

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Научного совета
DSc.30.08.2018.FM/T.02.09
при Самаркандском
государственном университете
Р.И.Халмурадов



_____ 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Высшей
Аттестационной Комиссии
при КМ РУз
А.Т.Юсупов



_____ 2018 г.

ПРОГРАММА

квалификационного экзамена по специальности
01.02.04-«Механика деформируемого твердого тела»

Утвержден протоколом № 260 от «29» января 2018 г.
Президиума Высшей Аттестационной Комиссии
при Кабинете Министров Республики Узбекистан

Самарканд - 2018

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: механика и термодинамика сплошных сред, теория упругости, теория пластичности, теория вязкоупругости, теория ползучести, теория пластин и оболочек, механика разрушения, численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела, основы математического моделирования и численные методы, основы теории вероятностей и математической статистики.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Республики Узбекистан по механико-математическим и техническим наукам при участии СамГУ.

1. Механика и термодинамика сплошных сред.

Понятие сплошного тела. Гипотеза сплошности. Физически и геометрически малый элемент. Деформация элемента сплошной среды. Два способа описания деформации сплошного тела. Координаты Эйлера и координаты Лагранжа. Переход от Эйлера описания к Лагранжеву и обратно.

Тензор деформации Коши-Грина. Геометрический смысл компонент тензора деформации Грина. Тензор деформации Альманси. Геометрический смысл компонент тензора деформации Альманси. Условия совместности деформаций. Формулировка условий совместности деформаций в цилиндрической и сферической системе координат. Вычисление тензора малых деформаций по заданному полю перемещений. Формулы Чезаро.

Классификация сил в механике сплошных сред: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные силы. Тензоры напряжений Коши, Пиолы и Кирхгофа.

Законы сохранения механики сплошных сред: уравнения баланса массы, импульса, момента импульса, кинетической, потенциальной и полной энергии.

Термодинамические процессы и циклы. Термодинамические параметры состояния. Понятия о работе, теплоте, внутренней энергии, температуре и энтропии. Первый и второй законы термодинамики. Термодинамические потенциалы состояния. Общие формы определяющих соотношений механики сплошных сред.

Физическая размерность. Анализ размерностей и П-теорема. Автомодельные решения. Примеры.

2. Теория упругости.

Упругое деформирование твердых тел. Упругий потенциал и энергия деформации. Линейно упругое тело Гука. Понятие об анизотропии упругого тела. Тензор упругих модулей. Частные случаи анизотропии: трансверсально изотропное и ортотропное упругое тело. Упругие модули изотропного тела.

Полная система уравнений теории упругости. Уравнения Ламе в перемещениях. Уравнения Бельтрами—Митчелла в напряжениях. Граничные условия. Постановка краевых задач математической теории упругости. Основные краевые задачи. Принцип Сен-Венана.

Общие теоремы теории упругости: теорема Клапейрона, тождество взаимности, теорема единственности. Основные энергетические функционалы линейной теории упругости. Вариационные принципы теории упругости: принцип минимума полной потенциальной энергии, принцип минимума дополнительной энергии, принцип Рейснера. Теоремы Кастильяно. Теорема Бетти. Примеры.

Действие сосредоточенной силы в неограниченной упругой среде. Тензор Грина. Граничные интегральные представления напряжений и перемещений. Формула Соммильяны. Общие представления решений уравнений теории упругости: представление Кельвина, представление Галеркина и представление Папковича—Нейбера. Нормальная нагрузка на границе полупространства (задача Буссинеска). Касательная нагрузка на границе полупространства (задача Черрути).

Плоское напряженное и плоское деформированное состояние. Плоская задача теории упругости. Метод комплексных потенциалов Колосова—Мусхелишвили. Комплексное представление напряжений и перемещений. Уравнения плоской задачи теории упругости в полярных координатах. Смешанная задача для полуплоскости. Задача Гриффитса.

Антиплоская деформация. Трещина антиплоского сдвига в упругом теле. Кручение и изгиб призматического тела (задача Сен-Венана). Теоремы о циркуляции касательного напряжения при кручении и изгибе. Центр изгиба.

Задача о действии штампа с плоским основанием на полуплоскость. Контактная задача Герца.

Динамические задачи теории упругости. Уравнения движения в форме Ламе. Динамические, геометрические и кинематические условия совместности на волновом фронте. Свободные волны в неограниченной изотропной упругой среде. Общее решение в форме Ламе. Фундаментальное решение динамических уравнений теории упругости для пространства. Плоские гармонические волны. Коэффициенты отражения, прохождения и трансформации. Полное отражение. Образование ударных волн. Волна Разгрузки. Волна Рахматуллина. Распространение волн в неограниченной упругой среде. Продольные и поперечные волны. Цилиндрические волны. Сферические волны.

