

УДК: 681.142.4.

**ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ С ЭЦВМ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В.А. Алексеев, В.А. Львов

Обычно цель эксперимента заключается в получении исчерпывающей информации о неизвестном явлении. При полной автоматизации эксперимента результаты обработки, выдаваемые машиной, могут скрыть от человека ряд тонкостей, присущих исследуемому явлению и необходимых для решающего (иногда неожиданного) вывода. Это требует активного участия человека в работе системы автоматизации и организации обмена информацией между человеком и машиной.

Особенностью проведения научных исследований является то, что линия поведения экспериментатора для достижения поставленной цели не всегда может быть четко определена до начала опыта или выполнения некоторых этапов обработки. Средства ввода исходных данных и представления результатов обработки при автоматизации научных исследований должны обеспечивать свободу действий оператору и должны быть развиты гораздо шире, чем при автоматизации производственных процессов. Необходима гибкая система отображения, дающая возможность сопоставлять промежуточные и окончательные результаты в разных вариантах.

С точки зрения специфики вывода из ЭЦВМ результатов обработки в число экспериментальных научных исследований должны быть включены и мысленные эксперименты, в которых реально существующие объекты заменены математическими моделями. Единственное отличие эксперимента с участием реального объекта от

мысленного эксперимента состоит в некотором облегчении ввода сведений в ЭЦВМ в последнем случае. Таким образом, любое научное исследование подпадает под определение "научный эксперимент" и, следовательно, является объектом автоматизации. Тогда деление ученых на теоретиков и экспериментаторов нам кажется здесь излишним, и впредь будет использоваться единый общий термин "исследователь".

Основная задача при автоматизации научного эксперимента заключается в обеспечении исследователя широким набором методов и технических средств обработки исходных данных и представления результатов исследования в удобном для исследователя виде. Такой набор в идеале должен позволить исследователю получать результаты в любом формально-допустимом виде (например, в виде части n -мерного гиперпространства), производить над ними любое преобразование (например, интегрирование, преобразование Фурье, конформное отображение, многократное дифференцирование, замену переменных и т.д.) и выбрать наиболее приемлемую форму представления результатов.

Как показала наша небольшая практика, почти все пользователи машины, получая результаты в виде цифр и букв, в дальнейшем строят по этим данным различные графики. Реже составляются упорядоченные таблицы. Причем часто бывает, что графики нужны исследователю раньше таблиц (для грубой приблизительной оценки хода эксперимента, для выявления ошибок в программе и контроля правильности работы всего комплекса). Лишь на самом последнем этапе, когда исследователь уверен в истинности результатов, встает вопрос об их оформлении.

Таким образом, при выводе из ЭЦВМ результатов исследований можно различить два этапа. На первом этапе важно иметь большую скорость вывода и изменения информации, простоту редактирования и выбора способа отображения данных. На втором этапе по окончании творческого процесса исследования главное требование к выводу информации заключается в качестве оформления (точность, сглаживание случайных ошибок на графиках, наглядность представления результатов, необходимый формат, координатная сетка, подписи и размеры и т.д.). Выработанная машиной информация должна быть без всякой дополнительной обработки пригодна для публикации либо для пользования в качестве основной технической документации.

На первом этапе основной техникой для представления информации оператору является устройство вывода на электронно-лучевую трубку (ЭЛТ) с алфавитно-цифровой клавиатурой и устройства-

ми ввода типа "световое перо" либо "электропланшет". Такие средства широко используются за рубежом (в США, Англии и Франции), начата разработка таких средств и у нас [1,2], и они с успехом применяются, например, в работах по автоматизации настройки и анализа работы схем, реализуемых в макете вычислительной среды [3].

Средствами представления информации на втором этапе являются двухкоординатные шаговые графопостроители и дискретно-шаговые устройства на прецизионных ЭЛТ с кино-или фотосъемкой. Важным свойством системы вывода изображений на экран прецизионных ЭЛТ является возможность формирования движущихся изображений, что позволяет наблюдать обобщенные характеристики исследуемого явления в динамике. При этом результаты эксперимента могут быть зафиксированы в виде кинофильма в желаемом масштабе времени [4]. Психологический эффект такого обозримого представления пока даже трудно оценить. Совершенно очевидно, что при этом появляется реальная, технически осуществимая возможность хотя бы частичной автоматизации творческого умственного труда путем замены воображения непосредственным восприятием.

