

Ц8416
К-736

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



9/II-74

10 - 8184

4762/2-74

В.М.Котов, В.И.Устинов

ОТСЧЕТНЫЙ КАНАЛ СПИРАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

10 - 8184

В.М.Котов, В.И.Устинов

ОТСЧЕТНЫЙ КАНАЛ СПИРАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Котов В.М., Устинов В.И.

10 - 8184

Отсчетный канал спирального измерителя

В работе приведена логика построения отсчетного канала, предназначенного для снятия координат положения сканирующей щели при оцифровке треков событий на камерных снимках. Приведены данные по разрешающей способности канала с учетом реакции управляющей ЭВМ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1974

ВВЕДЕНИЕ

При сканировании камерного снимка на спиральном измерителе /1/ координаты точек треков события измеряются в момент пересечения сканирующей щелью следа события по модуляции светового потока, падающего на фотоумножители в отсчетном канале.

Выходной сигнал ФЭУ, называемый в дальнейшем трековым сигналом, после обработки его схемой АРУ /2/ и компенсацией как медленных составляющих светового потока, так и фильтрацией высокочастотных помех, является командным сигналом для регистрации координат положения сканирующей щели.

В данной работе описывается разработанная для спирального измерителя логика построения отсчетного канала, предназначенного для регистрации значений полярных координат положения сканирующей щели.

Отсчетный канал

Отсчетный канал представляет собой один из основных функциональных блоков сканирующей системы "Спиральный измеритель", управление которым производится по командам ЭВМ, входящей в состав спирального измерителя.

Основное отличие отсчетного канала от остальных блоков СИ заключается в его относительной автономности, поскольку

его быстродействие превышает тактовую частоту управляющей ЭВМ.

Основные функции отсчетного канала следующие:

- определение длительности и временного положения трековых сигналов в процессе сканирования.
- передача зарегистрированных данных в оперативную память управляющей ЭВМ с максимально возможной скоростью.

Основная задача, от решения которой зависит качество работы отсчетного канала, заключается прежде всего во временном согласовании при регистрации угловой и линейной координат точки пересечения сканирующей щели со следом событий и в синхронизации этих процессов с тактовой частотой управляющей ЭВМ.

Полное значение угловой координаты положения середины трекового сигнала может быть получено в виде двух составляющих: координаты положения одного из фронтов и значения ширины трекового сигнала. Такой способ регистрации широко применяется в сканирующих автоматах, но одним из основных недостатков его является увеличение примерно на 30% не только объема данных, снимаемых в процессе сканирования, но и ухудшение на 12-15% разрешающей способности и, кроме того, операция по определению середины, проводимая программным способом в ЭВМ, требует предварительной обработки большого массива исходных данных.

Одним из способов устранения этих недостатков является включение в состав аппаратуры отсчетного канала сумматора для вычисления значения координаты середины трекового сигнала аппаратно перед передачей данных сканирования в ЭВМ. Сумматор должен иметь малое время переходных процессов, чтобы не ухудшать разрешающей способности канала в целом. Разработка подобного сумматора для сканирующего автомата (СА) /3/ и включение его в состав отсчетного канала поз-

волили значительно уменьшить объем передаваемой информации.

Но существует другой способ определения середины трекового сигнала, который заключается в том, что если на вход двоичного счётчика угловой координаты подаются до момента появления трекового сигнала импульсы датчика угол-код конуса перископа с частотой f , а затем в течение длительности самого трекового сигнала частоту f поступления входных импульсов сделать в два раза меньше, то к концу трекового сигнала содержимое счётчика будет соответствовать значению координаты середины этого сигнала. Временные диаграммы и блок-схема электронных устройств, поясняющие такой способ определения середины трекового сигнала, показаны на рис.1,2. Для снятия ограничения на максимально допустимую ширину трекового сигнала оба счётчика θ и θ' в отсчётном канале СИ имеют по 16 разрядов. Вход первого из этих счётчиков непосредственно связан с датчиком угловых перемещений конуса перископа, и поэтому в этом счётчике формируется текущее значение угловой координаты. В момент возникновения трекового сигнала (по его переднему фронту) формируется строб переноса содержимого счётчика θ в счётчик θ' , с предварительной очисткой последнего. А затем на время длительности трекового сигнала на вход счётчика θ' подаются импульсы отсчёта угловой координаты с половиной частотой $f/2$, суммирование которых со значением угловой координаты, соответствующей переднему фронту трекового сигнала, и формирует координату середины этого сигнала.

