

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК**МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ**

681.142.2(076.5)

**ОБЩИЙ МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ
НА ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ**

В данной заметке речь пойдет о работе общего математического практикума для студентов младших курсов на физическом факультете МГУ. Цель создания практикума — обучение студентов-физиков применению вычислительной техники в научных исследованиях. Необходимость такого организованного обучения возникла уже давно и возростала вместе с проникновением вычислительных средств в науку. В частности, на физическом факультете на базе ЭВМ вычислительного центра МГУ неизменно расширялся круг пользующихся машинами, значительную долю которых составляют студенты-дипломники и аспиранты. С другой стороны, развитие вычислительной техники и в особенности появление алгоритмических языков высокого уровня, значительно облегчивших программирование, создали условия для массового обучения программированию.

Конечно, сейчас еще физик широкого профиля не настолько часто прибегает к помощи ЭВМ, чтобы программирование стало важной частью его техники исследования, однако оно представляет, как принято говорить, элемент математической культуры. Знакомство с ЭВМ и программированием позволяет оценить возможности использования машины в соответствующей области и, кроме того, позволяет оперативно и самостоятельно проводить различные расчеты.

Объем и форма обучения программированию связаны в основном с количеством и типом вычислительных машин, которые предполагается использовать, т. е. с имеющимся «парком» или возможностями приобретения и ассортимента выпускаемых ЭВМ. По-видимому, наилучшим образом задачам обучения отвечает система разделения времени с терминалами в качестве внешних устройств на основе достаточно мощной ЭВМ. (Терминалом называют устройство, соединенное с машиной и предназначенное для ввода и вывода информации, имеющее клавиатуру для ввода информации и управления, иногда буферную память, причем вывод производится либо на пишущую машину, либо на телеэкран. Терминалы могут быть удалены от ЭВМ на значительное расстояние; система разделения времени позволяет работать одновременно на нескольких терминалах, соединенных с одной ЭВМ). Конечно, обучение программированию можно вести и в режиме так называемой «пакетной обработки», когда обучающийся, не видя машины, общается с ней через посредников, однако на начальных стадиях массового обучения наглядность и психологический эффект личной работы на машине имеют огромное значение. Поэтому в ряде случаев целесообразнее использовать для обучения малые машины с достаточно развитым языком высокого уровня, которые можно с известными ограничениями считать эквивалентными терминалам более мощных ЭВМ, работающих в режиме разделения времени.

Следует также разделить использование ЭВМ в физических исследованиях на две формы: а) для вычислений и математического моделирования и б) для обработки физических экспериментов, когда ЭВМ становится как бы частью экспериментальной установки. Обучение каждой из них должно вестись особо, причем второй форме — на более поздних этапах. Обе эти формы в принципе реализуются на большой или средней ЭВМ, но на малой, обычно более специфицированной, приходится отдавать предпочтение одной из этих форм. То, что будет изложено ниже, касается обучения студентов на примере использования машины для вычислений, что представляется первым этапом общего обучения.

При выборе вычислительных машин, на которых должны обучаться студенты, мы руководствовались следующими основными моментами. Входной язык машины должен быть достаточно простым, чтобы обеспечить его восприятие студентами без

специальной подготовки и в короткий срок. Вместе с тем язык должен обладать основными чертами современных алгоритмических языков. Конструкция ЭВМ должна быть рассчитана на непосредственную работу на машине, пульт машины и порядок работы на ней должны быть достаточно простыми. Важное значение имеют также эксплуатационные качества машины, надежность ее работы, небольшие габариты, компактность. С другой стороны, объем оперативной памяти и быстродействие не являются существенными параметрами, по крайней мере на начальном этапе обучения.

