

14
А-51



Лаборатория высоких энергий

В.Я. Алмазов, И.А. Голутвин, В.Д. Инкин, Ю.А. Каржавин,
С.С. Кирилов, И.В. Колесов, В.Д. Неустроев, Ю.П. Прокофьев, В.Д. Степанов,
И.В. Чувило, И. Шинагл

1097

ПРИБОР ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ФОТОГРАФИЙ С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР /АПС/

Дубна 1982 год

В.Я.Алмазов, И.А.Голутвин, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин,
С.С.Кирилов, И.В.Колесов, В.Д.Неустроев, Ю.П.Прокофьев, В.Д.Степанов,
И.В.Чувило, И.Шинагл

1097

ПРИБОР ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ФОТОГРАФИЙ С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР /АПС/

ОБЩЕУЧЕБНЫЙ ИНСТИТУТ
ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

Дубна 1962 год

Описан прибор для автоматического измерения координат следов частиц по снимкам, полученным на пузырьковых, диффузионных и других камерах. Измеренные координаты фиксируются на перфоленте для ввода их в счетную машину типа "М-20", "Урал", "Киев". Максимальная скорость движения по следу в режиме автоматического сопровождения 3 мм/сек, точность отсчета координат 2,5 мк, среднеквадратическая ошибка измерений в режиме автоматического сопровождения 2,5 - 4 мк. Наличие режима ручной обработки позволяет использовать прибор для точного обмера длин, для измерения координат отдельных точек и т.п. Прибор разрабатывался с августа 1958 г. по август 1960 года.

Устройство прибора

Описываемый прибор представляет собой измерительную установку с автоматическим сопровождением вдоль избранного оператором следа.

Общий вид прибора приведен на рис. 1, а его устройство схематически показано на рис. 2.

Снимок с измеряемыми следами располагается на микроскопном столе /1/. С помощью оптической системы /осветитель /2/, объектив /3/, зеркало /4// изображение снимка проектируется на экран общего обзора /5/ с увеличением 7 раз /на экран проектируется кадр 60 мм x 60 мм/.

Участок снимка размером 1,3 x 1,7 мм через полупрозрачный участок зеркала /4/, зеркало /6/, призму Дове /7/ проектируется на мишень передающей трубки типа видикон /8/. В приборе применена без существенных переделок промышленная телевизионная установка ПТУ-ОМ, сигналы с которой используются для системы автосопровождения следа.

Телевизионный экран /9/ используется как точный индикатор сопровождения, т.к. на нем получается увеличенное в 140 раз изображение участка измеряемого следа.

Измерительный столик перемещается в плоскости xy с помощью двух микрометрических координатных винтов.

Вращение винтов осуществляется с помощью электрических двигателей постоянного тока типа СЛ-161 /12, 13/. В электроприводе применена тахометрическая обратная связь. В качестве тахогенератора используются двигатели ПД-3-5 /14, 15/.

Для обеспечения перемещения столика по любому заданному направлению применена синус-косинусная система управления электроприводами.

Направление движения столика определяется углом поворота синус-косинусного трансформатора /16/ и может изменяться либо системой автоматического поворота либо поворотом штурвала /17/ /синус-косинусный трансформатор связан со штурвалом с помощью сельсинной передачи/. Скорость движения вдоль следа задается педалью

/18/, сопровождение следа может осуществляться оператором с помощью штурвала, либо системой автоматического сопровождения.

Применение призмы Дове /7/ позволяет при слежении по следу в произвольном направлении иметь на телевизионном экране изображение следа всегда в вертикальном направлении, что облегчает ручное сопровождение и позволяет значительно упростить систему автоматического сопровождения /т.к. исключает необходимость поворота видикона или микроскопного стола/.

Для регистрации измеренных координат точек следов используются фотоэлектрические датчики перемещения /10,11/ и система отсчета координат /20/ с выходом на перфоратор /21/. Цена отсчета координат 2,5 мк.

Прибор выполнен в виде действующего макета для отработки элементов конструкции и схем окончательного варианта.

