

**Компьютерные методы в курсе теоретической механики для студентов  
технологических специальностей**

**Computer Methods in the Theoretical Mechanics Course  
for the Students of Technological Departments**

Капустина Ольга Михайловна

Капустина О.

*Московский государственный университет прикладной биотехнологии*

*The Moscow State University of Applied Biotechnology*

[victor@msaab.ru](mailto:victor@msaab.ru)

*В статье описывается опыт автора по организации изучения теоретической механики с использованием компьютера студентами технологических и других специальностей Московского государственного университета прикладной биотехнологии (МГУПБ).*

*The author's organization experience of computer methods of theoretical mechanics teaching the students of technological and other departments of the Moscow State University of Applied Biotechnology is described.*

*Ключевые слова: компьютерные технологии обучения, расчетно-графические работы*

Ко времени начала этих работ (1995 год) основные организационные и методические принципы компьютерных технологий обучения теоретической механике будущих инженеров уже сформировались в результате более чем десятилетней практики в Московском энергетическом институте [1] и других вузах [2]. В этот же период появились и первые учебные программные комплексы [3 - 5], предназначенные для проведения занятий на персональном компьютере.

Непосредственное копирование существующего опыта не представлялось возможным по ряду объективных причин: различия в учебных программах; ориентация некоторых программных комплексов [4] на решение конкретных задач, соответствующих не всем специальностям МГУПБ; технические особенности организации занятий в компьютерном классе.

Однако, практика показала, что эти проблемы вполне разрешимы. В настоящее время студенты нескольких специальностей МГУПБ выполняют расчетно-графические работы (РГР) с использованием компьютера по трем разделам курса теоретической механики: статика, кинематика, динамика. При этом задачи по статике и динамике точки решаются с помощью программных комплексов [3], [5], а для выполнения РГР по кинематике плоских механизмов и динамике системы материальных точек применяется пакет Turbo-Pascal.

Начало систематического использования компьютера в учебном процессе следует отнести к весеннему семестру 1995 года, когда студенты трех групп специальностей: технология переработки молока и молочных продуктов, технология переработки мяса и мясных продуктов выполнили РГР ?Определение реакций связей составной конструкции? с помощью комплекса [3]. Эта задача сводится к составлению и решению системы линейных алгебраических неоднородных уравнений равновесия конструкции. Программа [3] предусматривает матричную форму записи системы в виде

$$AX = B, (1)$$

где  $A$  – квадратная матрица коэффициентов,  $X, B$  – матрицы-столбцы соответственно неизвестных и свободных членов. Порядок решаемой системы не может быть выше девяти.

Студенты вычисляют элементы матриц  $A, B$  и в процессе работы на компьютере вводят их в клетки таблицы, изображенной на экране. Решение появляется после заполнения таблицы. Ввод новых элементов  $A, B$  и получение соответствующего решения может производиться многократно.

Абсолютное большинство студентов-технологов сравнительно легко справляется с такой задачей. При этом не требуется увеличения объема лекционного курса. На упражнениях достаточно дополнительно к обычному материалу объяснить правила записи системы уравнений равновесия в матричной форме.

С осеннего семестра 1995 года для решения второй задачи динамики точки применяется одна из программ [5]. Эта задача состоит в определении закона движения точки под действием заданных сил и сводится к решению дифференциального уравнения движения вида

$$\ddot{\mathbf{r}} = f(\mathbf{r}, \dot{\mathbf{r}}, t), (2)$$

где  $\mathbf{r}, \dot{\mathbf{r}}$  – радиус-вектор точки и производная от него по времени,  $t$  – время.

В программе [5] реализован численный алгоритм интегрирования уравнения (2) в случае движения точки на плоскости. Для обращения к программе необходимо векторное уравнение (2) записать в виде системы скалярных дифференциальных уравнений четвертого порядка в форме Коши:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= V_x, \\ \dot{y} &= V_y, \\ \dot{V}_x &= f_1(x, y, V_x, V_y, t), \\ \dot{V}_y &= f_2(x, y, V_x, V_y, t), \end{aligned} (3)$$

задать интервал интегрирования  $\tau$  и начальные условия движения точки

$$t = 0, \quad x = x_0, \quad y = y_0, \quad V_x = V_{x0}, \quad V_y = V_{y0}.$$

Результат вычислений имеет вид таблиц значений и графиков функций

$$x(t), \quad y(t), \quad V_x(t), \quad V_y(t), \quad \dot{V}_x(t), \quad \dot{V}_y(t) \quad \text{на отрезке } [0, \tau].$$

Студенты легко осваивают программу самостоятельно или с помощью небольших объяснений преподавателя. На упражнениях достаточно разобрать пример выполнения одной из РГР, показав, как система дифференциальных уравнений (2) приводится к виду (3).