Для обработки методики автоматизации научного исследования можно удовлетвориться на первых порах довольно скромным набором оборудования, максимально используя серийную вычислительную технику. Применяемые в научном исследовании отечественные универсальные ЭЦВМ достаточно четко делятся на две группы: с одной стороны, большие машины типа "М-220" и "БЭСМ-6", имеющие мощный процессор и сравнительно ограниченные возможности связи с физическими объектами, с другой стороны - управляющие вычислительные машины (УВМ) с развитой структурой устройств для связи с внешними источниками и потребителями информации в реальном времени.

Устройства связи с внешними объектами (УСО) управляющих машин позволяют очень удобно подключать к этим УВМ различные вспомогательные приборы и установки. Увеличение мощности процессора УВМ может быть получено подключением УВМ через каналы связи к более мощной центральной ЭЦВМ. В качестве такой периферийной УВМ, осуществляющей функции сбора и редактирования исходной информации и обеспечивающей буферной памятью индивидуальными пультами исследователей, может быть успешно использована, например, УВМ типа "Днепр". Мощности одной такой УВМ достаточ-

но для обеспечения одновременной работы 2-3 индивидуальных пультов исследователя. При этом УВМ "Днепр" особенно удобна на первой стадии разработки системы тем, что имеет блочную структуру оперативной памяти (по 512 ячеек в блоке) и при несложной переделке машины каждый блок может программно переводиться в режим автономной работы в качестве буферной памяти одного из внешних устройств. Цикл обращения к оперативной памяти занимает 13 мксек, что достаточно для обеспечения качественной работы устройства вывода на ЭЛТ.

Устройства графического обмена для каждого индивидуального пульта содержат (рис. 1): электронно-лучевую трубку (ЭЛТ), устройство управления для циклического опроса буферной памяти и формирования изображения для вывода на экран ЭЛТ, генераторы символов и векторов, электропланшет, алфавитно-цифровую клавиатуру. Кроме того, имеются общие для всех пользователей осциллограф с аппаратурой для автоматического фотографирования и киносъёмки, высокоточный двухкоординатный шаговый графопостроитель, обычные одно- и двухкоординатные самописцы. Общими являются также все остальные внешние устройства УВМ для связи с управляемыми объектами. Опытные образцы всей необходимой периферийной нестандартной аппаратуры либо проходят экспериментальную эксплуатацию в лаборатории Института математики СО АН СССР, либо находятся в завершающей стадии разработки.

В качестве центральной ЭЦВМ, обеспечивающей значительную глубину переработки информации, может быть использована любая машина, имеющая хорошее математическое обеспечение и большой объем памяти, например, ЭЦВМ "Минск-22", "М-220", "БЭСМ-6" или вычислительная система "Минск-222". При осуществлении этой схемы исследователь, работая за пультом, находящимся в непосредственной близости от УВМ типа "Днепр", получает возможность при проведении эксперимента пользоваться, с одной стороны, развитой системой внешних устройств УВМ для ввода сведений (в том числе и автоматически с реального объекта в реальном масштабе времени) и получения результатов в желаемой форме (в том числе и в виде сигналов управления объектом в реальном масштабе времени); с другой стороны - всеми известными преимуществами большой ЭЦВМ или высокопроизводительной вычислительной системы.

Развитие систем с графически-ориентированным обменом "человек-машина", начатое в самые последние годы, вызывает все возрастающий интерес со стороны специалистов многих направлений и уже приносит первые осязаемые результаты. Так, в ЭМА сейчас по-

