




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
**«Институт автоматки и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской академии наук»
(ИАПУ ДВО РАН)**


«СОГЛАСОВАНО»

Зам. директора по научно-
образовательной деятельности,
ученый секретарь, к.т.н.

 С.Б. Змеу
« 28 » марта 2022 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАПУ ДВО РАН
член-корреспондент РАН

 Р.В. Ромашко
« 28 » марта 2022 г.



ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

по специальной дисциплине

Научная специальность - 1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела»

Форма подготовки (очная)

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК)

Программа вступительных испытаний составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки по программам специалитета и магистратуры).

Программа вступительных испытаний обсуждена на заседании МК ПКВК, протокол № 2 от «14» марта 2022 г.

Заведующий кафедрой: д-р физ.- мат. наук, профессор Н.Г. Галкин

Составители: чл.-корр. РАН Л.В. Ковтанюк, к.ф.-м.н. О.В. Дудко, к.ф.-м.н. В.Е. Рагозина

АННОТАЦИЯ

Программа вступительных испытаний предназначена для поступающих на образовательную программу высшего образования - программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела.

Цель вступительного испытания - выявление среди поступающих в аспирантуру наиболее способных и подготовленных к освоению образовательных программ высшего образования - программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Программа включает содержание профилирующих учебных дисциплин, входящих в Основную образовательную программу высшего профессионального образования, по которой осуществляется подготовка студентов, в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего образования.

Вступительные испытания проводятся в форме устного вступительного экзамена.

Программа вступительных испытаний включает в себя:

- аннотацию;
- требования к поступающим;
- содержание вступительных испытаний;
- вопросы к экзамену;
- список рекомендуемой литературы и источников.

I. ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТУПАЮЩИМ

Поступающий в аспирантуру должен продемонстрировать знания и умения по механике деформируемого твердого тела, соответствующие предшествующему уровню подготовки.

II. СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

МОДУЛЬ 1. МЕХАНИКА И ТЕРМОДИНАМИКА СПЛОШНЫХ СРЕД

Раздел 1. Механика сплошных сред

1. Понятие сплошной среды. Физически и геометрически малый объем. Кинематика сплошной среды в переменных Эйлера и Лагранжа. Переход от координат Эйлера к координатам Лагранжа и обратно.
2. Деформация сплошной среды. Тензоры деформации Коши-Грина и Альманси, геометрический смысл компонент этих тензоров. Малые вращения среды и тензор малых деформаций. Допустимая область линеаризации тензоров деформаций. Условия совместности деформаций, формулы Чезаро.
3. Типы сил в механике сплошной среды: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные силы. Теория напряженного состояния, тензоры напряжений Коши, Пиолы, Кирхгофа. Геометрические интерпретации напряженного состояния: квадрат Коши, круги Мора. Простейшие виды напряженных состояний.
4. Интегральная и дифференциальная форма законов сохранения в механике сплошных сред. Законы сохранения массы, импульса, момента импульса и энергии.

Раздел 2. Термодинамика сплошных сред

1. Термодинамика сплошной среды: термодинамическая система, термодинамические параметры состояния. Понятие термодинамического процесса.
2. Работа, количество тепла внутренняя энергия, температура и энтропия термодинамической системы. Первый и второй законы термодинамики.
3. Термодинамические потенциалы состояния. Общие формы определяющих соотношений механики сплошных сред.

МОДУЛЬ 2. ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

Раздел 1. Постановка задач теории упругости

1. 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. Частные случаи анизотропии. Упругие модули изотропного тела, их механический смысл.
2. Полная система уравнений теории упругости. Уравнения Ламе в перемещениях. Уравнения Бельтрами-Митчелла в напряжениях. Постановка краевых задач математической теории упругости. Основные краевые задачи. Принцип Сен-Венана. Теорема существования и единственности решения.
3. Общие теоремы теории упругости и вариационные принципы. Теорема Клапейрона. Теорема Бетти. Теорема о минимуме потенциальной энергии деформаций. Теорема о минимуме дополнительной энергии. Вариационный принцип Лагранжа. Вариационные функционалы Рейснера и Кастильяно. Вариационный принцип Вашицу.
4. Теория тонких упругих пластин и оболочек. Основные гипотезы. Деформация срединной поверхности. Внутренние усилия и моменты. Граничные условия. Постановка задач теории пластин и оболочек. Безмоментная теория. Краевые эффекты.

