

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗ441с
0-702

3460/2-78

21/vii -78

P13 - 11541

Х.Г.Ортлепп, В.Д.Фромм

УПРАВЛЯЕМЫЙ ТЕЛЕСКОП
ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ОСТАНОВОК МЮОНОВ
С ДВУХМЕРНОЙ РЕГИСТРАЦИЕЙ γ -СПЕКТРОВ

1978

P13 - 11541

Х.Г.Ортлепп, В.Д.Фромм

УПРАВЛЯЕМЫЙ ТЕЛЕСКОП
ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ОСТАНОВОК МЮОНОВ
С ДВУХМЕРНОЙ РЕГИСТРАЦИЕЙ γ -СПЕКТРОВ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Ортлепп Х.Г., Фромм В.Д.

P13 - 11541

Управляемый телескоп для выделения остановок мюонов
с двухмерной регистрацией γ -спектров

Описывается электроника и программное обеспечение управляемого телескопа для выделения остановок мюонов с двухмерной регистрацией γ -спектров. Показаны преимущества физических установок с программным управлением: возможность быстрой настройки и оптимизации аппаратуры, контроль правильности хода эксперимента, повышенная надежность и пр.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Ortlepp H.G., Fromm W.D.

P13 - 11541

Controlled Telescope for Muon Detection with
Two-Dimensional Registration of Gamma Spectra

The electronics and software of the controlled telescope for muon stop detection with a two-dimensional registration of gamma spectra is described. The advantages of physical circuits with program control are shown: the possibility of rapid tuning and circuit optimization, the control for correctness of experimental procedure, high reliability and so on.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

1. ВВЕДЕНИЕ

В экспериментах на мезонных пучках очень часто используются телескопы для выделения μ -остановок.

Двухмерная регистрация кодов, соответствующих времени и энергии для каждого γ -кванта, вызванного остановкой мюона, позволяет в зависимости от выбора временных окон выделить различные аспекты мезорентгеновского или ядерного спектров.

Ниже описывается типичная для многих экспериментов установка, состоящая из телескопа μ -остановок, электронных блоков для отбора двухмерных событий и ЭВМ для регистрации и обработки информации.

Установка построена на основе разработанных в Лаборатории ядерных проблем управляемых блоков в стандарте КАМАК и соответствующего программного обеспечения.

2. БЛОК-СХЕМА УСТАНОВКИ

На *рис. 1* приведена блок-схема электронной аппаратуры для телескопа. Кроме сцинтилляционных счетчиков и Ge(Li)-детектора, которые расположены около пучка, блоки находятся в трех разных каркасах:

каркас 1 - управляемые модули /КАМАК/

каркас 2 - модули образования слов /КАМАК/

каркас 3 - АЦП и блоки сопряжения /"Вишня"/.

Задача электроники состоит в образовании двойного слова из результатов преобразования времени появления

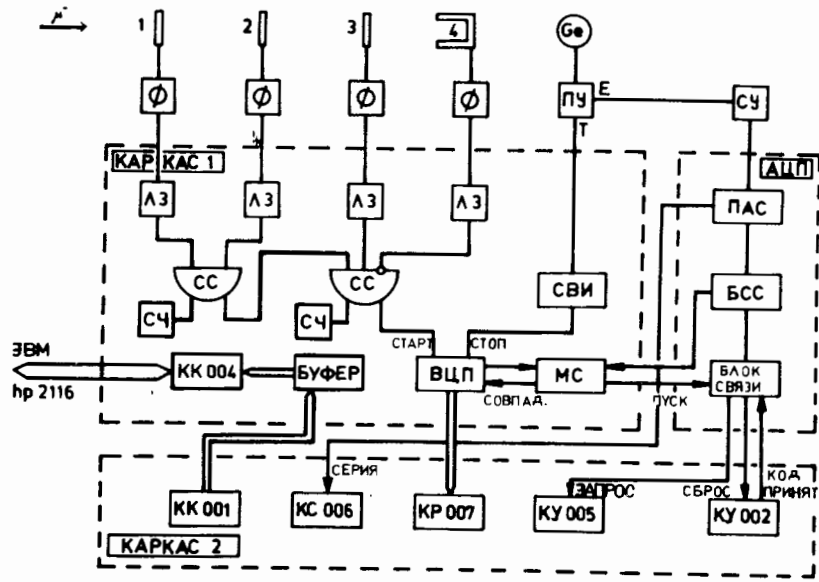


Рис. 1. Блок-схема телескопа.

