

## ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЙ ОЦИФРОВАТЕЛЬ ГРАФИКОВ

Ю. Ф. Антропов

Описывается разработанный и изготовленный в САО АН СССР простой настольный полуавтоматический преобразователь «График—код», не задающий принудительного темпа для работающего.

A simple semiautomatic desk-type «diagram-code» converter developed and manufactured at SAO USSR AS is described. The device does not set a forced rate for the controller.

Для ускорения и облегчения процесса обработки астрономических фотоснимков необходимо в максимальной мере использовать ЭВМ. Оптимальным для этого представляется следующий путь. Прибор типа микрофотометра (одно- или двухкоординатный) сканирует астрофотоснимок. Выходной сигнал микрофотометра, представляющий собой напряжение или ток, пропорциональный пропусканию фотоэмульсии, поступает на вход аналого-цифрового преобразователя. Последний преобразует эту величину в код в моменты, определяемые датчиком запускающих импульсов. Этот датчик жестко связан с механикой привода столика, на котором укреплен фотоснимок, и определяет шаг квантования по координате. Таким образом, на выходе преобразователя мы имеем следующие друг за другом отсчеты, которые с помощью согласующих устройств можно ввести в ЭВМ или вывести на промежуточный носитель информации для последующего ввода в ЭВМ. ЭВМ производит всю обработку и выдает результаты.

Такой путь представляется наиболее простым и универсальным, но для его реализации есть ряд существенных препятствий.

Например, один из вариантов такого прибора, «Спектр—код» [1], используется в САО с 1971 г. Практика показала, что перенос информации с фотоснимка в память машины еще не решает всех проблем. Непосредственный ввод информации в ЭВМ неудобен из-за необходимости согласовывать время, выделенное на ЭВМ, с временем работы на микрофотометре, и нерационален из-за медлительности работы существующих микрофотометров, которая сводит на нет быстродействие ЭВМ. Ввод через промежуточный носитель информации неудобен из-за большого количества носителя, что связано с необходимостью выбирать весьма мелкий шаг квантования (10—20 мкм), чтобы не ухудшить информативность фотопластинки. Это приводит к увеличению числа отсчетов и ускоряет износ приборов. Например, у перфоратора ПЛУ-1 наработка на отказ равна  $2 \cdot 10^6$  строк, что при шаге квантования 10 мкм составляет всего 20 м сканирования по снимку.

Кроме того, и это главное, не преодолены трудности, еще стоящие на пути создания программ, которые позволили бы ЭВМ разобраться в массе полученной информации и заменить опыт исследователя: отождествить объекты, отделить их от дефектов фотопластинки, сгладить шум, не искажая при этом объектов, провести непрерывный спектр и т. д.

А между тем человек с его образным мышлением делает это карандашом относительно просто, когда имеет запись скана в виде графика на ленте самописца, правда, всегда с некоторой ошибкой.

Из сказанного видно, что в большинстве случаев следует вводить в ЭВМ то, что нанесено на диаграммной ленте рукой человека поверх записи самописца. При этом резко уменьшается объем вводимой информации, так как вводятся только отдельные, отождествленные объекты со

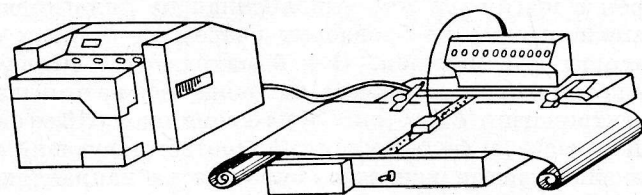


Рис. 1. Внешний вид прибора.

сглаженным шумом, что позволяет увеличить шаг квантования по координате. Что касается субъективных ошибок, то, можно утверждать, они не превышают ошибок, заложенных в фотопластинке неравномерностью ее полива, а также ошибок, внесенных атмосферой и оптикой.

Оцифрователь типа Ф-004, выпускаемый Кишиневским заводом «Виброприбор» и применяемый в некоторых обсерваториях, очень неудобен в работе и громоздок. Его конструктивные и технические недостатки хорошо известны всем, кто пользовался этим прибором. Обзор других

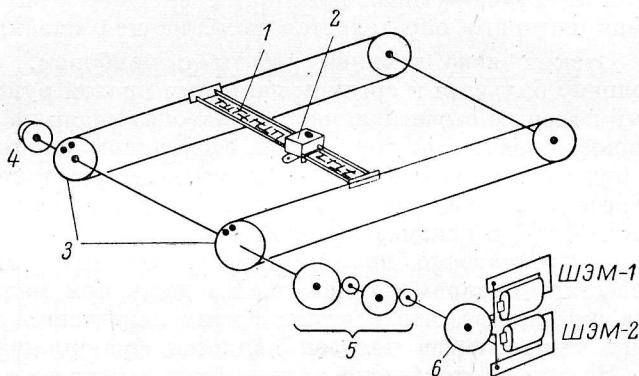


Рис. 2. Кинематическая схема прибора.