Следующая проблема, от успешного решения которой в значительной степени зависят такие параметры отсчётного канала, как точность и разрешающая способность, заключается в согласовании несинхронных процессов регистрации линейной и угловой координат, а также выдача

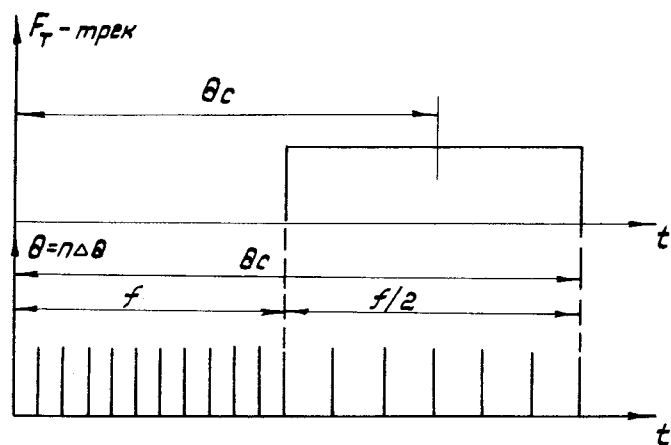
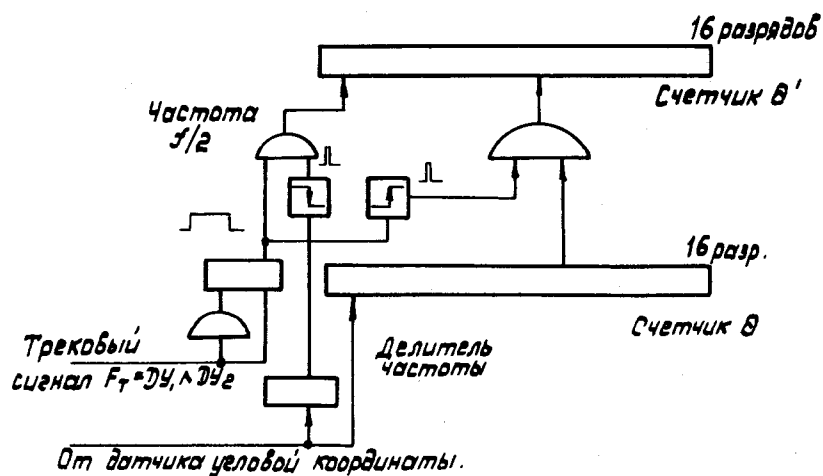


Рис. 1



От датчика угловой координаты.
Рис. 2. Блок-схема определения середины трекового сигнала.

запроса на внепрограммный обмен с управляющей ЭВМ и собственно процесс передачи данных в оперативную память. Все перечисленные выше процессы имеют различную интенсивность, а регистрация угловой координаты требует быстродействия выше, чем тактовая частота ЭВМ. Поэтому контроллер отсчетного канала, в отличие от контроллеров измерительного стола и фильмопротяжных устройств, имеет собственные развитые логические схемы управления. Логическая схема блока управления и синхронизации отсчетного канала, а также временная диаграмма его работы приведена на рис. 3, 4. Стандартный трековый сигнал F_T (рис. 3) поступает на установочный вход триггера А, передний фронт единичного выхода которого дифференцируется и используется, если отсутствует запрещающий уровень $F_3 = F_T \vee F_n \vee F_{\theta_{\text{пол}}}$, для установки триггера Б в состояние логической единицы.

Здесь: $F_T = 1$ — когда отсчетный канал занят обработкой предыдущего трекового сигнала;

$F_n = 1$ — если ЭВМ занята приемом данных измерения предыдущего трекового сигнала;

$F_{\theta_{\text{пол}}} = 1$ — соответствует состоянию записи контрольной координаты.

Выходной сигнал триггера Б является командным для начала работы всего блока управления отсчетным каналом. Сброс триггера Б в нулевое состояние осуществляется потенциально по окончании трекового сигнала. Если следующий трековый сигнал возникает раньше, чем будет обработан предыдущий, т.е. на установочном входе триггера Б будет присутствовать запрещающий уровень, то такой трековый сигнал будет пропущен. В противном случае, длительность второго из двух близко расположенных трековых сигналов может быть искажена, т.к. положение переднего фронта, а значит и середина его, будет зависеть от значения функции запрета.