Основные характеристики и режимы работы прибора

1. Максимальный размер обрабатываемого снимка 150 x 100 мм.
2. Максимальная скорость перемещения измерительного стола 3,5 мм/сек.
3. Точность измерения координат $\pm 2,5$ мк.
4. Прибор обеспечивает четыре режима работы:
 - а/ Автоматическое сопровождение следа с автоматической записью координат.

При этом оператор устанавливает начало измеряемого следа в "зону захвата" системы автоматического сопровождения, все дальнейшие операции автоматизированы, вплоть до остановки прибора после окончания обработки следа.

б/ Автоматическое сопровождение при управлении скоростью движения вдоль следа и записи координат оператором.

в/ Полуавтоматическое сопровождение /режим подкоррекции/. В этом режиме оператором осуществляется управление скоростью движения вдоль следа, корректировка направления движения с помощью штурвала и запись координат.

г/ Ручное сопровождение.

При этом сопровождение следа и запись координат производится оператором.

Выбор режима работы обуславливается качеством обрабатываемого снимка.

Система автоматического сопровождения следа

Для автоматического сопровождения используются сигналы, снимаемые с выхода видеоусилителя телевизионного блока, которые после селектирования поступают на дискриминаторы системы автосопровождения. Длительность селекторного импульса приблизительно равна длительности сигнала от следа /см. рис. 3/.

В приборе применен "четырёхщелевой" метод автосопровождения.

Электронные "щели" формируются в виде серий импульсов, синхронизированных со строчной и кадровой развертками телевизионного блока.

Если подать эти импульсы на модулирующий электрод кинескопа, то получится изображение "щелей", приведенное на рис. 4.

Ширина "щели" t_1 определяется половиной максимальной ширины следов и выбрана /при строчной развертке 15 КГц/ равной 3,5 мксек. Длина "щелей" t_2 определяется несколькими факторами: кривизной следа, желаемой степенью интегрирования вдоль следа и качеством изображения по краям раstra. Длина щелей была выбрана /при частоте 50 кадров в сек/ 15 мсек.

Система автоматического сопровождения состоит из двух частей: системы подкоррекции /управление двигателями x и y / и системы автоматического поворота. Для получения сигнала ошибки подкоррекции объединяются щели 1,2 и, соответственно, 3 и 4, а для получения сигнала ошибки поворота объединяются щели 1, 3 и 2,4.

Блок-схема системы автосопровождения приведена на рис. 5. Импульсы "щелей" и селекторные импульсы привязаны к импульсу диодно-регенеративного компаратора, который формируется в момент равенства нулю тока в строчных катушках видикона, что соответствует определенной геометрической точке на мишени видикона. Это позволяет обойтись без жесткой стабилизации по частоте генератора строчной развертки и без применения высокостабильных схем задержки.

Ошибка, вносимая нестабильностью импульса привязки, не превышает $\pm 2,5$ мк за 8 часов работы прибора.

Блок-схема формирования электронных "щелей" приведена на рис. 6.

Сигналы изображения и импульсы "щелей" поступают на дискриминаторы, которые вырабатывают сигналы рассогласования /ошибки/. Схемы дискриминаторов подкоррекции и поворота одинаковы и приведены на рис. 7.

С дискриминатора поворота сигнал ошибки поступает на электропривод призмы Дове.

Сигнал ошибки подкоррекции модулируется частотой 2 КГц и подается на синус-косинусный трансформатор 1, после которого по двум каналам поступает на фазовые детекторы x и y автоматики. Выпрямленные сигналы управляют электроприводами x и y измерительного столика, соответственно.

Принципиальная схема электропривода приведена на рис. 8. Одновременно с сигналами ошибок подкоррекции на входы электроприводов через синус-косинусный трансформатор 2 и фазовые детекторы x и y ручного управления поступают напряжения от педали.

Синус-косинусный трансформатор 2 задает направление движения. Выходные сигналы синус-косинусных трансформаторов 1 и 2 сдвинуты на 90° , при этом сигналы ошибок подкоррекции действуют в направлении, перпендикулярном направлению движения вдоль обрабатываемого следа.

На рис. 9 приведены полученные экспериментально переходные процессы для системы подкоррекции и поворота.

