

тели проектных групп, в которых представлен анализ работы группы, перечень решенных вопросов. В последующем обсуждении студенты отвечают на вопросы преподавателя.

В курсе "Организация строительного производства" проводится деловая игра "СПУСК" - сетевое планирование, управление строительством комплекса. В игре может участвовать одна группа от 15 до 25 человек. Участники игры должны предварительно освоить основы сетевого моделирования и практически овладеть методами построения, расчета и анализа сетевых моделей. Игра "СПУСК" предусматривает решение некоторых задач сетевого планирования и управления, связанных с сокращением сроков строительства комплекса объектов. При этом моделируется ситуация, когда данный комплекс необходимо создать в минимальные сроки. В состав строительного комплекса включается несколько объектов, на каждом из объектов создаются следующие подразделения: руководитель объекта, сетевая группа, ответственные исполнители (нулевого цикла, возведения коробки, отделки здания). Общее руководство осуществляется руководителем комплекса, в лице которого выступает преподаватель. Руководству объектов выдаются задания на строительство конкретного здания с указанием необходимых ресурсов и сроков выполнения различных видов работ. Ставится задача разработать сетевую модель строительства здания таким образом, чтобы срок строительства получился минимальным. В процессе игры созданная сетевая модель подвергается воздействию различных факторов, которые требуют ее оптимизации. В результате проведения игры участники приобретают навыки выполнения функций инженерно-технических работников в процессе использования системы сетевого планирования и управления на крупных стройках, учатся работать в коллективе, принимать решения и нести ответственность за конкретный участок работы.

При проведении государственного экзамена каждый участник получает задание ( три билета ) на разработку проектной документации на строительство здания или сооружения в соответствующее время года. В течение 4 часов, которые даются на подготовку, студент должен представить обоснованное архитектурно-планировочное и конструктивное решения, решить вопрос фундаментов, разработать технологию на выполнение основных видов строительного-монтажных работ, произвести выбор строительных машин. Затем в течение 30 минут он должен защитить свое решение перед комиссией состоящей из преподавателей кафедры.

Таким образом деловые игры позволяют повысить интерес студентов к изучаемому предмету, повысить активность студентов при проведении практических занятий и выполнении курсовых проектов научить участников игры принимать совместные решения и нести за них персональную ответственность.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ В КУРСЕ «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

*доц. А. Н. ВЕРЕЦАГИН*

Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. Н. Прянишникова

В условиях, когда время на изучение курса "Соппротивление материалов" уменьшено с трех семестров до двух, потребовалось интенсифицировать учебный процесс, используя возможности персональных компьютеров.

В первую очередь были запрограммированы построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов и определение прогибов и углов поворотов сечений балки. Формулы для указанных величин, приводимые в учебниках, как правило, ориентированы на ручной счет. Для программирования вычислений с помощью электронных таблиц Microsoft Excel использованы алгоритмы, основанные на дифференциальных зависимостях и численном интегрировании.

Разобьем балку на  $n$  участков одинаковой длины  $\Delta z$ . Из условий равновесия участка между  $i$ -тым и  $i+1$ -ым сечением получим следующие рекуррентные формулы для перерезывающих сил и изгибающих моментов

$$Q_{i+1} = Q_i + q\Delta z + P \quad (1)$$

$$M_{i+1} = M_i + Q_i\Delta z + q\Delta z\Delta z/2 + M_0 \quad (2)$$

Здесь  $q$  - распределенная нагрузка,  $P$ ,  $M_0$  - сосредоточенные силы, в том числе реакции опор, и сосредоточенные моменты.