существующих автоматов и полуавтоматов [2—4] привел к выводу о необходимости создать простой и удобный полуавтомат.

Автоматические приборы были отвергнуты по следующей причине. Для того чтобы автомат мог «не замечать» линию самописца, а оцифровывать линию, проведенную человеком, последняя перед вводом в автомат должна быть аккуратно обведена специальным носителем: магнитными или проводящими чернилами специального цвета и достаточного контраста и т. д. Большая затрата труда и времени при осуществлении этого варианта свела бы на нет преимущества автомата и сделала бы неоправданными средства, потраченные на создание или приобретение такого сложного устройства.

Поэтому был разработан и изготовлен простой полуавтоматический прибор, в котором процедура оцифровки требует труда и времени не больше, чем для аккуратного обведения линии специальным носителем.

Прибор состоит из планшета размером 400×470 мм и ленточного перфоратора ПЛУ-1, соединенных гибким кабелем (рис. 1). Наибольшая оцифровываемая ордината составляет 265 мм с шагом квантования 0.5 мм. Шаг квантования по оси абсцисс сменный: 0.5, 1.0, 2.0 и 4.0 мм. Наиболь-

ший ход по абсциссе без перестановки диаграммной ленты равен 300 мм. Имеется клавиатура, позволяющая набивать на перфоленту десятичные цифры в коде 1—2—4—8, и два служебных символа, которым могут быть присвоены значения «граница» и «ошибка».

Устройство механики планшета показано на рис. 2. Линейка 1, кодирующая ординату, состоит из двух направляющих стержней круглого сечения, между которыми расположена семиразрядная маска в коде Грея с шагом 0.5 мм, выполненная из фольгированного текстолита. По направляющим на бронзовых разрезных втулках скользит считывающая головка 2 с визиром. В ней находятся 7 игольчатых контактов. При нажатии на кнопку отсчета, находящуюся на этой же головке, считывающей электромагнит *СЭМ* (рис. 3) на время около 10 мсек. прижимает контакты *СК* к маске, и считывается код, соответствующий ординате. Кодирующая линейка своими концами опирается на направляющие (на рис. 2 не показаны), ограничивающие ее продольное перемещение люфтом не более 0.1 мм. Концы линейки прикреплены к струнам, переброшенным через шкивы. Каждая струна имеет по 1.5 оборота вокруг ведущих шкивов 3, жестко связанных с ведущим валом, и закреплена на них своими концами. Такое крепление кодирующей линейки исключает ее перекосы при движении. На одном из концов ведущего вала укреплен барабан 4 с ленточной пружиной, стремящейся повернуть вал по часовой стрелке. Этому через сменные шестерни 5 препятствует храповик 6. При отпускании кнопки отсчета на считывающей головке поочередно срабатывают шаговые электромагниты *ШЭМ-1* и *ШЭМ-2*, отпускаая храповик на один зуб. При этом кодирующая линейка перемещается вправо на один шаг, величина которого определяется комбинацией сменных шестерен 5.

Отсюда ясна техника работы с прибором. Охватив считывающую головку большим и средним пальцами правой руки и положив указательный палец на отсчетную кнопку, наводят визир на линию графика. Нажав кнопку, делают отсчет, а при отпускании кнопки линейка делает шаг и прибор «ждет» следующего нажатия. При таком способе темп работы определяется человеком и получается более высоким, чем на приборах типа Ф-004 с неизменной скоростью движения, которую приходится выбирать достаточно малой, чтобы работающий заведомо успевал точно навестись визиром на линию. Но даже при малых скоростях промахи все же бывают, что связано с психологическим эффектом принудительного темпа, когда человек является функциональной частью машины.

На рис. 3 приведена принципиальная схема прибора. Элементы, обведенные пунктиром, находятся в перфораторе ПЛУ-1 и являются частями его схемы, которая не подвергается переделке. Цифры у проходных клемм, на пунктирных границах, обозначают номера контактов разъема перфоратора.

Питание на схему поступает от выпрямителя, имеющегося в перфораторе.

Реле  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  и  $P_4$  со своими контактами образуют схему, обеспечивающую поочередное срабатывание шаговых электромагнитов *ШЭМ-1* и *ШЭМ-2* при отпускании отсчетной кнопки  $K_1$ . Контакты реле, питающие шаговые электромагниты, защищены искрогасящими цепочками.