Система отсчета и регистрации координат
измеряемого события

Блок-схема отсчетного устройства приведена на рис. 10.

Сигналы с фотодатчиков обрабатываются во входном устройстве, которое определяет знак перемещения и формирует импульсы, поступающие на 18-разрядные двоичные реверсивные счетчики x и y .

Схема определения знака /см. рис. 11/ состоит из двух триггеров Шмидта и ключей K_1 и K_2 .

В зависимости от направления движения либо на выходе I либо на выходе II схемы определения знака будет появляться последовательность импульсов, используемая для переключения триггеров знака счетчиков.

Эти же импульсы после задержки на время переключения ключей реверса в счетчиках / ~ 40 - 50 мксек/ подаются на счетные входы счетчиков.

Принципиальная схема счетной ячейки приведена на рис. 12. Для возможности регистрации показаний счетчика на перфоленте во время движения каретки микроскопического стола в счетчике применена промежуточная память на ферритовых кольцах.

Перенос показания счетчика в промежуточную память производится схемой блокировки записи, запрещающей перенос в момент счета, т.е. в интервале времени, равном 40 мксек, внутри которого находится счетный импульс.

Считывающие и выходные обмотки колец памяти сведены в матрицу, которая определяется порядком расположения числа на перфоленте.

Функции управления записью, считыванием и работой перфоратора выполняет блок управления. В блок управления входит система автоматической регистрации координат /см. рис. 13/. Импульсы переноса, снимаемые с выходов ячеек первых разрядов счетчиков x и y , задают интервалы автоматического отсчета координат. Счетчик числа координат, зарегистрированных на перфоленте, прекращает работу перфоратора и движение по следу после пробивки заданного числа координат.

В режиме автоматической регистрации координат для каждого интервала отсчета задается фиксированная скорость движения по следу, которая определяется скоростью работы перфоратора /в нашем случае пробивка координат x и y одной точки занимает 0,5 сек/.

Для регистрации на перфоленте дополнительных данных о событии - номера кадра и пленки, числа лучей и т.п. используется специальная машинка для регистрации служебных знаков.

Точность измерений координат

Для оценки точности прибора была проведена серия контрольных измерений. Измерения проводились как по тестовым линиям, так и по реальным следам в режиме автоматического сопровождения при скорости движения по следу 1,5 мм/сек.

При измерениях по тестовым линиям /шириной 100 мк / максимальное отклонение от прямолинейности не превышало 5 мк /это соответствует среднеквадратическому отклонению 1,5 мк/. Среднеквадратическое значение ошибки при измерении координат релятивистских следов с большим числом разрывов и пересечений не превышало 3-4 мк.

Для иллюстрации на рис. 14 приведены результаты измерений по одной из линий тестовой сетки /сторона квадрата 5 мм, ширина линии 0,1 мм/.

З а к л ю ч е н и е

Использование в приборе промышленной телевизионной установки позволяет иметь точный индикатор ручного сопровождения с большим увеличением обрабатываемого участка снимка. Это существенно расширяет возможность прибора, так как позволяет обрабатывать следы в условиях наличия большого фона, производить точное измерение длин отрезков и обрабатывать отдельные точки следа.

Применение полупроводниковых триодов в отсчетном канале прибора /как показал двухгодичный опыт работы/ удешевляет монтаж и сборку прибора. В связи с этим в дальнейшем предполагается перевод большинства схем автоматики на полупроводниковые триоды.

В настоящее время прибор работает совместно со счетной машиной М-20 и убыстряет процесс обработки событий от 5 до 10 раз.

Кроме авторов настоящей статьи в разработке прибора принимали участие В.П. Семикопенко, В.А. Калугин, А.С. Дворецкий.

В монтаже и наладке прибора принимали участие А.С. Буров, А.П. Суслов, М.Г. Чуенков, Н.А. Курнаков и др.