Колебания упругих тел. Собственные частоты и собственные формы колебаний. Распространение нелинейных и упруго-пластических волн в стержнях. Центрированные волны Римана. Вариационный принцип Релея. Поверхностные волны Релея. Формула Релея. Волны Лява.

Теория устойчивости деформируемых систем. Критерия устойчивости.

Температурные задачи теории упругости. Уравнения термоупругости.

3. Теория пластин и оболочек.

Допущения классической теории тонких упругих пластин и оболочек. Основные гипотезы. Теория Кирхгофа-Лява. Теория Тимошенко, Деформация срединной поверхности. Внутренние усилия и моменты. Соотношения упругости. Потенциальная энергия деформации оболочек.

Полная система уравнений теории пластин и оболочек. Граничные условия. Основные соотношения для цилиндрических и сферических, пологих оболочек. Постановка задач теории пластин и оболочек.

Безмоментная теория оболочек. Краевые эффекты. Задача о круглой симметрично нагруженной пластине.

Нелинейные уравнения колебания пластин и оболочек. Геометрическая и физическая нелинейность. Устойчивость пластин и оболочек.

4. Теория пластичности.

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

Идеальное упругопластическое тело. Идеальное жесткопластическое тело. Пространство напряжений. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса. Пространство главных напряжений. Геометрическая интерпретация условий текучести. Условие полной пластичности. Влияние среднего напряжения.

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

Законы связи между напряженным и деформированным состояниями в теории течения. Принцип Мизеса. Постулат Друккера. Ассоциированный закон пластического течения. Теория скольжения. Краевые задачи теории течения. Теоремы единственности. Вариационные принципы теории течения.

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

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.

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.

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

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.

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

5. Теория вязкоупругости и ползучести.

Понятие о ползучести и релаксации. Кривые ползучести и релаксации. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред: модель Максвелла, модель Фохта, модель Томсона. Время релаксации. Время запаздывания.

Определяющие соотношения теории вязкоупругости. Ядра ползучести и релаксации. Непрерывные ядра и ядра со слабой особенностью. Термодинамические ограничения на выбор ядер ползучести и релаксации.

Формулировка краевых задач теории вязкоупругости. Методы решения краевых задач теории вязкоупругости: принцип соответствия Вольтерры, применение интегрального преобразования Лапласа, численные методы. Теорема единственности.

Вариационные принципы в линейной вязкоупругости. Применение вариационного метода к задачам изгиба.

Плоская задача о вдавливании жесткого штампа в вязкоупругую полуплоскость. Контакт вязкоупругих тел: аналог задачи Герца.

Определяющие соотношения нелинейной теории вязкоупругости. Разложение Вольтерры—Фреше. Упрощенные одномерные модели.

Теории старения, течения, упрочнения и наследственности. Ползучесть при сложном напряженном состоянии. Определяющие соотношения.

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.

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.

6. Механика разрушения.

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.

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

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.

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.

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

Динамическое распространение трещин. Динамический коэффициент интенсивности напряжений. Предельная скорость трещины хрупкого разрушения (теоретическая оценка и экспериментальные данные).

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.

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

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

Понятие о поврежденности. Типы поврежденности. Математическое представление поврежденности. Параметр поврежденности Качанова—Работнова.

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

7. Основы математического моделирования.

Понятия о моделях и моделирований. Роль моделирования в процессе познания и практической деятельности человека. Определение и назначение математического моделирования. Понятие о математических моделях. Классификация математических моделей. Основные требования, предъявляемым математическим моделям. Прямые и обратные задачи математического моделирования. Этапы построения математической модели. Соответствие математической моделью и её реального объекта. Вычислительный эксперимент и его этапы. Универсальность математических моделей.

Методы и подходы построения математических моделей. Вариационный принцип. Метод аналогии в математическом моделировании. Иерархический подход к получению моделей.

Некоторые модели простейших нелинейных объектов. О нелинейности и происхождении нелинейности математических моделей. Три режима в нелинейной модели популяции. Влияние сильной нелинейности на процесс колебаний. Некоторые модели соперничества. Взаимоотношения в системе «хищник-жертва». Гонка вооружений между двумя странами. Боевые действия двух армий.

8. Численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела.

Аналитические и численные методы решения задач. Метод конечных разностей. Типичные разностные схемы для параболических, эллиптических и гиперболических уравнений. Метод конечных разностей для дифференциальных уравнений теории упругости. Вариационный принцип минимума полной потенциальной энергии упругого тела. Методы Релея-Ритца, Бубнова-Галеркина и градиентного спуска в задачах минимизации функционала полной потенциальной энергии. Численная реализация методов Ритца. Численная реализация метода Бубнова-Галеркина. Метод конечных элементов в теории упругости. Пределы применимости метода конечных элементов. Формула Сомильяны и метод граничных интегральных уравнений (метод граничных элементов). Метод характеристик в двумерных задачах теории пластичности. Область определенности и область зависимости решения гиперболической краевой задачи. Метод лучевых разложений для решения гиперболических задач теории пластичности и волновой динамики. Использование решений модельных задач МДТТ.

