

Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский государственный университет



Проректор по научной работе

В.Г.Сафонов

31.05.2018

ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру по специальности

01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела»

Минск, 2018

СОСТАВИТЕЛИ:

Д.Г. Медведев, декан механико-математического факультета, кандидат физ.-мат. наук, доцент;

М.А. Журавков, зав. кафедрой теоретической и прикладной механики, доктор физ.-мат. наук, профессор;

Г. И. Михасев, зав. кафедрой био- и наномеханики, доктор физ.-мат. наук, профессор;

П.Н. Конон, доцент кафедры теоретической и прикладной механики, кандидат физ.-мат. наук, доцент,

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой био- и наномеханики Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 18 апреля 2018 г.);

Кафедрой теоретической и прикладной механики Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 16 апреля 2018 г.);

Учебно-методической комиссией механико-математического факультета (протокол № 7 от 29 мая 2018 г.);

Ответственный за редакцию: Г. И. Михасев

Ответственный за выпуск: П.Н.Конон

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Развитие технического прогресса предъявляет повышенные требования к прочностным свойствам конструктивных элементов зданий и сооружений, машин и механизмов, снижению их материалоемкости.

Это приводит к необходимости эффективного использования существующих и созданию новых методов механики деформируемого твердого тела и подготовки новых специалистов высокой квалификации.

Настоящая программа предназначена для создания у поступающих в аспирантуру по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела» необходимой теоретической базы, что позволит им успешно ставить и решать теоретические и практические задачи во время обучения в аспирантуре и при написании диссертационной работы.

На вступительном экзамене в аспирантуру по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела» поступающий должен:

знать:

- основные понятия механики сплошной среды;
- общую теорию деформаций и напряжений;
- основополагающие понятия, определения и теоремы механики сплошных сред;
- основные модели в теории упругости, пластичности;
- линейные и нелинейные модели изотропных и анизотропных деформируемых твердых сред;
- пространственные и осесимметричные задачи теории упругости;
- простейшие модели в теории стержней, пластин и оболочек;
- температурные и динамические задачи теории упругости;
- теорию пластичности;
- теорию ползучести и вязкоупругости.

уметь

- решать простейшие краевые задачи теории упругости;
- применять модели механики сплошных тел для построения простейших математических моделей в механике деформируемого твердого тела;
- применять стандартные пакеты численного моделирования (методы конечных и граничных элементов) для решения простейших задач в механике деформируемого твердого тела.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Основные понятия механики сплошной среды.

Сплошная среда, континуум. Кинематическое описание сплошной среды. Внешние силы и внутренние напряжения. Упругость, пластичность, ползучесть и вязкоупругость.

Раздел 2. Общая теория деформаций и напряжений.

Напряженное состояние в точке тела. Теорема Коши. Матрица напряжений. Преобразование матрицы напряжений. Тензор напряжений Эйлера, Пиолы и истинных напряжений. Главные направления тензора напряжений, главные напряжения. Экстремальные свойства главных напряжений. Экстремальные свойства касательных напряжений. Инварианты тензора напряжений. Малые деформации и малые вращения. Определение перемещений по заданной деформации. Условия совместности деформаций. Потенциальная энергия деформации. Разложение тензора на девиаторную и гидростатическую составляющие. Тензоры деформаций Грина и Альманси.

Раздел 3. Теория упругости.

Закон Гука для изотропного и анизотропного тела. Частные случаи анизотропии. Физически нелинейные задачи. Нелокальный закон упругости Эрингена. Уравнения движения упругой среды Ляме. Свойства НДС неподвижной упругой среды в случае отсутствия или постоянства объемных сил. Постановка основных задач теории упругости. Теоремы о существовании и единственности решений задач теории упругости. Принцип Сен-Венана. Вариационные принципы теории упругости: принцип Лагранжа, принцип Кастилиано, общий вариационный принцип, принцип Рейснера. Теорема Клайперона. Теорема Бетти. Вариационные методы решения задач теории упругости. Численные методы решения задач теории упругости: МКЭ, метод граничных элементов, конечно-разностный метод. Функция напряжений. Дифференциальные уравнения и краевые условия для функции напряжений. Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Применение Т.Ф.К.П. Формулы Колосова-Мусхелишвили. Особенности постановки краевых задач геомеханики. Напряженное состояние породных массивов.

