

4846

Б-907

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



201-75

10 - 8189

213/2-75

Г.Н.Буланова, В.М.Котов, Р.Х.Кутуев

СИСТЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ
СПИРАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ

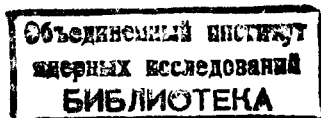
1974

**ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ**

10 - 8189

Г.Н.Буланова, В.М.Котов, Р.Х.Кутуев

СИСТЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ
СПИРАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ



ВВЕДЕНИЕ

Разработка и создание сканирующей системы СИ^I/ требует решения как задач, связанных с получением заданной производительности и требуемых точностных характеристик, которые в принципе определяют необходимость создания данной системы, так и задач по ее реализации с заданным качеством в определенное время. Сильная временная зависимость степени полезности экспериментального оборудования и ограниченность ресурсов приводят к противоречивости требований к высокой эффективности системы и к допустимым срокам ее создания и внедрения.

Повышение эффективности управления сопряжено с усложнением алгоритмов, что неизбежно увеличивает сроки разработки, способствует возникновению дополнительных ошибок и может привести вообще

к неосуществимости системы. Кроме того, при проектировании СИ, как и всякой сложной системы, невозможно исследовать и рассчитать ни все параметры и характеристики, ни логику ее функционирования, что также приводит к наличию многочисленных ошибок, особенно на первых стадиях запуска системы. Поэтому выявление и устранение ошибок представляет собой важную самостоятельную задачу, оп-

ределяющую не только осуществимость системы, но надежность и удобство ее эксплуатации в дальнейшем.

Оперативный контроль за качеством данных измерения
и тестовые программы функционирования аппаратуры

Для решения этой задачи при проектировании системы СИ была введена как аппаратурная, так и программная избыточность, а также разработаны специальные тестовые программы для проверки функционирования СИ.

Не затрагивая здесь проблем, связанных с организацией процесса проектирования с точки зрения уменьшения возникающих на этой стадии ошибок, рассмотрим задачу реализуемости системы в смысле достоверности и надежности получаемых результатов. Спиральный измеритель —, прежде всего, — измерительная система, предназначенная для обработки камерных снимков и поиска очень тонких эффектов в новых неисследованных областях экспериментальной физики. Это налагает жесткие требования на достоверность результатов измерения и определяет необходимость наличия развитых тестовых программ, дающих объективную оценку данных, получаемых на различных стадиях обработки. Методы периодической калибровки и оценка точностных характеристик системы с точки зрения удовлетворения требованиям, предъявляемым к устройствам обработки фотографий пузырьковых камер, представляют собой самостоятельную задачу и описаны в работе /2/.

Вместе с тем существует целый ряд проблем, решение которых помогает проведению глобальной калибровки СИ или дополняет методику проведения. Разработанный для этого комплекс тестовых программ относится к средствам функционального контроля и может быть условно разделен на два основных модуля:

- программно-логические тесты, выполняемые автономно, независимо от операционной системы СИ;
- программы оперативного контроля отчетных систем, входящие в состав операционной системы СИ.

Программно-логический контроль является не только продолжением процесса проектирования и настройки системы, но и служит средством повышения надежности ее эксплуатации. Сбои и отказы аппаратуры существенно влияют как на производительность системы, так и на достоверность результатов измерения, и если частота отказов достаточно велика, а причина их не может быть быстро обнаружена, то такая система должна считаться нереализуемой. Большую роль, если не в уменьшении частоты отказов, то в быстроте обнаружения причин их возникновения играют программно-логические тесты.

Создание программ тестового контроля тесно связано с проектированием сканирующей системы СИ, включая и разработку программного обеспечения ее функционирования. Именно с тестов начиналась разработка программ управления СИ. Это обусловлено одной из важнейших особенностей алгоритмов управляющей ЭВМ — отсутствием полной формализации алгоритмов управления на начальных этапах проектирования сканирующей системы СИ.

Процесс разработки и отладки как тестовых, так и управляющих программ оказывает на начальной стадии сильное влияние не только на функциональные алгоритмы, но и на аппаратуру СИ, что приводит к последовательному итерационному характеру проектирования. Поэтому первый этап отладки тестов и управляющих программ служит, в первую очередь, не выявлению формальных ошибок, а уточнению алгоритмов и доработке системы.

Тем не менее, структура электронных устройств СИ и наличие развитых каналов связи определяют состав необходимых тестов, основная часть которых органически продолжает тесты управляющей ЭВМ. К числу таких тестов относятся, прежде всего, программы проверки мультиплексорных каналов /3,4/. В качестве примера рассмотрим тестовую программу мультиплексора программного прерывания, блок-схема которой приведена на рис.1.

Сложность проверки и особенно настройки данного мультиплексора заключается в том, что необходимо учитывать обратную связь, возникающую во время проверки (имеется в виду сигнал прерывания, который поступает в ЭВМ из мультиплексора). В процессе настройки, когда нет уверенности в том, что канал работает правильно, появление на входной шине прерывания в ЭВМ случайных сигналов приводит к непредсказуемым прерываниям вычислений, что делает невозможным дальнейшую диагностику неисправностей.

Для исключения этого эффекта тестовая проверка мультиплексора программного прерывания (МПП) производится в два этапа:

- первый этап выполняется при запрещенном прерывании и служит для автономной проверки МПП. Алгоритм проверки на этом этапе заключается в следующем: аппаратурная избыточность МПП позволяет при помощи специальных команд проверки мультиплексора имитировать поступление на все входы мультиплексора сигналов прерывания от внешних устройств. Поэтому, если установить одновременно все уровни мультиплексора в единичное состояние, то при последовательном обращении к нему по команде RMX (6553) в сумматор управляющей ЭВМ должны в соответствии с логикой работы мультиплексора передаваться значения двоичного кода каждого из уровней мультиплексора в порядке убывания их приоритетов. Нарушение порядка поступления