и энергии γ -кванта в случае их одновременности. Для этого сигнал μ -остановок /1234 совпадение/ используется в качестве старта временного преобразователя, а сигнал „стоп“ снимается с быстрого выхода предусилителя, связанного с Ge(Li) -детектором.

2.1. Управляемые модули и особенности их применения /1-10/

В табл. 1 приводится список всех блоков в стандарте КАМАК, входящих в телескоп μ -остановок. Внешние кабельные связи показаны на рис. 2, некоторые из них проходят через матрицу, чтобы иметь возможность переключения в процессе настройки телескопа. Для настройки задержек сигналов между сцинтилляционными счетчиками в данной аппаратуре используются аналоговые линии задержки. Чтобы мониторировать, например, первый сцинтилляционный счетчик, сигнал после задержки проходит схему совпадения, и поступает на счетчик через матрицу /см. табл. 2/.

Таблица 1

Блок	Обозначение на рис.1	Тип	Литература	Количество блоков	Номер каркаса	Номер станции
Линия задержки	ЛЗ	КА 204	7	3	I	2, 4, 7
Линия задержки	ЛЗ	КЛ 002	5	I	I	9
схема совпадения	СС	КЛ 202	8	2	I	5, 8
матрица	*)	КЛ 201	9	I	I	II
счетчик	СЧ	КС 002	3	2	I	I2, I3
селектор временных интервалов	СВИ	КА 205	II	I	I	I4
время-цифровой преобразователь	ВЦП	КА 201	I2	I	I	I6
схема медленных совпадений	МС	КЛ 204	IO	I	I	I9
буферная память	БУФЕР	КЛ 207		I	I	21
счетчик	СЧ	КС 006	3	I	2	4
входной регистр	КР	КР 007	6	I	2	2
блок управления	КУ	КУ 002	4	I	2	5
трейдер сигналов	КУ	КУ 005	4	I	2	23
контроллер с фиксированными	КК	КК 001	3	I	2	24, 25

*) Логический коммутатор входов/выходов блоков. На рис.1 для упрощения схемы не показан.

Таблица 2
Соединения блоков аппаратуры с помощью матрицы

а) Подключенные приборы к матрице

	№ входа / выхода							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Прибор на входе	I2-совпад.	I234-совпад.	детектор 4		Ge(Li) времен.	медл. совпад.		
Прибор на выходе	счетчик I	счетчик 2	старт ВЦП	совпад. БУП	одновиб. СВИ	инспект. СВИ		

б) Последовательность переключения входов на выходы во время настройки аппаратуры

Операция	Входы						Программа
	1	2	3	4	5	6	
	Выходы						
1. Мониторирование детекторов 1 и 2	1	2	-	-	-	-	
2. задержка для I2-совпадения	2	-	-	-	-	-	MUTES
3. подключение 3-го детектора	1	2	-	-	-	-	
4. сравнение 4-го детектора с I2-совпадением	1	-	2	-	-	-	

Продолжение Таблицы 2

5. определение задержки медленного совпадения	-	-	-	-	3,5	2	
6. регистрация одиночного γ -спектра	-	-	-	-	-	3,5	
7. регистрация одиночного γ -спектра в совпадении со временным выходом	-	-	-	-	3,5	-	
8. регистрация энергетического спектра в совпадении с μ -остановками	-	-	-	-	3,5	4	
9. измерение двумерных спектров	1,6	2,3	-	-	5	4	CASO

Чтобы проверить наличие импульсов на втором сцинтиляционном счетчике, нужно лишь переключить регистр схемы совпадения на пропускание второго входа. Одна схема от селектора временных интервалов используется в качестве одновибратора для обеспечения рабочего диапазона время-цифрового преобразователя, другая применяется для детектирования кратных событий и выводит соответствующий сигнал на вход "Признак" ВЦП.