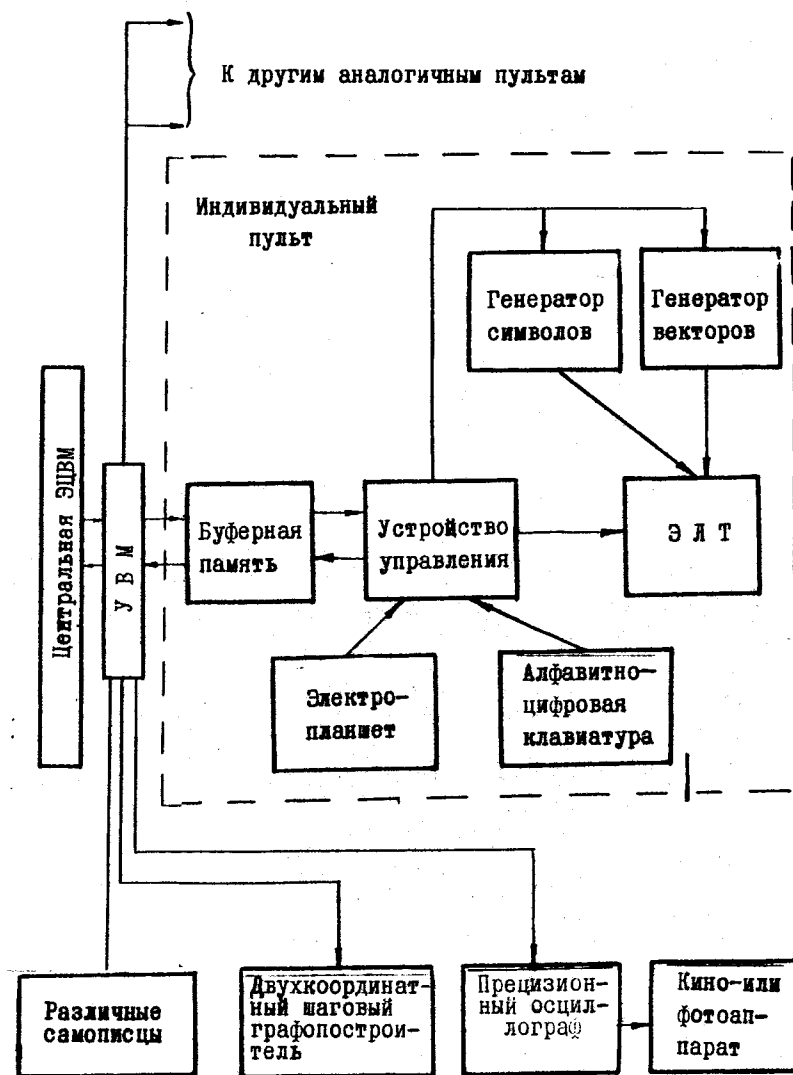


Рис. 1. Схема подключения устройств графического обмена.

лучили серьезное развитие специализированные системы для расчета электронных схем [5,6]. Имеются сведения о применении ЭЦВМ при проектировании с полным оформлением всей чертежной документации [7-9], о создании системой "человек-машина" художественных произведений [10]. В советской литературе есть сообщения о создании графически-ориентированной системы для раскроя металлических листов и их автоматической резки [11,12].

Для научных исследований системы с графическим обменом применяются пока мало, в качестве примера работы в этом направлении можно назвать только систему "Диалог" [5].

В Институте математики СО АН СССР первые опыты по созданию системы с графическим обменом были проведены весной 1967 г. УВМ "Днепр" использовалась для настройки логической структуры универсальной вычислительной среды (УВС). Структура УВС, соответствующая каждой фазе её настройки, отображалась на экране ЭЛТ [3]. Разработана также система цифрового отображения на ЭЛТ содержимого ячеек оперативной памяти "Днепр", что позволяет ускорить отладку программы (рис. 2).

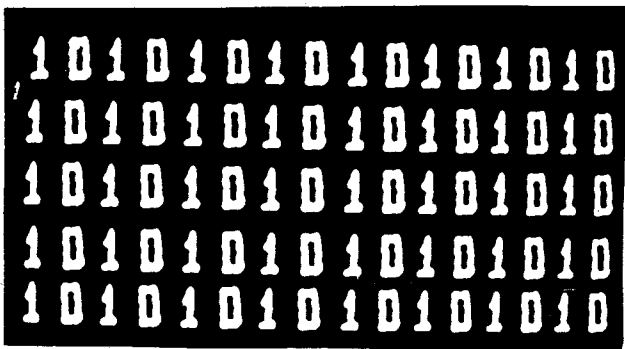


Рис. 2. Изображение цифровой информации на экране ЭЛТ.

На базе разработанных устройств для графического ввода и вывода и программ низшего уровня для обслуживания этих устройств возможно выполнение следующих действий: кодирования и ввода разнообразных изображений с бумажного носителя путем автоматического сканирования [13]; полуавтоматического кодирования координат точек с помощью электропланшета [1]; вывода массива точек в виде графика на телевизионный экран (в циклическом режиме) [2]; вывода графической информации на дискретный графопостроитель и на осциллограф для покадрового фотографирования или

киносъемки; преобразования координат (перенос начала, поворот осей, изменение масштабов); сглаживания массива рядом Фурье; параболической интерполяции двумерного массива, заданного с переменным шагом по аргументу (для получения равномерного шага по контуру); рисования стандартных символов на экране ЭЛТ и дискретном графопостроителе.