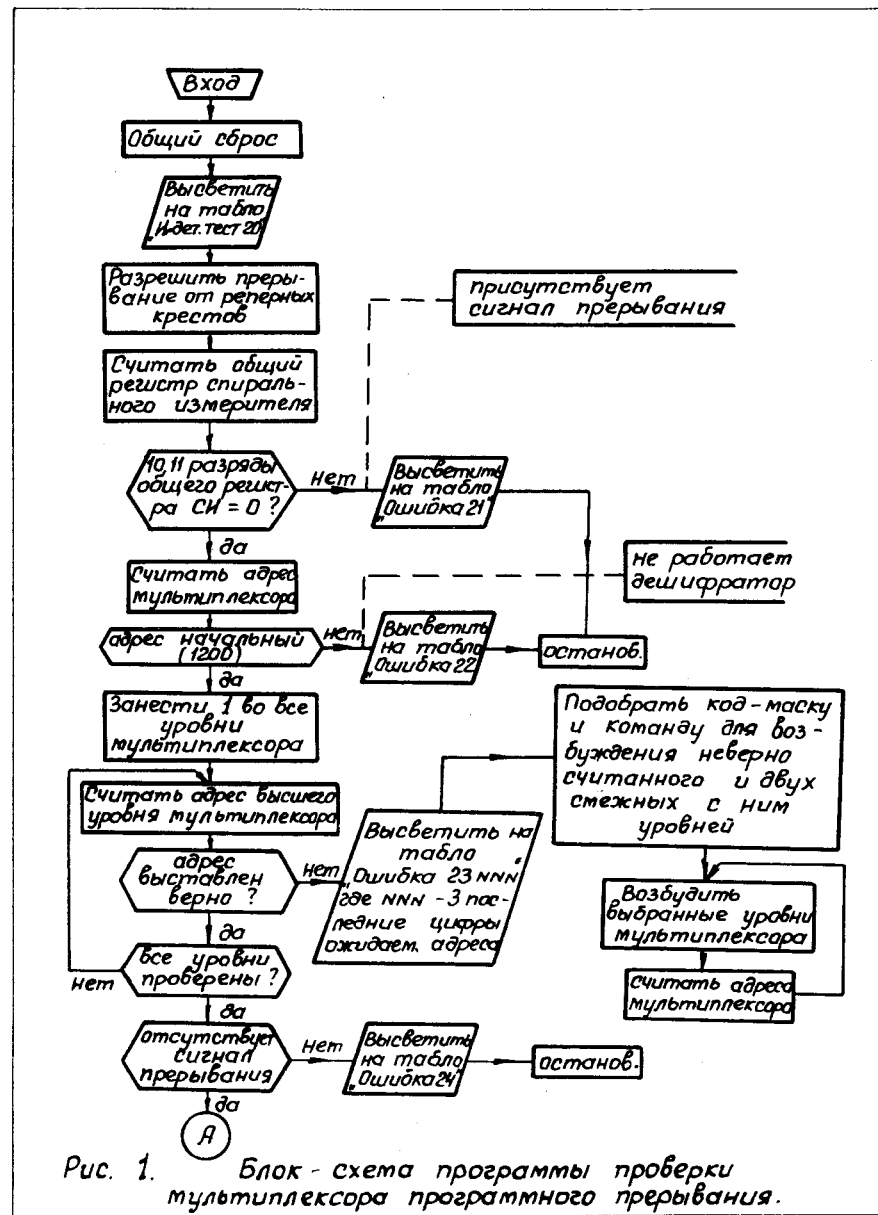


Рис. 1. Блок-схема программы проверки мультиплексора программного прерывания.

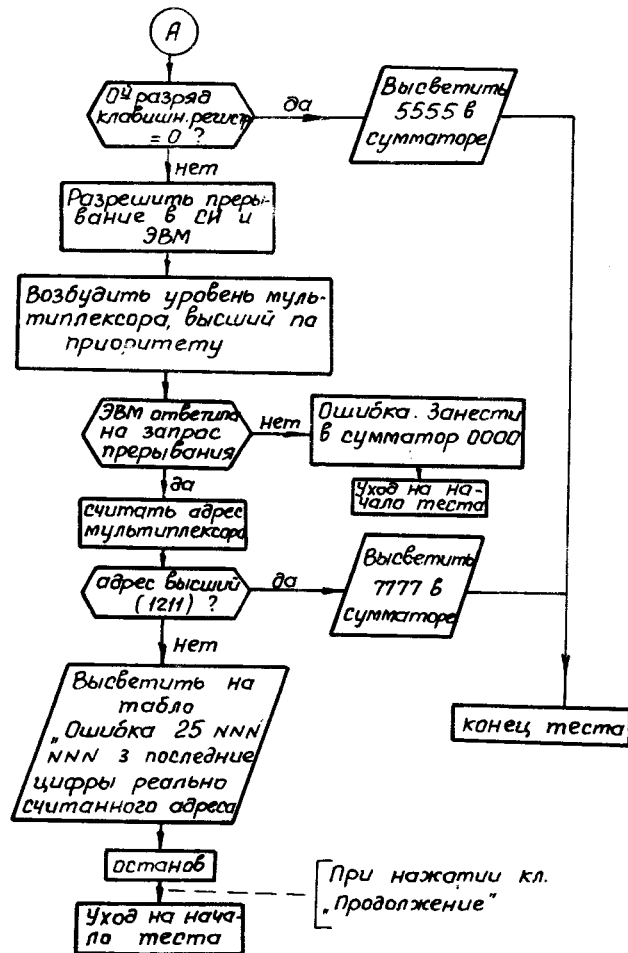


Рис. 1а Блок-схема программы проверки мультиплексора программного прерывания. (продолжение)

свидетельствует или о неправильном присвоении приоритетов, если переданное значение кода относится к разрешенной кодовой комбинации и включено в резидент мультиплексора, или об ошибках в канале передачи. В последнем случае могут быть указаны кодовые шины, по которым передается неверный код. Повторная передача в сумматор ЭВМ в процессе проверки одного и того же значения кода свидетельствует об отсутствии сброса в нулевое состояние предыдущего уровня мультиплексора после его обслуживания. Кроме того, по контрольному значению кодовой комбинации, соответствующей отсутствию в мультиплексоре запросов прерывания, определяется правильность входа и выхода в обслуживание мультиплексора, а используя обращение к статусному регистру СИ, единичное состояние девятого разряда которого определяет наличие сигнала на шине прерывания, можно зафиксировать момент возникновения этого сигнала в начале обслуживания и сброса — в конце.