Схема медленных совпадений КЛ 204 проверяет наличие остановки мюона и энергетического сигнала от $Ce(Li)$ -детектора и позволяет согласовать время их поступления микросекундными задержками на каждом входе.

Содержание управляющих регистров всех модулей запоминается в памяти ЭВМ. Благодаря этому работоспособность телескопа можно мгновенно восстановить без повторного процесса оптимизации.

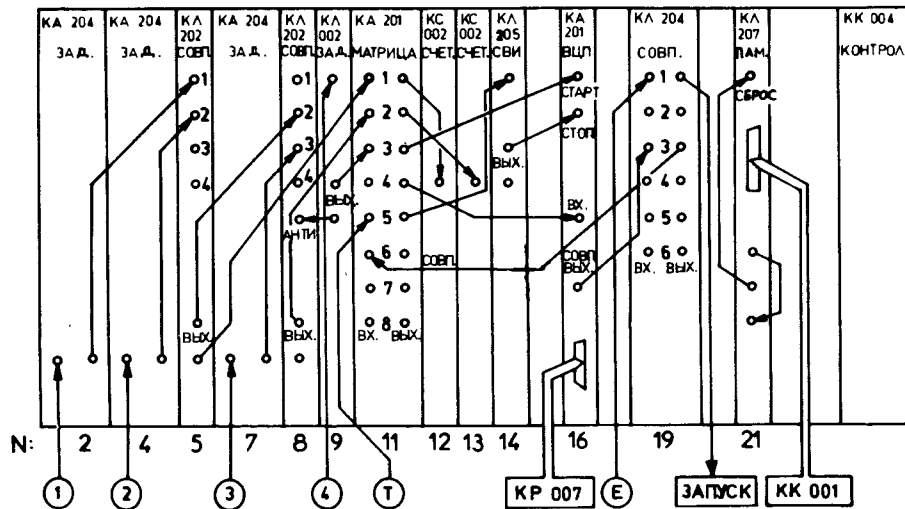


Рис. 2. Внешние кабельные соединения.

2.2. Подключение амплитудно-цифрового преобразователя /АЦП/

Очень важная роль в описываемой установке отводится АЦП, т.к. одна из целей работы с телескопом - получение точных энергетических спектров γ -квантов при взаимодействии мюона с ядром. В период разработки управляемого телескопа АЦП в стандарте КАМАК в лаборатории не было, поэтому использовались преобразователи в стандарте "Вишня". Для работы с блоками в стандарте КАМАК и ЭВМ применялся блок связи^{11/}.

Серия преобразования поступает на быстрый счетчик в каркасе, чтение содержимого которого вызывается сигналом "Вызов", поданным на "Вход L" ЛАМ-грейдера. После чтения КК 001 дает сигнал на магистраль, который из блока управления выводится на разъем "Код принят" блока связи. При наличии стабилизирующего импульса или при переполнении диапазона входных сигналов ($>4 K$) вырабатывается сигнал "Сброс", который подается на "Вход L" блока управления. Программа грейдера сигналов L такова, что в этих случаях осуществляется блокировка сигнала Q в каркасе и событие пропускается.

2.3. Образование кода события и промежуточное запоминание

Каждое событие, формирующее информацию для построения двухмерного спектра, состоит из двух слов длиной 16 бит каждое. Первое слово образовано ВЦП и соответствует времени с момента μ -стопа до образования γ -кванта, второе слово образовано АЦП и соответствует энергии γ -кванта. Микросекундная схема совпадения обеспечивает одновременное формирование обоих кодов. Поток событий статистический и должен регистрироваться без потерь. На одно обращение к модулю /проверка L, чтение ВЦП и счетчика серии/ требуется 9 мс на выполнение цикла, но это требование обычно не выполняется. Поэтому было организовано быстрое чтение образовавшихся кодов с помощью контроллера

КК 001 и промежуточного запоминания до 32 событий в буферной памяти. Чтение всего буфера производится блочной передачей через канал прямого доступа с большой скоростью /4 мкс на слово/. После завершения чтения по внутренней логике заново запускается буферное накопление. Время, в течение которого происходит заполнение памяти, можно использовать для обработки переданных слов, т.е. для образования двухмерного спектра, вывода информации на дисплей и т.д.