Раздел 2. Методы решения задач теории упругости

1. Методы решения пространственных задач эластостатики. Действие сосредоточенной силы в неограниченной упругой среде. Тензор фундаментальных решений Грина. Метод Треффца. Представление Папковича-Нейбера. Представление Галеркина. Задача Буссинеска. Задача Черрути.
2. Двумерные задачи эластостатики. Плоская деформация. Обобщенное плоское напряженное состояние. Функции напряжений Эри, краевая задача для функции напряжений. Теорема Леви.

3. Метод комплексных потенциалов Колосова-Мусхелишвили. Метод конформных отображений. Применение интегралов типа Коши. Действие штампа на полуплоскость, плоскость с отверстием и разрезом.

Раздел 3. Термоупругость, динамические задачи

1. Температурные задачи теории упругости. Система основных уравнений термоупругости. Методы решения задач термоупругости.

2. Динамические задачи теории упругости. Уравнения движения в форме Ламе. Типы упругих волн в неограниченной изотропной среде. Общее решение Ламе.

3. Динамические, геометрические и кинематические условия совместности на волновом фронте. Плоские гармонические волны. Коэффициенты отражения, прохождения и трансформации. Полное отражение.

4. Поверхностные волны Релея. Волны Лява. Волны в упругом стержне. Сферические и цилиндрические волны.

5. Установившиеся колебания упругих тел. Частоты и формы собственных колебаний. Вариационный принцип Релея.

МОДУЛЬ. 3. ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ

Раздел 1. Основные положения и соотношения

1. Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Идеальная пластичность. Физические механизмы пластического течения. Понятие о дислокациях. Локализация пластических деформаций. Линии Людерса-Чернова.

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

пространстве главных напряжений. Условие полной пластичности Хаара-Кармана.

3. Модели упрочняющегося упругопластического и жесткопластического тела. Функция нагружения и поверхность нагружения. Упрочнение и разрушение. Параметры упрочнения.

4. Теория пластического течения. Принцип Мизеса, постулат Друккера. Ассоциированный закон пластического течения. Теория скольжения. Краевые задачи теории течения. Теоремы единственности. Вариационные принципы теории течения.

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

Раздел 2. Некоторые задачи теории пластичности

1. Кручение призматического тела за пределом упругости. Предельное равновесие при кручении. Характеристики. Поверхность напряжений как поверхность постоянного ската. Песчаная аналогия. Разрывы напряжений. Песчано-мембранная аналогия Прандтля-Надаи для кручения идеально упругопластических тел.

2. Пластическое плоское деформированное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей. Статически определимые и неопределимые задачи. Характеристики. Свойства линий скольжения. Методы решения основных краевых задач теории плоской пластической деформации. Задача Прандтля о вдавливании штампа. Пластическое плоское напряженное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей при условии пластичности Мизеса. Характеристики.

3. Плоские упругопластические задачи теории идеальной пластичности. Двухосное растяжение толстой и тонкой пластин с круговым отверстием.

4. Деформационные теории пластичности. Теория Генки. Теория малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина. Теорема о разгрузке. Метод упругих решений. Задача о толстостенной трубе из упрочняющегося материала.

5. Упругопластические волны в стержне. Ударное нагружение. Волна разгрузки. Остаточные деформации. Критическая скорость удара.

МОДУЛЬ 4. ТЕОРИЯ ВЯЗКОУПРУГОСТИ И ПОЛЗУЧЕСТИ

Раздел 1. Определяющие соотношения теорий вязкоупругости и ползучести

1. Понятие о ползучести и релаксации. Кривые ползучести и релаксации.
2. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред: модель Максвелла, модель Фохта, модель Томсона. Время релаксации. Время запаздывания.
3. Определяющие соотношения теории вязкоупругости. Ядра ползучести и релаксации. Непрерывные ядра и ядра со слабой особенностью. Термодинамические ограничения на выбор ядер ползучести и релаксации.

Раздел 2. Краевые задачи теории вязкоупругости

1. Формулировка краевых задач теории вязкоупругости. Методы решения краевых задач теории вязкоупругости: принцип соответствия Вольтерры, применение интегрального преобразования Лапласа, численные методы. Теорема единственности.
2. Вариационные принципы в линейной вязкоупругости. Применение вариационного метода к задачам изгиба.
3. Плоская задача о вдавливании жесткого штампа в вязкоупругую полуплоскость. Контакт вязкоупругих тел: аналог задачи Герца.