В случае обнаружения ошибки на пульт связи выдается диагностика и программа уходит на один из частных циклов проверки в соответствии с предполагаемой причиной отказа. Например, при нарушении порядка поступления адресов уровней выполняется частный цикл, в котором устанавливается в единичное состояние неверно работающих уровней и два соседних, имеющих приоритеты: один — на единицу больше, другой — на единицу меньше. Затем производится считывание этих трех уровней приоритетов и цикл повторяется вновь. Цикл бесконечный и позволяет по схемам производить настройку аппаратуры мультиплексора, прослеживая прохождение сигналов. Таким образом, на первом этапе тестовой проверки имитируется почти полный цикл работы мультиплексора, и все действия по проверке его производятся по инициативе управляющей ЭВМ.

На втором этапе теста проверяется уже собственно выход на прерывание, причем процедура проверки очень проста и требует имитации запроса только одного уровня в мультиплексоре. В случае ошибки причина ее локализуется полностью – это непрохождение выходного сигнала от мультиплексора по шине прерывания в ЭВМ. Диагностика ошибок, выдаваемая оператору на пульт связи, приведена в табл. I.

Аналогичный алгоритм с точки зрения проверки правильности присвоения приоритетов имеет и тест (рис. 2) мультиплексорного канала прямого доступа в оперативную память. Характерной особенностью этого теста является то, что в процессе проверки нельзя исключить обратную связь мультиплексора на работу ЭВМ, поскольку для осуществления режима прямого доступа во внешнем устройстве (в данном случае в мультиплексоре) должны генерироваться определенные сигналы, фазовые соотношения которых жестко синхронизированы с тактовой частотой управляющей ЭВМ. Иными словами, чтобы проверить канал прямого доступа, управляющая ЭВМ должна реагировать на запрос внешнего устройства, т.е. сигнал запроса должен подаваться в ЭВМ. Это создает определенные трудности при проверке, так как потеря управления внепрограммным обменом приводит, как правило, к полному разрушению содержимого оперативной памяти и уничтожению самой тестовой программы. Тем не менее, если на первом этапе проверить функционирование канала прямого доступа в режиме "Увеличение памяти", то в этом случае даже потеря управляемости приводит к разрушению содержимого только нескольких ячеек памяти (в лучшем случае, одной). Поэтому проверка канала прямого доступа производится в несколько этапов:

- на первом этапе проверяются те уровни приоритетов мультиплексора, которые работают в режиме "Увеличение памяти". Алгоритм про-

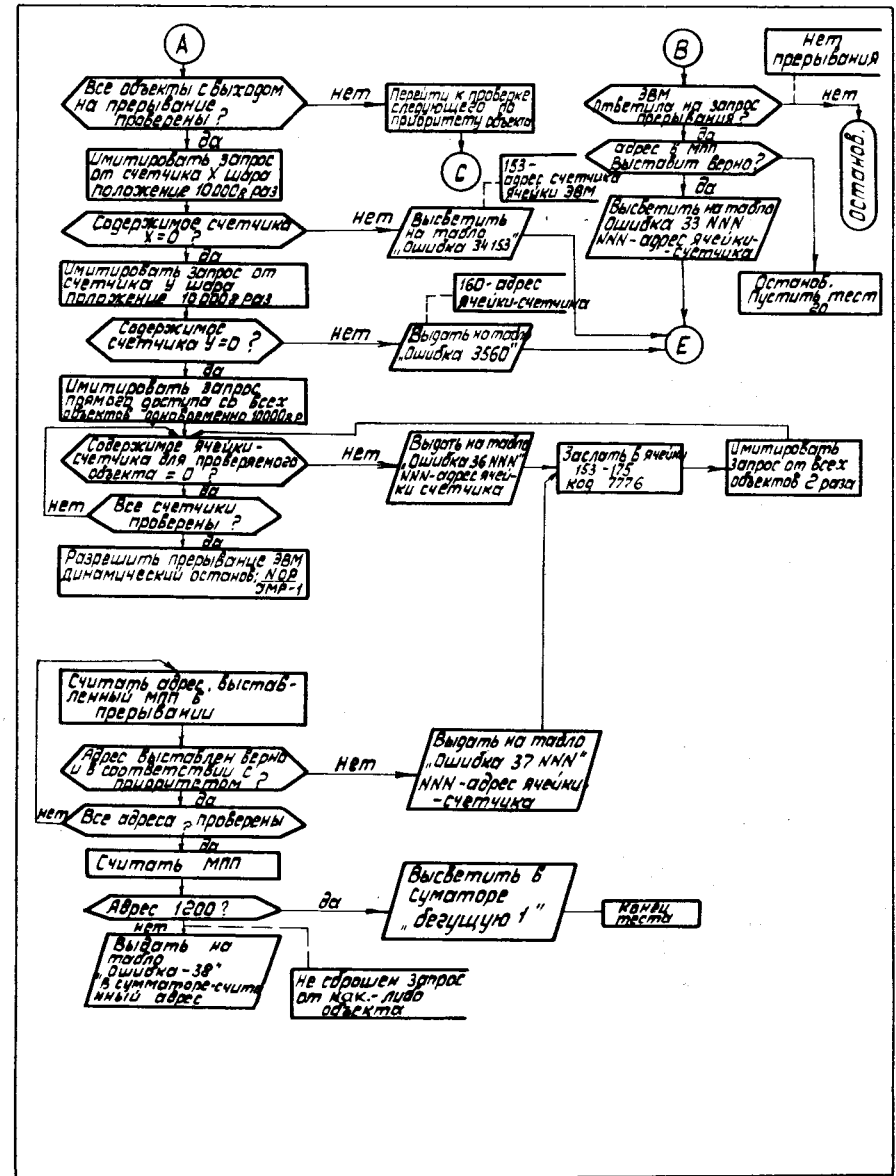


Рис. 2 Блок-схема теста мультиплексора канала прямого доступа в память ЭВМ.