3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Вместе с обсуждением программы рассмотрим последовательность отдельных операций настройки телескопа. Комплекс матобеспечения состоит из трех программ, написанных на языке КАМАК /12-15/. Результаты работы первой программы служат в качестве входных данных для второй программы, результаты второй - для третьей. Характеристика каркаса - адреса NA блоков и содержание их управляющих регистров - запоминается на магнитном диске ЭВМ. Благодаря этому, программа набора данных использует запомненную в ЭВМ информацию, нужную для установки параметров телескопа, и после прерывания набора данных /заливка азота, смена мишени и т.д./ позволяет начинать новое измерение без повторной настройки телескопа.

Все три программы предназначены для решения определенного типа задач и работают в операционной системе DOS III.

3.1. Настройка телескопа - программа MYTES

С помощью программы MYTES организуется образование сигнала остановки μ -мезона, что требует:

- проверки наличия импульсов,
- настройки всех задержек,
- настройки совпадений 12 и 1234,
- оптимизации разрешающих времен совпадений.

Блок-схема программы показана на рис. 3. Самым первым действием является проверка наличия импульсов от сцинтилляционных детекторов 1 и 2. Поскольку детекторы в данной аппаратуре не соединены со счетчиками КАМАК, то измерение числа импульсов производится следующим образом: обе линии задержки включаются, счетчик 1 соединяется через матрицу с выходом первой схемы совпадения, которая включается в режим пропускания /включен только один вход/. Для заданного интервала времени счетчик КАМАК регистрирует импульсы от счетчика 1, после чего вход переключается на счетчик 2. Счет обоих сцинтилляционных счетчиков выводится на устройство диалога /УД/ в единицах 1000/с. Если при включении счетчика в состав телескопа его счет меньше 1000 *имп./с*, информация выводится для диагностики, и программа ждет 10 с. Этот цикл /проверка наличия импульсов/ повторяется до поступления импульсов. Таким образом, программа дает возможность проверять и исправлять кабельные соединения без повторного запуска. Настройку совпадений производят 3 раза: первую со 2, 12-ю с 3-ей, 123-ю с 4-й. Процедура здесь общая: задержки ставятся в исходное положение, одна задержка свободная, другие уже установлены предыдущими операциями /диапазон задержек 63 нс/. Свободная задержка меняется шагами по 1 нс от нуля до 63 нс. Для каждого шага число импульсов совпадения измеряется относительно счета совпадения 12 /монитор пучка/, а при установлении совпадений 12 - относительно фиксированного интервала времени. Массив из 64 чисел, полученный в результате прохождения через задержки, изображается на дисплее. Нахождение пика базируется на определении максимума, но подтверждается дополнительными требованиями /положение должно быть близко к середине, эффективность совпадения - выше 30%/, что исключает прием "случайных" максимумов при положении "правильного" пика вне интервала. В этом случае цикл "прошагивания" задержки повторяется: во-первых, с минимальными задержками во всех остальных каналах, во-вторых, с максимальными.