значительного сокращения числа часов, отводимых на изучение теоретической механики, и технических трудностей эксплуатации компьютерных классов.

В связи с отмеченными проблемами необходимо коснуться вопроса выделения времени для выполнения студентами РГР на компьютере. В 1995 - 96 годах для этих целей приходилось отводить одно занятие в период изучения конкретной темы в часы, предназначенные для изучения механики, и одно дополнительное занятие каждую неделю в течении семестра. В последнее время по мере развития компьютерной грамотности и появления большего числа компьютеров как в классах отдельных факультетов, так и у студентов дома необходимость в дополнительных занятиях почти отпала. Сейчас вполне достаточно передать в группу дискету с нужной программой, сделав несколько коротких замечаний о правилах работы с ней.

Практика применения комплексов [3],[5] позволяет определить черты учебных программ для выполнения РГР по теоретической механике: простота и универсальность организации, позволяющая решать разнообразные задачи по той или иной теме; представление результатов решения задачи в различных формах: таблицы значений и графиков функций, движущиеся на экране точки, тела, механизмы; компактность, при которой программа умещается на одной дискете и легко распространяется среди студентов; возможность запуска с дискеты на всех типах персональных компьютеров.

Эффективные и универсальные возможности решения задач механики с наглядными графическими иллюстрациями предоставляют математические пакеты Mathematica, MathCad, Maple V, Derive, MathLab и др. Использование таких пакетов открывает новые перспективы применения компьютера в учебных целях, например: анимация механических объектов на экране; графические методы решения различных задач.

Так, в [6] рассматривается находящаяся в равновесии плоская конструкция, среди связей которой имеются две гибкие нерастяжимые нити. Проблема выбора не заданных в условии активных сил, при которых нити находятся в натяжении, приводит к нахождению каких-либо значений неизвестных параметров  $f, m$ , удовлетворяющих системе двух линейных неравенств

$$\begin{aligned} a_1 f + b_1 m + c_1 &> 0, \\ a_2 f + b_2 m + c_2 &> 0, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $a_i, b_i, c_i$  – постоянные коэффициенты. Сравнительно просто и наглядно эта задача может быть решена геометрически в результате выбора точки из области решения (7), построенной на плоскости параметров  $f, m$ . Современный уровень компьютерной графики позволяет реализовать такую методику на экране компьютера.

Существующее разнообразие вычислительных средств в свою очередь предъявляет определенные требования и к характеру постановки учебной задачи по механике. Для того, чтобы сделать возможным ее решение с помощью любого доступного способа необходимо строго определить тип и особенности получаемой математической модели движения, указать методы решения уравнений, привести пример вычислительной программы, реализующей один из методов на каком-либо распространенном алгоритмическом языке, дать рекомендации по выбору и использованию стандартного пакета.

В заключение следует отметить, что применение компьютера позволило качественно изменить уровень учебных задач, придав им черты научного исследования: построение математической модели движения, численное решение задачи, анализ и механическая интерпретация результатов. Опыт показал, что подавляющее большинство студентов заинтересованно относится к занятиям и успешно справляется с такими задачами с помощью представленных выше методов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новожилов И.В., Зацепин М.Ф. Типовые расчеты по теоретической механике на базе ЭВМ. - М.: Высш. шк., 1986. 136 с.
2. Сборник научно - методических статей по теоретической механике. Вып. 21 / Под ред. И.С. Колесникова. М.: Изд - во МПИ, 1991. - с.132 -142.
3. Корецкий А.В., Осадченко Н.В. Методические указания по проведению практических занятий по курсу "Теоретическая механика" в классах ПЭВМ. - М.: Моск. энерг. ин - т, 1993. - 44 с.
4. Корецкий А.В., Осадченко Н.В. Методические указания по работе с обучающей программой по кинематике. - М.: Моск. энерг. ин - т, 1995. - 32 с.
5. Корецкий А.В., Осадченко Н.В., Устинов В.Ф. Методические указания по работе студентов с обучающими программами по динамике. - М.: Моск. энерг. ин - т, 1996. - 59 с.
6. Зацепин М.Ф., Капустина О.М. Методические указания к расчету по курсу "Теоретическая механика. Статика системы с неупругими связями". - М.: Моск. энерг. ин-т, 1994. -24 с.