

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

29/VI-



СЗУУ.121

К-891

10 - 9193

В.Н.Кузнецов, Н.М.Пискунов, А.Е.Сеннер,
И.М.Ситник, Е.А.Строковский, А.С.Чвыров,
В.И.Шаров

4985/2-75

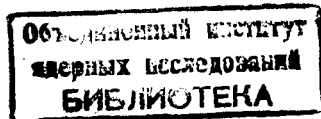
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ НАСТРОЙКИ
И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
СИСТЕМЫ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР,
РАБОТАЮЩЕЙ НА ЛИНИИ С ЭВМ БЭСМ-4

1975

В.Н.Кузнецов,* Н.М.Пискунов, А.Е.Сеннер,
И.М.Ситник, Е.А.Строковский, А.С.Чвыров,
В.И.Шаров

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ НАСТРОЙКИ
И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
СИСТЕМЫ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР,
РАБОТАЮЩЕЙ НА ЛИНИИ С ЭВМ БЭСМ-4**

* Иркутский государственный университет



ВВЕДЕНИЕ

В Лаборатории высоких энергий создается экспериментальная установка АЛЬФА^{/1, 2/}, предназначенная для исследования рассеяния адронов в широком диапазоне переданных импульсов.

Основными детекторами установки для трековых измерений служат пропорциональные камеры /ПК/. Настройка их осуществлялась на линии с ЭВМ БЭСМ-4 и проводилась как в стендовых условиях /от β -источника/, так и на π -мезонном пучке синхрофазотрона ОИЯИ. Регистрирующая и управляемая от ЭВМ электроника изготовлена в стандарте КАМАК. Устройство сопряжения^{/3/} обеспечивает обмен информацией между ЭВМ и модулями КАМАК.

Цель нашей работы заключалась в отработке методики использования БЭСМ-4 на линии с аппаратурой КАМАК, выборе состава и структуры программного обеспечения, разработке алгоритмов проверки различных звеньев установки, выборе совокупности контролируемых параметров при настройке ПК, автоматизации процесса получения оптимальных значений параметров ПК.

Особое внимание было уделено разработке алгоритмов и созданию программного обеспечения процессов управления цифровыми модулями, достижению простоты адаптации программ для различных конфигураций используемой электроники и аппаратуры, организации вывода результатов обработки непосредственно к экспериментатору в измерительный центр, расположенный на расстоянии 1,2 км от ЭВМ.

Программы КАНАЛ I, ТЕСТ КАНАЛ, ТЕСТ- OSA осуществляют автономный контроль работы устройства сопряжения и различных модулей КАМАК.

ходного сигнала; использовался для программного задания длительности стробирующего импульса; диапазон длительности 4 - 67 нс, шаг - 1 нс.

Вспомогательные модули

- ИНМ-591 - индикатор магистральный для проверки работы модулей; имеет индикацию субадреса А, функции F и 24 шин данных, а также сигналов В, Z, С, Q, X, I.
- ИНД-522 - индикатор десятичный; вывод 8 десятичных знаков /2 субадреса/; информация передается в десятично-двоичном коде.

Модули устройства сопряжения

- КБ-603 - контроллер крейта /управление магистралью крейта и связью с БЭСМ-4/ обеспечивает: выработку цикла КАМАК при приеме и передаче, возможность одновременной записи информации в несколько модулей; различные режимы передачи в ЭВМ /одиночный или групповой при сканировании А и N /, возможность передачи двух слов данных за один цикл БЭСМ-4.
- ИКБ-581 - интерфейс ЭВМ БЭСМ-4 /расположен в крейте при ЭВМ/ производят: согласование циклов БЭСМ-4 и КАМАК, разбиение слова БЭСМ-4 на два и последовательную их передачу в КБ-603 за один цикл БЭСМ-4.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ

Скорость набора статистики в экспериментах, проводимых бесфильмовой методикой, определяется как пара-

метрами источника информации - пучка ускоренных частиц, так и возможностями измерительно-вычислительно-го комплекса.