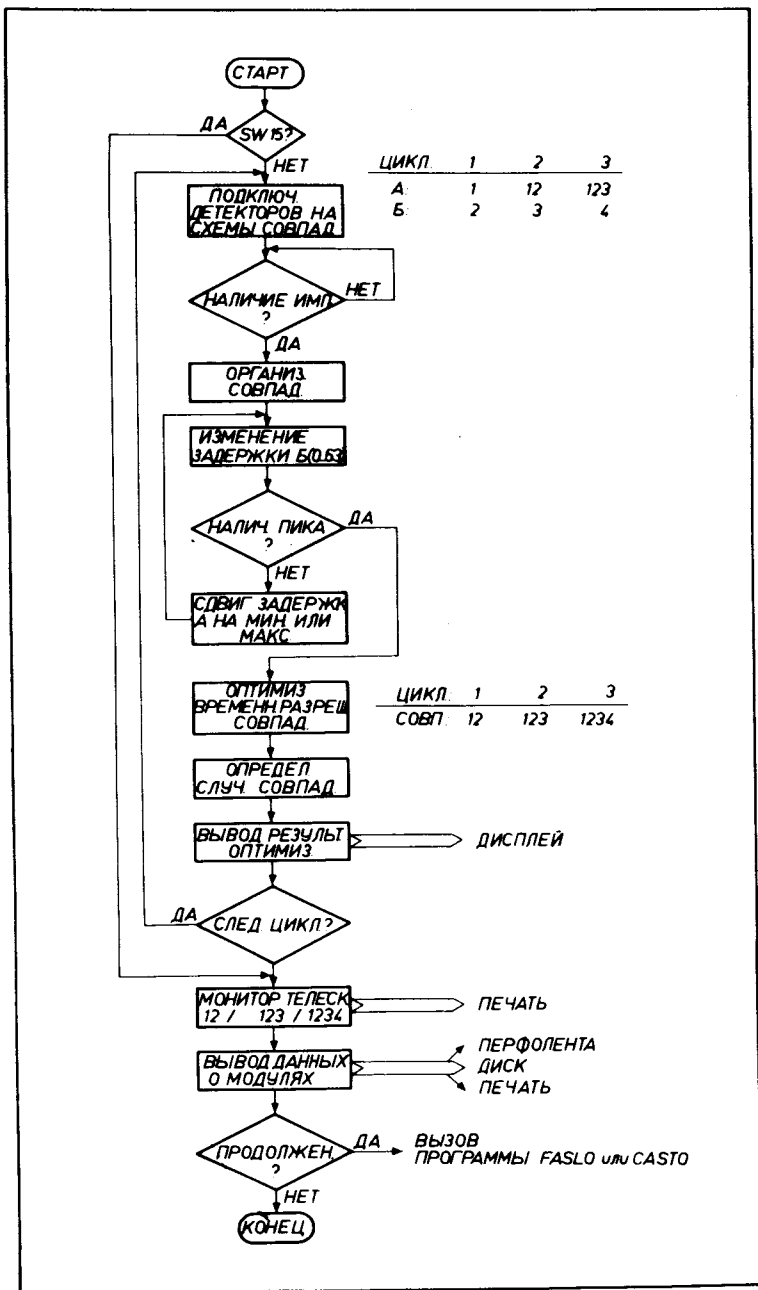


Рис. 3. Алгоритм программы MYTES.

Если и после этого пик совпадения не найден, программа выходит на конец, указывая неисправность в аппаратуре. Положение пика совпадения определяется методикой центра тяжести. В случае антисовпадения ширина кривой от спада до подъема служит границей установления задержки. Автоматический выбор середины этой области не исключает возможности ручного изменения.

Так как определение задержек производится схемой совпадений с $\tau = 1$ нс, возникает дополнительная задача определить оптимальное разрешающее время t , при котором нет потерь событий и число случайных совпадений мало. Измерение характеристик схем совпадений производится в диапазоне $\tau = 1 \dots 12$ нс. Для антисовпадений с изменением τ необходимо новое определение положения центра, иными словами, задержки для четвертого счетчика.

Для оптимального значения τ , рекомендуемого программой /оператор имеет возможность изменения/, на УД выводятся абсолютные и относительные величины числа совпадений /1000/с и число случайных совпадений /%/.

