ЛГУ, 1978. – 296 с.
3. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. – М.: Наука, 1981. – 368 с.
4. Белоцерковский О.М. Численное моделирование в механике сплошных сред. М.: Наука, 1984. – 520 с.

Программа разработана ведущей кафедрой «Механика и моделирование». Руководитель направленности: д.ф-м.н., профессор В.А. Тененев