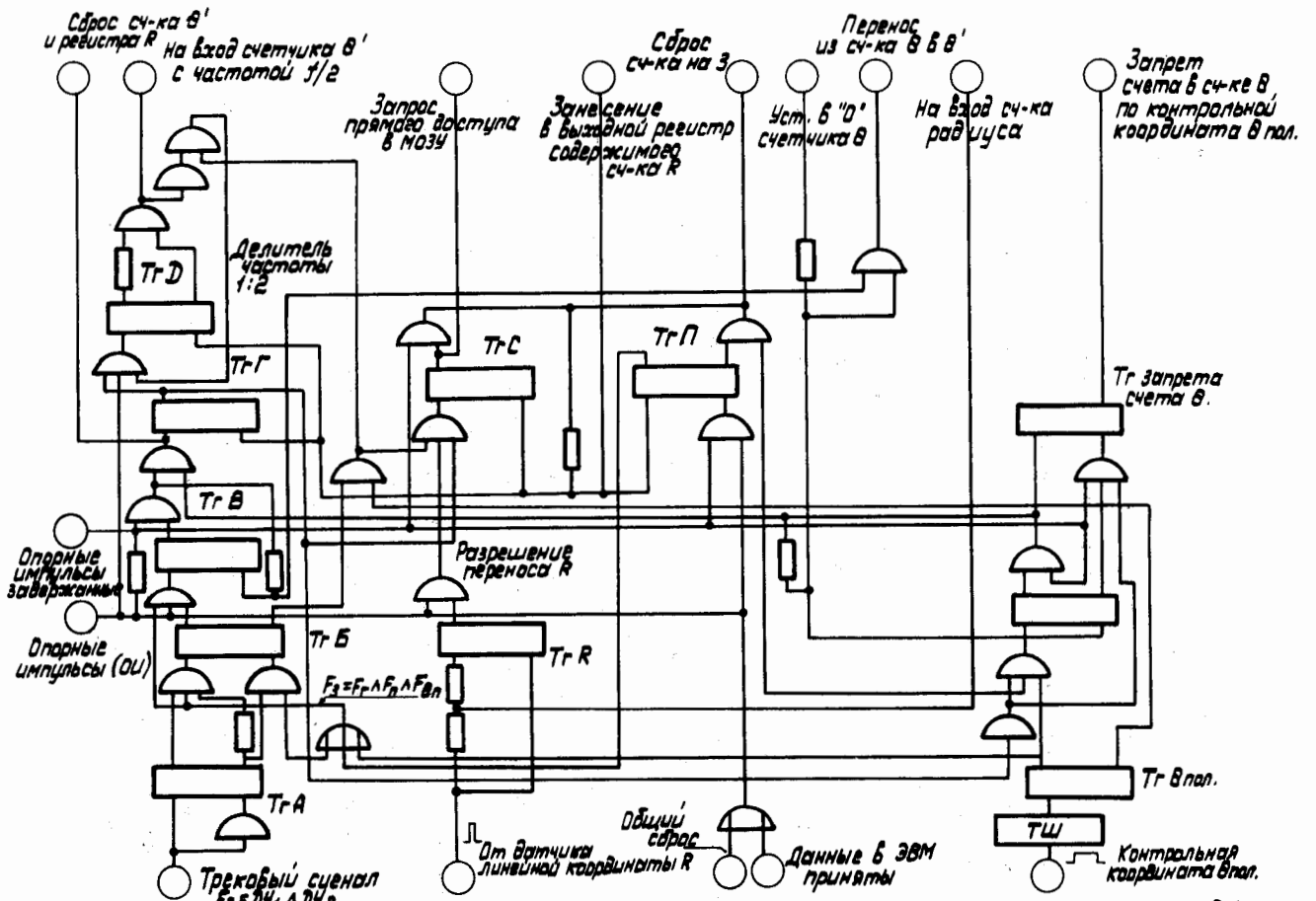


Рис. 3 Логическая схема блока управления отсчетного канала СЦ.