В нашем случае скорость регистрации событий ограничивалась временем передачи информации в ЭВМ, которое включает:

1/ время реакции ЭВМ на прерывание /при разрешенном со стороны программы прерывании необходимо выполнение 3-4 подготовительных операций, т.е. ≈ 150 мкс/;

2/ время активизации канала связи: посылка в крейт функции считывания ≈ 80 мкс/, переключение направления обмена на прием ≈ 80 мкс/;

3/ непосредственно время приема данных в групповом режиме /3/ с модификацией адреса N и субадреса А / $K \times 8$ мкс, где K - число принимаемых 24-разрядных слов/;

4/ время передачи в крейте функции выборочного сброса на некоторые модули и разрешение следующего запуска ≈ 80 мкс/. Последовательное выполнение перечисленных действий представляет собой логику работы программы приема информации. Если модули имеют различные функции считывания, то пункты 2 и 3 повторяются необходимое число раз. Таким образом, прием одного события, содержащего 30 слов, занимает не менее 650 мкс. Прием же одного слова /программное указание адреса N и субадреса А / занимает ≈ 170 мкс.

Отметим, что использование в рамках рассматриваемого алгоритма обмена ЭВМ III поколения /НР-2116В, ЕС-1010/ приведет к существенному сокращению времени обмена, что в итоге повысит производительность комплекса.

ПРОГРАММЫ ПРОВЕРКИ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА СОПРЯЖЕНИЯ И ОТДЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ КАМАК

Программы КАНАЛ-1, ТЕСТ-КАНАЛ, ТЕСТ-ОСА - обеспечивают возможность оперативной проверки звеньев измерительно-вычислительного комплекса перед очередным этапом измерений. Кроме того, они широко использовались при наладке устройства сопряжения, при пер-

вичной проверке всех модулей КАМАК, при выборе алгоритмов вывода информации в измерительный центр, для отработки методики работы БЭСМ-4 на линии с электронной КАМАК. Эти программы, небольшие по объему, вводятся с педфокарт, необходимые параметры задаются с помощью клавишного запоминающего устройства /КЗУ/ с пульта управления БЭСМ-4.

ПРОГРАММА "АЛЬФА-СТЕНД"

Эта программа обеспечивает прием, накопление и обработку информации с одной ПК, исследуемой на пучке или на стенде*, и позволяет:

- проверить правильность работы ПК /все ли проволоки и усилители работают, нет ли наводок на усилителях/;

- исследовать временные характеристики ПК,

- автоматизировать наиболее трудоемкий процесс снятия кривых задержанных совпадений /к.з.с./ при различных значениях длительности стробирующего импульса.

- вывести результаты обработки в измерительный центр на осциллограф "OSA" и модуль индикации десятичных чисел, а также на АЦПУ.

Множество зарегистрированных событий программно разбивается на классы:

1. "ONE" - в камере сработала лишь одна проволока;
2. "CLUSTER" - более одной, но соседние проволоки;
3. "MANY" - две и более групп не соседних проволок;
4. "CLUSTER + W" - события из класса 2, в которых, кроме того, есть проволока с указанным номером;

*Характеристики ПК зависят, в основном, от четырех параметров: состава газа, напряжения высоковольтного питания, длительности стробирующего импульса и его задержки.

5. "MANY + W" - события из класса 3, в которых есть указанная проволока;

6. "ALL" - все зарегистрированные события.

Отдельно для каждого класса строятся распределения числа срабатываний проволок n , кроме того, определяются:

- число событий в каждом классе;
- число отказов /в ПК не сработала ни одна проволока/;
- число "CLUSTER" -ов, содержащих 2,3,4,5 и более проволок;
- число "MANY" с 2,3,4,5 и более группами проволок.

Схема программы имеет вид трех, вложенных друг в друга, циклов. Внутренний цикл обеспечивает прием N событий, построение распределений числа сработавших проволок, построение распределения значений, снятых с ВЦП, вывод распределений и дополнительных характеристик.

Следующий цикл - получение ϵ_i - долей событий i -го класса в принятой информации / $i = 1,2,3,\dots,6$ / как функций времени задержки (t_3) стробирующего импульса /к.з.с./. Значение задержки изменяется программно с помощью БЗУ, границы и шаг изменения являются параметрами программы. Для каждой точки на к.з.с. выполняется внутренний цикл.

Внешний цикл - получение ϵ_i как функции длительности (t_c) стробирующего импульса. Производится построение таблиц функции:

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. $\tilde{t}_3 : \max \epsilon_1(t_3)$; | 4. $\epsilon_3(\tilde{t}_3)$; |
| 2. $\epsilon_1(\tilde{t}_3)$; | 5. $\epsilon_6(\tilde{t}_3)$. |
| 3. $\epsilon_2(\tilde{t}_3)$; | |

Значение t_c изменяется программно с помощью УФ2. Границы и шаг изменения являются параметрами программы. Для получения каждой точки производится построение к.з.с., т.е. набор $N \cdot K$ событий, где K - число точек на к.з.с. Получению всех результатов соответствует набор $N \cdot K \cdot L$ событий, где L - число точек в графиках длительности t_c .

