

Н. Н. Фролов, И. Н. Старостенко (Краснодар, КубГТУ; КрУ МВД России). **Особенности конечноэлементарной реализации нелинейных краевых задач для тел из слабосжимаемых высокоэластичных материалов.**

При расчете резинотехнических изделий с учетом геометрической, физической, конструктивной нелинейности и смешанных граничных условиях аналитические методы оказываются практически бесперспективными. Приоритет здесь принадлежит численным методам, а именно методу конечных элементов и его сочетаниям с другими приближенными методами математического анализа.

Сформулируем ряд существенных правил, используемых при построении конечноэлементарной модели тел из слабосжимаемых высокоэластичных материалов:

1) при нумерации неизвестных в конечноэлементарной модели необходимо получать матрицу с минимальной шириной ленты;

2) построение аналитических выражений для компонент матрицы Якоби путем прямого дифференцирования сопряжено с большим объемом подготовительной работы, проведение которой не гарантирует отсутствие ошибок субъективного характера. Простейший анализ показывает, что при выбранной аппроксимации перемещений левые части уравнений равновесия конечного элемента и усредненного уравнения сжимаемости представляют собой полиномы второй или третьей степени по каждому из узловых перемещений. Аппроксимация интегралов, входящих в уравнения равновесия конечного элемента и усредненное уравнение сжимаемости, полиномами тех же степеней позволяет вычислять коэффициенты якобиана с сохранением того же порядка точности, что и при аналитическом дифференцировании;

3) в каждом конечном элементе функция типа гидростатического давления σ принимается постоянной по элементу, гидростатическое неизвестное нумеруется последним. Однако введение функции σ в число основных неизвестных задачи приводит к нарушению естественной технологии нумерации неизвестных и увеличивает размерность разрешающей системы. Для преодоления этой трудности предлагается на этапе формирования локального якобиана строку и столбец, отвечающим функции σ , исключить внутри матрицы путем реализации обычной схемы метода подконструкций [1]. Таким образом, функция σ отодвигается на второй уровень дискретизации и выходит из числа глобальных неизвестных первого уровня. Аналогичные операции осуществляются и над вектором правой части. В итоге получаем задачу относительно неизвестных узловых перемещений, при этом размерность обобщенного вектора неизвестных $\vec{Y}$ и ширина ленты матрицы снижаются [2];

4) декомпозицию построенной системы уравнений в приращения целесообразно осуществлять прямым методом Гаусса. Машинная реализация алгоритмов, предусматривающих выбор главного элемента, приводит к значительным вычислительным затратам. В процессе вычисления интегралов по объему элемента хорошо зарекомендовали себя схемы Хаммера и Гаусса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постнов В. А. Метод суперэлемента в расчетах инженерных сооружений. Л.: Судостроение, 1979, 288 с.
2. Фролов Н. Н. Применение модифицированного метода суперэлемента к решению нелинейных краевых задач механики тонкослойных резиноталлических элементов. Краснодар: Изд-во КубГТУ, 1988.