ЦИКЛ.	1	2	3
СОВП.	12	123	1234

В конце программы выводится таблица со всеми цифрами для совпадений типа 12, 123, 1234 на устройство вывода /например, печать/. Характеристики телескопа можно повторно опрашивать, отвечая на вопрос "ONCE MORE?" словом "YES". Такое повторное определение чисел 12 совпадения /монитор пучка, 123 совпадения /расходимость пучка/ и μ -остановок является очень выгодным режимом для оптимизации μ -тракта, определения оптимальной толщины поглотителя, проверки стабильности пучка, т.к. при включенном тумблере №15 на панели ЭВМ программа MYTES идет прямо в этот цикл, используя ранее определенные задержки и ширины совпадения.

Ответ "END" закончит программу, любой другой /например, "NO" / выводит так называемую "характеристику каркаса". Эта информация включает в себе не только содержание управляющих регистров от 4 линий задержек и двух схем совпадений, но и каждое второе слово от массива адресов блоков, определяющее расположение этих блоков в каркасе. Сформированный массив данных

можно вывести на любое устройство вывода, что является переходной информацией между программами управления телескопа μ -остановок. Для облегчения ввода этой информации в набор устройства вывода включены магнитный диск ($L_u=2$) и массив COMMON ($L_u=0$). Запись информации производится в последний сектор трека 160 или остается в массиве COMMON в оперативной памяти, сохраняющейся при передаче управления на другую программу.

3.2. Организация совпадения (Ge(Li) - μ - стоп

Второй этап настройки аппаратуры - подключение Ge(Li) -детектора и организация режима быстро-медленных совпадений.

Программа FASLO использует информацию о состоянии каркаса, находившуюся либо на диске, либо на другом носителе данных для обновления записи управляющих регистров во все блоки телескопа. Затем с помощью матрицы временной сигнал Ge(Li) -детектора соединяется с входом "Старт" и после прохождения селектора временных интервалов /СВИ/ с входом "Стоп" ВЦП. Временной диапазон ВЦП изменяется от 25 нс до 10 мкс 8 ступенями, СВИ - с 30 нс до 20 мкс 32 ступенями. Выбранное время для ВЦП - 1,8 мкс для СВИ - 2,5 мкс. Выход ВЦП, сигнализирующий наличие старт- и стоп-импульсов в рабочем диапазоне времени, а также логический сигнал от амплитудно-цифрового преобразователя подаются на входы схемы совпадения КЛ 204^{7/10/}.

После установления медленных совпадений надо убедиться в том, что энергетический спектр в этих условиях не искажается, т.е. эффективность для низких энергий в достаточной мере сохраняется.

Программа FASLO регистрирует три энергетических спектра от Ge(Li) -детектора:

- одиночный спектр,
- спектр, коррелированный с приходом временного сигнала,
- спектр с совпадениями.

Спектры сортируются в заданные треки магнитного диска для заданного числа передач содержимого буфера и изображаются на графическом дисплее.

Временная информация на этом этапе отбрасывается, однако наличие признака, различающего временной код от энергетического, проверяется, и ошибки протоколируются на УД.

Характеристика каркаса, т.е. расположение модулей и содержимое их управляющих регистров, как и в конце программы MYTES, можно записать на различные носители информации. На магнитном диске, в отличие от MYTES, используется предпоследний сектор 160-го трека.

3.3. Проведение двумерных измерений - программа CASTO

Программа CASTO предназначена для набора данных эксперимента, работающего на базе телескопа μ -остановок. Она является модификацией ранее описанной программы STORE^{13/}, принимая данные через стандартный интерфейс КАМАК. Все преимущества программы STORE сохранились и в этом варианте. Поступающая информация от буферной памяти принимается в виде коротких блоков по 64 слова. Следует проверка порядка слов по признаку, добавленному в старший разряд временного кода. Принимаемые данные направляются в соответствии с ранее заданными окнами в большой буферный массив размером 8000 слов. Этот массив разделяется на участки в соответствии с числом заданных окон /до 64/. Если временной код попадает в какое-либо окно, то энергетический код записывается в этот участок массива, и стрелка участка передвигается на одну позицию. В остальных случаях временной код используется только для образования суммарного временного спектра. После приема 32 блоков проверяются позиции всех стрелок на необходимость очистки участка буфера и передачи его информации на соответствующий трек.

Магнитный диск служит для хранения энергетических спектров и суммарного временного спектра.