Раздел 3. Нелинейная вязкоупругость, установившаяся и неустановившаяся ползучесть

1. Определяющие соотношения нелинейной теории вязкоупругости. Разложение Вольтерры-Фреше. Упрощенные одномерные модели.
2. Теории старения, течения, упрочнения и наследственности. Ползучесть при сложном напряженном состоянии. Определяющие соотношения.
3. Установившаяся ползучесть. Уравнения состояния деформируемых тел, находящихся в условиях установившейся ползучести. Постановка краевых

задач. Вариационные принципы теории установившейся ползучести: принцип минимума полной мощности, принцип минимума дополнительного рассеяния. Установившаяся ползучесть и длительная прочность стержня.

4. Неустановившаяся ползучесть. Определяющие уравнения теории неустановившейся ползучести. Вариационные принципы теории течения и теории упрочнения. Неустановившаяся ползучесть стержневой решетки. Устойчивость стержней и пластин из реономных материалов.

МОДУЛЬ 5. МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ

Раздел 1. Основные понятия

1. Понятие о разрушении и прочности тел. Общие закономерности и основные типы разрушения. Концентраторы напряжений. Коэффициент концентрации напряжений: растяжение упругой полуплоскости с круговым и эллиптическим отверстиями.

2. Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения: деформационный, энергетический, энтропийный. Критерии длительной и усталостной прочности. Расчет прочности по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности.

Раздел 2. Некоторые задачи теории трещин

1. Двумерные задачи о трещинах в упругом теле. Метод разложения по собственным функциям в задаче о построении асимптотик полей напряжений и перемещений у вершины трещины в упругом теле. Коэффициент интенсивности напряжений, методы его вычисления и оценки.

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

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

4. Динамическое распространение трещин. Динамический коэффициент интенсивности напряжений. Предельная скорость трещины хрупкого разрушения (теоретическая оценка и экспериментальные данные).
5. Локализованное пластическое течение у вершины трещины. Оценка линейного размера пластической зоны у вершины трещины по Ирвину. Поле скольжения у вершины трещины нормального отрыва в идеально пластическом теле. Модель трещины Леонова-Панасюка-Дагдейла с узкой зоной локализации пластических деформаций.
6. Кинетическая концепция прочности твердых тел. Формула Журкова. Кинетическая теория трещин. Рост трещин в условиях ползучести.
7. Понятие об усталостном разрушении. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Основные законы роста усталостных трещин.

Раздел 3. Поврежденность

1. Понятие о поврежденности. Типы поврежденности. Математическое представление поврежденности. Параметр поврежденности Качанова-Работнова.
2. Кинетические уравнения накопления поврежденности. Принцип линейного суммирования повреждений. Накопление повреждений в условиях ползучести.

МОДУЛЬ 6. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

1. Метод конечных разностей. Типичные разностные схемы для параболических, эллиптических и гиперболических уравнений. Метод конечных разностей для дифференциальных уравнений теории упругости.
2. Вариационный принцип минимума полной потенциальной энергии упругого тела. Методы Релея-Ритца, Бубнова-Галеркина и градиентного спуска в задачах минимизации функционала полной потенциальной энергии.
3. Метод конечных элементов в теории упругости. Пределы применимости

метода конечных элементов.

4. Формула Соммильяны и метод граничных интегральных уравнений (метод граничных элементов).

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

6. Метод лучевых разложений для решения гиперболических задач теории пластичности и волновой динамики.

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

III. ВОПРОСЫ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ

1. Что изучает механика деформируемого твердого тела? Каким образом механика деформируемого твердого тела связана с механикой сплошных сред и физикой? В чем заключается основное отличие механики деформируемого твердого тела от теоретической механики?
2. Применение механики деформируемого твердого тела в науке и технике. Общие свойства твердых деформируемых тел.
3. Внешние и внутренние силы. Напряжение, напряженное состояние в точке.
4. Фундаментальные гипотезы механики сплошных сред.
5. Способы Лагранжа и Эйлера изучения движения деформируемых сред. Материальные и пространственные координаты.
6. Тензоры деформации Грина и Альманси, их главные компоненты и инварианты.
7. Шаровой тензор и девиатор деформаций. Интенсивность деформаций.
8. Уравнения совместности деформаций и смысл этих уравнений.
5. Интегральная и дифференциальная формулировка законов сохранения в механике сплошных сред.
6. Законы сохранения массы, импульса, момента импульса и энергии.