Выбранная нами ЭВМ «Мир-1» по совокупности качеств удовлетворяет сформулированным выше требованиям. Эта машина разработана сотрудниками Института кибернетики АН УССР под руководством В. М. Глушкова¹. Входной язык машины в общих чертах напоминает современный алгоритмический язык АЛГОЛ-60. Особенностью машины является внутренняя интерпретация языка, заложенная в логической (микропрограммной) схеме, что позволяет отказаться от громоздких внешних запоминающих устройств. Обмен информацией между человеком и машиной осуществляется с помощью электрифицированной пишущей машинки (чтобы ввести программу, достаточно ее напечатать). Машина работает в десятичной системе с произвольной разрядностью, ограниченной лишь объемом памяти. Быстродействие машины при разрядности 6 составляет в среднем 200—300 арифметических операций в секунду. Объем оперативной памяти при той же разрядности составляет около 200—300 чисел. Для характеристики возможностей машины укажем, что максимальный порядок системы линейных алгебраических уравнений, которую можно (методом Гаусса) решить на машине «Мир» при разрядности 6, равен 15. При этом время решения составляет около 7 минут. Машина удобна в эксплуатации, достаточно надежна в работе, компактна.

Близкой по своим параметрам к машине «Мир» является ЭВМ «Наири». Она имеет два языка различных уровней, что позволяет при необходимости составить более тщательно и экономичную программу, рассчитанную на многократное использование. Кроме того, «Наири» имеет несколько больший эффективный объем памяти (разрядность машины фиксирована). Однако даже язык высокого уровня — развитый автокод (так называемое автоматическое программирование), как нам кажется, менее удобен и несколько более труден для первоначального восприятия. То же самое относится и к практической работе на машине. Поэтому «Наири» целесообразнее использовать для научных расчетов, хотя на ней и возможна организация обучения. Что же касается систематической обработки результатов эксперимента, то «Наири» имеет перед машиной «Мир» определенные преимущества.

Обучение студентов в математическом практикуме физического факультета происходит следующим образом. В течение первого семестра студенты выполняют три учебных задания, целью которых является ознакомление с языком машины и простейшими приемами программирования и работы на машине. На одной из первых лекций и на первом семинарском занятии по математике студенты получают основные сведения о вычислительной машине, общие представления об алгоритме и способах записи простейших алгоритмов с помощью входного языка машины. Затем им выдается задание для самостоятельного выполнения и назначается срок сдачи. За это время студенты, используя методическую литературу — «Описание входного языка и инструкция по использованию ЭВМ «Мир-1», — составляют программы на входном языке машины. При этом они обращаются за консультациями к преподавателям, ведущим занятия по математике, и дежурным преподавателям математического практикума. Допуск к выполнению задания на машине производится после проверки программ и знаний студента преподавателем математического практикума. Эту проверку удобно производить в форме коллоквиума для всей группы или ее части. После успешной сдачи допуска студенту назначается время работы на машине. Для каждого задания отводится 30 минут; таким образом, каждый студент в первом семестре работает на машине 1,5 часа. Работа выполняется, как правило, самостоятельно, без помощи лаборанта.

Учебные задания, предлагаемые в первом семестре, включают следующие основные моменты. В первом задании дается знакомство с основными конструкциями языка — арифметическими выражениями, стандартными функциями, простейшими операторами, а также с порядком и особенностями работы за пультом.

Примеры. 1. Вычислить

$$a) \frac{4 - 0,0186^2}{\sqrt{0,1} - \sqrt{10}} \quad \text{с разрядностью 6,}$$

$$b) (1 + \sqrt[24]{\lg 3})^4 \quad \text{с разрядностью 7,}$$

$$в) \sum_{n=1}^{24} \frac{\sin n}{n \sqrt{n}} \quad \text{с разрядностью 5,}$$

2. Найти корень трансцендентного уравнения $F(x) = 0$ с помощью стандартной (составленной заранее) программы, использующей метод деления интервала пополам.

Для этого необходимо ознакомиться с программой и задать, наряду с другими параметрами, вид функции $F(x)$. В этом задании стандартная программа вводится с перфокарты.

