

Ц 8406
В-611

178/2-74



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

14/5-7

P10 - 7460

А.С.Вовенко, Н.Н.Говорун, И.А.Голутвин,
Б.Н.Гуськов, И.М.Иванченко, В.В.Кухтин, И.А.Савин,
Ю.И.Саломатин, А.Е.Сеннер, Д.А.Смолин,
П.Т.Тодоров

ПРОГРАММА КОНТРОЛЯ АППАРАТУРЫ
И НАКОПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ
С K^0 - МЕЗОНИМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

P10 - 7460

А.С.Вовенко, Н.Н.Говорун, И.А.Голутвин,
Б.Н.Гуськов, И.М.Иванченко, В.В.Кухтин, И.А.Савин,
Ю.И.Саломатин, А.Е.Сеннер, Д.А.Смолин,
П.Т.Тодоров

ПРОГРАММА КОНТРОЛЯ АППАРАТУРЫ
И НАКОПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ
С K^0 - МЕЗОНАМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение и функции ЭВМ, работающей в реальном масштабе времени.	3
1.1. Общее описание экспериментальной установки.	4
1.2. Средства вычислительной техники.	5
2. Система программирования.	5
3. Общая организация работы программы КРАН-1.	7
4. Обмен информацией между ЭВМ и внешним объектом.	10
4.1. Режим "Работа 0".	11
4.2. Режим "TEST".	11
4.3. Режим "Работа 1".	12
4.4. Режим "Контроль 1" и "Контроль 2".	12
5. Первичная обработка информации и накопление ее на магнитных лентах.	13
5.1. Форматные преобразования информации с искровых камер.	13
5.2. Накопление информации на магнитных лентах.	15
6. Контроль работы аппаратуры и хода эксперимента.	15
6.1. Контроль устройств связи и регистрирующей аппаратуры.	16
6.2. Контроль искровых камер.	17
6.3. Контроль элементов системы запуска и детектора электронов.	17
6.4. Общий контроль установки	18

I. Назначение и функции ЭВМ, работающей в реальном масштабе времени

Современные экспериментальные физические установки представляют собой многокомпонентные системы, объединяющие значительное количество отдельных физических устройств и приборов, дающих большой поток экспериментальной информации.

Для их успешной эксплуатации возникает необходимость высокого уровня автоматизации работы экспериментального комплекса, сбора и накопления экспериментальных данных, контроля работы аппаратуры и хода эксперимента. Развитие бесфильмовых методов детектирования и регистрации информации, а также средств вычислительной техники и соответствующего математического обеспечения позволили внедрить в экспериментальную практику электронно-вычислительную машину как средство автоматизации проведения экспериментов. При этом ЭВМ работает на линии с установкой в реальном масштабе времени.

Обычно используемые в таком режиме ЭВМ не обладают достаточными ресурсами для получения окончательных физических результатов в ходе самого эксперимента и используются для первичной обработки поступающей информации и накопления данных на магнитной ленте. Окончательная обработка осуществляется на более мощных машинах.

В заключение этого раздела отметим основные преимущества on-line методики. Эта методика позволяет значительно сократить время подготовки эксперимента, связанное с настройкой и проверкой многокомпонентных экспериментальных установок. Применение бесфильмовых детекторов на линии с ЭВМ повышает эффективность использования основного оборудования благодаря высокой скорости регистрации, накопления информации и контроля экспериментальной системы в процессе эксперимента. В рамках этой методики появляются реальные возможности по автоматизации процессов управления экспериментальными установками с помощью ЭВМ.

1.1. Общее описание экспериментальной установки

Эксперимент, целью которого являлось изучение явления регенерации на веществе короткоживущих каонов долгоживущими, проводился на синхротроне с энергией 70 Гэв в Серпухове /1,2,3/.

Принципиальная схема использовавшегося спектрометра приведена на рис.1.^{3/} Полезное событие (распад K^0 -мезона) представляет собой вилку из 2-х треков, которые регистрируются бесфильмовыми ищровыми камерами.

Спектрометр работал на линии с модифицированным вариантом ЭВМ БЭСМ-3М, оснащенной программно-управляемым каналом связи^{4/}. ЭВМ, работа которой организована с помощью программы КРАН-1, накапливает экспериментальную информацию на магнитной ленте и осуществляет контроль экспериментальной аппаратуры.

Как видно из рисунка 1, установка включает в себя 18 ищровых камер с магнитострикционным съемом информации, магнит, систему счетчиков, служащую для запуска ищровых камер, детекторы электронов и мюонов и нейтронный монитор.

Использовались двухкоординатные ищровые камеры с чувствительной областью $600 \times 420 \text{ мм}^2$.

Система регистрации позволяет регистрировать до 12 координат ищры в каждой камере. Камеры собраны в пакеты по 3 и размещены, как показано на рис. 1. Положение их на оси Z было выбрано в соответствии с профилем пучка распадных частиц, полученного с помощью моделирования событий методом Монте-Карло.

