

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**ХАБАРОВСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**



**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор  
Центр-корр. РАН

И.Ю. Рассказов

«11» апреля 2022 г.

Приказ № 59 от «11» апреля 2022 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**1.1.8 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

## **1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОГРАММЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

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

Вступительные испытания проводятся в виде собеседования с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде.

## **2. ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТУПАЮЩИМ**

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

## **3. СТРУКТУРА ИСПЫТАНИЯ**

Экзамен состоит из ответов на вопросы билета и дополнительные вопросы в рамках программы вступительного испытания.

Общий список вопросов к вступительному испытанию включает 6 модулей:

1. Механика и термодинамика сплошных сред.
2. Теория упругости.
3. Теория пластичности.
4. Теория вязкоупругости и ползучести.
5. Механика разрушения.
6. Численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела.

## **4. ВОПРОСЫ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

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.
9. Интегральная и дифференциальная формулировка законов сохранения в механике сплошных сред.
10. Законы сохранения массы, импульса, момента импульса и энергии.
11. Термодинамическая система, термодинамические параметры и функции состояния. Понятие термодинамического процесса.
12. Работа, количество тепла внутренняя энергия, температура и энтропия термодинамической системы.
13. Первый закон термодинамики.
14. Свободная энергия, связанная энергия. Второй закон термодинамики.
15. Термодинамические потенциалы состояния.
16. Общие формы определяющих соотношений механики сплошных сред.

### **Теория упругости.**

1. Упругое деформирование твердых тел. Упругий потенциал и энергия деформации. Линейно упругое тело Гука. Понятие об анизотропии упругого тела. Тензор упругих модулей.
2. Уравнения Ламе в перемещениях.
3. Уравнения Бельтрами – Митчелла в напряжениях.
4. Постановка краевых задач математической теории упругости. Основные краевые задачи.
5. Общие теоремы теории упругости: теорема Клапейрона, тождество взаимности, теорема единственности. Основные энергетические функционалы линейной теории упругости.
6. Вариационные принципы теории упругости: принцип минимума полной потенциальной энергии, принцип минимума дополнительной энергии, принцип Рейснера. Теоремы Кастильяно. Теорема Бетти. Примеры.
7. Теория тонких упругих пластин и оболочек. Основные гипотезы. Деформация срединной поверхности. Внутренние усилия и моменты. Граничные условия. Постановка задач теории пластин и оболочек.
8. Безмоментная теория. Краевые эффекты.
9. Общие представления решений уравнений теории упругости: представление Кельвина, представление Галеркина и представление Папковича – Нейбера.
10. Нормальная нагрузка на границе полупространства (задача Буссинеска). Касательная нагрузка на границе полупространства (задача Черрути).
11. Плоское напряженное и плоское деформированное состояние. Плоская задача теории упругости. Метод комплексных потенциалов Колосова – Мухелишвили. Комплексное представление напряжений и перемещений.
12. Температурные задачи теории упругости. Система основных уравнений термоупругости. Методы решения задач термоупругости.
13. Свободные волны в неограниченной изотропной упругой среде. Общее решение в форме Ламе.

14. Фундаментальное решение динамических уравнений теории упругости для пространства. Плоские гармонические волны. Коэффициенты отражения, прохождения и трансформации. Полное отражение.

15. Поверхностные волны Релея. Волны Лява. Установившиеся колебания упругих тел. Частоты и формы собственных колебаний. Вариационный принцип Релея.

### **Теория пластичности.**

1. Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации.

2. Идеальная пластичность. Физические механизмы пластического течения. Понятие о дислокациях.

3. Идеальное упругопластическое тело. Идеальное жесткопластическое тело. Пространство напряжений. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса.

4. Пространство главных напряжений. Геометрическая интерпретация условий текучести. Условие полной пластичности. Влияние среднего напряжения.

5. Упрочняющееся упругопластическое тело. Упрочняющееся жесткопластическое тело. Функция нагружения, поверхность нагружения. Параметры упрочнения.

6. Законы связи между напряженным и деформированным состояниями в теории течения.

7. Принцип Мизеса. Постулат Друккера. Ассоциированный закон пластического течения. Теория скольжения.

8. Краевые задачи теории течения. Теоремы единственности. Вариационные принципы теории течения.

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

10. Кручение призматического тела за пределом упругости. Предельное равновесие при кручении. Характеристики. Поверхность напряжений как поверхность постоянного ската.

11. Песчаная аналогия. Разрывы напряжений. Песчано-мембранная аналогия Прандтля – Надаи для кручения идеально упругопластических тел.

12. Пластическое плоское деформированное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей.

13. Статически определимые и неопределимые задачи. Характеристики. Свойства линий скольжения.

14. Методы решения основных краевых задач теории плоской пластической деформации. Задача Прандтля о вдавливании штампа.

15. Пластическое плоское напряженное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей при условии пластичности Мизеса. Характеристики.

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

17. 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.

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

### **Теория вязкоупругости и ползучести.**

1. Ползучесть при одномерном и сложном напряжённом состоянии. Диаграммы ползучести и релаксации.

2. Линейные модели вязкоупругого поведения материала.

3. Ядро релаксации и ядро ползучести.

4. Методы решения краевых задач теории вязкоупругости.

5. Вариационные принципы в линейной вязкоупругости.