Подключение циклов прохода по 2БЗУ и УФ2, отключение вывода результатов, соответствующих окончанию различных этапов работы программы, разрешение записи принятой информации на магнитную ленту производится с помощью КЗУ с пульта управления БЭСМ-4.

На осциллограф "OSA" выводятся графики таблично-заданных функций. Интерфейсом к нему служит ЦАП, позволяющий использовать поле 64 x 64 точки. "OSA" не имеет внутренней памяти, поэтому требуется постоянная регенерация изображения. Весь массив точек графика передать сразу нельзя, поскольку скорость преобразования у ЦАП меньше скорости передачи в групповом режиме. Таблица функции предварительно нормируется так, чтобы максимальное значение стало равным 63, и приводится к виду, удобному для вывода: к каждому значению приформировывается NAF, а само значение смещается в 1 - 6 разряды слова БЭСМ-4. Каждая точка передается в ЦАП значениями X и Y /субадреса A0 и A1 /. Подпрограмма одновременно строит ось координат с подсвечиванием /повторной передачей/ определенных точек. В параметры подпрограммы входят: номер ЦАП в крейте, размер таблицы /не более 63/, расстояние между подсвечиваемыми точками, число повторений подсветки. Истинное максимальное значение графика высвечивается на ИНД-522.

ПРОГРАММА "АЛЬФА-СН"

Эта программа обеспечивает прием, накопление на магнитной ленте и обработку информации при работе системы из нескольких ПК на пучке ускорителя. Ядром программы является модифицированная "АЛЬФА-СТЕНД". Все ее возможности, включая управление модулями 2БЗУ и УФ2, реализованы и здесь. Отдельно для каждой камеры подсчитывается и выводится информация о разделении событий на классы. Указанные выше распределения и таблицы функций строятся для одной камеры, номер которой задается на КЗУ.

Число камер в установке, "длина" каждой из них /число годоскопов Г2 или ГШ1, обеспечивающих камеру/,

порядок расположения в крейте используемых модулей задаются декларативными таблицами. Этим достигается стандартизация программного обеспечения. Положительные стороны стандартизации существенно используются даже при проведении одного эксперимента, особенно на начальной стадии. При этом необходимо учитывать много-режимность установки, модульную структуру стандарта КАМАК, которая позволяет оперативно менять как порядок расположения, так и количество используемых модулей электроники и оборудования, работающего на пучке. Это, естественно, вызывает изменение формата и объема принимаемой информации, параметров программ приема, декодировки и обработки событий, формата представления результатов. Программы АЛЬФА-СТЕНД и АЛЬФА-СН могут работать в режиме считывания информации с магнитной ленты.

ПРОГРАММЫ "АЛЬФА-ТРЕК" И "CHAPAR"

Эти программы использовались для получения параметров перехода от системы координат отдельных камер к общей системе координат установки и определения характеристик камер, требующих восстановления треков. Программы используют информацию, записанную на магнитной ленте; в них реализованы аналогичные алгоритмы.

Определение параметров перехода к общей системе координат установки производилось с помощью метода гистограммирования отклонений точек трека от прямой, проведенной через точки в паре "опорных" камер. Номера этих камер задаются на КЗУ, что позволяет оперативно проверить и уточнить искомые величины.

Для определения эффективности и точности камер необходима процедура распознавания треков. Трек определяется набором точек, расстояние которых от базисной прямой, проведенной через крайние точки набора, не превышает некоторой величины d . Набор должен содержать не менее N_{\min} точек. Камера может быть представлена в наборе не более чем одной точкой ^{17/}. Найденный трек

использовался для определения эффективности камеры только в том случае, если он мог быть опознан без привлечения информации с этой камеры^{8/}.

Введем в рассмотрение N -мерный вектор α , компоненты которого определяются для каждого трека следующим образом:

$$a_0 = \begin{cases} 1, & \text{если в } i\text{-ой камере есть точка на треке;} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$i = 1, 2, \dots, N; N$ - число камер в установке.