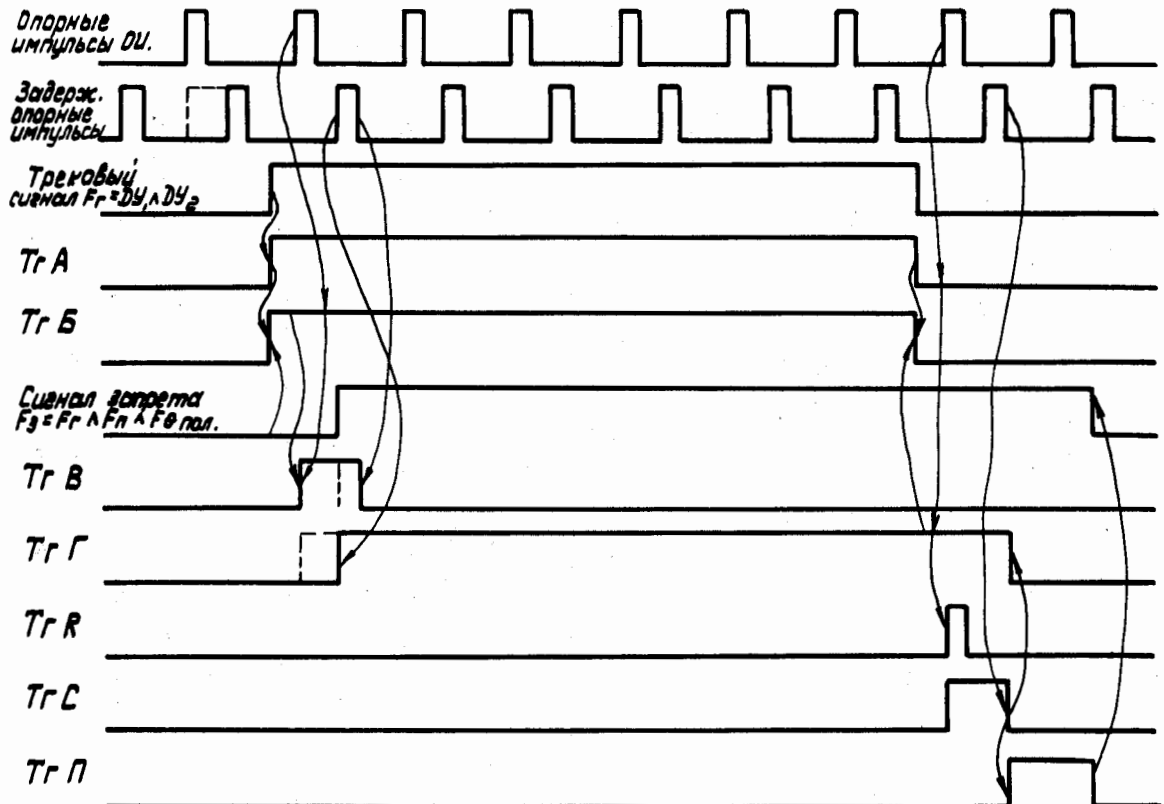


Рис. 4 Временная диаграмма работы ОК СЦ

Вся дальнейшая работа блока управления ОК синхронизирована с частотой поступления отсчетных импульсов угловой координаты θ , называемых в дальнейшем опорными импульсами (ОИ), которые имеют период следования $T_{\text{ОИ}} = 1,5$ мксек и длительность $\tau = 200$ нсек, поскольку регистрация угловой координаты — наиболее быстрый из всех процессов, протекающих в ОК, и, кроме того, частота следования опорных импульсов постоянна, т.к. определяется скоростью вращения перископа и синхронизирована с частотой поступления сигнала отсчета контрольной координаты $\theta_{\text{конт}}$. Для того чтобы избежать выполнения логических операций во время переходных процессов в счетчиках угловой координаты, в блоке управления используется еще одна последовательность этих же опорных импульсов, сдвинутая (задержанная) во времени на половину периода их следования.

