

2. С. В. Денбновский, Г. Ф. Семенов. Запоминающие электронно-лучевые трубки в устройствах обработки информации. М., «Сов. радио», 1973.
3. В. М. Кондратенков, Г. С. Котовщиков. Запоминающие трубки с видимым изображением. М., «Сов. радио», 1970.

Поступила в редакцию 20 июня 1975г.

УДК 681.3 : 52 : 62—52 : 528 : 529 : 531.6

**В. М. АЛЕКСАНДРОВ, Г. И. ГРОМИЛИН, И. С. КАРЛСОН, Н. Н. КАРЛСОН,
Л. Б. КАСТОРСКИЙ, С. А. КУЗНЕЦОВ, В. И. ЛИТВИНЦЕВ, М. М. ЛЯПУНОВ,
Н. Н. ПОКРОВСКИЙ**

(Новосибирск)

«ПЛАНШЕТ» — УСТРОЙСТВО ВВОДА — ВЫВОДА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Автоматизация научных исследований, проектирования и конструирования требует постоянного совершенствования средств ввода и вывода из ЭВМ графической информации. В настоящей работе рассматривается устройство, совмещающее функции графопостроителя и кодировщика. Применение оптимального по быстродействию алгоритма движения по прямым и кривым линиям позволило достигнуть скорости вычерчивания до 1 м/с при точности 50 мкм.

Блок-схема устройства показана на рис. 1. Управляющая информация из ЭВМ поступает в процессор, который организует различные режимы кодирования и совместно с интерполятором готовит задающие воздействия для блока слежения. Блок слежения непосредственно управляет приводными электродвигателями механизма. Сигналы обратной связи вырабатываются датчиками положения, связанными со считывающим или пишущим узлом.

1. **Конструкция механической части.** При проектировании устройства ставились следующие задачи:

1. Минимизировать массы и моменты инерции подвижных частей.
2. Обеспечить точность движения пишущего узла не ниже 50 мкм.
3. Сделать устройство обратимым, т. е. иметь возможность заменять пишущий узел на считывающий и перемещать его вручную, не затрачивая больших усилий.

С учетом этих требований был разработан механизм, основанный на применении гибких связей (тросиков) для передачи движения [1]. На рис. 2 приведена кинематическая схема механизма. Направляющие 1—4 расположены по краям планшета 5. По направляющим движутся каретки 6—9 со шкивами 10 и 11. Головка 12 с пишущим или считывающим узлом перемещается по планшету 5. На ней жестко закреплены

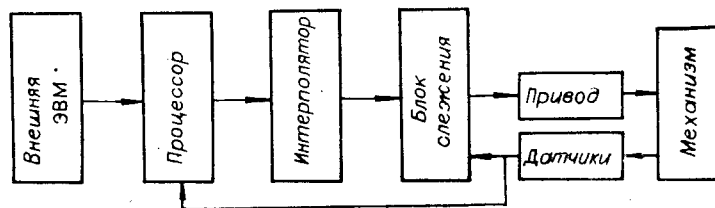


Рис. 1.

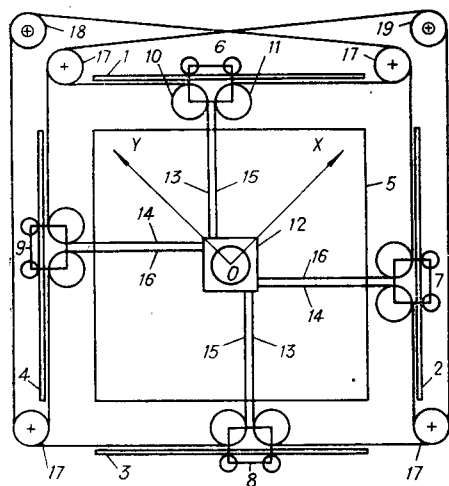


Рис. 2.

Суммарная расчетная погрешность механизма, включая динамическую (при ускорении головки 2 м/с^2), составляет около 30 мкм . Сила, необходимая для перемещения головки в режиме считывания, не превышает 130 г . Небольшие массы подвижных звеньев и силы трения в механизме позволили применить маломощные двигатели типа ДПР-62.