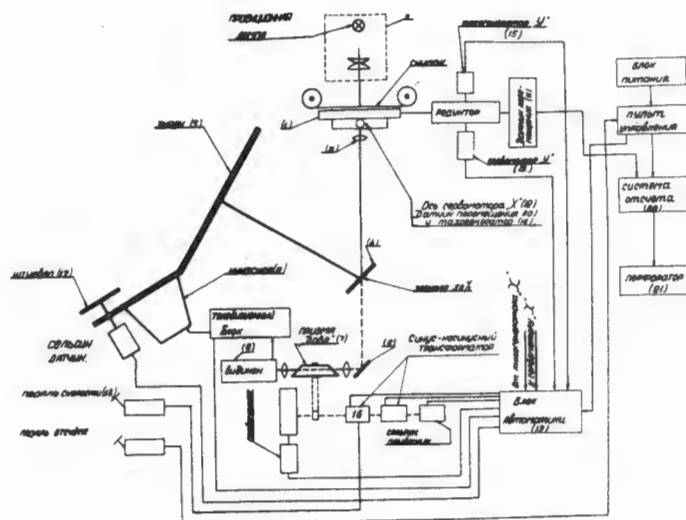
Л и т е р а т у р а

1. Nuclear Instruments, Vol 21958 N 2 p.154/1959/.

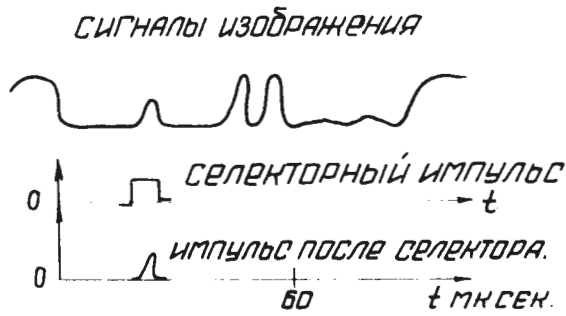
Рукопись поступила в издательский отдел
11 октября 1962 года.



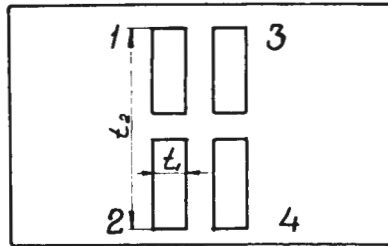
Р и с. 1. Общий вид прибора.



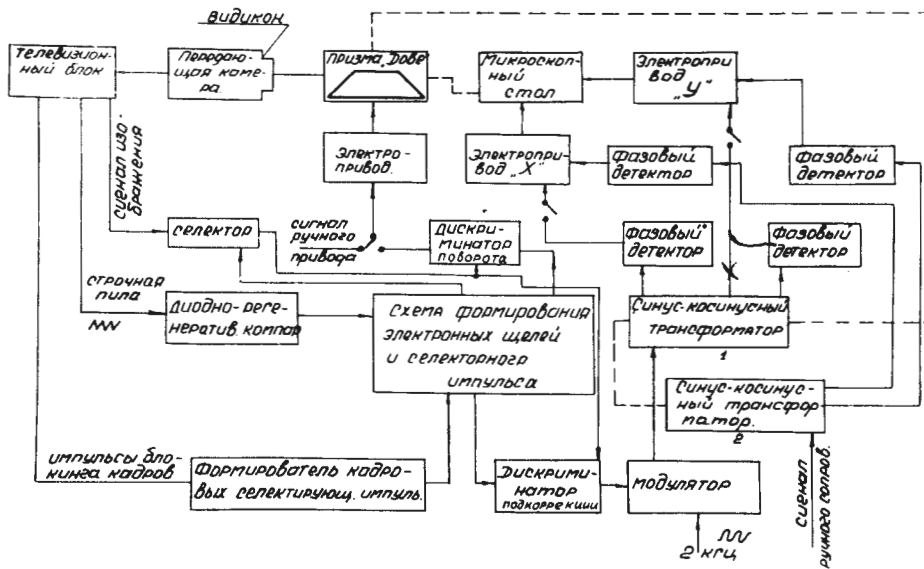
Р и с. 2. Схематическое устройство прибора.