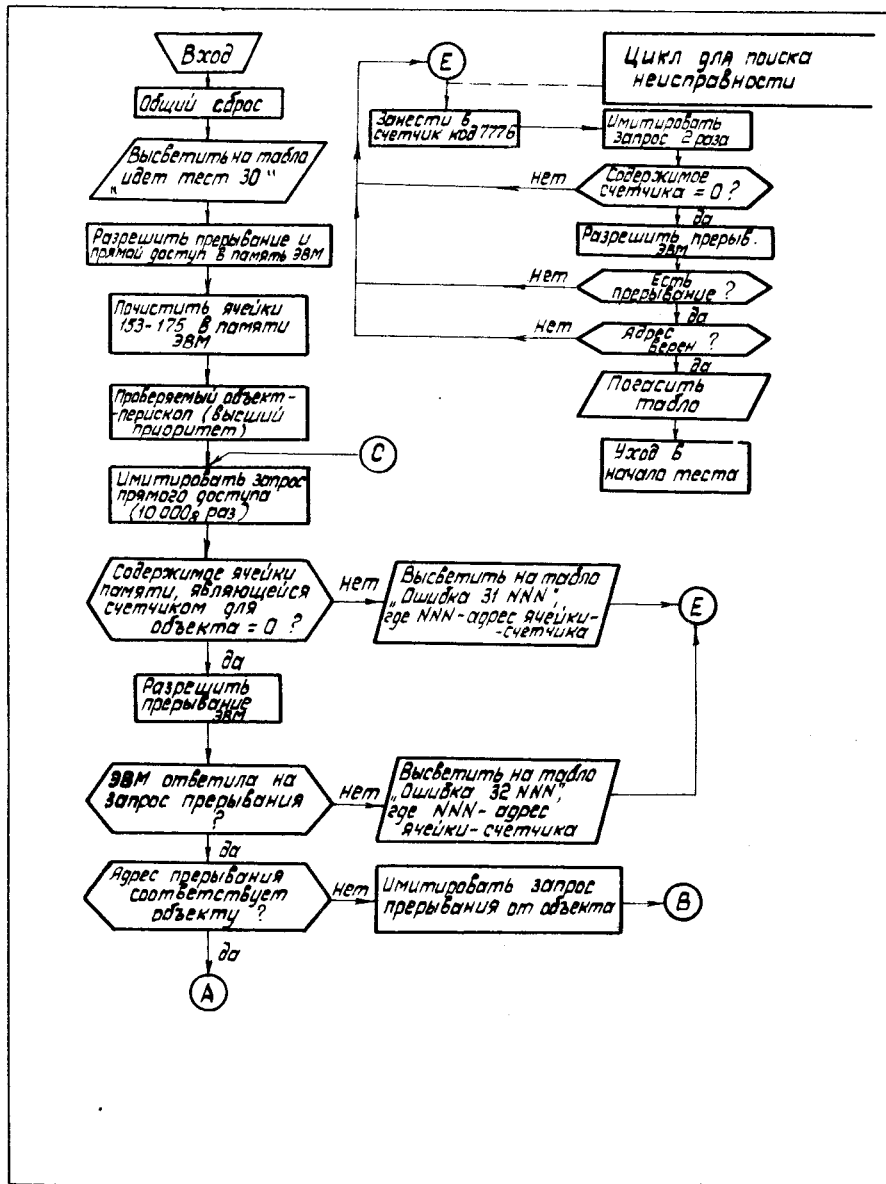


Рис. 2 а. Блок-схема теста мультиплексора канала прямого доступа в память ЭВМ (продолжение).

верки аналогичен алгоритму теста МПШ, описанному выше.

- На втором этапе производится автономная проверка регистра адреса и счетчика слов одноциклового режима при помощи специальных тестовых команд, а затем начинается тест проверки собственно одноциклового режима прямого доступа (рис.3). Этот режим используется для передачи в оперативную память в процессе сканирования данных из отсчетного канала СИ, и поэтому проверка мультиплексора в этом режиме представляет собой часть общего теста отсчетного канала.

- На третьем этапе осуществляется проверка трехциклового режима прямого доступа в оперативную память, которая входит в состав теста контроллера магнитофонов, работающего в режиме трехциклового обмена.

Следующая большая группа тестов относится к проверке команд управления СИ и используется при отладке обмена информацией со статус-командными регистрами контроллеров (рис.4.5).

Вся совокупность перечисленных выше проверяющих программ, являясь продолжением тестов самой управляющей машины, позволяет контролировать работу всех каналов обмена информацией электронной аппаратуры СИ с управляющей ЭВМ.

В состав разработанных программно-логических тестов СИ входит также большая группа функциональных тестов, проверяющих работу отдельных блоков системы. Особое место среди этих тестов занимает программа „DATEST“ проверки отсчетного канала, относительная автономность которого определила необходимость создания для проверки его работы специального аппаратного имитатора. Разработанный имитатор включен в состав контроллера отсчетного канала и позволяет генерировать спаренные трековые сигналы, количество и временное положение которых может задаваться в процессе настройки. Таким об-

