

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Российской академии наук
Вычислительный центр им. А. А. Дородницына РАН**

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ВЦ РАН

академик РАН,

д. ф. - м. н., профессор

Ю. Г. Евтушенко



Октябрь 2013 г.

**Тематический план лекций по теме
«Современные проблемы механики композиционных материалов».
Дополнение : «Моделирование адгезионных взаимодействий в механике
КОМПОЗИТОВ»**

для подготовки аспирантов по специальности
05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Москва 2013

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН (дополненный)

дисциплины «Современные проблемы механики композиционных материалов»

Лекции – 34 ч.

практические занятия – 16 ч.

курсовая работа

СРС – 68 ч.

Вид контроля - экзамен

ЛЕКЦИИ (34 ч., СРС — 28 ч.).

Лекция 1 (2 ч., тема 1). Комплексная задача расчета композиционного материала с наночастицами различного назначения. Дискретизация и классификация расчетных схем. Краткий исторический очерк развития наномеханики. Место наномеханики в науке нанотехнологии.

Лекция 2 (2 ч., СРС – 2 ч., тема 2). Неклассические модели деформирования сред, учитывающие масштабные эффекты. Краткая характеристика метода молекулярного моделирования (метод молекулярной динамики). Характеристика методов эффективного поля. Метод самосогласования. Метод самосогласования (дифференциальный). Метод Мори-Танака.

Лекция 3 (2 ч., СРС - 2 ч., тема 2). Об оценке влияние включений на эффективные свойства материалов. Общий случай многофазной среды. Изолированные включения. Малые концентрации. Модель Эшелби. Влияние формы частиц. Жесткие частицы. Влияние ориентаций частиц. Анализ и выводы.

Лекция 4 (2 ч., СРС – 2 ч., тема 2). Об общих зависимостях для двухфазной смеси. Усреднение по объему. Случай эллипсоидальных включений. Пространственно изотропное распределение включений в изотропной матрице. Учет конечности концентрации. Численные оценки для рассматриваемых композитных материалов с малыми (наноразмерного уровня) и жесткими включениями. Характеристика континуальных, градиентных моделей. Постановка задач моделирования.

Лекция 5 (2 ч., СРС - 2 ч., тема 3). Моделирование масштабных эффектов в механике сплошных сред. Континуальная теория межфазного слоя. Построение расчетных моделей, описывающих механические свойства нанокомпозитов. Принцип возможных перемещений как универсальный инструмент построения моделей.

Лекция 6 (2 ч., СРС - 2 ч., тема 3). Физические модели сред. Классическая теория упругости. Простейшая теория упругости с адгезионными свойствами поверхности среды. Среда Папковича-Коссера. Среды Папковича-Коссера с адгезионными свойствами. Понятие о Гипотезе Аэро-кувшинского.

Лекция 7 (2 ч., СРС - 2 ч., тема 3). Математическая модель межфазного слоя. Формулировка частных моделей. Эквивалентные физические трактовки межфазного слоя (модель когезионного поля). Приближенные характеристики свойств межфазного слоя.

Лекция 8 (2 ч., СРС - 2 ч., тема 3). Модель чисто когезионного межфазного слоя. Приближенная аналитическая оценка свойств межфазного слоя. Моделирование свойств периодических структур. Некоторые выводы.

Лекция 9 (2 ч., СРС - 2 ч., тема 4). Особенности свойств наполненных композитов. Приближенные аналитические оценки свойств композита с учетом масштабных эффектов. Идентификация параметров модели. Некоторые частные прикладные задачи. Модель волокнистого композита. Модель композитов армированных короткими одинаково ориентированными волокнами. Классическая постановка.

Лекция 10 (2 ч., СРС - 2 ч., тема 4). Определение модуля Юнга эквивалентного материала. Модель композитов армированных короткими волокнами. Модель когезионного межфазного слоя. Определение модуля Юнга эквивалентного материала.