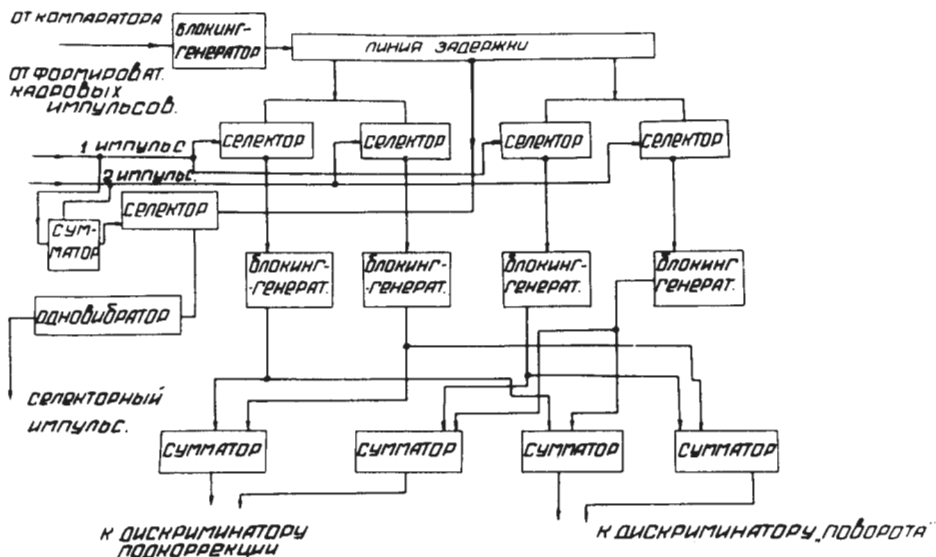
Р и с. 3. Осциллограммы сигналов изображения и селекторного импульса.



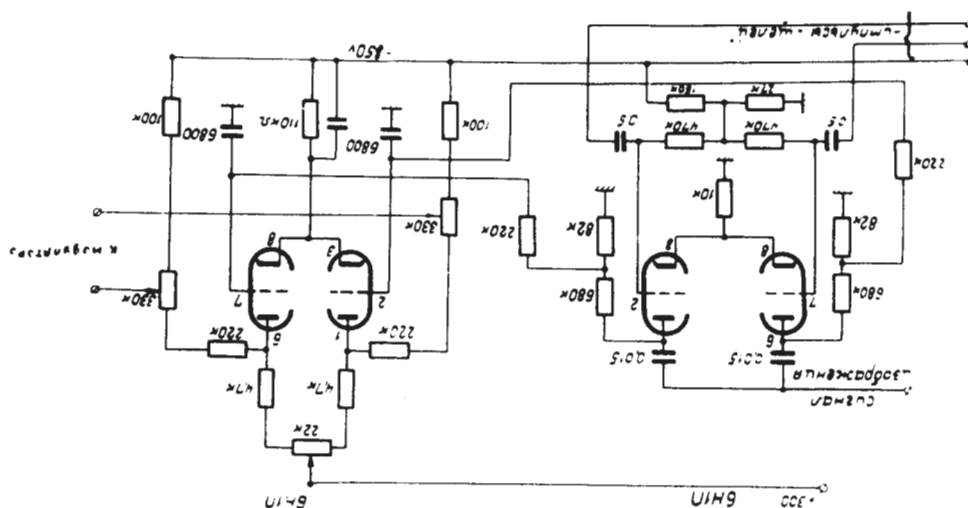
Р и с. 4. Размещение электронных "щелей" на телевизионном экране.



