

## Программный комплекс автоматизированного проектирования конструкций *skat-n* и его применение

Фурунжиев Р. И., проф., канд. техн. наук, Кольцов А. Н., аспирант, БГАТУ, г. Минск

Несмотря на универсальность известных отечественных и зарубежных пакетов программ автоматизированного расчета конструкций возникают частные задачи, которые не могут быть непосредственно эффективно решены в рамках этих пакетов. Рассматривается информационная технология динамического анализа напряженного и деформированного состояния сред произвольной структуры с учетом существенной нелинейности прочностных и деформационных свойств материала и изменения физико-механических характеристик (плотности, коэффициента демпфирования) в процессе колебаний, которая реализуется программным комплексом автоматизированного проектирования конструкций *skat-n*, разработанным авторами этой статьи.

В процессе длительных вибрационных воздействий в некоторых средах, таких, например, как сильно увлажненные почвы со значительным включением органических составляющих, в процессе нагружения вместе с изменением прочностных и деформационных свойств среды изменяется плотность материалов  $\rho$  и связанные с этим некоторые динамические характеристики. Выполнить расчет систем с такими особенностями посредством известных пакетов не представляется возможным.

В работе используется следующий алгоритм учета изменения плотности и связанных с ней характеристик демпфирования. В целом динамическая задача решается методом шагового интегрирования. На каждом шаге динамического расчета вычисляется объемная деформация конечного элемента  $\epsilon_v$ :  $\epsilon_v = \Delta V/V$ , где  $V$ ,  $\Delta V$  – соответственно объем элемента и его изменения. На  $i+1$ -ом шаге плотность  $\rho_{i+1} = \rho_i / (1 - \epsilon_v)$ , где  $\epsilon_v = \epsilon_{11} + \epsilon_{22} + \epsilon_{33}$ .

Значение плотности на очередном шаге вычисляется после завершения итераций установления равновесия на каждом шаге. Эти вычисления выполняются, если имеет место объемная деформация сжатия, т.е.  $\epsilon_v > 0$  (для рассматриваемого в настоящей работе материала) и величина плотности не превышает соответствующей предельной величины, определяемой по заданной таблице экспериментальных данных зависимости плотности от величины гидростатической составляющей напряженного состояния.

Если материал имеет компактную структуру и от действия гидростатической составляющей напряженного состояния приобретает только упругие объемные деформации (как, например, водонасыщенные глинистые почвы в недреннированном состоянии, металлы), то пластические деформации мо-

гут возникать только под действием дивергентной части тензора напряжений.

В основу технологии компьютерного моделирования положены принципы объектно-ориентированного программирования. Причем, эти принципы лежат не только и не столько в программировании, сколько в математической постановке и формировании алгоритма расчета. Конечные элементы рассматриваются как объекты, которые включают как переменные определяющие геометрию, свойства материалов, форму отображения на экране и др., так и методы их преобразований. В частности, в объектах обеспечивается обращение к соответствующим подсистемам оптимизации параметров элемента при объектно-ориентированной оптимизации.

Возможности интерактивного графического интерфейса, многовариантного нагружения, учета специфических особенностей сопряжения позволяют достаточно полно удовлетворить требованиям реального проектирования. Ввод данных о свойствах материалов, поперечных сечениях, граничных условиях и нагрузках осуществляется непосредственно с экрана по расчетной схеме конструкции, представленной графически. Первоначально формируется база данных материалов, сортамента поперечных сечений, нагрузок, как статических так и динамических. Система позволяет рассматривать проектируемую пространственную конструкцию в любой проекции, выводить в ходе моделирования на экран исходные данные и результат конкретно по месту о заданном элементе, либо в виде отдельных таблиц. Предусмотрена возможность вывода на печать документов в графической табличной форме. Программный комплекс автоматизированного моделирования с базой данных разработан средствами визуального программирования Delphi.

## **Начертательная геометрия как основа пространственно-графического моделирования**

**Шабeka Л.С.**, докт. пед. наук, проф., БНТУ, г. Минск. **Сиссе К.**, аспирант, Университет Конакри, Республика Гвинея

Эффективное применение трехмерного компьютерного моделирования для создания различных технических форм, представления динамических процессов и получения традиционных чертежей увеличивает запрос на геометрическую подготовку вообще и начертательную геометрию в частности.

Традиционно изучение начертательной геометрии вызывает определенные трудности у студентов. Обучающиеся должны хорошо представлять то, что они собираются отобразить на плоскости, т.е. переработать информацию мысленно, а затем, опираясь на правила построения проекционных