Триггер в (рис.3) служит для временной привязки переднего фронта трекового сигнала к опорным импульсам. На выходе схемы "И", на разрешающий вход которой подается состояние единичного логического выхода триггера В, вырабатывается одиночный опорный импульс из задержанной серии, с гарантийной стандартной длительностью. По этому импульсу производится сброс счетчика, а затем, с задержкой на длительность импульса, осуществляется перенос содержимого счетчика θ в счетчик θ' и разрешается счет с половинной частотой сигналов датчика угловой координаты в счетчике θ' . Следует заметить, что все эти действия производятся по одному из задержанных опорных импульсов, а на счетный вход счетчиков θ и θ' подаются незадержанные ОИ, что обеспечивает согласование фаз этих процессов. Единичное состояние триггера Г, которое устанавливается все тем же опорным импульсом, во-первых, входит по дизъюнкции в функцию запрета F_3 и, во-вторых, выставляет разрешение на один из установочных входов

триггера С. На два других установочных входа, объединенных по логической схеме "И", поступает сигнал, соответствующий окончанию трекового сигнала (состояние логической единицы на нулевом выходе триггера Б) и сигнал, разрешающий перенос содержимого счетчика линейной координаты в выходной регистр. Единичное состояние триггера С строится серией задержанных опорных сигналов, и поэтому при помощи триггера С выполняется не только согласование двух несинхронных процессов по регистрации линейной координаты и трекового сигнала, а также и временное согласование регистрации угловой координаты, поскольку стробированное состояние триггера С используется для сброса триггера Г и останавливает счет с половинной частотой счетчика θ' . Кроме того, выходной сигнал триггера С подается в мультиплексор прямого доступа и выставляет запрос на передачу в ЭВМ значений полярных координат положения трекового сигнала, содержащихся в 36-разрядном выходном регистре, который состоит из регистра — счетчика угловой координаты θ' и регистра линейной координаты R . Одновременно с этим устанавливается в единичное состояние триггер П, выходной сигнал которого входит в функцию запрета и определяет мертвое время, связанное с реакцией управляющей ЭВМ, т.к. сброс триггера П осуществляется из ЭВМ по сигналу "данные приняты".

Исследования временных характеристик блока управления проводились при помощи специального имитатора, который позволяет генерировать спаренные трековые сигналы. Длительность второго трекового сигнала и задержку его относительно первого можно изменять для оценки суммарной величины "мертвого времени" блока управления ОК. Экспериментальная оценка разрешающей способности дискретных схем обработки трекового сигнала, полученная при помощи имитатора, дает

следующие временные величины разрешения: средняя величина задержки составляет 12 мксек \pm 4 мксек. Такая нестабильность вызывается дискретностью отсчета угловой координаты и особенностями выхода управляющей ЭВМ в режим внепрограммного обмена. Суммарная величина времени регистрации угловой координаты, определяющая разрешающую способность, может быть представлена в виде:

$$\tau = t_{TP+} + t_{TP-} + t_R + t_{об} + t_{np} + t_{yy} ;$$

где: t_{TP+} и t_{TP-} - время на синхронизацию в ОК переднего и заднего фронтов трекового сигнала;

t_R - время на синхронизацию регистрации радиальной координаты;

$t_{об}$ - время собственно передачи 36-разрядного слова по каналу прямого доступа. Эта величина постоянная и равна 6 мксек.

t_{np} - время реакции процессора ЭВМ по выходу на внепрограммный обмен. Если в момент поступления трекового сигнала выполняется команда с обращением в память и с косвенной адресацией, то t_{np} равно трем циклам ЭВМ, т.е. 6 мксек.

t_{yy} - реакция устройства управления по выходу на внепрограммный обмен.

В общем случае возможны кратковременные перегрузки, т.е. к τ может добавляться некоторая величина Δt , связанная с запретом внепрограммного обмена из-за переключения буферных массивов в режиме динамической буферизации /4/. Величина этой добавки определяется временем выполнения соответствующей вклинивающейся подпрограммы обслуживания, которая составляет примерно 150 мксек. Однако такая ситуация возника-

ет несколько раз (максимум 12) за всё время (5-7 сек) сканирования и с надежностью доверительной оценки больше, чем 0,99 может не учитываться при оценке разрешающей способности.

В самом худшем случае при максимальной величине задержки $\tau_{max} = 18$ мксек и максимальном радиусе сканирования ($R_{max} = 50$ мм) величина временного разрешения соответствует пространственному разрешению в плоскости плёнки: $\Delta S_{max} = \omega R_{max} \tau_{max} = 54$ мкм.

ω - угловая скорость вращения перископа = 600 оборот/мин.

Однако при помощи имитатора можно исключить влияние реакции ЭВМ по приёму данных сканирования и оценить собственное "мёртвое время" отсчётного канала. По полученным оценкам эта величина равняется 3 мксек при нестабильности фронта в 1,5 мксек, т.е. составляет примерно 10-15% от общей разрешающей способности.