Роль вычислительного эксперимента в механике деформируемого твердого тела. Программное обеспечение расчетов статических и динамических процессов деформирования элементов конструкций. Понятие о пакетах программ общего назначения и специализированных комплексах программ.

Автоматизация обработки результатов лабораторных и натурных экспериментов с помощью ЭВМ. Понятие о вычислительном эксперименте. Использование вычислительного эксперимента для решения задач механики деформируемого твердого тела. Автоматизированные измерительно-вычислительные комплексы для оперативной диагностики состояния твердого тела. Автоматизированные информационные системы, ориентированные на накопление, обработку и использование информации по механическим свойствам твердых тел и исходному напряженно-деформированному состоянию деформируемого твердого тела.

9. Основы теории вероятностей и математической статистики.

Случайные события и их вероятности. Пространство элементарных исходов. Связь между множествами и случайными событиями. Операции над событиями. Статистическая вероятность. Аксиомы теории вероятностей и простейшие следствия из них. Классическое вероятностное пространство. Элементы комбинаторики. Вычисление вероятности случайного события по классической схеме. Условная вероятность. Свойства условной вероятности. Теоремы сложения. Теоремы умножения. Формула полной вероятности. Формулы Байеса. Независимые события. Испытания Бернулли. Формула Бернулли. Наиболее вероятное число успехов.

Дискретные случайные величины и их распределения. Дискретная одномерная случайная величина. Ряд распределения. Функция распределения д.с.в. Числовые характеристики дискретных случайных величин. Дискретные

распределения: равномерное, биномиальное, Пуассона, геометрическое. Теорема Пуассона.

Случайный вектор. Понятие случайного вектора и его функции распределения. Матрица распределения дискретного случайного вектора. Частные и условные законы распределения компонент дискретного случайного вектора. Корреляционный момент и его свойства. Коэффициент корреляции и его свойства. Корреляционная матрица случайного вектора.

Непрерывные случайные величины и их распределения. Непрерывные одномерные случайные величины. Функция плотности и её свойства. Мода и медиана непрерывной случайной величины. Числовые характеристики непрерывных случайных величин. Непрерывные распределения: равномерное на отрезке, показательное, нормальное, Коши. Теоремы Муавра – Лапласа.

Предельные теоремы теории вероятностей. Неравенство Чебышева. Типы сходимости случайных величин. Закон больших чисел и его проявления. Теоремы Чебышева, Маркова, Бернулли, Хинчина. Понятие о центральной предельной теореме и ее роль в науке и обществе.

Выборочный метод математической статистики. Генеральная и выборочная совокупности. Вариационный и статистические ряды. Порядковые статистики и их применения. Выборочная функция распределения. Выборочные числовые характеристики. Группированный статистический ряд, гистограмма. Секторные диаграммы.

Точечное и интервальное оценивание числовых характеристик и параметров распределения генеральной совокупности. Понятие точечной статистической оценки. Требования к оценкам. Нахождение точечных оценок методом моментов и методом максимального правдоподобия. Точечные оценки математического ожидания и дисперсии генеральной совокупности. Точечные оценки параметров основных распределений. Основные распределения математической статистики: распределение Пирсона, Стьюдента, Фишера. Интервальное оценивание числовых характеристик и параметров распределения. Основные понятия. Построение доверительных интервалов для математического ожидания и дисперсии нормального закона.

Проверка статистических гипотез. Проверка статистических гипотез. Критерий значимости. Построение критических областей. Ошибки 1-го и 2-го рода. Проверка гипотезы о законе распределения. Критерий «хи-квадрат». Проверка параметрических гипотез.

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Мирзиёев Ш.М. Мы вместе построим свободное, демократическое и процветающее государство Узбекистан. – Ташкент: «Ўзбекистон», 2017. – 56 с.
2. Мирзиёев Ш.М. Обеспечение верховенства закона и интересов человека – гарантия развития страны и благополучия народа. – Ташкент: «Ўзбекистон», 2017. – 48 с.