Во втором задании развивается понятие алгоритма (простейшие циклические программы, условные операторы).

Пример. Задана последовательность $a_n = n/2^n$. Найти наименьший номер n , при котором удовлетворяется условие $a_n < 10^{-6}$.

В следующем задании, наряду с предыдущими вопросами, рассматривается работа с массивами чисел.

Примеры. а) Найти коэффициенты p и q прямой $px + q$, имеющей наименьшее среднеквадратичное отклонение от заданных точек $x_i, y_i, i = 1, 2, \dots, N$, на плоскости (даны формулы).

б) Даны координаты точек на плоскости $x_i, y_i, i = 1, 2, \dots, N$. Найти точку, расстояние которой от данной прямой минимально. N берется равным 10—20.

Кроме того, студенты во втором семестре выполняют задания по приближенным методам вычислений из курса высшей математики: вычисление определенных интегралов по квадратурным формулам и решение трансцендентных уравнений.

Во втором, третьем и четвертом семестрах студенты используют ЭВМ для обработки результатов экспериментов, полученных в общем физическом практикуме. Автоматизация обработки результатов эксперимента здесь относительна, поскольку в ЭВМ «Мир» очень трудно осуществить прямой ввод информации от установки, и речь идет лишь об автоматизации вычислений на основании полученных обычным способом результатов. Кроме того, такая автоматизация является частичной, так как каждый студент в течение семестра выполняет две-три задачи с обработкой на машине. Сама обработка производится по стандартным программам, составленным заранее на основе простых алгоритмов. Типичным примером здесь может служить задача определения некоторых физических параметров методом «наименьших квадратов». Программирование таких задач не является принципиально сложным, однако вся работа, включая отладку программ, достаточно трудоемка и поручать ее всем студентам нецелесообразно. По-видимому, обучение студентов применению ЭВМ для обработки результатов эксперимента требует постановки специальных задач, что следует учесть при пересмотре и модернизации физического практикума.

Для реализации описанной программы обучения потребовалось иметь минимально одну ЭВМ типа «Мир» на каждые 200 студентов I курса. Работа машин была организована в две смены с 9 до 22 часов, что требует сменной работы обслуживающего персонала. В основном студенты работают на машинах в часы, свободные от академических занятий по расписанию. Остальное время может использоваться для выполнения различных расчетов по научным исследованиям. На физическом факультете МГУ, наряду со студентами I и II курсов, на ЭВМ «Мир» работали сотрудники, аспиранты и студенты-дипломники почти со всех кафедр.

С самого начала работы математический практикум вызвал у студентов большой энтузиазм. Процесс «живого» общения с машиной значительно повышает эффективность обучения. Случаи неявки или опозданий на машину достаточно редки. У многих студентов независимо появилось желание применить полученные знания для обработки задач физического практикума в самом начале обучения программированию. Некоторые студенты дежурили в машинном зале, добровольно помогая операторам, чтобы получить возможность поработать на машине. По общему мнению студентов, курс обучения программированию и работе на машине не является сложным. Большинство допускаемых студентами ошибок объясняется скорее описками, чем непониманием существа дела.

В результате обучения в математическом практикуме студенты получают знакомство с основами программирования и работой на ЭВМ, а также с простейшими методами и приемами вычислений на ЭВМ. Они могут оценить свои способности к работе с использованием машин, что позволит выявить склонности и повлиять на последующий выбор научной деятельности на раннем этапе обучения. В программировании большое значение имеет опыт, приобретаемый за продолжительное время. Конечно, прошедших описанный курс обучения нельзя называть опытными программистами, однако на основании работы математического практикума можно сделать вывод, что большинство студентов получают хорошие знания, достаточные для дальнейшей самостоятельной работы и последующего накопления опыта.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Б. И. Волков

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Глушков, А. А. Летичевский, А. А. Стогний, Киббернетика, № 1, 74 (1965).