Раздел 4. Решение некоторых задач в теории упругости

Представление Галеркина и Папковича-Нейбера. Представление вектора перемещений через потенциал Ламе и функцию перемещений Лява. Предположения о напряжениях при решении уравнений равновесия в напряжениях и уравнений Бельтрами-Миччела. Элементарные сингулярные решения первого и Второго рода. Задача Буссинеска. Задача Черрути. Задача Кельвина. Кручение призматического стержня произвольного постоянного поперечного сечения. Контактная задача Герца.

Раздел 5. Пластины и оболочки.

Допущения классической теории тонких упругих оболочек. Деформация срединной поверхности. Внутренние усилия и моменты. Граничные условия. Постановка задач теории оболочек. Потенциальная энергия деформации. Уравнения

равновесия тонких оболочек в усилиях и моментах. Основные предположения технической теории. Устойчивость стержней, пластин, оболочек. Колебания тонких оболочек. Безмоментная теория оболочек. Основное напряженно-деформированное состояние и краевые эффекты.

Раздел 6. Температурные и динамические задачи теории упругости.

Основные уравнения термоупругости. Соотношения между напряжениями и деформациями. Постановка задач термоупругости в напряжениях и перемещениях. Распространение плоских волн в неограниченной упругой среде. Волны сжатия и волны сдвига. Поверхностные волны Рэлея. Распространение волн в стержнях.

Раздел 7. Теория пластичности.

Модели упруго-пластичного тела. Постулаты теории пластичности. Сравнение различных теорий пластичности. Постановка задач в теории идеального упруго-пластического и жестко-пластического тела. Остаточные напряжения. Условия на границе упругой и пластической областей. Методы решения задач теории пластичности.

Раздел 8. Теория ползучести и вязкоупругости.

Понятие о ползучести и релаксации. Гипотезы старения, упрочнения и пластической наследственности. Уравнения теории ползучести. Дифференциальные и интегральные формы соотношений между напряжением и деформацией. Различные типы ядер в интегральных соотношениях. Принцип температурно-временной аналогии. Постановка и методы решения задач теории вязкоупругости. Применение преобразований Лапласа.

ВОПРОСЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ

Основные понятия механики сплошной среды.

1. Сплошная среда, континуум. Кинематическое описание сплошной среды. Внешние силы и внутренние напряжения.
2. Упругость, пластичность, ползучесть и вязкоупругость.

Общая теория деформаций и напряжений.

3. Напряженное состояние в точке тела. Теорема Коши. Матрица напряжений. Преобразование матрицы напряжений. Уравнение равновесия в напряжениях
4. Тензор напряжений Эйлера, Пиолы и истинных напряжений.
5. Главные направления тензора напряжений, главные напряжения. Экстремальные свойства главных напряжений. Экстремальные свойства касательных напряжений.
6. Инварианты тензора напряжений.
7. Тензоры деформаций Грина и Альманси.
8. Малые деформации и малые вращения. Определение перемещений по заданной деформации. Условия совместности деформаций.
9. Разложение тензора на девиаторную и гидростатическую составляющие.

Теория упругости.

10. Закон Гука для изотропного и анизотропного тела. Частные случаи анизотропии. Физически нелинейные задачи.
11. Нелокальный закон упругости Эрингена.
12. Потенциальная энергия деформации.
13. Уравнения движения упругой среды Ляме.
14. Свойства НДС неподвижной упругой среды в случае отсутствия или постоянства объемных сил.
15. Постановка основных задач теории упругости. Теоремы о существовании и единственности решений задач теории упругости. Принцип Сен-Венана.
16. Вариационные принципы теории упругости: принцип Лагранжа, принцип Кастилиано, общий вариационный принцип, принцип Рейснера.
17. Теорема Клайперона. Теорема Бетти.
18. Вариационные методы решения задач теории упругости. Численные методы решения задач теории упругости: МКЭ, метод граничных элементов, конечно-разностный метод.
19. Функция напряжений. Дифференциальные уравнения и краевые условия для функции напряжений.
20. Плоская деформация и плоское напряженное состояние.
21. Применение Т.Ф.К.П. Формулы Колосова-Мусхелишвили.
22. Особенности постановки краевых задач геомеханики.
23. Напряженное состояние породных массивов.