Реле  $P_5$  и  $P_6$  со своими контактами, а также контакт *КП-12* перфоратора, срабатывающий в цикле перфорации одного отсчета, образуют схему подачи одиночных импульсов на считывающий электромагнит *СЭМ* и на электромагнит муфты перфоратора *ЭММ*, запускающий перфоратор на один цикл. К маске кодирующей линейки, фольга которой посеребрена и соединена с корпусом, считывающим электромагнитом прижимаются игольчатые считывающие контакты  $СК_1—СК_7$ . Они защищены искрогасящими цепочками и непосредственно включают кодовые электромагниты  $КЭМ_1—КЭМ_7$  перфоратора.

Реле  $P_7$ ,  $P_8$  и  $P_9$  со своими контактами образуют схему запуска перфоратора при нажатии на одну из кнопок  $K_2$ — $K_{13}$  клавиатуры. Коды соответствующих символов образуются диодной матрицей и подаются непосредственно на кодовые электромагниты перфоратора.

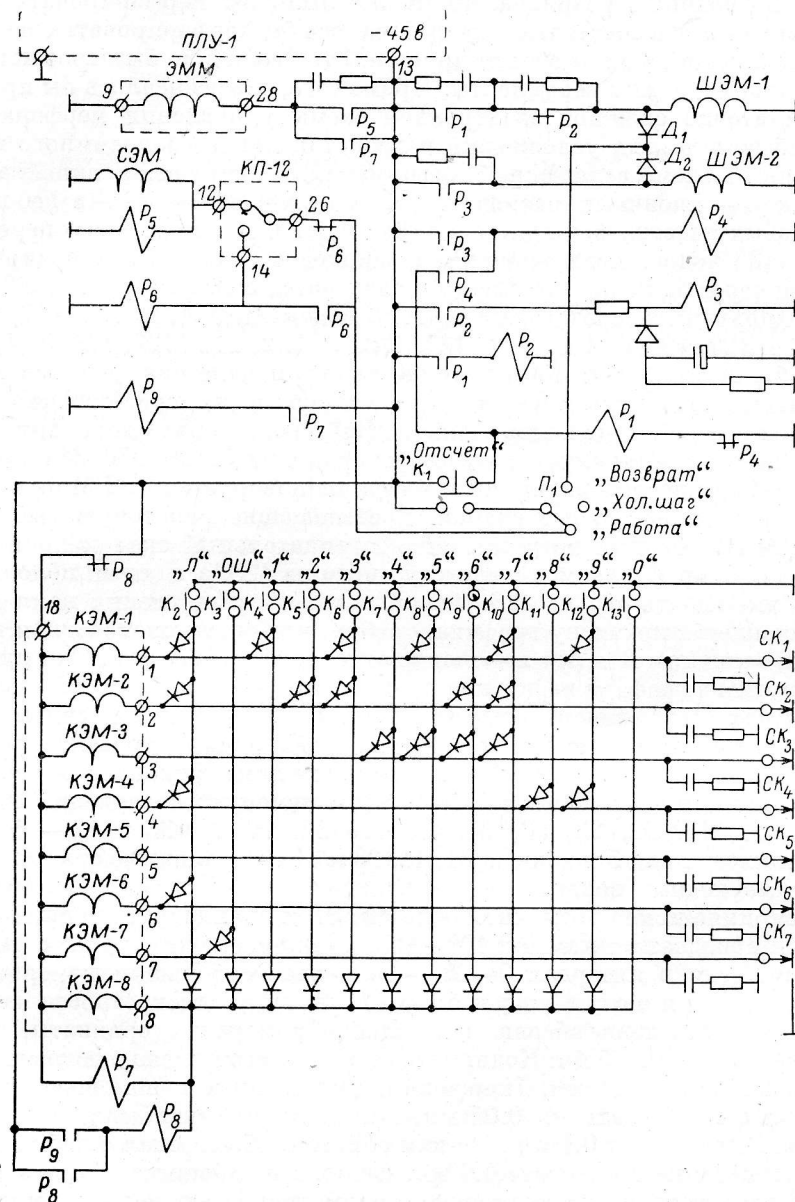


Рис. 3. Принципиальная схема прибора.