3. Мирзиёев Ш.М. Мы построим наше великое будущее с отважным и интеллигентным народом. – Ташкент: «Ўзбекистон», 2017. – 485 с.
4. Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан». www.lex.uz.
5. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости пластичности. - М.: Высшая школа, 2004. - 400 с.
6. Бочаров П. П., Печинкин А. В. Теория вероятностей. Математическая статистика. - 2-е изд. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 296 с.
7. Бреббия К., Уокер С. Применение метода граничных элементов в технике. М.: Мир, 1982.
8. Введение в математическое моделирование. Под ред. П.В.Трусова. –М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 336 с.
9. Годунов С.К., Рябенский В.С. Разностные схемы. М.: Наука, 1977.
10. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. –М.: Наука. 1970.
11. Демидов П. Теория упругости. - М.: Машиностроение, 1987.
12. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир 1975.
13. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику: Учебник. М.: Издательство ЛКИ, 2010. —600 с.
14. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. – М.: МГУ, 1990. – 287 с.
15. Исраилов М.И. Ҳисоблаш методлари, I-II –Т.: Ўзбекистон, 2005, 2008
16. Калиткин Н.Н. Численные методы. –М.: Наука. Гл. ред. физ. –мат. лит., 1978. –512 с.
17. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969.
18. Кибзун и др. Теория вероятностей и математическая статистика. базовый курс с примерами и задачами. М.: Физматлит, 2002. - 224 с.
19. Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация, М.: Высшая школа, 1976.
20. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М.: Машиностроение, 1975.
21. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1977.
22. Мухелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966.
23. Новацкий В. Теория упругости. М.: Мир, 1975.
24. Огибалов П.М., Колтунов М.А., Термоупругость пластин и оболочек, М.: Наука 1975.
25. Победря Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности, М.: 1988
26. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1988. – 712 с.
27. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука. Гл. ред. физ. –мат. лит., 1989. – 616 с.
28. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М.: Наука. Гл. ред. физ. –мат. лит., 1989. – 432 с.

29. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. –М.: Наука. Физматлит. 1997. –320 с.
30. Седов Л.И. Механика сплошной среды, т. 1, М., Наука, 1993.
31. Седов Л.И. Механика сплошной среды, т. 2, М., Наука, 2004.
32. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. - М.: Наука, 1975.

Дополнительная литература

1. Абдушукуров А.А. Эхтимоллар назарияси ва математик статистика. Университет, 2010 й., 169 б.
2. Баврин И.И. Теория вероятностей и математическая статистика - М.: Высш. шк., 2005. - 160 с.
3. Бахвалов Л.А. Моделирование систем. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 290с.
4. Варданян Г.С., Андреев В.И, Атаров Н.М., Горшков А.А. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности Учебник для вузов. – М.: Инфра-М, 2013. – 637 с.
5. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика - М., Высшая школа, 2003. - 479 с.
6. Ивлев Д.Д. Теория идеальной пластичности. М.: Наука, 1966.
7. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. М.: Изд-во МГУ 1990.
8. Ильюшин А.А. Пластичность. Упруго-пластические деформации. - М.: Логос, 2004.
9. Ильюшин А.А., Ломакин В.А., Шмаков А.П. Задачи и упражнения по механике сплошной среды, изд. МГУ, 1973.
10. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. М.: Наука, 1974.
11. Ключников В.Д. Математическая теория пластичности. – М.: МГУ, 1979. – 208 с.
12. Ключников В.Д. Математическая теория пластичности. М.: Изд-во МГУ 1979.
13. Кристенсен Р. Введение в теорию вязкоупругости. М.: Мир, 1974.
14. Лурье А.И. Теория упругости. М.: Наука, 1970.
15. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.
16. Мейз, Дж. Теория и задачи механики сплошных сред [Текст] / Джордж Мейз; пер. с англ. Е. И. Свешниковой; под ред. и с предисл. М. Э. Эглит – Theory and Problems of Continuum Mechanics / George E. Mase. – Изд. 3-е. – Москва: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2010. – 318 с.
17. Партон В.З., Морозов ЕМ. Механика упругопластического разрушения. М.: Наука, 1985.
18. Партон В.З., Перлин П.И. Методы математической теории упругости. – М.: Наука, 1981. – 690 с.
19. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Учебное пособие для вузов. М.: Физматлит, 2006. – 272 с.
20. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. - М.: Наука, 1966.
21. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. - М.: Наука, 1981.
22. Стрэнг Г., Фикс Дж. Теория конечных элементов. М.: Мир, 1977.

23. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. М.: Наука, 1974.

Интернет сайты

1. <http://www.edu.uz>
2. <http://www.ziyonet.uz>
3. <http://www.edu.ru>
4. <http://www.intuit.ru>
5. <http://www.exponenta.ru>
6. <http://www.eqworld.ru>
7. <http://ru.wikipedia.org>
8. <http://www.twirpx.com>
9. <http://www.msu.ru>
10. <http://www.rsl.ru>
11. <http://www.nlr.ru>