

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем машиноведения
Российской академии наук
(ИПМаш РАН)

Одобрено на Ученом совете
ИПМаш РАН

Протокол № 05/17
«03» октября 20 17 г.

**УТВЕРЖДАЮ**
Директор ИПМаш РАН, д.ф.-м.н.
А.К. Беляев
«03» октября 20 17 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

01.02.04 «МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА»
НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ
01.06.01 «МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА»

Санкт-Петербург

20 17

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
01.02.04 «МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА»
НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ
01.06.01 «МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА»**

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая программа вступительного испытания по специальной дисциплине «Механика деформируемого твердого тела» разработана в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем машиноведения Российской академии наук (ИПМаш РАН) в соответствии с

- Федеральным законом от 29 декабря 2012 г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 19 ноября 2013 г. №1259;
- Требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС);
- иными локальными нормативными актами ИПМаш РАН в области образования по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

1.2. Специальная дисциплина «Механика деформируемого твердого тела» входит в число вступительных испытаний для поступления в аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем машиноведения Российской академии наук (ИПМаш РАН).

1.3. Экзаменационный билет состоит из трех вопросов.

1.4. Оценка поступающего определяется как средняя из трех оценок, полученных за каждый вопрос из билета, при условии, что все они положительные.

2. ВОПРОСЫ

1. Деформации.

1.1. Понятие деформации. Отсчетная и актуальная конфигурации деформируемого тела. Вектор перемещений. Тензоры (меры) конечных деформаций.

1.2. Малые деформации и линейный тензор деформаций. Геометрический смысл компонент тензора малых деформаций. Главные удлинения и главные оси тензора деформаций.

1.3. Разложение тензора малых деформаций на шаровую часть и девиатор.

1.4. Тензор малых деформаций и его характеристики при всестороннем растяжении/сжатии, одноосном растяжении/сжатии, сдвиге.

- 1.5. Условия совместности деформаций. Определение вектора перемещений по линейному тензору деформаций.
- 1.6. Тензор скоростей деформаций.
- 1.7. Баланс массы и уравнение неразрывности.
2. Напряжения
 - 2.1. Силы, действующие в сплошной среде. Вектор напряжений.
 - 2.2. Тензор напряжений Коши. Дифференциальные уравнения равновесия и движения. Симметрия тензора напряжений Коши. Уравнения равновесия и движения в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат.
 - 2.3. Физический смысл компонент тензора напряжений. Главные напряжения и главные площадки тензора напряжений. Инварианты тензора напряжений.
 - 2.4. Разложение тензора напряжений на шаровую часть и девиатор.
 - 2.5. Максимальное касательное напряжение и интенсивность касательных напряжений.
 - 2.6. Представление напряженного состояния на кругах Мора.
 - 2.7. Параметр Лоде-Надаи и вид напряженного состояния.
 - 2.8. Тензор напряжений и его характеристики при всестороннем растяжении/сжатии, одноосном напряженном состоянии, сдвиге.
3. Основные соотношения и задачи линейной теории упругости.
 - 3.1. Определение упругого материала. Закон Гука. Изотропные и анизотропные материалы.
 - 3.2. Работа внешних сил на возможных перемещениях и плотность энергии деформаций. Формула Клапейрона.
 - 3.3. Постановка краевых задач линейной теории упругости. Теорема единственности решения задачи линейной теории упругости. Принцип суперпозиции решений.
 - 3.4. Теорема взаимности.
 - 3.5. Дифференциальные уравнения равновесия в перемещениях.
 - 3.6. Уравнения Бельтрами-Мичелла.
 - 3.7. Вариационные принципы статики линейно-упругого тела: принципы минимума потенциальной энергии тела и минимума дополнительной работы. Методы Ритца и Бубнова-Галеркина. Метод конечных элементов.
 - 3.8. Напряжения и деформации в изотропном линейно-упругом материале при одноосном напряженном состоянии, сдвиге, всестороннем растяжении – сжатии.
 - 3.9. Сосредоточенная сила в неограниченной изотропной линейно-упругой среде.
 - 3.10. Принцип Сен-Венана. Растяжение цилиндрического тела. Задача об изгибе балки. Задача о кручении цилиндрического тела.
4. Основные соотношения и задачи линейной теории упругости.
 - 4.1. Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Функция напряжений Эри.
 - 4.2. Выражение функции Эри через функции комплексного переменного. Формулы Колосова для перемещений и напряжений.