7. Термодинамическая система, термодинамические параметры и функции состояния. Понятие термодинамического процесса.
8. Работа, количество тепла внутренняя энергия, температура и энтропия термодинамической системы.
9. Первый закон термодинамики.
10. Свободная энергия, связанная энергия. Второй закон термодинамики.
11. Термодинамические потенциалы состояния.
12. Общие формы определяющих соотношений механики сплошных сред.
13. Упругое деформирование твердых тел. Упругий потенциал и энергия деформации. Линейно упругое тело Гука. Понятие об анизотропии упругого тела. Тензор упругих модулей.
14. Уравнения Ламе в перемещениях.
15. Уравнения Бельтрами – Митчелла в напряжениях.
16. Постановка краевых задач математической теории упругости. Основные краевые задачи.
17. Общие теоремы теории упругости: теорема Клапейрона, тождество взаимности, теорема единственности. Основные энергетические функционалы линейной теории упругости.
18. Вариационные принципы теории упругости: принцип минимума полной потенциальной энергии, принцип минимума дополнительной энергии, принцип Рейснера. Теоремы Кастильяно. Теорема Бетти. Примеры.
19. Теория тонких упругих пластин и оболочек. Основные гипотезы. Деформация срединной поверхности. Внутренние усилия и моменты. Граничные условия. Постановка задач теории пластин и оболочек.
20. Безмоментная теория. Краевые эффекты.
21. Общие представления решений уравнений теории упругости: представление Кельвина, представление Галеркина и представление Папковича – Нейбера.
22. Нормальная нагрузка на границе полупространства (задача Буссинеска). Касательная нагрузка на границе полупространства (задача Черрути).

23. Плоское напряженное и плоское деформированное состояние. Плоская задача теории упругости. Метод комплексных потенциалов Колосова – Мусхелишвили. Комплексное представление напряжений и перемещений.
24. Температурные задачи теории упругости. Система основных уравнений термоупругости. Методы решения задач термоупругости.
25. Свободные волны в неограниченной изотропной упругой среде. Общее решение в форме Ламе.
26. Фундаментальное решение динамических уравнений теории упругости для пространства. Плоские гармонические волны. Коэффициенты отражения, прохождения и трансформации. Полное отражение.
27. Поверхностные волны Релея. Волны Лява. Установившиеся колебания упругих тел. Частоты и формы собственных колебаний. Вариационный принцип Релея.
28. Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации.
29. Идеальная пластичность. Физические механизмы пластического течения. Понятие о дислокациях.
30. Идеальное упругопластическое тело. Идеальное жесткопластическое тело. Пространство напряжений. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса.
31. Пространство главных напряжений. Геометрическая интерпретация условий текучести. Условие полной пластичности. Влияние среднего напряжения.
32. Упрочняющееся упругопластическое тело. Упрочняющееся жесткопластическое тело. Функция нагружения, поверхность нагружения. Параметры упрочнения.
33. Законы связи между напряженным и деформированным состояниями в теории течения.
34. Принцип Мизеса. Постулат Друккера. Ассоциированный закон пластического течения. Теория скольжения.

35. Краевые задачи теории течения. Теоремы единственности. Вариационные принципы теории течения.
36. Теория предельного равновесия. Статическая и кинематическая теоремы теории предельного равновесия. Верхние и нижние оценки. Примеры.
37. Кручение призматического тела за пределом упругости. Предельное равновесие при кручении. Характеристики. Поверхность напряжений как поверхность постоянного ската.
38. Песчаная аналогия. Разрывы напряжений. Песчано-мембранная аналогия Прандтля – Надаи для кручения идеально упругопластических тел.
39. Пластическое плоское деформированное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей.
40. Статически определимые и неопределимые задачи. Характеристики. Свойства линий скольжения.
41. Методы решения основных краевых задач теории плоской пластической деформации. Задача Прандтля о вдавливании штампа.
42. Пластическое плоское напряженное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей при условии пластичности Мизеса. Характеристики.
43. Плоские упругопластические задачи теории идеальной пластичности. Двухосное растяжение толстой и тонкой пластин с круговым отверстием.
44. Деформационные теории пластичности. Теория Генки. Теория малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина. Теорема о разгрузке. Метод упругих решений. Задача о толстостенной трубе из упрочняющегося материала.
45. Упругопластические волны в стержне. Ударное нагружение. Волна разгрузки. Остаточные деформации. Критическая скорость удара.
46. Ползучесть при одномерном и сложном напряжённом состоянии. Диаграммы ползучести и релаксации.
47. Линейные модели вязкоупругого поведения материала.
48. Ядро релаксации и ядро ползучести.