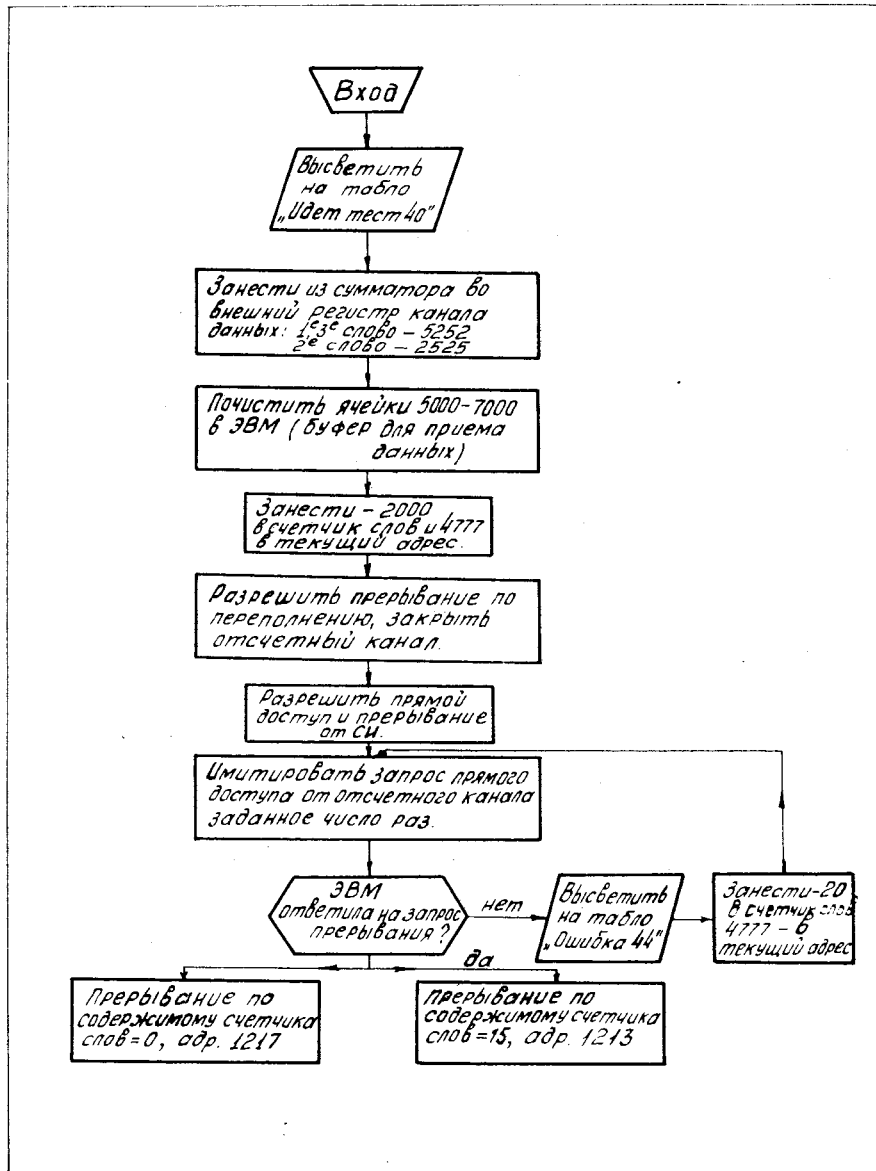


Рис. 3. Блок-схема теста отсчетного канала.

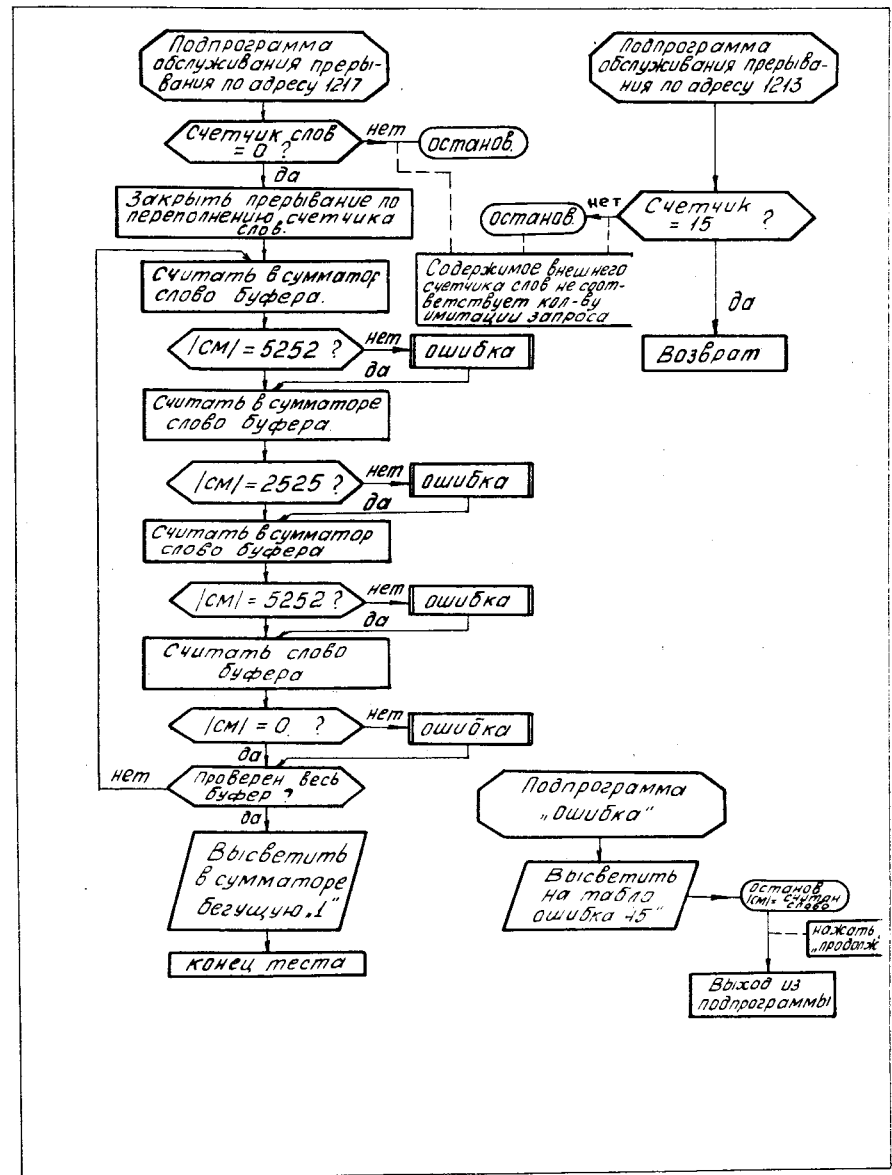


Рис. 3а. Блок-схема теста отсчетного канала (продолжение)