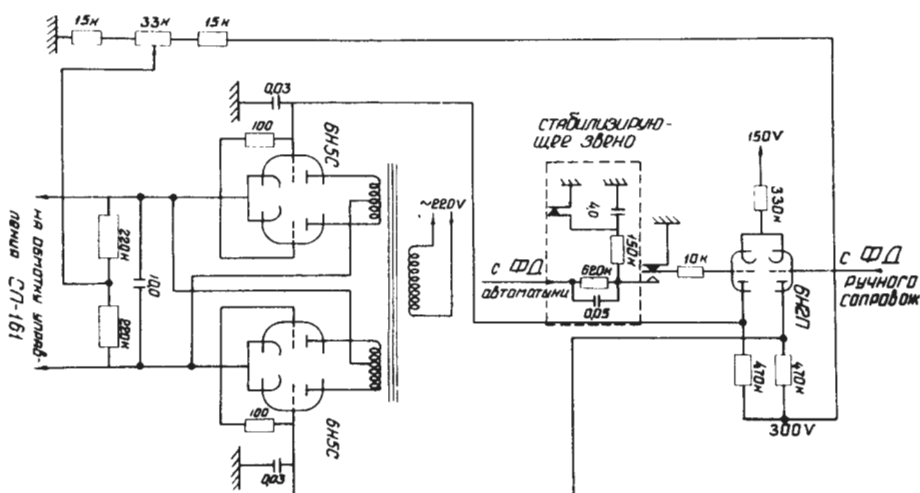
Р и с. 5. Блок-схема системы автоматического сопровождения.



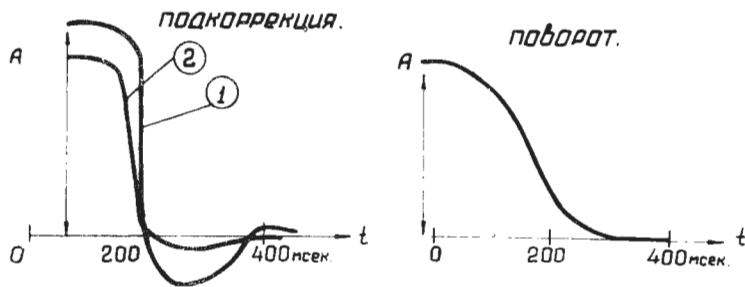
Р и с. 6. Блок-схема формирования электронных "шелей".



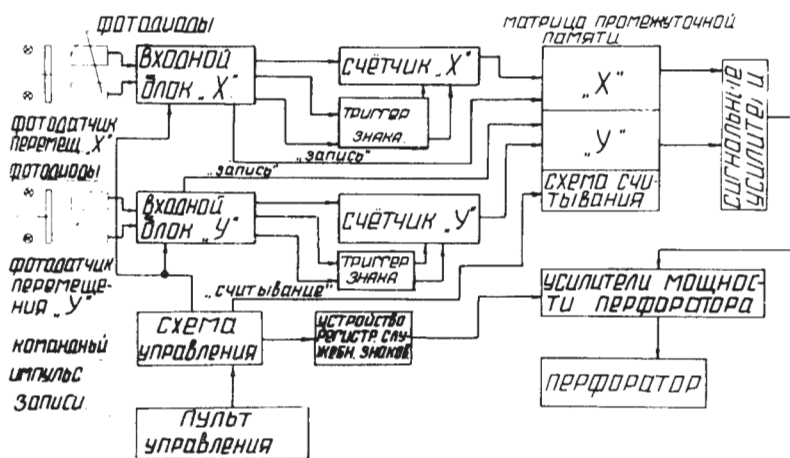
Р и с. 7. Схема дискриминатора.



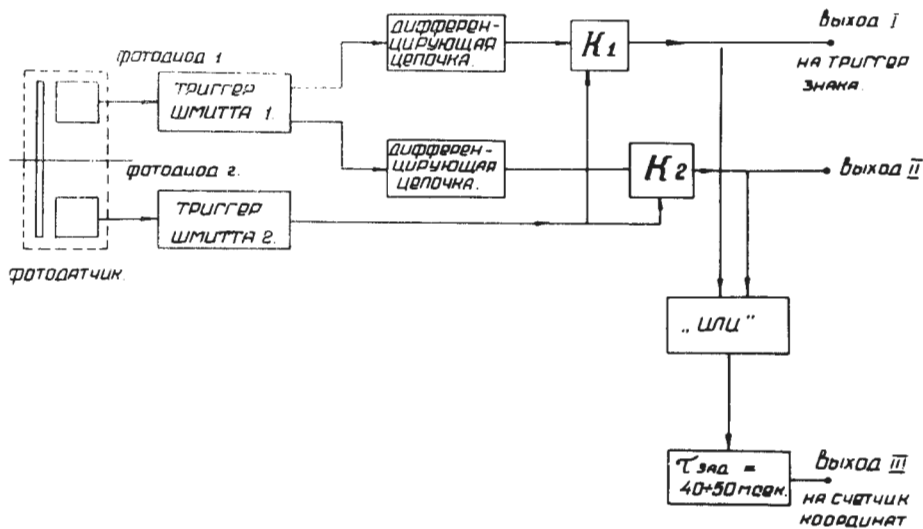
Р и с. 8. Схема электропривода.