Лекция 11 (2 ч., СРС - 2 ч., тема 4). Задача идентификации на основе приближенного аналитического решения. Погрешность идентификации

Лекция 12 - 14 (6 ч., СРС - 2 ч., тема 4). Об одном варианте конструктивной расчетной модели, описывающей механические свойства нанокompозитов. Композит, армированный нанотрубками. Влияние размеров и формы частиц. Оценка толщины пограничного слоя. Оценка краевых зон включения. Функционализация поверхности волокон, влияние адгезионных параметров. Скорость изменения модуля упругости. Неоднородность нанокompозита. Учет межфазного слоя.

Лекция 15 (2 ч., СРС - 2 ч., тема 4). Концепция квантового-механического моделирования. Потенциал Ленарда-Джонсона. Потенциал сред Папковича. Комбинированный потенциал. Потенциал сред Сен-Венана.

Лекция 16 (2 ч., СРС - 2 ч., тема 4). Моделирование наноструктур. Объяснение экспериментальных данных по модификации связующих углеродными нанотрубками. Некоторые результаты экспериментальных исследований.

Лекция 17 (2 ч., СРС - 2 ч., тема 4). Одномерная модель межфазного слоя с адгезией при моделировании слоистого композита. Слоистые композиты. Направления перспективных работ для слоистых композитов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (16 ч., СРС — 20 ч.)

Занятие 1 (2 ч., СРС – 2 ч., тема 2). Примеры построения моделей сред с использованием вариационно-кинематического формализма. Решение задач.

Занятие 2 (2 ч., СРС – 2 ч., тема 2). Примеры построения моделей сред с использованием вариационно-кинематического формализма. Решение задач.

Занятие 3 (2 ч., СРС – 2 ч., тема 2). Оценка эффективных свойств периодической структуры с использованием решения Эшелби с учетом поверхностных эффектов. Решение задач.

Занятие 4. (2 ч., СРС – 2 ч., тема 2). Оценка эффективных свойств периодической структуры с использованием матрицы Эшелби для определения свойств наполненных композитов. Решение задач.

Занятие 5. (2 ч., СРС – 2 ч., тема 3). Сравнительная оценка свойств межфазного слоя, определение эффективных характеристик двухкомпонентного фрагмента материала. Решение задач.

Занятие 6. (2 ч., СРС – 2 ч., тема 3). Оценка эффективных свойств периодической структуры, определение коэффициента интенсивности для модифицированных матриц. Решение задач.

Занятие 7. (2 ч., СРС – 4 ч., тема 4). Оценка прочности в слоях слоистой системы с наночастицами. Решение задач.

Занятие 8. (2 ч., СРС – 4 ч., тема 4). Оценка роста поврежденности и разрушения в материале. Решение задач.

КУРСОВАЯ РАБОТА (СРС-20 ч.)

Задача 1. (темы 2 и 3). Определения эффективных свойств композита, усиленного короткими включениями нанотрубками.

Построение вариационной двумерной модели, анализ физической модели и физическая трактовка модулей упругости, ответственных за локальные межфазные взаимодействия. Построение решения методом Власова. Определение зависимости эффективных свойств от масштабных эффектов.

Задача 2. (темы 2 и 3). Определение эффективных свойств наполненных композитов в рамках прикладной теории межфазного слоя с учетом когезионно-адгезионных

локальных взаимодействий.

Построение одномерной модели прикладной теории межфазного слоя. Построение решения для двухкомпонентного фрагмента композита. Проведение анализа эффективных свойств фрагмента в зависимости от объемных содержаний фаз и размеров компонент (анализ неклассических размерных эффектов). Сравнение с классическими зависимостями для эффективных модулей упругости. Построение оценки эффектов усиления жесткости. Получение условий периодичности для периодических структур и нахождение эффективных свойств периодических структур (композитов). Численный анализ эффектов усиления нанокомпозитов.

Задача 3. (тема 4). Моделирование периодических структур с использованием потенциалов (основы молекулярного моделирования). Пример моделирования эффективных свойств однослойной углеродной нанотрубки.

Моделирование однослойной углеродной нанотрубки (как многократно статически неопределимой стержневой системы) с использованием потенциалов Ленарда-Джонса с учетом ближних и дальних парных взаимодействий.

Профессор, д.т.н.

Лурье С.А.

«01» октября 2013