49. Методы решения краевых задач теории вязкоупругости.
50. Вариационные принципы в линейной вязкоупругости.
51. Определяющие соотношения нелинейной теории вязкоупругости.
52. Теории старения, течения и упрочнения при ползучести.
53. Вариационные принципы теории установившейся ползучести.
54. Определяющие уравнения теории неустановившейся ползучести.
55. Вариационные принципы теории течения и теории упрочнения.
56. Понятие о разрушении и прочности тел. Общие закономерности и основные типы разрушения.
57. Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения.
58. Критерии длительной и усталостной прочности. Расчет прочности по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности.
59. Двумерные задачи о трещинах в упругом теле.
60. Энергетический подход Гриффитса в механике разрушения.
61. Силовой подход в механике разрушения.
62. Динамическое распространение трещин.
63. Локализованное пластическое течение у вершины трещины.
64. Кинетическая концепция прочности твердых тел. Кинетическая теория трещин. Рост трещин в условиях ползучести.
65. Понятие об усталостном разрушении. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Основные законы роста усталостных трещин.
66. Понятие о поврежденности. Типы поврежденности. Математическое представление поврежденности.
67. Кинетические уравнения накопления поврежденности. Принцип линейного суммирования повреждений. Накопление повреждений в условиях ползучести.
68. Метод конечных разностей. Типичные разностные схемы для параболических, эллиптических и гиперболических уравнений. Метод конечных разностей для дифференциальных уравнений теории упругости.

69. Вариационный принцип минимума полной потенциальной энергии упругого тела.
70. Методы Релея-Ритца, Бубнова-Галеркина и градиентного спуска в задачах минимизации функционала полной потенциальной энергии.
71. Метод конечных элементов в теории упругости. Пределы применимости метода конечных элементов.
72. Формула Сомильяны и метод граничных интегральных уравнений (метод граничных элементов).
73. Метод характеристик в двумерных задачах теории пластичности.
74. Метод лучевых разложений для решения гиперболических задач теории пластичности и волновой динамики.
75. Использование вычислительного эксперимента для решения задач механики деформируемого твердого тела.

IV. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

Основная литература

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2-х частях. – М.: Наука, 1983, 1984.
2. Прагер В. Введение в механику сплошных сред. – М.: ИЛ, 1954.
3. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1988.
4. Новацкий В. Теория упругости. – М.: Мир, 1975.
5. Базаров И.П. Термодинамика. – М.: Высшая школа, 1991.
6. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М.: Наука, 1966.
7. Быковцев Г.И., Ивлев Д.Д. Теория пластичности. – Владивосток: Дальнаука, 1996.

8. Томас Т. Пластическое течение и разрушение в твердых телах. – М.: Мир, 1964.
9. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. – М.: Наука, 1966.
10. Кристенсен Р. Введение в теорию вязкоупругости. – М.: Мир, 1974.
11. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. – М.: ИЛ, 1954.
12. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1966.
13. Бреббия К., Уокер С. Применение метода граничных элементов в технике. – М.: Мир, 1982.

Дополнительная литература

1. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. – М.: Физматлит, 2006.
2. Петкевич В.В. Основы механики сплошных сред. – М.: Эдиториал УРСС, 2001.
3. Пригожин И., Кандепуди Д. Современная термодинамика от тепловых двигателей до диссипативных структур. – М.: Мир, 2002.
4. Зоммерфельд А.А. Термодинамика и статистическая физика. – М.: ИЛ, 1955.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости (Теоретическая физика. Т. VII). – М.: Наука, 1987.
6. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Лекции по теории упругости. – М.: Эдиториал УРСС, 1999.
7. Амензаде Ю.А. Теория упругости. – М.: Высшая школа, 1976.
8. Новожилов В.В. Теория упругости. – Л.: Судпромгиз, 1958.
9. Лурье А.И. Теория упругости. – М.: Наука, 1970.
10. Ивлев Д.Д. Теория идеальной пластичности. – М.: Наука, 1966.
11. Соколовский В.В. Теория пластичности. – М.: Высшая школа, 1969.
12. Ильюшин А.А. Пластичность. – М.: Гостехиздат, 1948.

13. Ишлинский А.Ю., Ивлев Д.Д. Математическая теория пластичности. – М.: Физматлит, 2001, 2003.
14. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1975.
15. Качанов Л.И. Теория ползучести. – М.: ГИФЛМ, 1969. Качанов Л.И. Основы механики разрушения. – М.: Наука, 1974.
16. Морозов Е.М., Партон В.З. Механика упруго-пластического разрушения. – М.: Наука, 1974.
17. Черепанов Г.В. Механика хрупкого разрушения. – М.: Наука, 1974.
18. Годунов С.К., Рябенский В.С. Разностные схемы. – М.: Наука, 1977.
19. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975.
20. Стренг Г., Фикс Дж. Теория конечных элементов. – М.: Мир, 1977.
21. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1977.