

Физические модели и математическое моделирование связанных процессов в технических системах

Федотов В. П.

Екатеринбург, Институт машиноведения УрО РАН
fedotov@imach.uran.ru

Для анализа прочности необходимы феноменологические уравнения связи напряжений деформаций, температуры, концентрации легирующих элементов и т.п. Но получение их экспериментальными методами в действующей конструкции трудоемко, а зачастую, невозможно. Дальнейшее изложение основано на предположении о невозможности получения физико-механических характеристик и введения понятий устойчивости, разрушения, ресурса и т.п. в рамках замкнутой системы, поскольку они напрямую связаны с характером обмена с внешней средой. Феноменологические соотношения взаимности связанных задач могут быть сформулированы в рамках открытых неравновесных систем на основе подхода Онзагера для связанных физико-механических задач. Как гипотезу, имеющую подтверждение на практике, примем, что коэффициенты взаимности, линейные по Онзагеру, могут зависеть от обобщенных сил, что позволяет рассматривать нелинейные связанные задачи.

Для повышения скорости счета и точности вычислений предлагается модифицированный метод граничных элементов для решения задач эллиптического, параболического из гиперболического типа, как базовой основы для решения нелинейных и связанных задач математической физики. Модификация базируется на аналитическом вычислении интегралов и производных от функций влияния задач указанных трех типов и распараллеливании на всех этапах решения задач на уровне алгоритма. Для получения аналитических формул для точного вычисления интегралов от функций влияния и их производных вводится фиксированный "базовый" элемент. Интегрирование компонент функций влияния по произвольному участку границы сводится к интегрированию по фиксированному "базовому" элементу с последующим линейным преобразованием сдвига и поворота. Интегрирование для всех типов задач производится один раз, в результате чего получены компактные формулы, удобные для программирования. Предлагаемый подход исключает некорректные операции численного дифференцирования и интегрирования приближенных функций. Новизной предлагаемого подхода является установление неразрывной связи физических и математических моделей и возможность корректного решения связанных задач, что для многих других методов чрезвычайно трудоемко или вообще невозможно.

В качестве иллюстрации приводятся решения тестовых задач теплопроводности, диффузии, упругопластичности, колебания пластин.

Работа выполнена при финансовой поддержке поддержке Гранта РФФИ №13-01-12063.