На рис. 3 изображено устройство «Планшет» с пишущим, а на рис. 4 — со считывающим узлом.

2. Алгоритмы управления. Пишущий узел графопостроителя должен перемещаться из начальной точки в конечную по вполне определенной кривой. Это движение задается процессором и называется программным. Программные движения на «Планшете» оптимальны по быстрдействию с учетом динамики механизма и ограничений на максимальные моменты сил двигателей и максимально допустимую скорость вычерчивания.

Алгоритм оптимального по быстрдействию движения вдоль кривых линий подробно описан в работах [2—4]. Для движения по прямым алгоритм реализован аппаратно. Максимально допустимая скорость может задаваться произвольно. Максимальное ускорение вдоль каждой координаты (2 м/с^2) определяется механизмом и двигателями. Программное движение может происходить из текущей точки в любую другую,

концы тросиков 13—16, которые кинематически связывают ее с каретками 6—9 и через двухручьевые шкивы 17 с барабанами 18 и 19. С барабанами непосредственно связаны датчики положения и через отключаемые редукторы — приводные электродвигатели.

Положение кареток и головки однозначно определяется углом поворота барабанов. При вращении барабана 19 головка перемещается параллельно оси X, а при вращении барабана 18 — параллельно оси Y.

По этой схеме в Институте автоматизации и электрометрии СО АН СССР был изготовлен макет с размером планшета $500 \times 500 \text{ мм}$. В качестве датчиков положения использованы поворотные индуктосины.

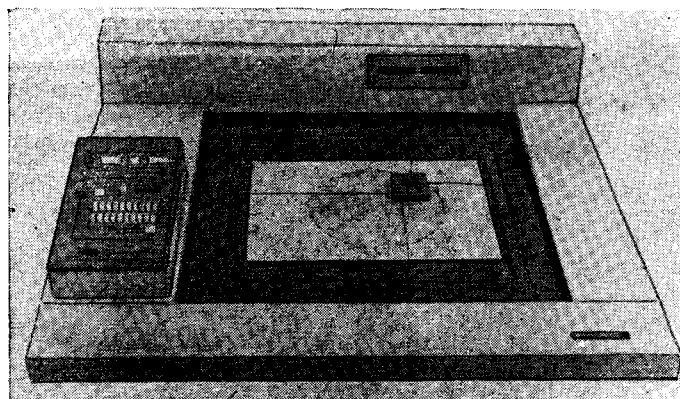


Рис. 3.

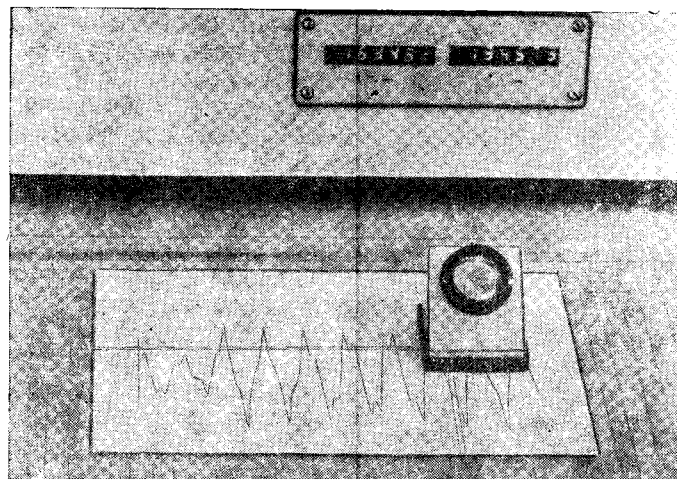


Рис. 4.

находящуюся на планшете, с точностью около 4 мкм, определяемой процессором. Точность реального движения определяется погрешностями механизма и следящей системой, о чем будет сказано ниже.