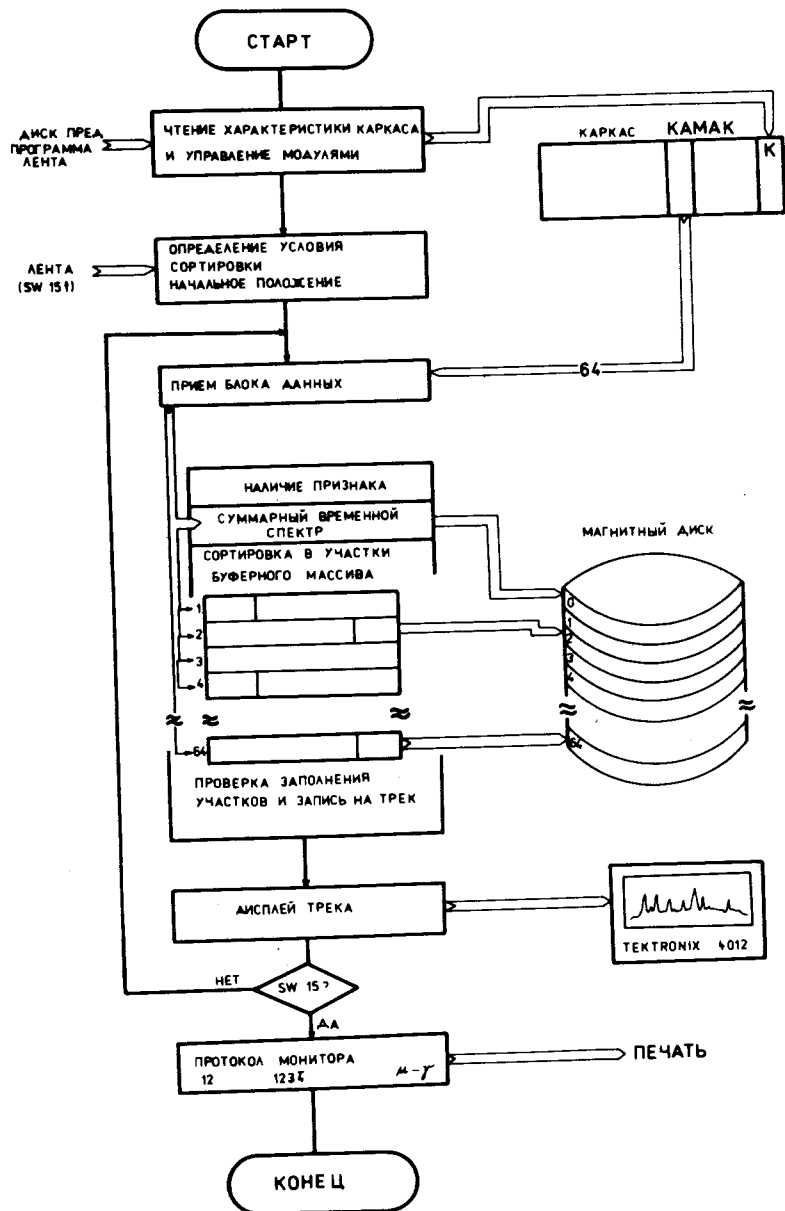


Рис. 4. Алгоритм программы CASTO.

Графический дисплей, работающий с запоминающей трубкой, позволяет следить за ходом эксперимента, т.е. за регистрацией гамма-спектров, и контролировать стабильность аппаратуры на примере временного спектра, в котором изображаются границы заданных окон. Распределение окон можно выводить на перфоленту, что облегчает запуск программы набора после прерывания или замены мишени.

Кроме организации набора данных, осуществляется мониторингизация счетов 12 совпадений, 1234 совпадений / μ -стоп/ и число совпадений с γ -квантами. В конце набора /тумблер 15 на панели ЭВМ включен/ выводится на печать таблица этих величин в абсолютных и относительных единицах.