Основной вклад в ошибку определения угловой координаты θ , кроме ошибок, связанных с искажением формы трекового сигнала /2/, вносят ошибки, вызываемые погрешностями отсчёта угловой координаты. Последние складываются, в основном, из ошибки дискретности отсчёта и ошибки нестабильности времени задержки импульса сброса счётчика угловой координаты (контрольной метки $\theta_{под}$).

- Дискретность отсчёта ($\Delta \theta_g$) угла θ приводит к дискретности в определении координаты середины трекового сигнала:

$$\Delta \theta_{max} = 0,96 \cdot 10^{-3} R_{max} = 5 \text{ мкм.}$$

Среднеквадратичная ошибка из-за дискретности равна: $\sigma_{\Delta \theta_{max}} = \frac{\Delta \theta_{max}}{2\sqrt{3}}$

- Нестабильность Δt_g задержки сигнала $\theta_{под}$. Счётчик сбрасывается в нулевое состояние каждый раз, когда кодирующий диск отсчётной системы делает полный оборот и опорная метка его пересекает датчик контрольной координаты $\theta_{под}$. Задержка вводится для временного согласования положения переднего фронта видеосигнала

опорной метки $\theta_{ном}$ и сигналов отсчета угловой координаты для того, чтобы передний фронт сигнала $\theta_{ном}$ находится между двумя соседними сигналами отсчета угла поворота. Нестабильность задержки Δt_3 эквивалентна неустойчивости положения сигнала

$$\Delta \theta_{ном} = \frac{\Delta t_3 \cdot 2\pi}{T}$$

Здесь T - период вращения перископа. Поэтому, если $\Delta t_3 = \frac{\Delta \theta_2 T}{4\pi}$, то ошибки отсчета из-за неустойчивости задержки сигнала не будут. Нестабильность скорости вращения перископа оказывает аналогичное влияние на погрешность в определении угловой координаты и вносит ошибку $\Delta \theta_T$. Реальные характеристики перископа и очень высокие требования к стабильности задержки и скорости вращения не позволяют получить общую ошибку $\Delta \theta_{\Sigma} = \Delta \theta_{ном} + \Delta \theta_T$ меньше, чем $\frac{\Delta \theta_2}{2}$ даже за относительно короткое время в 7 секунд, в течение которого производится спиральное сканирование.

Однако избыток информации, получаемый при сканировании одного события (за время сканирования совершается около 100 витков спирали), что соответствует примерно 30-50 отсчетам на каждом треке, дает возможность, при наличии оперативного контроля за работой отсчетных систем, отбрасывать одиночные сканы, т.е. витки спирали, ошибки отсчета контрольной угловой координаты $\theta_{пол.}$ на которых превышают допустимые значения.

Заключение

Анализ точностных характеристик СИ, проведенный в процессе настройки и юстировки системы, показывает, что аналитический подход к вычислению отдельных погрешностей осуществить чрезвычайно трудно из-за многообразия возможных причин неустойчивостей и сильной временной зависимости их от целого ряда параметров.

Основной метод юстировки и настройки отсчетных систем заключается в создании системы аппаратурных имитаторов и программных тестов, позволяющих создавать критические ситуации для отдельных узлов измерительных систем и разделять источники возможных ошибок. Оценка суммарных погрешностей в измерении координат точек по всему полю кадра производится при помощи сканирования специальных калибровочных пластин с последующей обработкой результатов по программе "КАЛИБР"¹⁵¹ на большой вычислительной машине.

Следует также учитывать, что реализация точности, заложенной в оптико-механическую и электронную аппаратуру, в значительной степени определяется организацией выполнения алгоритмов управления, так как сбой или потери информации, связанные с работой системы в реальном масштабе времени, носят обычно случайный характер и могут так "растянуть" распределения ошибок, что погрешности аппаратуры будут вообще незаметны.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.М.Котов и др. ОИЯИ, IO-7939, Дубна, 1974.
2. К.Ваттенбах и др. ОИЯИ, IO-7617, Дубна, 1973.
3. В.Д.Инкин и др. ОИЯИ, IO-4770, Дубна, 1969.
4. В.М.Котов, М.Понятовский. ОИЯИ, II-7943, Дубна, 1974.
5. В.Е.Комолова, Г.А.Ососков. ОИЯИ, IO-6431, Дубна, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 августа 1974 г.