Алгоритм движения по произвольным кривым реализован на ЭВМ HP2116B и может использоваться на ЭВМ М-6000. Уравнения кривой задаются в параметрическом виде. Элементы движения рассчитываются двумя проходами. Во время первого прогона определяются участки торможения, во время второго — участки разгона. Время вычисления на ЭВМ HP2116B примерно на порядок больше времени вычерчивания. Результаты хранятся в виде вторых разностей от путей по координатам X и Y и с тактовой частотой 300 Гц поступают на «Планшет». На одну секунду движения требуется около 150 байт памяти. Однажды рассчитанную линию можно вычерчивать с параллельными переносами и поворотами, что делается аппаратно, без затрат машинного времени.

Если кривая задана не уравнениями, а таблично, то ее необходимо восстановить. Для этой цели используются кубические сплайны [5, 6], зависящие от параметра, в качестве которого выбирается длина вдоль хорд, проходящих через узлы кривой. Восстановленная кривая в каждой точке описывается полиномами третьей степени и имеет непрерывные первые и вторые производные по параметру. На ЭВМ HP2116B время, необходимое для вычисления кривой, заданной ста узлами, составляет около 5 с.

Полученная кривая относится к классу лекальных. Ее интегральная кривизна близка к минимальной. Так, например, если на окружности взять четыре равномерно расположенные точки и провести через них вышеуказанным способом кривую, то отклонение этой кривой от окружности не превысит 1% от радиуса, а для двенадцати точек — 0,0165% [5]. На рис. 5 приведена кривая, проведенная с помощью сплайнов через случайно расположенные точки.

На практике, как правило, необходимость вычерчивания сложных лекальных кривых встречается редко. Гораздо больший интерес представляет вычерчивание кривых второго порядка (окружности, эллипсы, параболы и гиперболы). Анализ работ [2—4] показывает, что для кривых второго порядка, уменьшив в среднем на 10—15% скорость, можно получить простой в реализации алгоритм движения. Этот алгоритм не является оптимальным по быстродействию, но может работать в реальном масштабе времени, не требуя предварительных расчетов. Более

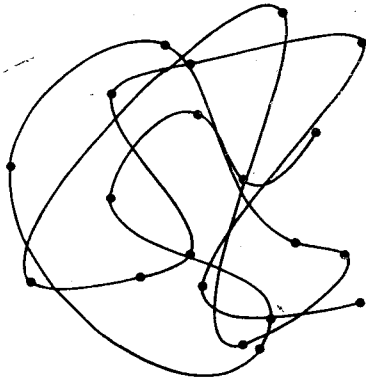


Рис. 5.

того, если сложная линия является совокупностью прямых и кривых второго порядка, сшитых до первой производной включительно, то ее можно выводить непрерывно, не останавливаясь в точках сшивки. Расчеты показывают, что в этом случае скорость вычерчивания повышается более чем на порядок по сравнению с существующими графопостроителями. Информация о движении задается макрокомандами, например, в формате стандарта *ISO*, где указаны параметры элементарной кривой, максимально допустимые скорости вычерчивания и необходимость остановки или продолжения движения в конце кривой. Для вычерчивания эллипсов, парабол и гипербол стандарт *ISO* необходимо дополнить. Если темп поступления информации по каким-то причинам замедлится, движение пишущего узла притормаживается вплоть до остановки, причем пишущий узел всегда находится на заданной кривой.

В настоящее время этот алгоритм реализуется на ЭВМ HP2116B. Под его управлением, например, время вычерчивания окружности радиусом 20 см равно около 2 с.

Рассмотренные выше алгоритмы представляют интерес не только для выполнения чертежных работ, но и для управления программными металлорежущими станками, изготовления плазов в судо- и авиастроении, словом, там, где необходимо перемещать динамические объекты вдоль заданных кривых с максимальным быстродействием.

3. **Кодирование графической информации.** «Планшет» имеет два режима кодирования графической информации — ручной и полуавтоматический.

В ручном режиме оператор устанавливает считывающий узел в нужную точку и нажимает кнопку «Ввод точки» на пульте управления.

В полуавтоматическом режиме оператор ведет считывающий узел вдоль кодируемой кривой. Ввод точек осуществляется через заданные шаги по координатам X и (или) Y . Эти шаги задаются от 0,1 до 20 мм переключением на пульте.