Разработаны также программы исполнения специальных чертежных функций: вычерчивания отрезков, лучей, дуг, касательных к окружности; спирали Архимеда, лекальных кривых, штриховки и т.п. Рис. 3 и 4 иллюстрируют возможность применения УВМ "Днепр" для изготовления схем печатного монтажа и для показа движущихся объектов. Схема печатного монтажа получена при помощи про-

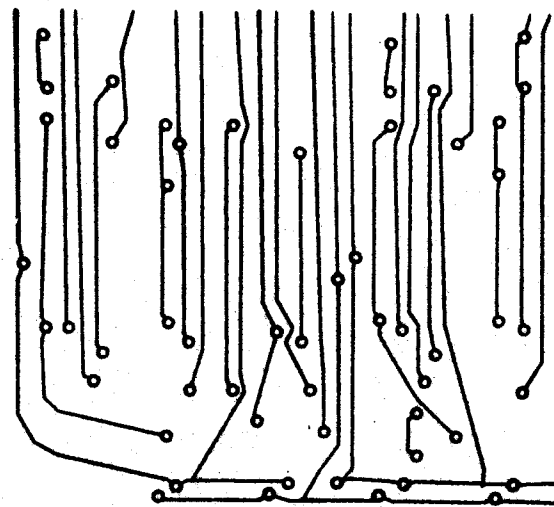


Рис. 3. Изображение части схемы печатной платы, полученное на шаговом графопостроителе.

граммных генераторов чертежных символов и выполнена в истинном масштабе на шаговом графопостроителе. Кинокадры с изображением катящегося колеса получены при помощи программной поточечной генерации изображения с прямым управлением лучом осциллографа через цифро-аналоговые преобразователи УВМ "Днепр".

Дальнейшее развитие этих работ позволит производить с помощью периферийной УВМ:

- 1) считывание с различных внешних устройств и синтаксичес-

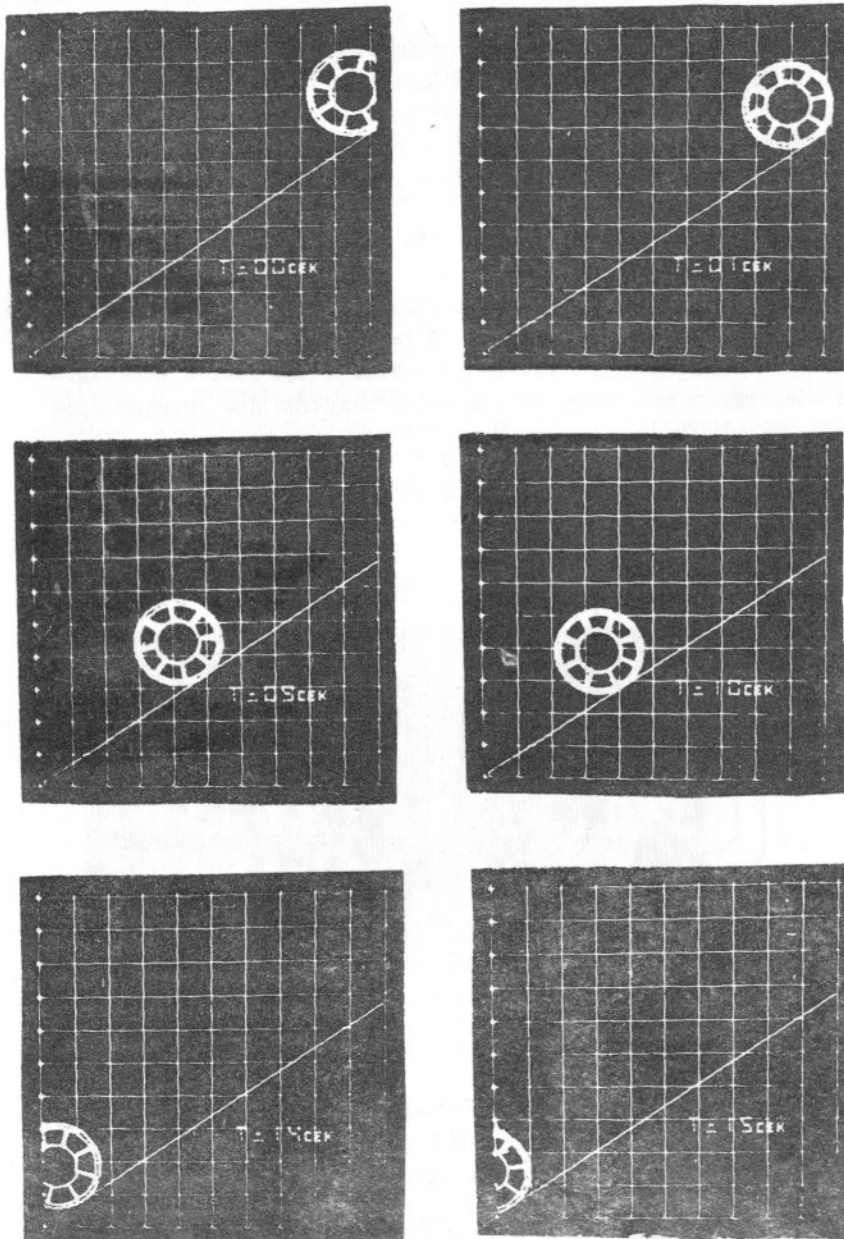


Рис. 4. Кинограмма изображения катящегося колеса на экране ЭЛТ.