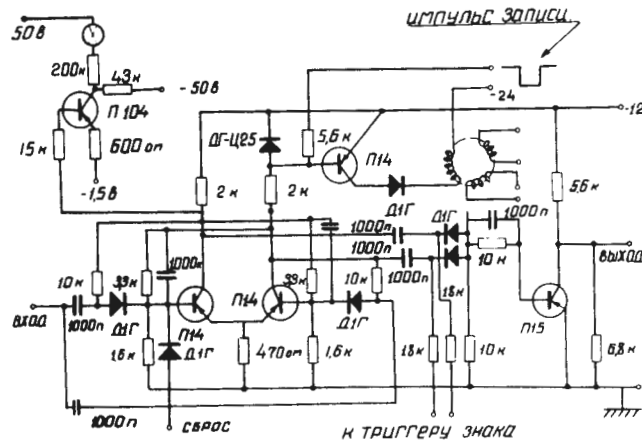
Р и с. 9. Осциллограмма переходных процессов системы автоматического сопровождения: 1- сплошной след, толщиной более 100 мк; 2- след разрывной толщиной 30 - 40 мк.



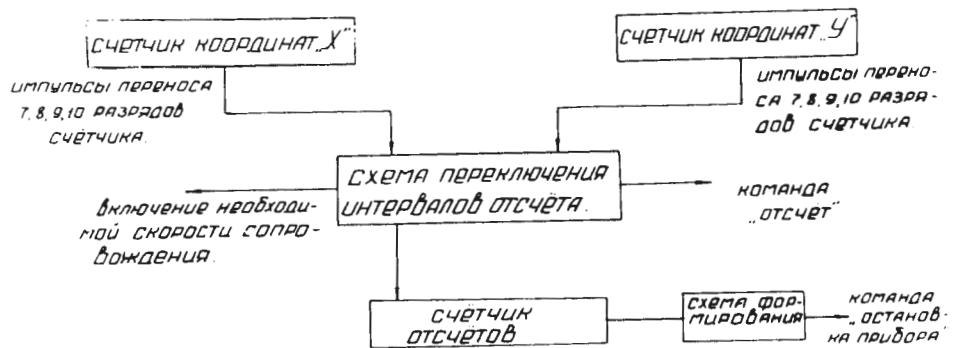
Р и с. 10. Блок-схема системы отсчета и регистрации координат.



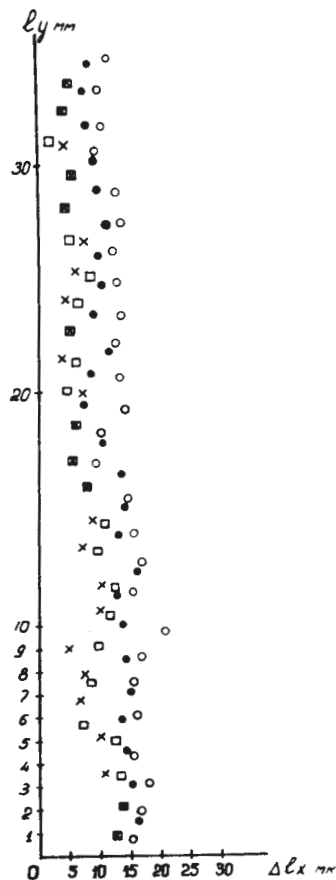
Р и с. 11. Схема определения знака перемещения.



Р и с. 12. Схема счетной ячейки.



Р и с. 13. Блок-схема системы автоматической регистрации координат.



Р и с. 14. Результаты четырехкратного измерения прямой линии, толщина линии 100 мк.