Для идентификации полезного события применяется система счетчиков, логически объединенная в систему запуска ищровых камер. Счетчики расположены в 4-х плоскостях: двух фронтальных (F_I, F_{II}), двух годоскопических (G_I, G_{II}). Каждая из плоскостей делится на две полуплоскости. Для запуска камер требуется выполнение следующего логического условия:

$$\left(\bigvee_{j=1}^2 F_{Ij} \right) \wedge \left(\bigvee_{i=1}^2 F_{IIi} \right) \wedge \left(\bigvee_{l=1}^2 G_{Il} \right) \wedge \left(\bigvee_{k=1}^2 G_{Ik} \right) \wedge \left(\bigvee_{m=1}^2 G_{Im} \right) \wedge \left(\bigvee_{n=1}^2 G_{In} \right) \wedge \bar{A} \bar{B} \bar{C} \bar{D} \bar{E} \bar{F} \bar{G} \bar{H} \bar{I} \bar{J} \bar{K} \bar{L} \bar{M} \bar{N} \bar{O} \bar{P} \bar{Q} \bar{R} \bar{S} \bar{T} \bar{U} \bar{V} \bar{W} \bar{X} \bar{Y} \bar{Z} = 1.$$

На заключительной стадии эксперимента была подключена пропорциональная камера с целью отработки методики применения подобных детекторов в рассматриваемом классе экспериментов.

Интенсивность нейтронного фона определялась с помощью нейтронного монитора, а по ней делалось заключение об интенсивности сброса пучка.

Цикл работы ускорителя ~7-9 секунд. Интенсивность частиц, сбрасываемых на внутреннюю мишень ускорителя $(1+2,5) \cdot 10^{11}$ протонов/цикл.

За цикл ускорителя установка регистрирует до 20 событий. Количество машинных слов в событии - величина статистическая, зависящая от количества зафиксированных камерами ищры и лежащая в диапазоне 70+110 слов. Формат событий приведен в таблице 1.

Камеры, расположенные до магнита, в среднем регистрировали около четырех ищры, а после магнита - около двух, т.е. практически на каждую рабочую ищру приходится одна фоновая.

1.2. Средства вычислительной техники

ЭВМ БЭСМ-3М, использовавшаяся в данном эксперименте, была значительно модифицирована^{1/} и расширена до конфигурации БЭСМ-4.

ЭВМ оснащена программно-управляемым каналом связи и схемой прерывания.

Имеется два независимых буфера для вывода информации на внешние устройства, допускающие параллельную во времени работу на них. Один из буферов может работать с любым устройством вывода информации, другой - только с АЦПУ. Переключение буферов в режиме предварительного накопления информации - программное. Обеспечена возможность программного анализа занятости устройств выдачи. К ЭВМ подключен магнитофон СДС-608.

2. Система программирования

В качестве языка программирования использовался машинный язык в его символическом выражении (покомандный автокод). В состав математического обеспечения ЭВМ входит транслятор с этого языка и набор вспомогательных системных программ, носящий название

системы "Ассемблер"^{5/} Применение этой системы уменьшает возможность описок, предусматривает ряд способов для выявления некоторых формальных ошибок, освобождает от кропотливой работы по распределению памяти и присвоению истинных адресов. Язык программирования допускает использование арифметических выражений, хотя последняя возможность практически не была реализована при написании данных программ.

Система "Ассемблер" хранится на магнитной ленте, с которой при необходимости вводится в ЭВМ. Управление работой системы производится с помощью служебных управляющих карт. "Ассемблер" имеет следующие возможности: ввод программы, написанной на автокоде (исходной программы), как с перфокарт, так и с магнитной ленты; печать на АЦПУ и перфорация произвольного блока этой программы; запись исходной программы на магнитную ленту, редактирование и трансляция. При трансляции (с помощью клавишных регистров пульта управления) возможна выдача на АЦПУ таблицы распределения памяти и получения на ТБПМ и на перфокартах программы во внутреннем коде. Транслируемая программа записывалась на магнитную ленту специальной служебной программой. Система "Ассемблер" используется только на стадии подготовки программы к счету.

Второй важной компонентой системы математического обеспечения ЭВМ является интерпретирующая система, включающая библиотеку стандартных программ, набор системных сервисных программ и программу-интерпретатор, организующую динамическую загрузку и перезагрузку стандартных программ в процессе счета. На стадии подготовки задач к счету используется программа редактирования личной интерпретирующей системы (ПРЕЛИС).

ПРЕЛИС работает с тремя массивами: редактируемым, редактируемым и результирующим. Первый массив должен храниться на магнитной ленте или барабане, второй - на перфокартах, третий записывается на магнитную ленту. При помощи ПРЕЛИС в библиотеку включаются новые стандартные программы и модифицируются или исключаются имеющиеся. ПРЕЛИС ведет изменение каталога библиотечных модулей, размещением их на магнитных барабанах, корректирует программу ИС, освобождает от работы по распределению памяти на магнитных барабанах для хранения модулей библиотеки. Интерпретирующая систе-

ма хранится на магнитной ленте, а перед началом работы (счета) переписывается на магнитные барабаны. В качестве программы-интерпретатора используется ИС-2^{9/}, дополненная блоком запоминания стандартных программ. Главная особенность измененной таким образом программы-интерпретатора заключается в том, что модули библиотеки, имеющие номера из некоторого диапазона (в нашем случае от 250 до 277), при нехватке рабочего поля переписываются из оперативной памяти на магнитные барабаны. Эта возможность используется при работе с программами статистической обработки результатов, когда объем памяти для накопления значений статистических рядов превышает размеры рабочего поля оперативной памяти.

Модули библиотеки с точки зрения их использования во время счета можно разделить на 3 типа:

- обычные стандартные программы ^{9/};
- запоминаемые стандартные программы (ЗСП), которые переписываются во вторичную память в тех ситуациях, когда обычные СП стираются из рабочего поля в оперативной памяти;
- массивы данных, не являющиеся программами. Эти модули или их отдельные фрагменты вызываются в оперативную память, минуя программу-интерпретатор ИС-2И.