Спектры, накопленные на диске, подлежат дальнейшей обработке стандартными программами библиотеки пользователя оперативной системы DOS III на HP 2116C.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа показывает, что на базе, разработанной в ОННР ЛЯП электроники и программного обеспечения, возможна реализация не только частей экспериментальной аппаратуры, но и целого эксперимента по регистрации мезорентгеновских спектров. Опыт, накопленный во время выполнения этой работы, подтверждает правильность выбранной концепции. Особенно надо отметить, что существование языка КАМАК на ЭВМ HP 2116C дает физику все возможности разработки программного обеспечения своего эксперимента и не требует в процессе разработки активного подключения специалистов по ЭВМ.

По сравнению с телескопом μ -остановок, состоящим из блоков с ручным управлением, проведенные опыты доказали следующие преимущества электроники в стандарте КАМАК, управляемой от ЭВМ:

- настройка аппаратуры ускоряется до 10 раз и может производиться физиком, не имеющим большого опыта работы с электронной аппаратурой;

- контроль правильности хода эксперимента регулярно производится ЭВМ и не требует постоянного внимания экспериментатора;

- надежность работы аппаратуры качественно возрастает и достигает уровня надежности ЭВМ;

- имеется возможность усовершенствования эксперимента, например, оптимизации разрешающих времен схем совпадений;

- упрощение эксперимента из-за использования более совершенных блоков, например, включение ВЦП в аппаратуру, снимает необходимость сооружения защитных схем входов старт- и стоп-сигналов и установки отдельного АЦП для временного сигнала.

Надо отметить и некоторые недостатки данной реализации телескопа. Нерационально использовать аналоговые линии задержек для логических сигналов. Включение АЦП в стандарте "Вишня" потребовало сооружения специального блока связи и некоторых дополнительных кабельных соединений. При наличии соответствующих блоков телескоп в полном объеме можно изготовить в одном каркасе КАМАК.

Программы управления телескопом и набором данных получились более объемными, чем ожидалось. С одной стороны, переключение текста языка ФОРТРАН на язык КАМАК добавляет каждый раз две строки; с другой стороны, - модульное по природе управление телескопом пришлось программировать более или менее последовательно. Это было связано с определением адресов блоков КАМАК во время компиляции и с недостатком компилятора, который не позволил подключение подпрограмм, имеющих часть программ КАМАК. Пути для преодоления этих ограничений были найдены во время разработки, однако не было необходимости в перестройке программы MYTES, поскольку длина источника-программы - около 500 строк в работе с операционной системой на HP 2116C не очень увеличивает время компиляции и загрузки/всего меньше 4 мин./.

Авторы благодарны А.Н.Синаеву и Ю.К.Акимову за поддержку работы и предоставление оборудования в стандарте КАМАК, С.В.Медведю за предоставление возмож-

ности испытания аппаратуры в ИЦ ЛЯП, П.Нойберту за постоянную помощь, многочисленные дискуссии и изменение компилятора, К.Андерту, Ф.Габриелю, И.Тисольду, И.Чурину и А.Петрову - за помощь при разработке и испытании отдельных модулей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-7332, Дубна, 1973.
2. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8114, Дубна, 1974.
3. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1975.
4. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-9474, Дубна, 1976.
5. Gabriel F. e.a. NIM, 1976, B4, p.579.
6. Gabriel F. e.a. NIM, 1976, 134, p.575.
7. Gabriel F. e.a. NIM, 1976, 134, p.585.
8. Акимов Ю.К. и др. ОИЯИ, P13-11404, Дубна, 1978.
9. Габриэль Ф. и др. ОИЯИ, 13-11428, Дубна, 1978.
10. Габриэль Ф. и др. ОИЯИ, D13-11182, Дубна, 1978.
11. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-10116, Дубна, 1976.
12. SAMAC Bulletin No. 5, 1975, Supplement.
13. Гонусек М., Фромм В.Д. ОИЯИ, 10-10007, Дубна,
14. Нойберт П. ОИЯИ, 11-10279, Дубна, 1977.
15. Нойберт П. и др. ОИЯИ, 10-11192, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 мая 1978 года.