Решение некоторых задач в теории упругости

24. Представление Галеркина и Папковича-Нейбера.
25. Представление вектора перемещений через потенциал Ламе и функцию перемещений Лява.
26. Предположения о напряжениях при решении уравнений равновесия в напряжениях и уравнений Бельтрами-Миччела.
27. Элементарные сингулярные решения первого и второго рода. Задача Буссинеска.
28. Задача Черрути.
29. Задача Кельвина.
30. Кручение призматического стержня произвольного постоянного поперечного сечения.
31. Контактная задача Герца и ее решение.

Пластины и оболочки.

32. Допущения классической теории тонких упругих оболочек.
33. Деформация срединной поверхности.
34. Внутренние усилия и моменты.
35. Граничные условия. Постановка задач теории оболочек.
36. Потенциальная энергия деформации.
37. Уравнения равновесия тонких оболочек в усилиях и моментах.
38. Основные предположения технической теории.
39. Устойчивость стержней, пластин, оболочек.
40. Колебания тонких оболочек.
41. Безмоментная теория оболочек.
42. Основное напряженно-деформированное состояние и краевые эффекты.

Температурные и динамические задачи теории упругости.

43. Основные уравнения термоупругости. Соотношения между напряжениями и деформациями.
44. Постановка задач термоупругости в напряжениях и перемещениях.
45. Распространение плоских волн в неограниченной упругой среде. Волны сжатия и волны сдвига.
46. Поверхностные волны Рэлея.
47. Распространение волн в стержнях.

Теория пластичности.

48. Модели упруго-пластичного тела. Постулаты теории пластичности.
49. Сравнение различных теорий пластичности.
50. Постановка задач в теории идеального упруго-пластического и жестко-пластического тела. Остаточные напряжения.
51. Условия на границе упругой и пластической областей.
52. Методы решения задач теории пластичности.

Теория ползучести и вязкоупругости.

53. Понятие о ползучести и релаксации. Гипотезы старения, упрочнения и пластической наследственности.

54. Уравнения теории ползучести. Дифференциальные и интегральные формы соотношений между напряжением и деформацией.

55. Различные типы ядер в интегральных соотношениях.

56. Принцип температурно-временной аналогии.

57. Постановка и методы решения задач теории вязкоупругости. Применение преобразований Лапласа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теорий упругости и пластичности. – М.: Высшая школа, 1990, 398 с.
2. Атанацкович Т., Гуран А., Лекции по теории упругости (под редакцией А. Л. Смирнова и П.Е. Товстика)-, СПбГУ, 2003.
3. Васидзу Кюитри. Вариационные методы в теории упругости и пластичности. – М.: Мир, 1987, 542 с.
4. Еременко С.Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых тел. – Харьков: Основа, 1991, 271 с.
5. Журавков М.А. Математическое моделирование деформационных процессов в твердых деформируемых средах (на примере задач механики горных пород и массивов): Курс лекций. – Мн.: БГУ, 2002-456с.
6. Зубчанинов В.Г. Основы теории упругости и пластичности. – М.: Высшая школа, 1990, 367 с.
7. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды.–М.:Изд.МГУ, 1990, 310с.
8. Ишлинский А.Ю., Ивлев Д.Д. Математическая теория пластичности. – М.: Физматлит, 2001. – 704 с.
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. –М.:Наука,1987,248с.
10. Лурье А.И. Теория упругости. - М.: Наука, 1980, 940 с.
11. Мусхелишвили Н.И., Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М.: Наука, 1966, 634 с.
12. Морозов Н.Ф. Лекции по избранным вопросам механики сплошных сред. – Л.: Изд-во ленингр. ун-та, 1975.
13. Михасев Г.И., Товстик П.Е. Локализованные колебания и волны в тонких оболочках. Асимптотические методы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. -292с.
14. Новацкий В. Теория упругости. – М.: Мир, 1975, 872 с.
15. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек.–Л.: Судпрогиз,1962, 432 с.
16. Огибалов П.М., Колтунов М.А. Оболочки и пластины. – М.: Изд-во МГУ, 1969, 696 с.
17. Победря Б.Е. Численные методы теории упругости и пластичности. – М.: Изд-во МГУ, 1995, 366 с.
18. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1988, 712 с.
19. Ржаницын А.Р. Теория ползучести. – М.: Стройиздат, 1968, 418 с.
20. Седов Л.И. Механика сплошной среды. – М.: Наука, 1983, т.2, 530с.
21. Товстик П.Е. Устойчивость тонких оболочек. – М.: Наука, 1995, 409с.