кое редактирование в оперативной памяти УМ исходных данных и блоков программ на входном языке;

2) двусторонний обмен информацией с машинами высшего уровня по линиям связи;

3) редактирование и оформление по желанию пользователя выходной информации (результатов) по возможности в автономном от больших машин режиме;

4) правку текста на ЭЛТ с последующей печатью его до 12 экз. одновременно на пишущей машинке;

5) составление таблицы из массива результатов по указанию пользователя и изображение этой таблицы на ЭЛТ;

6) показ двумерных графиков, а также аксонометрических и стереоскопических изображений трехмерных объектов. Нанесение на графиках и чертежах размеров, сетки, осей, указателей, подписей, пояснений и правки графиков на ЭЛТ (поворот, смещение, замена переменных, изменение масштаба изображения, сглаживание);

7) показ движущихся объектов на ЭЛТ и кадровую съемку мультфильма на киноплёнку;

8) фиксацию окончательных результатов на высокоточном дискретном графопостроителе в нужном количестве экземпляров.

Более сложные программы, относящиеся к переработке исходной информации, имеет смысл развивать обычным образом на входном языке больших машин, когда будут реализованы необходимые связи с этими машинами.

Л и т е р а т у р а

1. Л.А. КОЗЛОВ, В.А. ЛЬВОВ. Электропланшеты для ввода графической информации в ЭЦМ. - Данный сборник, стр. 126-132.
2. В.А. ЛЬВОВ, Н.Ф. СЫЧЕВ. Вывод графической информации на экран ЭЛТ. - Данный сборник, стр. 135-140.
3. А.И. МИШИН, Н.Ф. СЫЧЕВ, В.Г. ХРУЩЕВ. Об автоматизации ввода информации в вычислительную среду. - Данный сборник, стр. 141-145.
4. K.C. KNOWLTON. Computer-Produced Movies. - Science, November 26, 1965, vol. 150, p. 1116-1120.
5. S.H. CAMERON, D. EWING, M. LIVERIGHT. DIALOG: A Conversational programming system with a Graphical orientation. - Communication of the ACM, 1967, June, N 6. "Система программирования DIALOG для ЭЦМ с графическим вводом-выводом". Экспресс-информация, серия "Вычислительная техника", № 37, ВИНТИ, М., 1967.
6. М.Л. ДЕРТЮЗОВ. CIRCAL - системы для проектирования схем в реальном масштабе времени. Труды ИИЭР, русский перевод, т. 55, № 5, 1967 г., ВИНТИ М., 1967.

7. Машинный расчет видеоусилителя. Электроника, русский перевод, том. 40, № 14, 1967 г., ВИНТИ, М., 1967.
8. М.Д. ПРИНС. Графические методы связи человек-вычислительная машина при машинном проектировании. Труды ИИЭР, русский перевод, т. 54, № 12, 1966 г., ВИНТИ, М., 1967.
9. J.R. AICHER. Producting piping isometric drawings via computer and plotter. - Computer bulletin, 1967, vol.11, N 2, (русский перевод "Вычислительная машина, управляющая построителем изометрических схем систем трубопроводов". Экспресс-информация, серия "Вычислительная техника", № 47, ВИНТИ, М., 1967).
10. Annual Computer Art Contest. - Computer and Automation, August 1967, vol.16, N 8.
11. Б.Н. МАЛИНОВСКИЙ, В.И. СКУРИХИН, Г.А. СПЫНУ. Цифровой метод в технологии проектирования и изготовления судокорпусных деталей. - Вычислительная техника для автоматизации производства, Машгиз, М., 1963.
12. В.П. ЕРШОВ. Язык для записи геометрической информации о плоских листовых деталях судового корпуса. Семинар "Информационно-управляющие системы", вып. 1, Киев, Изд. ИК АН УССР, 1967.
13. В.А. ЛЬВОВ, Н.С. ПОЛЕЩУК, Н.М. КАЗАЧУК. Устройство для автоматического кодирования и ввода в ЭВМ изображений с черно-белых фотографий. ГОСИНТИ, ПНТПО, № 19-67-1784/39.

Поступила в редакцию
1 октября 1968 г.