Стандартные программы пишутся на автокоде, транслируются, автономно отлаживаются, а затем при помощи ПРЕЛИС включаются в библиотеку.

Сервисные системные программы и измененная программа-интерпретатор (ИС-2И) заимствованы из системы программ ПАУТИНКА ^{10/}.

3. Общая организация работы программы КРАН-I

В рассматриваемой системе программы подразделяются на группы 3-х приоритетов (уровней): нулевой, первый и второй. При выборе уровня программы учитывается ее функциональное назначение. Отметим некоторые формальные признаки и функции программ, соответствующих каждому уровню.

Высший - нулевой-приоритет имеет так называемая прерываемая программа (ПП). Достаточными условиями для передачи управления

на эту программу являются появление причины прерывания (сигнал "Вызов"), разрешение прерывания и отсутствие блокировки прерывания. Программа высшего приоритета работает с запрещением прерывания. Это позволяет упростить структуру программы-диспетчера, но предполагает относительно небольшое время, необходимое для полного выполнения III. Основная функция этой программы - прием информации с экспериментальной установки в оперативную память ЭВМ.

Массив входной информации для программ первого приоритета (ПП) подготавливается программой приема. Передача управления на программу ПП и на программы второго приоритета осуществляется диспетчером. Достаточным условием для передачи управления на ПП является наличие массива входных данных. Первым приоритетом проходят программы, реализующие первичную обработку для отбрасывания заведомо непригодной информации, форматные преобразования с целью сжатия экспериментальных данных, предварительное накопление информации на вторичных устройствах (барабанах) и запись на магнитную ленту в принятом формате или формате МЛ2 (табл. 4).

Программы второго приоритета (П2П) работают с разрешением прерывания и используют ресурсы ЭВМ, когда программы первого приоритета окончили работу (обработан очередной массив данных). К программам второго приоритета не предъявляются требования обработки каждого массива данных. (По П2П обрабатывалось 30-40% информации). Необходимыми условиями для передачи управления на П2П является наличие свободного времени центрального процессора и массива входной информации. На пульте управления выделена клавиша, при помощи которой можно оперативно заблокировать работу П2П. Программы второго приоритета используются для анализа информации с целью получения величин, характеризующих работу экспериментальной аппаратуры и позволяющих следить за ходом эксперимента. На уровне П2П производится выдача результатов контроля.

Программы всех уровней имеют резидентные части, которые иницируют перераспределение оперативной памяти между стандартными программами каждого уровня при помощи ИС-2И.

Организирующим элементом системы программ является блок-диспетчер. В функции диспетчера входит передача управления (после проверки необходимых условий) на программы различных приоритетов и перераспределение оперативной памяти между этими программами.

Блок-схема описываемой системы программы приведена на рис. 2.

Работу системы начинает иницирующая программа (ИП-I). Ее задача - настроить систему и подготовить ее к работе. Иницирующая программа записывает систему программы на магнитный барабан, что впоследствии значительно облегчает ее обновление. Далее вводятся с перфокарт или МЗУ необходимые параметры-константы, которые также записываются на магнитный барабан, а при необходимости - на магнитную ленту. После этого программа выходит на меченый останов, сообщая о готовности системы. После нажатия кнопки "Пуск" выбирается служебная информация с МЗУ и управление передается диспетчеру.

Диспетчер осуществляет организацию работы программ различных приоритетных уровней. Этот блок производит поочередную проверку необходимых условий работы программ с учетом их приоритетности. Выход из цикла проверки (основного цикла) происходит по сигналу от оператора ЭВМ или от экспериментальной установки.

При подаче сигнала с ускорителя о предстоящем сбросе пучка и при разрешении прерывания работы машины ЭВМ входит в прерывание. Запоминается слово-состояние прерванной программы (ССП), подготавливается буфер для ввода очередной порции экспериментальной информации и управление передается программе приема.

По окончании приема новый массив экспериментальной информации обрабатывается по программам первого приоритета.

По окончании работы программ двух высших приоритетов управление передается диспетчеру, который по запомненному ССП передает управление программам второго приоритета до следующего прерывания, после чего весь цикл повторяется заново.

В данной системе, кроме перечисленных выше, имеется еще один самый низший приоритетный уровень - блок вспомогательных функций, который может включаться по желанию оператора. Он используется, например, при работе программы в режиме "off-line" для получения контрольной информации и для отладки блоков контроля. Информация в этом случае вводится в ЭВМ с магнитной ленты.

Представляется очень полезным иметь также еще один приоритетный уровень для счета по фоновой программе. Это дает возможность для значительных оперативных изменений самой системы программ в процессе работы машины на линии с установкой с минимальными затратами полезного времени. Система с режимом работы фоновой программы уже была создана^{16/} и успешно эксплуатировалась. В данном случае ее реализация была затруднена из-за недостаточного объема оперативной памяти ЭВМ, что на отдельных этапах вызывало большие неудобства.

Окончание работы программ после обработки очередного массива рассматривается как частный случай прерывания: управление передается на диспетчер с формированием начального ССП.

4. Обмен информацией между ЭВМ и внешним объектом

Передача информации ведется в двух направлениях. Потоки информации из ЭВМ на установку и с установки в ЭВМ резко отличаются по интенсивности. На установку пересылается одиночными кодами управляющая информация, а принимаются — служебные коды и массивы данных. Прием осуществляется в режиме прерывания.