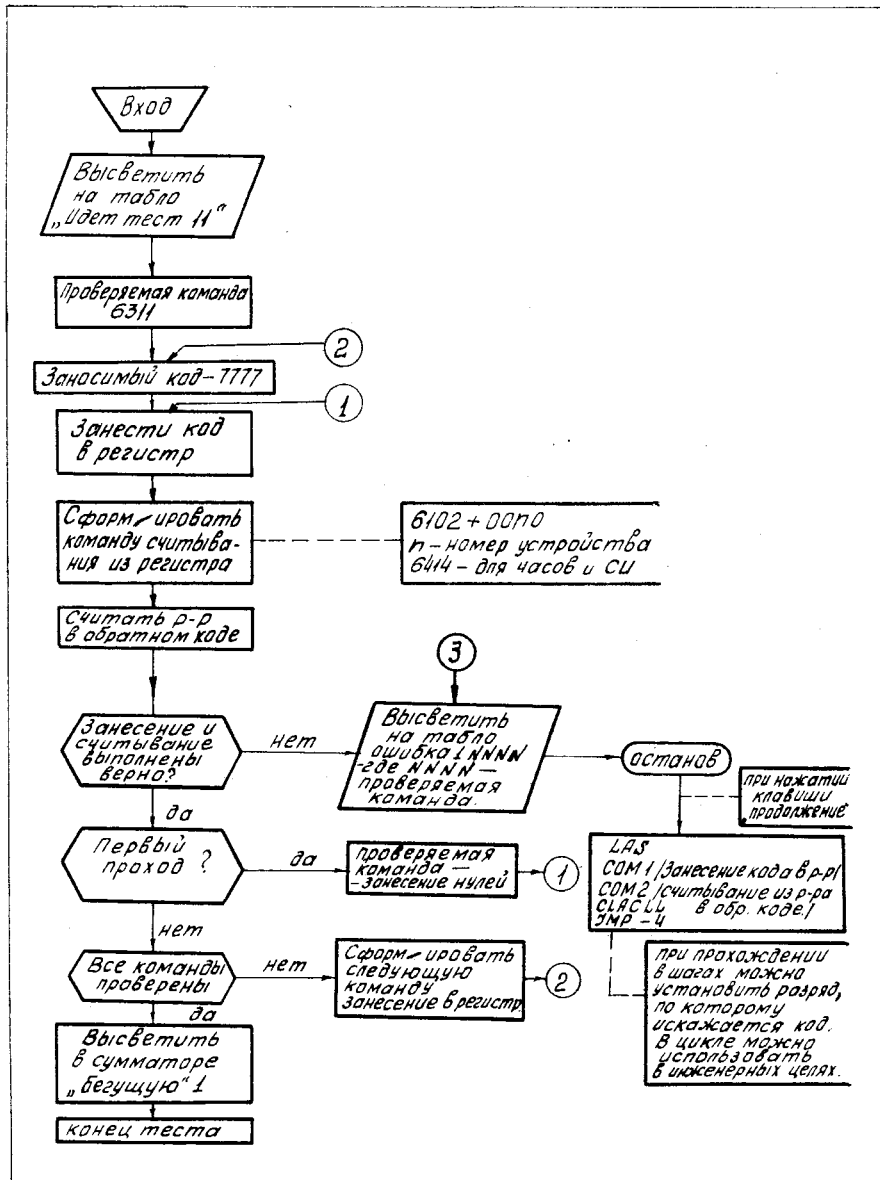


Рис. 4 Блок-схема теста обмена со статус-командными регистрами СИ.

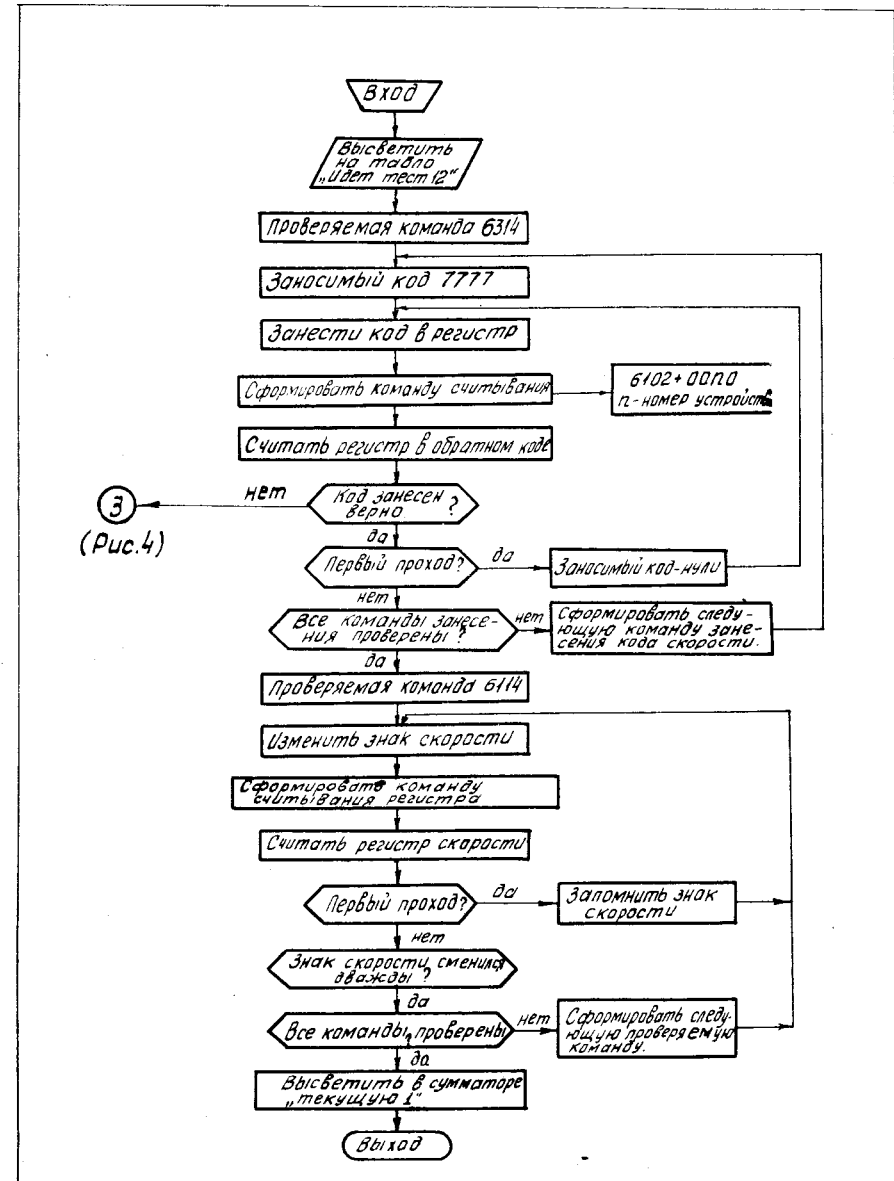


Рис. 5 Блок-схема теста регистров скорости.

разом, в режиме функционального контроля отсчетного канала во время движения перископа "снизу-вверх", может генерироваться модель события, количество и положение треков которого точно известно.

Тесты функционального контроля других блоков СИ относятся к полностью программным тестам, и для их работы не требуется специальных аппаратных имитаторов, так как быстродействие управляющей ЭВМ позволяет проводить их проверку полностью программным способом.

Последняя группа программно-логических тестов разработана специально для помощи при настройке и востановке отдельных функциональных блоков. Например, тест перископа "ТРЕР", состоящий из семи отдельных подпрограмм, написанных в PAL III и занимающих около 1К памяти, помогает проводить полный комплекс по отладке отсчетных систем перископа, установке его начального положения и снятию переходных характеристик сервопривода.