6. Определяющие соотношения нелинейной теории вязкоупругости.

7. Теории старения, течения и упрочнения при ползучести.

8. Вариационные принципы теории установившейся ползучести.

9. Определяющие уравнения теории неустановившейся ползучести.

10. Вариационные принципы теории течения и теории упрочнения.

### **Механика разрушения.**

1. Понятие о разрушении и прочности тел. Общие закономерности и основные типы разрушения.

2. Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения.

3. Критерии длительной и усталостной прочности. Расчет прочности по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности.

4. Двумерные задачи о трещинах в упругом теле.

5. Энергетический подход Гриффитса в механике разрушения.

6. Силовой подход в механике разрушения.

7. Динамическое распространение трещин.

8. Локализованное пластическое течение у вершины трещины.

9. Кинетическая концепция прочности твердых тел. Кинетическая теория трещин. Рост трещин в условиях ползучести.

10. Понятие об усталостном разрушении. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Основные законы роста усталостных трещин.

11. Понятие о поврежденности. Типы поврежденности. Математическое представление поврежденности.

12. Кинетические уравнения накопления поврежденности. Принцип линейного суммирования повреждений. Накопление повреждений в условиях ползучести.

### **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.

3. Методы Релея-Ритца, Бубнова-Галеркина и градиентного спуска в задачах минимизации функционала полной потенциальной энергии.

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

5. Формула Сомильяны и метод граничных интегральных уравнений (метод граничных элементов).
6. Метод характеристик в двумерных задачах теории пластичности.
7. Метод лучевых разложений для решения гиперболических задач теории пластичности и волновой динамики.
8. Использование вычислительного эксперимента для решения задач механики деформируемого твердого тела.

## 5. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Результаты вступительного испытания оцениваются по пятибалльной шкале. Оценка определяется как средний балл, выставленный экзаменаторами во время экзамена. Критерии оценки результатов испытания:

5 (Отлично) – полный безошибочный ответ, в том числе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий должен правильно определять понятия и категории, выявлять основные тенденции и противоречия, свободно ориентироваться в теоретическом и практическом материале.

4 (Хорошо) – правильные и достаточно полные, не содержащие ошибок и упущений ответы. Оценка может быть снижена в случае затруднений студента при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. При ответе допущены отдельные несущественные ошибки.

3 (Удовлетворительно) – недостаточно полный объем ответов, наличие ошибок и некоторых пробелов в знаниях.

2 (Неудовлетворительно) – неполный объем ответов, наличие ошибок и пробелов в знаниях или отсутствие необходимых знаний.

## 6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базаров И.П. Термодинамика. – М.: Высшая школа, 1991.
2. Бреббия К., Уокер С. Применение метода граничных элементов в технике. – М.: Мир, 1982.
3. Быковцев Г.И., Ивлев Д.Д. Теория пластичности. – Владивосток: Дальнаука, 1996.
4. Кристенсен Р. Введение в теорию вязкоупругости. – М.: Мир, 1974.
5. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М.: Наука, 1966.
6. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. – М.: ИЛ, 1954.
7. Новацкий В. Теория упругости. – М.: Мир, 1975.
8. Прагер В. Введение в механику сплошных сред. – М.: ИЛ, 1954.
9. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1988.
10. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. – М.: Наука, 1966.
11. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2-х частях. – М.: Наука, 1983, 1984.

12. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1966.
13. Томас Т. Пластическое течение и разрушение в твердых телах. – М.: Мир, 1964.

#### **Дополнительная литература**

1. Амензаде Ю.А. Теория упругости. – М.: Высшая школа, 1976.
2. Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы. – М.: Наука, 1977.
3. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975.
4. Зоммерфельд А.А. Термодинамика и статистическая физика. – М.: ИЛ, 1955.
5. Ивлев Д.Д. Теория идеальной пластичности. – М.: Наука, 1966.
6. Ильюшин А.А. Пластичность. – М.: Гостехиздат, 1948.
7. Ишлинский А.Ю., Ивлев Д.Д. Математическая теория пластичности. – М.: Физматлит, 2001, 2003.
8. Качанов Л.И. Теория ползучести. – М.: ГИФЛМ, 1969. Качанов Л.И. Основы механики разрушения. – М.: Наука, 1974.
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости (Теоретическая физика. Т. VII). – М.: Наука, 1987.
10. Лурье А.И. Теория упругости. – М.: Наука, 1970.
11. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1975.
12. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1977.
13. Морозов Е.М., Партон В.З. Механика упруго-пластического разрушения. – М.: Наука, 1974.
14. Новожилов В.В. Теория упругости. – Л.: Судпромгиз, 1958.
15. Петкевич В.В. Основы механики сплошных сред. – М.: Эдиториал УРСС, 2001.
16. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. – М.: Физматлит, 2006.
17. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Лекции по теории упругости. – М.: Эдиториал УРСС, 1999.
18. Пригожин И., Кандепуди Д. Современная термодинамика от тепловых двигателей до диссипативных структур. – М.: Мир, 2002.
19. Соколовский В.В. Теория пластичности. – М.: Высшая школа, 1969.
20. Стренг Г., Фикс Дж. Теория конечных элементов. – М.: Мир, 1977.
21. Черепанов Г.В. Механика хрупкого разрушения. – М.: Наука, 1974.