В результате интегрирования дифференциального уравнения изогнутой оси балки получим формулы для углов поворота и прогибов сечений балки

$$\vartheta = \vartheta_0 + \int_0^z \frac{M(z)}{E \times I} dz, \quad v = v_0 + \vartheta_0 \zeta + \int_0^z f(z) dz, \quad (3)$$

$$\text{где } f(\zeta) = \int_0^z \frac{M(z)}{E \times I} dz$$

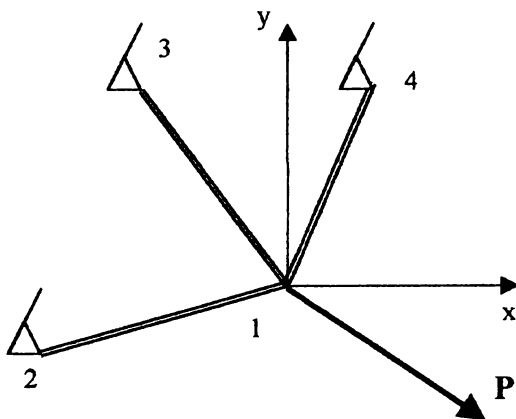


Рис. 2

Интегралы  $\int_0^z \frac{M(z)}{E \times I} dz$  и  $\int_0^z f(z) dz$  рассматриваются как интегралы с переменным верхним пределом и вычисляются методом трапеций на каждом участке и нарастающим итогом.

Начальные параметры - угол поворота  $\vartheta_0$  и прогиб  $v_0$  крайнего левого сечения балки - определяются из условий на опорах или в заделке.

Формулы (1) - (3) реализованы на электронных таблицах. В качестве примера на рис.1 представлены эпюры изгибающих моментов и перерезывающих сил, прогибы и углы поворота в сечениях двухопорных и консольной балок, длина которых разбита на сто участков ( $n=100$ ). Характер нагрузок и положение опор легко определяются по эпюрам.

Программа используется для формирования заданий, проверки расчетно-графических работ и в самостоятельной работе студентов.

Электронные таблицы применяются также для исследования влияния отдельных параметров, в том числе неточностей изготовления, на распределение усилий в стержнях плоской статически неопределимой стержневой системы (рис. 2).

Для вывода уравнения совместности удлинений стержней обычно используют геометрический метод. Хотя такой подход обладает наглядностью, его применение в каждом конкретном случае достаточно индивидуально. В общем случае уравнение совместности можно получить, приравняв нулю определитель

$$\begin{vmatrix} \Delta l_{12} & \alpha_{12} & \beta_{12} \\ \Delta l_{13} & \alpha_{13} & \beta_{13} \\ \Delta l_{14} & \alpha_{14} & \beta_{14} \end{vmatrix} = 0$$

где  $\alpha_{ij}$ ,  $\beta_{ij}$  - направляющие косинусы стержней,  $\Delta l_{ij}$  - их удлинения.

Уравнение (4) замыкает систему уравнений равновесия общего узла, что позволяет определить усилия в стержнях, используя электронные таблицы. Добавление стержней приводит к увеличению числа неизвестных и соответственно к увеличению числа уравнений совместности типа (4).

Обобщение задачи на пространственный случай не вызывает принципиальных сложностей.