Совокупность программ оперативного контроля отсчетных систем, входящая в операционную систему СИ /5/, является частью функциональных алгоритмов и выполняется в процессе управления работой сканирующей системы СИ. Основное назначение этих программ состоит не только в том, что они дополняют программы калибровки и помогают локализовать причины отдельных ошибок, но и в том, что оперативный контроль за качеством данных измерений в промежутках между глобальной калибровкой системы позволяет исключить дальнейшую обработку на большой ЭВМ тех событий, измерение которых на СИ сопровождалось случайными отказами измерительных систем. Такой оперативный контроль в значительной степени способствует увеличению суммарной производительности всей системы обработки камерных снимков, так как позволяет сразу же производить перемеры отдельных проекций или событий, исключая потери времени на поиск и установку нужного кадра, которые возника-

ют в случае, если необходимость в перемере из-за ошибок измерения определяется на последующих этапах обработки - на большой ЭВМ.

Программы оперативного контроля подразделяются на две большие группы:

- программы контроля за действиями оператора в процессе измерения камерных снимков на СИ и проверки соответствия данных просмотра и служебной информации, заносимой в паспорт проекции кадра при его обмере на СИ. Эти программы входят в программное обеспечение пультов связи и управления;

- программы проверки отсчетных систем, выполняемые автоматически, без участия оператора.

Остановимся более подробно на второй группе программ оперативного контроля.

Контроль работы отсчетных систем измерительного стола осуществляется путем проверки измеренных значений координат реперных крестов. Геометрия расположения этих крестов на каждой проекции известна, что позволяет оценивать грубые ошибки в отсчетных системах стола. Измерение координат реперных крестов предшествует обмеру события на данном кадре, поэтому такой контроль производится фактически несколько раз в минуту, что исключает накопление возможных ошибок, возникающих из-за систематического ухода измерительных систем. Аналогичные проверки осуществляются в программе управления перемещением измерительного стола для фиксации кадра в пленочном канале.

Для точной проверки измерительных систем XY стола периодически, примерно один раз на каждые пятьдесят событий, производится контроль и установка начальных значений в счетчиках положения XY стола. Для этих целей служит специальная программа "KAL XY", при помощи которой измерительный стол совершает обход всего рабочего

поля сканирования и по сигналам от опорных меток, расположенных на краях дифракционных решеток датчика линейных перемещений, производится сравнение показаний счетчиков XU со значением контрольных координат. Точность сравнения очень высока (± 2 мкм), что позволяет фиксировать даже незначительные уходы измерительных систем XU стола.

Оперативный контроль измерительных систем перископа и отсчетного канала имеет существенные отличия, которые связаны с тем, что интенсивность входных потоков заявок на обслуживание во время сканирования значительно больше, чем при относительно редких измерениях в декартовой системе координат XU и, кроме того, эти заявки требуют очень быстрой реакции управляющей ЭВМ, т.е. имеют малое допустимое время ожидания. Поэтому программы оперативного контроля, выполняемые в процессе сканирования, должны ограничиваться только фиксацией факта, что ошибка имела место (обычно одиночная ошибка не является фатальной), а расшифровка типа ошибки и выдача диагностики оператору производится после завершения сканирования. (Ошибки: 4RRRR - 8RRRQ табл. №1).

Проверка отсчетных систем угловой координаты Θ производится путем сравнения кода контрольной координаты $\Theta_{пол}$ показаниями счетчика Θ в момент появления сигнала от датчика опорной метки $\Theta_{пол}$. Этот сигнал генерируется на каждом обороте конуса перископа и, если разница содержимого счетчика и значения контрольной координаты $\Theta_{пол}$ превышает ± 3 цены младшего разряда, то фиксируется ошибка, по которой в управляющую ЭВМ выставляется сигнал прерывания. В этом случае зафиксированные значения угловой координаты опорной метки $\Theta_{пол}$ передаются в оперативную память ЭВМ вместе со специальной меткой, что позволяет исключить все зарегистрированные на этом витке спирали

точки треков из дальнейшего анализа при фиксации результатов сканирования на БЭСМ-6.

Если по программе обслуживания прерывания по ошибке было определено, что подобная ошибка возникла в течение одного полного спирального скана больше 3-х раз, то в паспорт проекции, записанной на магнитную ленту, заносится код браковки, и весь массив данных сканирования бракуется, а оператору на пульт связи выдается соответствующая диагностика и предлагается повторить сканирование.

Для проверки во время сканирования качества работы измерительных систем линейной координаты в контроллер перископа введены два идентичных счетчика для регистрации линейной координаты R . Один из них выполнен аппаратурно и именно его содержимое передается по каналу прямого доступа в оперативную память как значение радиальной координаты точки пересечения сканирующей щели и следа события на пленке. Второй, вспомогательный счетчик, так же как и счетчики положения измерительного стола XU , представляет собой ячейку МОЗУ управляющей ЭВМ, работающую в режиме "увеличение памяти", и используется для контроля за работой измерительных систем линейной координаты. Проверка осуществляется при помощи сигналов опорной метки R_0 , в промежутке между которыми содержимое этого счетчика должно увеличиться на 1750_8 отсчетов. Проверка выполняется по специальной программе контроля, а в конце спирального скана сравниваются показания этого счетчика с содержимым основного счетчика, выполненного аппаратурно. Такая организация контроля позволяет исключить "лишние" обращения к основному счетчику и, следовательно, уменьшить "мертвое" время отсчетного канала. Кроме того, алгоритм проверки с учетом промежуточного контроля по опорным меткам позволяет локализовать ошибки, определять степень их важности и выдавать детальную диагностику неисправностей.

Следующий цикл проверок работы отсчетного канала касается режима динамической буферизации и управления изменением уровня дискриминации схемы АРУ в процессе сканирования. В функции этих программ входит определение качества разравнивания скорости поступления входных данных из отсчетного канала и передачи их на магнитную ленту. Вместе с этим производится контроль за средней скоростью поступления данных в отсчетный канал и определяется величина уровня дискриминации для схемы АРУ.

К этой же группе тестов оперативного контроля можно отнести программы проверки канала прямого доступа, которые включены в состав программ управления работой отсчетного канала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективность использования системы функционального контроля в значительной степени определяется способом хранения, организацией вызова и выполнения в определенной последовательности тестовых программ как во время профилактического контроля, так и для оперативного обнаружения неисправности при сбоях во время работы сканирующей системы /6/.

Весь комплекс программно-логических тестов, так же как и операционная система, хранится на магнитной ленте магнитофонов ЕС 5012Р, подключенных к управляющей ЭВМ "Электроника 100" спирального измерителя. Вызов нужной группы тестов осуществляется при помощи пульта связи СИ, на многопозиционных переключателях которого оператор может задать название нужной программы, а также служебную информацию, необходимую для ее выполнения (поле команд, поле данных, остановы, если они необходимы и т.д.).