Начало координат можно устанавливать в любом месте рабочего поля. Текущие координаты считывающего узла и количество введенных точек индицируется непрерывно. Предусмотрена возможность подключения функциональной клавиатуры.

4. **Организация электронной части.** Электронное устройство, управляющее механизмом, можно разделить на две функционально независимые части: специализированный процессор с каналом связи с ЭВМ и следящую систему с интерполятором (см. рис. 1).

Процессор воспринимает команды и данные, генерирует оптимальное по быстродействию программное движение по прямым, преобразует вторые разности в первые, осуществляет масштабирование, параллельные переносы и повороты линий, управляет различными режимами считывания и выполняет некоторые сервисные операции. Процессор имеет 24-разрядное арифметическое устройство, 48-байтное оперативное запоминающее устройство и постоянное запоминающее устройство емкостью около 1 К байт.

При реализации программного движения по кривым второго порядка специализированный процессор целесообразно заменить управляющей мини-ЭВМ, например «Э-100».

Интерполятор представляет собой 36-разрядный цифровой интегратор с буферными регистрами и схемой синхронизации. Он воспринимает от процессора приращения координат с частотой около 1кГц и интерполирует функции $X(t)$ и $Y(t)$ линейно по времени с частотой 500 кГц. При ускорении 2 м/с^2 ошибка интерполяции не превышает микрона.

В качестве датчиков использованы поворотные индуктосины, работающие в фазовом режиме. Фаза измеряется 22-разрядным цифровым кумулятивным фазометром с частотой выдачи кода около 10 кГц. Погрешность измерения угла поворота барабана не превышает 45 угловых секунд (на исполнительной головке — 3 мкм). Блок слежения реализует импульсный алгоритм коррекции. Точность вычерчивания линий с учетом погрешности механизма около 50 мкм при ускорениях до 2 м/с^2 .

Электронная часть имеет магистрально-модульную структуру. Через интерфейс к магистральной системе обмена информацией [7] САМАС «Планшет» связан с несколькими ЭВМ.

Длительный опыт работы с «Планшетом» подтвердил его высокие эксплуатационные качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. А. Кузнецов, Ю. И. Бакланов, А. Г. Комлягин. Координатограф.— Авт. свид-во № 364004. Бюл. изобрет., 1973, № 4.
2. В. М. Александров, Н. Н. Карлсон, Н. Н. Филиппова, А. А. Нестеров. Оптимальное управление приводом в системе графического вывода.— «Автометрия», 1973, № 2.
3. В. М. Александров, Н. Н. Карлсон, И. С. Карлсон, В. И. Литвинцев, М. М. Ляпунов. Оптимальный алгоритм вывода из ЭВМ на построитель графической информации.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. Новосибирск, Изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1974.
4. А. А. Нестеров. Алгоритм оптимального управления графопостроителем с произвольным аналоговым приводом при параметрическом задании кривой.— «Автометрия», 1974, № 4.
5. Дж. Алберг, Э. Нильсон, Дж. Уолш. Теория сплайнов и ее приложения. М., «Мир», 1972.
6. Ю. С. Завьялов. Интерполирование кубическими многозвенниками.— В кн.: Вычислительные системы. Вып. 38. Новосибирск, Изд. ИМ СО АН СССР, 1970.
7. В. Д. Бобко, Ю. Н. Золотухин, Ю. М. Крендель, З. А. Лившиц, А. П. Ян. Магистральная система обмена информацией.— «Автометрия», 1974, № 4.

Поступила в редакцию 5 июня 1975 г.

УДК 52.262

Л. Р. КОГАН, Л. И. МАТВЕЕНКО, Л. С. ЧЕСАЛИН

(Москва)

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРА СО СВЕРХДЛИННОЙ БАЗОЙ *

В последнее время во Вселенной открыты новые объекты — квазары и источники мазерного радиоизлучения. Изучение физических процессов, протекающих в этих объектах, исследование механизма их гигантского энерговыделения связано с измерениями их пространственной структуры. Угловые размеры этих источников, как правило, не превы-

* Работа доложена на Всесоюзной конференции «Автоматизация научно-технического эксперимента на основе применения ЭВМ» 11 июня 1974 г.