Существует несколько режимов работы установок и соответствующих им типов массивов информации. Режим определяется командой, посылаемой с ЭВМ на установку. Благодаря такой организации, получается гибкий аппарат смены режимов работы установки без какого-либо изменения экспериментальной аппаратуры и без ручного переключения. Такой уровень автоматизации весьма полезен, если учесть, что во время рабочей эксплуатации установки постоянно используются три различных режима.

Это реализуется следующим образом. ЭВМ посылает на установку команду, задающую требуемый режим работы. После этого запрашивается с установки код, который характеризует тип вводимого массива. (Помимо этого, данный код содержит служебную информацию, задаваемую на тумблерном регистре (ТР)). Далее машина запрашивает с установки и вводит в МОЗУ массив информации.

Каждое вводимое в ЭВМ слово имеет служебный признак, который определяет источник данных и тип информации, заключенной в данном слове (45-4I разряды).

Ниже рассмотрена структура различных массивов, признаки информации и логика ввода информации отдельных типов.

4.1. Режим "Работа 0"

Режим "Работа 0" является основным рабочим режимом экспериментальной установки. Структура передаваемой в ЭВМ информации следующая: вначале передается общий для очередного цикла заголовок, а затем поступает информация о событиях (см. табл. I). Формат кодирования после приема информации перед записью ее на ленту претерпевает значительные изменения, которые будут описаны в 5.1.

4.2. Режим "TEST"

Для контроля работы преобразователей время-код и ряда других элементов регистрирующей аппаратуры предусмотрен особый контрольный режим. Массив тест-информации включает модель события: семейства прямых с известными параметрами.

Анализ тест-информации производится программами, работающими в режиме второго приоритета. Как отмечалось выше, в условиях данного эксперимента программы второго приоритета обрабатывают не каждый цикл принятой информации. Если не принять специальных мер, возможна ситуация, когда тестовая информация будет обрабатываться очень редко или вообще не будет обрабатываться в реальном масштабе времени. Ввод тестовой информации вызывается логическим произведением условия периодичности (критерий времени) и условия готовности системы программ к анализу тестовой информации.

Это реализуется следующим образом. ЭВМ подсчитывает количество прерываний, соответствующих количеству циклов ускорителя (для оценки времени), а по достижении заданного числа и при готовности П2П посылает на установку соответствующее управляющее слово. При этом блокируется работа П2П до приема тестовой информации. Величина временного интервала между переключениями на тестовый режим выбирается автоматически с учетом качества принимаемой и анализируемой тест-информации.

4.3. Режим "Работа I"

В течение каждого отдельного этапа (RUN'a) работы экспериментальной установки производится накопление некоторых интегральных характеристик. Эти характеристики содержат величины, характеризующие как режим работы установки в целом (интенсивность пучка, число циклов, число событий и др.), так и работу ее отдельных узлов (число срабатываний ионных счетчиков, информация с кодировщиков детектора электронов и др.). Все эти характеристики накапливаются на пересчетных схемах и при необходимости вводятся в ЭВМ. Структура вводимого массива показана в табл. 2.

Передача этой информации с установки в машину также происходит по инициативе ЭВМ. После приема последнего в данном RUN'e массива экспериментальной информации ЭВМ посылает на установку команду переключения ее в режим "Работа I". По этому сигналу синхронно со следующим циклом ускорителя передается массив интегральных характеристик.

После подачи команды "Работа I" блокируется прием любых массивов данных, кроме соответствующего данному режиму.

4.4. Режимы "Контроль I" и "Контроль 2"

Кроме описанных выше режимов работы установки, имеется еще два контрольных режима. Эти режимы используются при наладке и проверке системы запуска искровых камер. Характерной их особенностью является ввод данных с фиксированной группы источников информации. Структура вводимых массивов приведена в табл. 3. Переключение на режимы "контроль I" и "контроль 2" производится вручную.

При работе в этих режимах синхронно с каждым циклом ускорителя на вход проверяемой системы подается по заранее определенной программе ряд сигналов, имитирующих определенные события. Ответ системы при ее верной работе известен. На основе анализа реального ответа системы запуска делается вывод о качестве ее работы.

Представляется, что можно осуществить более гибкий и быстрый

контроль системы запуска, если комбинации сигналов, подаваемых на вход системы, по какому-либо закону будет генерировать ЭВМ.

5. Первичная обработка информации и накопление ее на магнитных лентах

Принятый массив информации проходит предварительную обработку по программам фильтрации и перекодировки (сжатия) искровой информации, после чего записывается на МБ, а затем (после накопления заданного объема) на магнитную ленту. Критерии фильтрации будут рассмотрены в следующем параграфе, а сейчас остановимся на форматных преобразованиях информации о координатах искр в искровых камерах и накоплении информации на магнитной ленте.

5.1. Форматные преобразования информации с искровых камер

Более 90% вводимой информации в рабочих режимах "Работа 0" и "ТЕСТ", соответствует данным о координатах искр в искровых камерах.

Возможны различные способы размещения информации о координатах искр при вводе. При выборе формата основным критерием является снятие ограничения на количество регистрируемых событий. С учетом этого способ кодирования должен удовлетворять в известной мере противоречивым требованиям: время ввода (включая и подготовку информации для ввода) должно быть минимальным, а буферный участок оперативной памяти, используемый для приема информации, должен использоваться с максимальной эффективностью (требование максимального уплотнения информации).