- 4.3. Задача об изгибе клина силой, приложенной к вершине. Действие силы на полуплоскость. Напряжения в плоскости с разрезом.
- 4.4. Распределение напряжений у круглого отверстия при растяжении бесконечной плоскости (решение Тимошенко и решение, основанное на формулах Колосова-Мухелишвили). Коэффициент концентрации напряжений.
5. Элементы термодинамики деформируемых материалов.
 - 5.1. Баланс энергии в интегральной и локальной формах
 - 5.2. Второй закон термодинамики и неравенство Клаузиуса-Дюгема. Роль неравенства Клаузиуса-Дюгема при формулировке определяющих соотношений.
6. Качественные представления о неупругом деформировании.
 - 6.1. Типы и механизмы неупругого поведения материалов при деформировании. Вязкость, пластичность, сверхпластичность. Влияние температуры и скорости деформирования на деформационное поведение материалов. Ползучесть. Релаксация напряжений. Упрочнение. Эффект Баушингера. Роль дислокаций в механизмах и эффектах неупругого деформирования.
 - 6.2. Мартенситные превращения и эффекты памяти формы.
 - 6.3. Понятие определяющих уравнений. Простейшие реологические модели вязкого, жестко-пластического, вязко-упругого, упруго-пластического, неупругого деформирования.
7. Теория пластичности.
 - 7.1. Критерии пластичности Треска и Мизеса. Идеальная пластичность. Уравнения теории течения.
 - 7.2. Поверхность нагружения. Постулат Друкера, выпуклость поверхности нагружения, принцип максимума диссипации и ассоциированный закон пластичности. Эволюция поверхности нагружения в процессе деформирования. Различные типы упрочнения.
 - 7.3. Простое и сложное нагружение. Деформационная теория пластичности.
 - 7.4. Совместное кручение и растяжение тонкостенной трубки. Толстостенный сферический сосуд под действием внутреннего давления. Упруго-пластический изгиб балок. Нагрузка, разгрузка, определение остаточных напряжений.
 - 7.5. Линии скольжения в плоской задаче теории пластичности. Простейшие задачи в постановке плоской деформации жестко-пластического тела: толстостенная труба под действием внутреннего давления, растяжение полосы с отверстием, растяжение полосы, ослабленной тонкими вырезами, вдавливание плоского штампа.
8. Динамические задачи
 - 8.1. Упругие волны в неограниченной среде. Волны с дисперсией. Фазовая и групповая скорости. Поверхностные волны Рэлея.
 - 8.2. Распространение волн в стержнях. Отражение волн. Удар стержня о преграду. Напряжения при ударе. Откольная прочность и откольное разрушение.
9. Прочность и разрушение материалов.
 - 9.1. Масштабы деформирования и разрушения (макро-, мезо-, микро-, нано-).