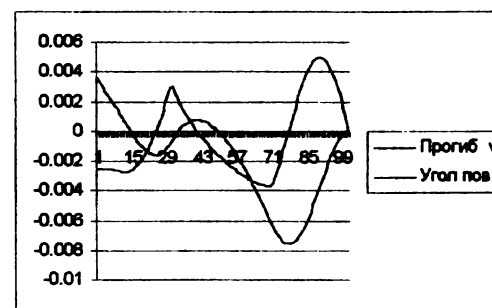
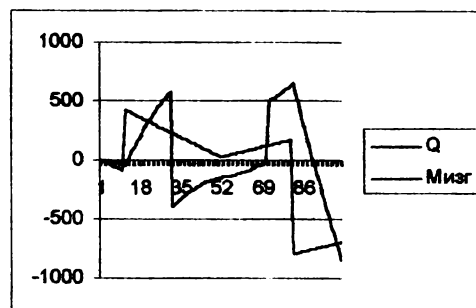
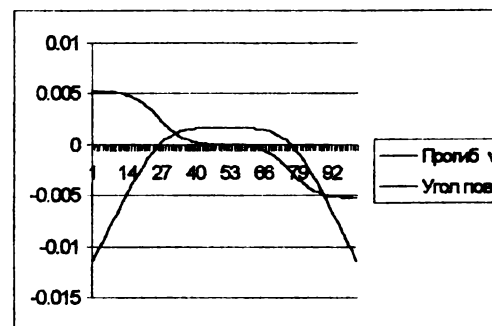
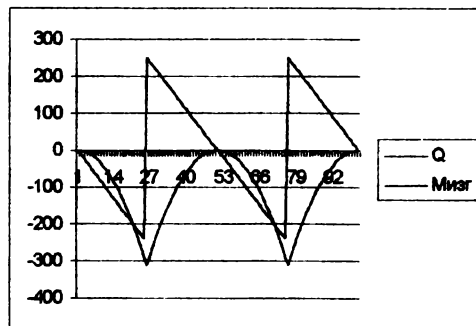
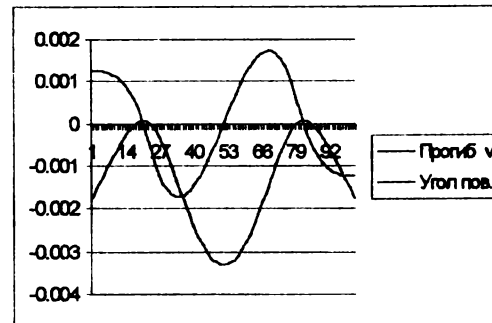
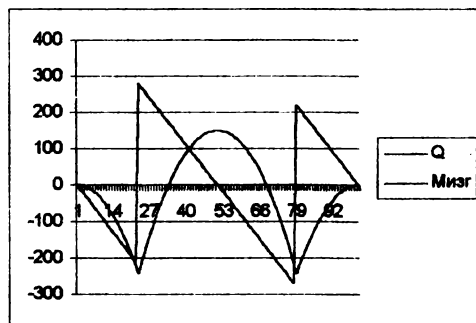
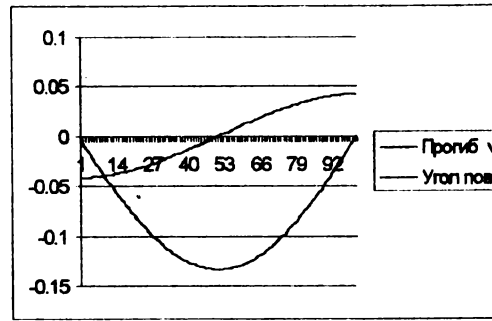
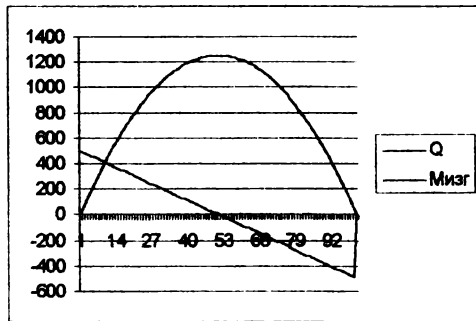
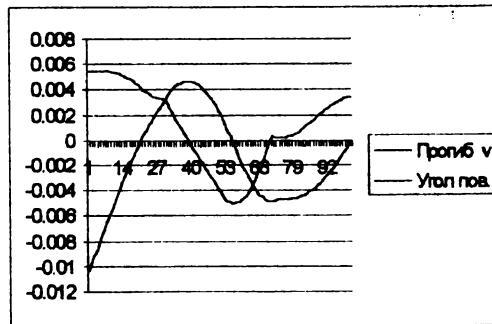
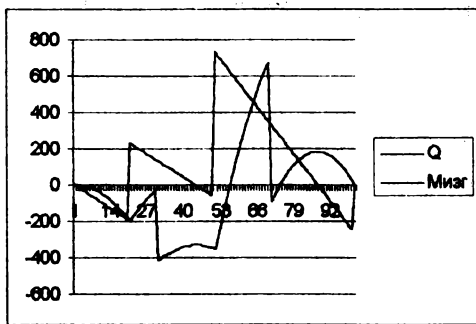


Рис. 1