В эксперименте с бесфильмовыми искровыми камерами при кодировании рассматриваемой информации применяется статический и динамический способы размещения информации.

Основное достоинство первого способа — в относительной простоте кодирующих средств и программ декодировки. В этом случае на буфере заданной длины можно разместить количество событий, близкое (или равное) отношению длины буфера к максимальной длине события.

При втором способе кодирования указанная выше величина близка

к отношению длины буфера к средней длине события. В рамках динамического способа возможны различные модификации. В данном эксперименте используется следующий способ кодирования.

При передаче информации в ЭВМ все координаты разбиваются на группы. Каждая из групп объединяет координаты, зафиксированные одним датчиком. Информация вводится в виде обобщенных координат: номер группы (номер датчика) и величина координаты. При этом m разрядов отводится для координаты, а n разрядов - для номера группы (датчика) ($m = 13$, $n = 7$).

В условиях данного эксперимента доминирует количество случаев, когда в каждой группе имеется хотя бы одна координата, а порядок следования групп фиксированный. При этих условиях целесообразнее кодировать информацию следующим образом. Вместо номера группы необходимо иметь признак начала информации очередной группы (требуется 1 двоичный разряд). Для записи самой координаты достаточно 12 разрядов. Если координаты в очередной группе отсутствуют, то нужно иметь признак начала группы, а в качестве координаты - любое число, не принадлежащее к области допустимых значений координат (например 0).

Изменение формата производится за счет программных средств (после приема информации очередного цикла). Это дает экономию магнитной ленты (требуется в 1,5 раза меньше) и сокращает долю времени центрального процессора, затрачиваемую для записи информации на ленту, а последняя процедура иногда приводит к частичной или полной потере экспериментальной информации, соответствующей очередному циклу ускорителя.

Получение такого "уплотненного" формата искровой информации возможно и аппаратными средствами перед передачей информации в электронную вычислительную машину. В этом случае сокращается в 1,5 раза буферный участок оперативной памяти, используемый для приема информации, а также освобождается время, затрачиваемое центральным процессором для "уплотнения" информации (~ 1,5 секунды за цикл ускорителя), которое будет использовано для работы анализирующих программ.

5.2. Накопление информации на магнитных лентах

Для записи информации в процессе эксперимента использовались накопители на магнитных лентах (НМЛ), входящие в комплект ЭВМ БЭСМ-3М.

При разработке программ, используемых для накопления информации, большое внимание уделялось повышению уровня автоматизации при работе с НМЛ, надежности контроля записи, уменьшению влияния случайных сбояв, повышению эффективной скорости обмена и коэффициента использования ленты. Подробнее об этом см. /1/.

Записанная на НМЛ БЭСМ-3М информация переписывается на НМЛ СДС-608 при помощи созданной для этого программы TRANS. Эта программа позволяет переписывать заданное количество зон одинаковой длины с НМЛ БЭСМ-3М на НМЛ СДС-608 в виде логических рекордов /11/.

Предусмотрены два режима контроля записи. В первом режиме, совмещенном с обменом, осуществляется контроль по четности. Во втором режиме после окончания записи физического рекорда информация считывается в оперативную память, производится поковое сравнение записываемого и считанного массивов.

При благоприятном результате проверки на этом процедура оканчивается, в противном случае протирается участок ленты длиной 6 дюймов с начала физического рекорда, и запись затем повторяется.

После переписки заданного количества зон ставится специальная метка EOF /11/.

В программе предусмотрена возможность записи информации с начала ленты СДС или продолжение записи на начатой ранее ленте. В режиме продолжения находится метка EOF (рассматриваемая как признак конца полезной информации), стирается, и с этого места продолжается запись новой информации.

6. Контроль работы аппаратуры и хода эксперимента

Контроль оборудования производится на основе оперативного анализа вводимой в ЭВМ информации. С целью контроля анализируются экспериментальные данные и специальная тест-информация. При этом

определяются значения параметров, характеризующих работу комплекса аппаратуры в целом, а также отдельных звеньев системы.

Отметим, что большинство характеристик имеет статистическую природу. Оценки величин мы получаем по совокупности данных, проанализированных с начала RUN'a. Это так называемые итоговые характеристики, которые могут выдаваться в любой момент времени по требованию экспериментатора и автоматически в конце RUN'a.

Предусмотрен второй режим статистического контроля. По мере поступления информации подготавливаются таблицы статистического распределения, таблицы количества отказов данного типа и т.п. После достижения заданного объема статистической выборки вычисляются необходимые характеристики, например, эффективность конкретного звена или интегральные характеристики статистического распределения, а затем производится проверка, находятся ли указанные характеристики в области допустимых значений. При невыполнении заданных требований (исследуемые характеристики находятся в критической области) экспериментатору автоматически выдается сообщение, в котором содержится информация о нарушении оптимального режима работы.

Применяется также третий режим контроля (вырожденный случай второго режима), когда объем выборки равен одному значению.

6.1. Контроль устройств связи и регистрирующей аппаратуры

Для контроля канала связи в ЭВМ вводятся с каждым событием известные полноразрядные слова ("шахматные" коды). Каждое четное событие имеет четный шахматный код, а нечетное - нечетный (критерий F1).