- 9.2. «Классические» критерии прочности. Представление критерия Кулона-Мора на кругах Мора.
- 9.3. Напряженное состояние в окрестности вершины трещины. Принцип суперпозиции в механике трещин. Функции Вестергарда и решение Седова. Коэффициенты интенсивности напряжений. Зависимость коэффициента интенсивности напряжений от величины нагрузки и длины трещины.
- 9.4. Разрушение при наличии трещиноподобных дефектов. Скорость высвобождения энергии при продвижении трещины в упругом теле. Теория Гриффита. Интеграл Райса и его применение для оценки прочности при маломасштабной пластической деформации. Критерий Ирвина. Эквивалентность различных подходов при хрупком разрушении.
- 9.5. Модель Баренблатта. Модель Дагдейла.
- 9.6. Понятие об усталостном разрушении. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Основные законы роста усталостных трещин.
- 9.7. Концепция поврежденности в механике разрушения. Параметр поврежденности Качанова-Работнова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Амензаде Ю.А., Теория упругости. М.: Высшая школа, 1976.
2. Качанов Л.М., Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969.
3. Качанов Л.М., Основы механики разрушения. М.: Наука, 1974.
4. Кошелев А.И., Нарбут М.А. Лекции по механике деформируемого твердого тела. Изд-во Санкт-Петербургского университета. 2003.
5. Лурье А.И., Теория упругости. М.: Наука, 1970. 939 с.
6. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М.: Машиностроение. 1975.
7. Мухелишвин Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966. 648с.
8. Новацкий В. Теория упругости. М.: Мир. 1980.
9. Пальмов В.А. Элементы тензорной алгебры и тензорного анализа. Санкт-Петербург. Изд-во Политехнического университета. 2008. 108 с.
10. Пальмов В.А. Фундаментальные законы природы в нелинейной термомеханике деформируемых тел. Санкт-Петербург. Изд-во Политехнического университета. 2008. 142 с.
11. Пальмов В.А. Теория определяющих уравнений в нелинейной термомеханике деформируемых тел. Санкт-Петербург. Изд-во Политехнического университета. 2008. 112 с.
12. Пальмов В.А. Определяющие уравнения термоупругих, термовязких термопластических материалов. Санкт-Петербург. Изд-во Политехнического университета. 2008. 137 с.
13. Пуарье Ж.-П. Ползучесть кристаллов. Механизмы деформации металлов, керамики и минералов при высоких температурах. М.: Мир. 1988.
14. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука. 1988.
15. Седов Л.И. Механика сплошных сред. В двух томах. М.: Наука. 1973.
16. Тимошенко С.П., Гудьер Д. Ж., Теория упругости. М.: Наука, 1979.

Дополнительная литература

17. Астафьев В.И., Радаев Ю.А., Степанова Л.В. Нелинейная механика разрушения. Изд-во: Самарский университет. 2001.
18. Бойко В.С., Гарбер Р.И., Косевич А.М. Обратимая пластичность кристаллов. М.:Наука. 1991.
19. Быковцев Г.И., Ивлев Д.Д. Теория пластичности. Владивосток: Дальнаука. 1998.
20. Беляев С.П., Волков А.Е. и др. Материалы с эффектом памяти формы. Справочн. изд. / Под ред. Лихачева В.А. СПб.: НИИХ СПбГУ. Т.1. 1997. 424 с.; Т.2. 1998. 374 с.; Т.3. 1998. 474 с.; Т.4. 1998. 268 с.
21. Гордон Дж. Почему мы не проваливаемся сквозь пол. М.: Мир. 1971.
22. Елисеев В.В. Механика упругих тел. Санкт-Петербург. Изд-во СПбГТУ. 1999.
23. Елисеев В.В. Механика деформируемого твердого тела. СПб.: Изд-во Политехнического университета. 2006.
24. Жилин П.А. Векторы и тензоры второго ранга в трехмерных пространствах. СПб. Нестор, 2001.
25. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука. 1977.
26. Морозов Е.М., Партон В.З. Механика упруго пластического разрушения. М.: Наука, 1985.
27. Морозов Е.М., Муйземнек А.Ю., Шадский А.С. ANSYS в руках инженера: механика разрушения. Москва: URSS: ЛЕНАНД. 2008.
28. Морозов Н.Ф. Математические вопросы теории трещин. М.: Наука. 1988. 256 с.
29. Морозов Н.Ф., Петров Ю.В. Проблемы динамики разрушения. Спб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета. 1997.
30. Новожилов В.В. Вопросы механики сплошной среды. Л.: Судостроение, 1989. 397с.
31. Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. М.: Мир. 1975. 592 с.
32. Пальмов В.А. Колебания упруго-пластических сред. М.: Наука. 1976.
33. Пестриков В.М., Морозов Е.М. Механика разрушения твердых тел. Санкт-Петербург. Профессия. 2002.
34. Разрушение. В семи томах под ред. Г. Либовица. Том 2. Математические основы теории разрушения. М.: Мир. 1975.
35. Рахматуллин Х.А., Демьянов Ю.А. Прочность при интенсивных кратковременных нагрузках. М.: Физматиздат. 1961.
36. Сьярле Ф. Математическая теория упругости. М.: Мир. 1992. 471 с.
37. Ударные волны и экстремальные состояния вещества. Под ред. акад. В.Е. Фортова и др. М.: Наука, 2000.
38. Хилл Р. Математическая теория пластичности. М.: ГИТТЛ, 1956. 407с