Тогда оценка эффективности для i -ой камеры на выборке из M треков есть:

$$\epsilon_i = \frac{\sum_{k=1}^M \delta_{ik}}{\sum_{k=1}^M \Delta_{ik}},$$

где δ_{ik} и Δ_{ik} определяются:

а/ если $\sum_{i=1}^N a_i > N_{\min}$ то $\delta_{ik} = a_i, \Delta_{ik} = 1$ и

б/ если $\sum_{i=1}^N a_i = N_{\min}$, то $\delta_{ik} = 0, \Delta_{ik} = (1 + a_i) \bmod 2$.

Для определения точностей камер были использованы два метода^{9/}, в каждом из которых предполагается равнозначность камер.

а/. Строились распределения отклонений точек от прямой, проведенной через точки в паре опорных камер. Оценку точности получаем в виде:

$$\sigma_{1i} = \sigma'_{1i} \cdot f_1(Z_i),$$

где σ'_{1i} - среднеквадратичное отклонение распределения для i -ой камеры,

$$f_1(Z_i) = [2 \cdot (K_i^2 - K_i + 1)]^{-1/2},$$

$$K_i = (Z_i - Z_{\text{л}}) / (Z_{\text{п}} - Z_{\text{л}}),$$

$Z_{\text{л}}, Z_{\text{п}}$ - координаты левой и правой опорных камер;
 Z_i - координата i -ой камеры / $i = 2, 3, \dots, N - 1$ /.

** Ось Z совпадает с осью пучка.

б/. Строились распределения отклонений точек от прямой, восстановленной по методу наименьших квадратов с привлечением точек со всех камер установки. В качестве оценки точности использовалась величина σ_{2i} :

$$\sigma_{2i} = \sigma'_{2i} \cdot f_2(Z_i),$$

где σ'_{2i} - среднеквадратичное отклонение распределения для i -ой камеры,

$$f_2(Z_i) = [\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N (a_{ij})^2 + (a_{ii} - 1)^2]^{-1/2};$$

$$a_{ij} = \Delta_{ij} / \Delta;$$

$$\Delta_{ij} = (N \cdot Z_i - \sum_{k=1}^N Z_k) \cdot Z_j + \sum_{k=1}^N (Z_k)^2 - Z_i \cdot \sum_{k=1}^N Z_k,$$

$$\Delta = N \cdot \sum_{k=1}^N (Z_k)^2 - (\sum_{k=1}^N Z_k)^2$$

Z_i - координата i -ой камеры ($i = 1, 2, \dots, N$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданное программное обеспечение использовалось в 1974 г. и позволило выбрать параметры, необходимые для настройки ПК, автоматизировать методику съема характеристик ПК, провести исследование работы системы ПК^{9/} установки АЛЬФА на пучке синхрофазотрона ОИЯИ.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность Н.Н.Говоруноу, И.М.Иванченко, Н.Н.Карпенко - за помощь при создании и обсуждении программного обеспечения, Л.Н.Струнову, В.Г.Аблееву, Г.Г.Воробьеву, А.А.Номофилову, постоянное общение с которыми способствовало развитию программного обеспечения, В.Н.Садовникову, А.П.Крячко, Т.Кобе, Г.М.Сусовой - за помощь при разработке программ обмена информацией с крейтом КАМАК, С.Г.Басиладзе, В.А.Арефьеву, В.А.Смирнову, Е.В.Черных, В.Тлачала - за обсуждения по использованию различных модулей КАМАК.

Литература

1. Г.Г.Воробьев и др. ОИЯИ, Б1-1-5489, Дубна, 1969.
2. В.Г.Аблеев и др. ОИЯИ, 13-8967, Дубна, 1975.
3. Т.Коба и др. ОИЯИ, 10-8739, Дубна, 1975.
4. В.А.Загинайко, И.Н.Силин. ОИЯИ, Б1-11-4514, Дубна, 1968.
5. FORTRAN-63/REFERENCE MANUAL, CDC/6005, 2900, 1964.
6. С.Г.Басиладзе и др. ОИЯИ, 10-8372, Дубна, 1974.
7. Н.Н.Говорун и др. ОИЯИ, 10-7303, Дубна, 1973.
8. Н.Н.Говорун и др. ОИЯИ, Р5-5397, Дубна, 1970.
9. В.Г.Аблеев и др. ОИЯИ, 13-8829, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 сентября 1975 года.