Логическая согласованность последовательности вводимых фрагментов информации с различных источников контролируется по служебным признакам, занимающим 5 разрядов в каждом слове (критерий F). Контролируется монотонность обобщенных координат: в пределах одного события каждая последующая обобщенная координата должна быть больше предыдущей (критерий F2). По указанным выше трем критериям ведется фильтрация принимаемой информации.

Для контроля регистрирующей аппаратуры был предусмотрен специальный режим работы "ТЕСТ", о котором ранее шла речь.

6.2. Контроль искровых камер

С каждой группой координат, соответствующих одной плоскости и регистрируемых одним датчиком, в ЭВМ вводится значение репера. Контроль ведется в первом и втором режимах. На печать выдается для каждого датчика среднее значение, стандартное отклонение длины реперного отрезка и уровень ложных реперов (доля случаев, когда репер не попадает в область допустимых значений). Для учета дрейфа средних значений реперов используется программа корректировки границ области допустимых значений.

Контроль работы датчиков включает вычисление относительной частоты отсутствия искр (КДО).

Контроль за загрузкой камеры ведется с помощью подсчета среднего числа искр, зафиксированных каждым датчиком (КДИ), и статистического распределения количества искр (КД2).

Наиболее важной контролируемой характеристикой искровых камер являлась эффективность. Для ее определения применялась модификация программы LINTR^{18/} для автоматического опознавания треков.

6.3. Контроль элементов системы запуска и детектора электронов

Контроль системы запуска ведется во втором режиме.

Вычисляется относительная частота срабатывания счетчиков и сравнивается с эталонной. Кроме этого, вычисляются следующие параметры: среднее количество сработавших счетчиков в группе и статистическое распределение количества сработавших счетчиков в группе.

Контроль детектора электронов ведется в первом режиме (получение итоговых характеристик) на основании контрольных амплитуд. Результаты представляются в виде гистограмм. Проверяется также рабочая информация с детектора электронов в третьем режиме контроля.

Кроме указанных ранее звеньев установки, контролировалась стабильность тока в магните на основании информации, вводимой в ЭВМ с цифрового вольтметра.

Для контроля работы пропорциональной камеры получалась гистограмма профиля пучка.

6.4. Общий контроль установки

Контролируются характеристики информационного потока. Строятся статистические распределения количества слов за цикл, количества событий за цикл, количества слов за событие. Подсчитывается количество записанных на ленту циклов, событий, вычеркнутой информации. Определяется интенсивность потока частиц и количество циклов, когда не было сброса частиц.

К наиболее общим характеристикам относится оценка полезных событий из всего количества принятых в ЭВМ.

Весьма удобным средством для контроля работы экспериментальной установки оказалось графическое представление событий, зарегистрированных экспериментальной установкой. На печать выводились две проекции события. На каждой из проекций фиксировались изображения искр и реперных отметок, положение магнита и сработавших счетчиков. Для этой цели использовалось АЦПУ, а затем дисплей, подключенный к ЭВМ ТРА-1.

Организация выдачи изображений событий имеет свою специфику и осуществляется по следующему алгоритму. Выход на блок PLOT(FRAME) - графического представления событий - определяется логическим произведением двух условий: наличием требования от оператора печатать событие и незанятостью АЦПУ. Если хотя бы одно из условий не выполняется, следует автоматический обход блока PLOT(FRAME). Этот блок работает с разрешением прерывания. В процессе его работы перед каждым обращением к АЦПУ организуется цикл ожидания на период занятости устройства выдачи.

Таким образом, в рамках этой организации обеспечивается выборочная распечатка событий при оптимальной эффективности использования АЦПУ и центрального процессора. При этом не увеличивается время переключения с программ, обслуживающих требования низшего приоритета, на программы высшего приоритета.

В заключение авторы считают своим долгом выразить благодарность М.Г. Мещерякову за поддержку и постоянный интерес к данной работе; З.М. Иванченко, О.Н. Казаченко, Н.Н. Карпенко, В.Н. Кузнецову, Н.А. Невской, А.И. Овчарову, В.Л. Пахомову, Л.А. Сеннер и А.С. Чврову за помощь при создании и отладке программ; А.И. Барановскому и его группе за помощь в процессе комплексной проверки и отладки системы; И.К. Взорову и Е.А. Логиновой за ценные советы и помощь при подготовке работы к публикации.

Таблица I

Режим РАБОТА 0"

Тип информации	(45-4I) pp служ. признак	Тип кодирования
Заголовок цикла		
Службная информация с тумблерного регистра (TR).	00 00I (02)	Двоичный
Ток в магните	00 0IO (04)	Двоично-десятичный
Контрольная амплитуда с детектора электронов (ДЭ)	00 0II (06)	Двоичный
Событие		
Заголовок события	0I IOO (30)	Двоичный
Информация с F-, G-, μ -счетчиков	0I IOI (32)	Двоичный
Амплитуда с ДЭ	0I 0II (26)	Двоичный
Информация с пересчетных схем	0I III (36)	Двоично-десятичный
Массив координат с ИК (искровых камер)	0I IOO (34)	Двоичный
Массив координат с пропорц. камеры (ПК)	0I 000 (20)	Двоичный

Таблица I
(продолжение)

Формат TP (тип кодирования двоичный)

Разряды	И н ф о р м а ц и я
I - 3	Тип регенератора 0 - вакуум 1 - водород 2 - углерод 3 - медь 4 - свинец 5 - дейтерий 6 - полиэтилен 7 - (свободна)
4 - 12	Длина регенератора
13 - 15	Плотность регенератора
22 - 24	Номер начальника смены
25 - 30	Номер сеанса
31 - 39	Номер RUN'a