По команде оператора производится поиск на системной магнитной ленте нужной программы, которой, после ее загрузки в оперативную память ЭВМ, и передается управление.

Такая организация позволяет существенно сократить потери времени для перехода от режима измерений в тестовый и обратно, и исключает необходимость работы с перфолентой, что повышает помехоустойчивость системы при загрузке.

Кроме того, использование развитых средств общения с накопителями на магнитной ленте ЕС 5012, разрешает, даже для такой малой управляющей ЭВМ как Э-100 спирального измерителя, производить сегментирование самой операционной системы и, применяя технику "оверлеев", использовать магнитную ленту для хранения всей библиотеки стандартных подпрограмм обслуживания операционной системы, вызывая в оперативную память ЭВМ только те подпрограммы, которые нужны в данный момент времени.

В заключение следует отметить наиболее характерную особенность тестовых программ - непрерывность их развития во время эксплуатации системы СИ, чему в немалой степени способствует включение в состав СИ управляющей ЭВМ.

Таблица I.

Таблица ошибок в системе контроля спирального измерителя

Ошибка команд	обмена со статус - командными регистрами
Ошибка I NNNN	Неверно заносится в статусно-командный регистр или неверно считывается код. NNNN - проверяемая команда обращения к данному регистру.
Ошибки мультиплексора программного прерывания (МПП)	
Ошибка 2I	Несмотря на общий сброс, присутствует запрос прерывания от какого-то объекта.
Ошибка 22	Неверно считан начальный адрес (I200) МПП.
Ошибка 23 NNN	Адрес в МПП выставлен неверно либо не в соответствии с приоритетами. NNN - 3 последние цифры ожидаемого адреса.
Ошибка 24	После считывания всех уровней МПП присутствует сигнал прерывания.
Ошибка 25 NNN	Неверно считался адрес I2II МПП (высший по приоритету уровень) в прерывании. NNN - 3 последние цифры реально считанного адреса.
Ошибки мультиплексора прямого доступа в память ЭВМ	
Ошибка 3I NNN	После имитации I0000 ₈ запросов прямого доступа от данного объекта содержимое ячейки - счетчика не равно нулю. NNN - адрес в ЭВМ ячейки - счетчика объекта.
Ошибка 32 NNN	Нет прерывания по переполнению счетчика. NNN - адрес в ЭВМ ячейки-счетчика.
Ошибка 33 NNN	Неверно выставлен адрес в МПП по переполнению счетчика. NNN - адрес в ЭВМ счетчика.
Ошибка 34 I53	См. "Ошибка 3I", I53 - адрес счетчика "шара" положения в ЭВМ.

Ошибка 35 I60	См. "Ошибка 3I", I60 - адрес счетчика "шара" положения в ЭВМ.
Ошибка 36 NNN	После имитации I0.000 ₈ запросов прямого доступа от всех объектов одновременно, содержимое ячейки-счетчика NNN не равно нулю.
Ошибка 37 NNN	По переполнении при имитации запросов от всех объектов одновременно неверно вставлен в МПП адрес прерывания. NNN - адрес ячейки - счетчика объекта.
Ошибка 38	См. "Ошибка 22"
Ошибки отсчетного канала	
Ошибка 4I 00N	Ошибка по сигналу Θ полный. N - число сбоев за весь скан. Если $N > 3$ - перемер.
Ошибка 42	Переполнение буфера в режиме динамической буферизации при передаче данных на НМЛ. Перемер.
Ошибка 43	Ошибка в адресе передачи по каналу прямого доступа. Перемер.
Ошибка 44	Нет прерывания по переполнению счетчика слов отсчетного канала.
Ошибка 45	Неверно считываются данные из внешнего регистра отсчетного канала в одноцикловом режиме прямого доступа в память.
Сообщения оператору о состоянии контроллера НМЛ и магнитофона	
Ошибка 46*	Ошибка в обращении к НМЛ. Выбранный магнитофон не готов, либо задано невыполнимое условие.
Ошибка 47*	Конец ленты.
Ошибка 48	Ошибка при записи или считывании. Повторить операцию.
Ошибка 49	Начало ленты.

Ошибки блока перископа	
Ошибка 51*	Не работают концевики перископа.
Ошибка 52*	Перископ на концевом выключателе.
Ошибка 53 OON	Ошибка в младших разрядах счетчика перископа. N - количество сбоев за скан. Если $N > 3$, - перемер.
Ошибка 54	Ошибка в старших разрядах счетчика радиуса. Перемер.
Ошибка 55	Ошибка в младших разрядах счетчика радиуса.

Ошибки блоков X и Y

Ошибка 61* (71)	Ошибка в старших разрядах счетчика X(Y) стола.
Ошибка 62* (72)	Стол по X(Y) на концевом выключателе.
Ошибка 64 (74)	Сигнал переполнения младших разрядов счетчика X(Y) при содержимом его, не равном нулю.
Ошибка 65* (75)	Переполнение старших разрядов счетчика X(Y).
Ошибка 66 (76)	Дрейф младших разрядов X(Y) за время сканирования > 6 мкс. Перемер.
Ошибка 67* (77)	Дрейф старших разрядов X(Y) при сканировании.
Ошибка 69 (79)	Стол по X(Y) не под объективом.

Ошибки блока фильмопротяжного механизма

Ошибка 8N001	Не готов фильм N; $N = 1 \div 4$.
Ошибка 85*	Положение механизма смены проекций не определено.
Ошибка 86*	Ошибка рамки (рамка не убирается).
Ошибка 87*	Ошибка датчика вакуума (вакуум не убирается)

Примечания:

Помеченные (*) ошибки - фатальные и требуют вмешательства оператора.

Ошибки I+38, 44, 45 могут быть обнаружены программно-логическими тестами, остальные - в процессе функционального контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.М.Котов и др. ОИЯИ, IO-7939, Дубна, 1974.
2. Аладшвили Б.С. и др. ОИЯИ, IO-7940, Дубна, 1974.
3. В.М.Котов, М.Понятовский. ОИЯИ, II-7942, Дубна, 1974.
4. В.М.Котов, И.Эсенски. ОИЯИ, II-7944, Дубна, 1974.
5. В.М.Котов. ОИЯИ, II-794I, Дубна, 1974.
6. Обнаружение и исправление ошибок в дискретных устройствах.
Под ред. В.С. Толстякова. М., Советское радио, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 августа 1974 г.