Переключатель  $\Pi_1$  обеспечивает три режима работы. В положении «работа» прибор работает вышеописанным образом. В положении «холостой шаг» при нажатии на отсчетную кнопку отсчетов не производится, а кодирующая линейка смещается вправо на один шаг. Нажимая на кнопку, можно подвести визир к началу оцифровываемого участка. В положении «возврат» при нажатии на отсчетную кнопку через диоды  $D_1$ ,  $D_2$  одновременно включаются оба шаговых электромагнита и освобождают храповик. Кодирующая линейка от руки перемещается влево. При этом взводится ведущая пружина.

Так как шаг квантования ординаты для повышения точности отсчета выбран равным 0.5 мм, то в максимальной ординате, равной 265 мм, содержится 530 шагов квантования. Это больше чем  $2^9$  и для кодирования таких чисел необходимо 10 двоичных разрядов. Так как перфоратор имеет только 8 двоичных разрядов, то нужно было бы перфорировать отсчет в две строки и, следовательно, потребовалось бы перфорировать еще и символ, отделяющий один отсчет от другого. Это увеличило бы втрое нагрузку перфоратора и длину перфоленты. Кроме того, потребовалось бы применение достаточно сложной электронной схемы управления перфоратором. Для избежания этих усложнений разработан метод программного восстановления заведомо искаженной информации. Кодировочная линейка имеет 7 дорожек — двоичных разрядов. 530 шагов разбиты на 4 с небольшим одинаковых участка, зоны длиной по 64 мм, в каждой из которых перебраны все  $2^7=128$  кодов. Если, например, проходить всю длину кодирующей линейки через один шаг, то вместо последовательности 0, 1, 2, ..., 528, 529, 530 мы получим последовательность со скачками 0, 1, 2, ..., 127, 128, 0, 1, 2, ..., 127, 128, 0, 1, 2, ..., 127, 128, 0, 1, 2, ..., 127, 128, 0, 1, 2, ...

Чтобы восстановить информацию, надо в начале оцифрования набить с помощью клавиатуры номер зоны, в которой лежит первая точка оцифровываемой кривой. Этот номер укажет ЭВМ, сколько надо прибавить к первому отсчету, чтобы получить истинную ординату (0, 128, 256, 384 или 512). В дальнейшем последовательность чисел анализируется в ЭВМ на положительные и отрицательные скачки, превышающие некоторую выбранную величину  $A$ . Каждый встретившийся отрицательный скачок принуждает увеличивать прибавляемое к отсчету число на 128, а каждый положительный — уменьшать его на 128. Такой метод восстановления накладывает ограничение на крутизну графика, требуя, чтобы его производная не превышала величины  $A/x$ , где  $x$  — шаг квантования по абсциссе. Так, для шага 2 мм крутизна графика не должна превышать 72, а для шага 0.5 мм —  $95^\circ$ .

Так как считывающие контакты не видны под кожухом считывающей головки, то когда первая точка оцифровываемого графика попадает в область границы двух смежных зон, возможна ошибка в определении номера зоны. Чтобы избежать этого, зоны нумеруют следующим образом: 00, 01, 11, 12, 22, 23, 33, 34, 44, где 00, 11, 22, 33 и 44 — 1-я, 2-я, 3-я, 4-я и неполная 5-я зоны, а 01, 12, 23 и 34 — граничные области между соответствующими зонами.

Восприняв номер граничной области, ЭВМ анализирует первый отсчет. Если он попадает в интервал 100—128, то принадлежит к зоне с меньшим номером, если в интервал 0—28 — то к зоне с большим номером.

**Погрешности прибора.** В силу дискретности отсчетов в приборе заложена абсолютная ошибка измерения ординаты, равная шагу квантования 0.5 мм. Кодировочная маска изготовлена с погрешностью, не превышающей 0.1 мм. Измерения, проведенные с помощью штангенциркуля с ценой деления 0.05 мм, показали, что ошибка шага действительно не превышает 0.1 мм и, таким образом, абсолютная ошибка измерения ординаты не превышает 0.6 мм. Ошибка по абсциссе обусловлена неточностью изготовления храповика и эллиптичностью шестерен и шкивов. Измерения показали, что ошибка по абсциссе имеет периодичность по длине планшета и для шага 2 мм не превышает 0.4 мм, а для шага 0.5 мм не превышает 0.2 мм.

#### Список литературы

1. Аббасов Г. И. Автоматизация обработки астрономических спектрограмм. Дис. Баку, 1972.
2. Чеголин П. М., Афанасьев Г. К. Автоматизация анализа экспериментальных графиков. М., «Энергия», 1967. 120 с.
3. Петренко А. И. Автоматический ввод графиков в электронные вычислительные машины. М., «Энергия», 1968. 423 с.
4. Арутюнов М. Г., Маркович В. Д. Скоростной ввод—вывод информации. М., «Энергия», 1970. 350 с.