Формат слова, содержащего значение тока в магните

Разряды	И н ф о р м а ц и я
33	Знак числа
31	Первая цифра числа
21 - 24	Вторая цифра числа
11 - 14	Третья цифра числа
31 - 39	Четвертая цифра числа

Таблица I
(продолжение)

Формат слова, содержащего значение амплитуды с ДЭ

Разряды	И н ф о р м а ц и я
I- 9	Амплитуда с первого кодировщика
11-19	Амплитуда со второго кодировщика
21-29	Амплитуда с третьего кодировщика
31-39	Амплитуда с четвертого кодировщика

Формат заголовка события

При вводе в ЭВМ в информационных разрядах заголовка (с I по 40) помещен (не) четный шахматный код для событий с (не) четными номерами. Перед записью на ленту в этих разрядах формируется логический номер события. На ленте слово-заголовок события имеет следующую структуру:

Разряды	Маска	И н ф о р м а ц и я
I- 6	...77;	номер события в цикле
7-18	..77,7700;	номер цикла в RUN'e
19-30	,77,7700;	начальный номер зоны
31-40	17,7700;	длина события

Формат информации со счетчиков

Каждый из разрядов с I по 40 соответствует отдельному счетчику. Сработавший счетчик отмечается единицей в соответствующем ему разряде.

Режим "РАБОТА I"

Таблица I
(продолжение)

Формат информации с П С

Разряды	И н ф о р м а ц и я
I-24	Показания пересчетных схем
25-32	Номер пересчетки
33-36	Номер стойки

Формат информации с И К

См. п.5.

Формат информации с П К

В одном слове содержится две обобщенных координаты.

Разряды	И н ф о р м а ц и я
I- 5	Содержимое группы
7-13	Номер группы
16-20	Содержимое группы
22-28	Номер группы

И н ф о р м а ц и я		Признак (45-4I p.p.)	Тип КОДИРОВКИ
Служебная информация с ТР		0I 00I (22)	Двоичный
№ стойки	№ ПС Показания пересчетных схем (ПС)	0I III (36)	Двоично-десятичный
I	1) Счет нейтронного монитора от стойки передачи в воротах без мертвого времени (10 мсек). 2) 3) 4) 5) 6) Число циклов 7) 8) 9) 10)		
2	1) Счет нейтронного монитора в воротах с мертвым временем (10 мсек) 2) с мертвым временем (10 мсек) 3) То же, что и предыдущее. 4) 5) Счет левого плеча счетчиков в воротах с мертвым временем (10 мсек). 6) Счет правого плеча счетчиков в воротах с мертвым временем (10 мсек). 7) Число триггеров, переданных в ЭВМ, с мертвым временем (10 мсек). 8) Число триггеров без мертвого времени. 9) Счет μ_1 счетчика со схемы пропуска-ния (СП). 10) Счет μ_2 счетчика с СП		
3	1) 2) 3) Счет μ_1 счетчика с СП 4) Счет μ_2 " " " " 5) Счет μ_3 " " " " 6) Счет μ_4 " " " " 7) Счет μ_5 " " " " 8) Счет μ_6 " " " " 9) Счет μ_7 " " " " 10) Счет μ_8 " " " "		

Формат ТР (см. таблицу I).

Формат информации с ПС

Таблица 2
(продолжение)

Разряды	И н ф о р м а ц и я
1-24	Показания ПС
25-32	Номер ПС
33-36	Номер стойки

Таблица 3

Режим "КОНТРОЛЬ 1"

Тип информации	Признак (45-4I pp.)	Тип кодировки
Служебная информация с TR	II 00I (62)	Двоичный
Информация с F-, G-, μ- счетчиков	II IOI (72)	Двоичный
Амплитуда с ДЭ	II OII (66)	Двоичный
Информация с F-, G-, μ- счетчиков	II IOI (72)	Двоичный
Амплитуда с ДЭ	:	Двоичный
Информация с F-, G-, μ- счетчиков	II IOI (72)	Двоичный
Амплитуда с ДЭ	II OII (66)	Двоичный

Режим "КОНТРОЛЬ 2"

Тип информации	Признак (45-4I pp.)	Тип кодировки
Служебная информация с TR	II 00I (62)	Двоичный
Показания ПС	II III (76)	Двоично-деся- тичный
Показания ПС	II III (76)	Двоично-деся- тичный
:	:	:
Показания ПС	II III (76)	Двоично-деся- тичный

Таблица 4

Формат МЛ2

№ слова	Тип информации	Способ кодирования
1	Признак зачеркивания зоны (777, 7777, 7777, 7777)	Двоичный
2	Дата, номер магнитной ленты	Двоично-десятичный (символ - 4 разряда)
3	Логический номер события	Двоичный
4	Ток в магните (для данного цикла)	Двоично-десятичный (символ - 10 разря- дов)
5	Амплитуда с ДЭ (для данного цикла)	Двоичный
6	F, G, μ - счетчики	Двоичный
7	Амплитуда с ДЭ (для данного собы- тия)	Двоичный
8 : I2	Резерв	
I3 : :	Координаты с ИК	Двоичный

Информация с искровых камер размещается с I3-ого слова таким образом, что i -я координата, зарегистрированная K -м датчиком, записывается в $(I2+(K-I) \cdot S1 + i)$ слове, где $S1$ - максимальное количество координат, регистрируемых одним датчиком ($S1 = I2$). Если количество координат, соответствующее данному датчику, менее $S1$, остаток массива для данного датчика заполняется отрицательными числами $(-0,214748 \times 10^{10})$.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.Г.Басиладзе и др.
ОИЯИ, Р1-5361, Дубна, 1970.
2. В.К.Бирулев и др.
ОИЯИ, Р1-6164, Дубна, 1971.
3. С.Г.Басиладзе и др.
ОИЯИ, I-5910, Дубна, 1971.
4. А.И.Барановский и др.
ОИЯИ, Б1-10-4643, Дубна, 1969.
5. В.А.Загинайко, И.Н.Силин.
Автокод "Ассемблер". ОИЯИ, Б1-11-4514, Дубна, 1968.
6. И.М.Иванченко.
Математическое обеспечение экспериментов с бесфидельными искровыми спектрометрами на линии с ЭВМ. ОИЯИ, II-5745, Дубна, 1971.
7. А.И.Барановский, А.С.Вовенко, Н.Н.Говорун и др.
Совершенствование системы приема, накопления и контроля данных в экспериментах по регенерации нейтральных мезонов.
ОИЯИ, IO-6481, Дубна, 1972.
8. Н.Н.Говорун, В.В.Иванов, И.М.Иванченко, В.Н.Кузнецов, Л.А.Сеннер.
ОИЯИ, IO-7303, Дубна, 1973.
9. Библиотека стандартных программ.
Под редакцией М.Р.Шура-Бура, ЦБТИ, М., 1961.
10. Э.М.Иванченко. ОИЯИ, IO-6141, Дубна, 1971.
11. FORTRAN-63 /REFERENCE MANUAL, CDC/6005 2900, 1964.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 сентября 1973 года.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА СПЕКТРОМЕТРА

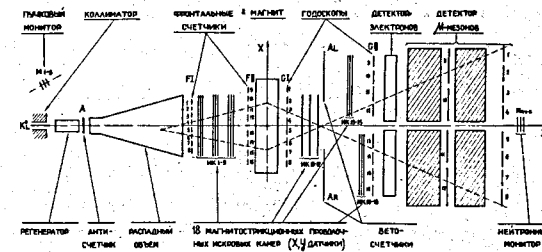


Рис. I

ОБЩАЯ БЛОК-СХЕМА ПРОГРАММЫ

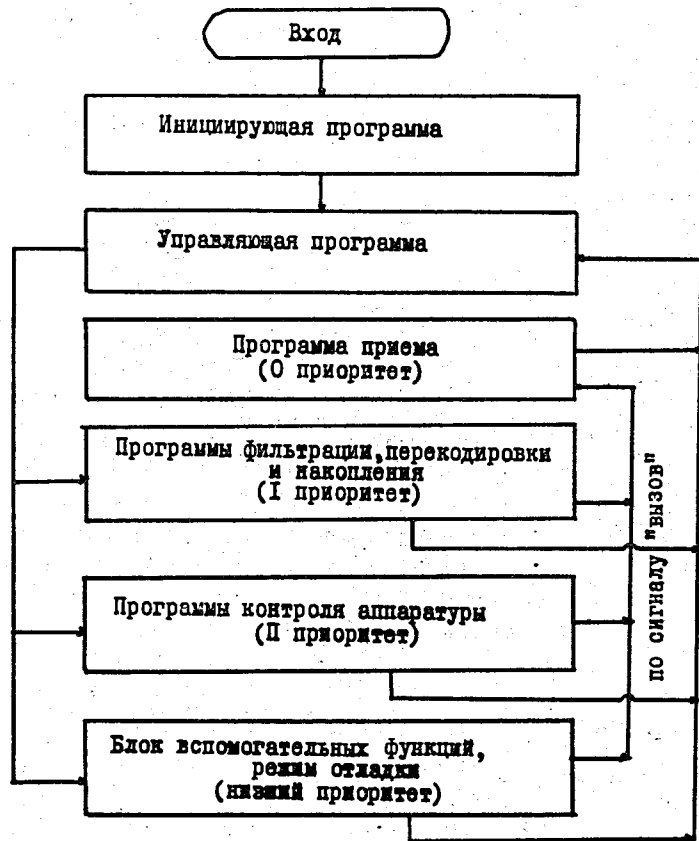


Рис. 2

Вовенко А.С., Говорун Н.Н., Голутвин И.А., Гуськов Б.Н., Р10 - 7460
Иванченко И.М., Кухтин В.В., Савин И.А., Саломатин Ю.И.,
Сеннер А.Е., Смолин Д.А., Тодоров П.Т.

Программа контроля аппаратуры и накопления информации
в экспериментах с K^0 -мезонами высоких энергий

В работе рассматривается методика создания, описываются органи-
зация и функции программы КРАН-1, которая используется при работе
бесфильмового искрового спектрометра на линии с ЭВМ типа БЭСМ-4.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1973

Vovenko A.S., Govorun N.N., Golutvin I.A., Р10 - 7460
Guskov B.N., Ivanchenko I.M., Kukhtin V.V.,
Savin I.A., Salomatin Yu.I., Senner A.E.,
Smolin D.A., Todorov P.T.

Programme for Data Storage and Apparatus
Check-Up in Experiments with High Energy
 K^0 -Mesons

Experience of writing, organization and functions
of KРАН-1 programme, used when operating filmless spark-
spectrometer on-line with BESM-4 computer, are considered.

Communications of the Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1973