

Компьютерное моделирование необратимого деформирования конструктивных элементов в экстремальных условиях нагружения

Чигарев А.В., Ширвель П.И., Сергей А.А.

Белорусский национальный технический университет

Сотрудниками БНТУ развита теория стационарных, квазистационарных и нестационарных процессов в деформируемых твердых телах с учетом объемных изменений и физически нелинейных эффектов сплошных сред. Созданы механико-математические модели, алгоритмы и программные средства, реализующие модели деформирования облучаемых конструктивных элементов, позволяющие проводить численное моделирование кинетики напряженно-деформированного состояния в условиях воздействия потока импульсных частиц большой энергии (нейтронного потока). Проведен комплекс численных исследований по изучению механического поведения конструктивных элементов при квазистатическом воздействии неоднородных термосиловых и интенсивных радиационных полей. Разработанная инженерная методика расчета элементов конструкций по определению максимальных напряжений и деформаций на действие физических полей и механических нагрузок реализована в программном комплексе, который соответствует основным стандартам к приложениям для современных операционных систем. Программный модуль для имитационного моделирования деформирования в условиях сложных техногенных воздействий позволяет получать на стадии проектирования распределение полей радиационных напряжений и деформаций, а также рассчитывать максимально допустимые флюенсы нейтронов при заданных значениях термомеханических нагрузок. Программная модель реализована на C#/C++ в среде Microsoft Visual Studio 2012 и позволяет обрабатывать и визуализировать результаты расчетов. Архитектура программного комплекса является модульной, что дает возможность в дальнейшем добавлять новые функциональные возможности и вносить улучшения. Предложенные модели и алгоритмы в дальнейшем могут послужить базой для разработки отечественных компьютерных кодов класса «улучшенной оценки» для моделирования поведения элементов конструкций и компонентов оборудования, работающих в условиях экстремальных механических, термических и радиационных нагрузок в энергетике, машиностроении, аэрокосмической отрасли. Результаты исследований могут быть использованы в сфере образования для повышения качества подготовки студентов специальностей, связанных с термомеханикой и компьютерным моделированием, а также при подготовке научных кадров

в области энергетического и атомного машиностроения и структурной механики ядерных реакторов.

УДК 629.375

Влияние материала на устойчивость прямоугольного стержня

Мышковец М.В., Тульев В.Д., Тульева В.В.

Белорусский национальный технический университет

Устойчивость различного рода стержней под действием приложенной нагрузки является важным фактором при конструировании и прогнозировании надежности таких изделий.

Следует учитывать, что на устойчивость стержней влияние оказывают не только приложенная нагрузка, но и собственный вес. Распределение внешней нагрузки может иметь различный характер. Внешние силы могут быть как распределенными по различным законам, так и сосредоточенными. Собственный вес изделия оказывает значительное влияние на устойчивость колонн, шахтных печей и других аналогичных конструкций.

В качестве исследуемой модели примем вертикально расположенный стержень постоянного сечения длины l , один конец которого будет защемлен, а на другой действует сосредоточенная сила F . При данном расположении стержня сила тяжести будет переменной величиной, зависящей от его длины. Обозначим силу тяжести, приходящуюся на единицу длины, как p . Тогда сила тяжести элемента длины dx будет pdx .

Применим вариационное уравнение для определения работы внутренних сил при переходе от одной искривленной формы к другой:

$$\delta A = M \delta \left(\frac{dv}{dx} \right) \Big|_0^l + \int_0^l \frac{d}{dx} \left(EI \frac{d^2 v}{dx^2} \right) \frac{d}{dx} (\delta v) dx \quad (1)$$

Учитывая, что полная работа равна сумме работ внешних и внутренних сил, получим следующее уравнение:

$$M \delta \left(\frac{dv}{dx} \right) \Big|_0^l + \int_0^l \left[\frac{d}{dx} \left(EI \frac{d^2 v}{dx^2} \right) + (F + R_{l-x}) \right] \frac{d}{dx} (\delta v) dx = 0 \quad (2)$$

Рассматривая лишь влияние собственного веса стержня, получим выражение для определения критической длины:

$$l_{\text{крит}} = \sqrt[3]{\frac{2EI\pi^4}{4p(\pi^2 - 4)}} \quad (3)$$

Используя (3) определим критическую длину стержня прямоугольного профиля ($a \times b$). В таблице приведены величины критической длины стержня, в котором $a=2$ см, $b=1$ см, под действием сосредоточенной силы: