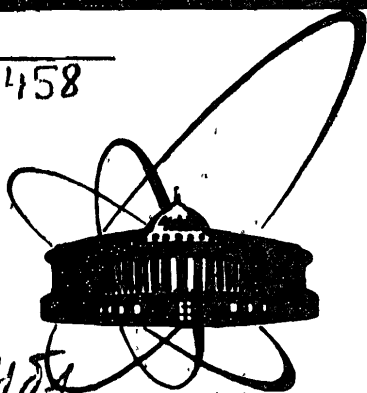


А 458



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P10-87-272

А.Н.Алеев, В.А.Арефьев, В.П.Баландин,
Б.Н.Гуськов, И.И.Евсиков, Л.Г.Ефимов,
Д.А.Кириллов, Н.А.Кузьмин, М.Ф.Лихачев,
А.Н.Морозов

**СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ
СПЕКТРОМЕТРА БИС-2**

1987

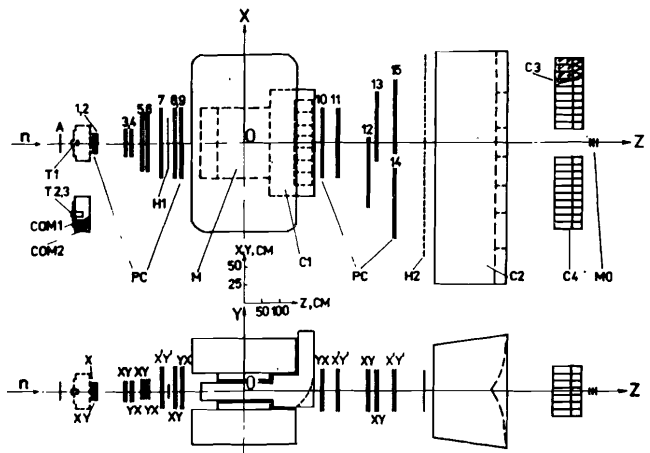
1. ДЕТЕКТОРЫ И РЕГИСТРИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Блок-схема расположения аппаратуры спектрометра на нейтронном пучке серпуховского ускорителя приведена на рис. 1. В состав спектрометра входят: система пропорциональных камер — ~10000 сигнальных проволок; система сцинтилляционных счетчиков — годоскопы Н1 и Н2, счетчики окружения мишени — СОМ1 и СОМ2, монитор нейтронов — МО, всего ~100 счетчиков; многоканальные пороговые газовые черенковские счетчики (МПГЧС) С1 и С2, один в зазоре магнита, другой — за системой пропорциональных камер; двухплечевой годоскоп черенковских счетчиков полного поглощения (ЧСПП) из 140 модулей, которые сгруппированы в два "плеча" С3 и С4 по 70 модулей в каждом и расположены симметрично относительно оси пучка спектрометра.

В состав спектрометра входит перечисленная ниже регистрирующая аппаратура.

Для регистрации данных с пропорциональных камер (ПК) применяется два типа блоков: Г2-922^{2/1} — 32-канальные регистры для ПК с шагом намотки сигнальных проволок 2 мм (292 шт.) и КЛ-312^{12/1} — 32-канальные регистры для ПК с шагом намотки сигнальных проволок 1 мм (18 шт.). Информация о ЧСПП регистрируется в блоках ЗЦП-392^{2/1} (24 шт.). Данные с комплекса сцинтилляционных счетчиков с МПГЧС поступают в блоки ГСВ-442^{2/1} (4 шт.). В систему регистрации входят

Рис. 1. Блок-схема расположения аппаратуры спектрометра БИС-2 на нейтральном канале серпуховского ускорителя: *n* — пучок нейтронов, *M* — спектрометрический магнит, *PC* — пропорциональные камеры, *X*, *Y* — *PC* с прямой намоткой сигнальных проволок, *X'*, *Y'* — *PC* с косой намоткой сигнальных проволок, *T1* — система мишеней, *T2* — система счетчиков-мишеней, *A* — счетчик антисовпадений (остальные обозначения см. в тексте).



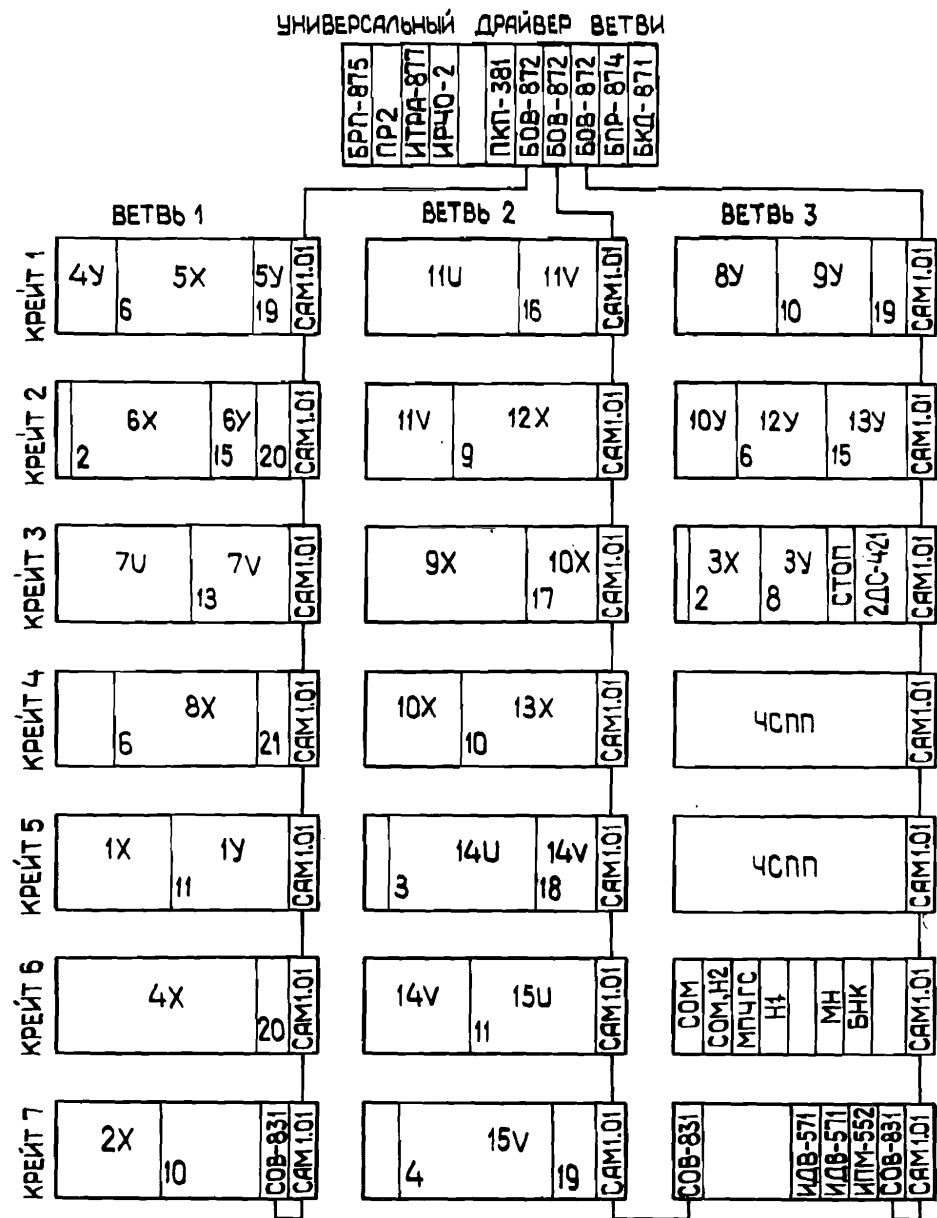


Рис. 2. Схема размещения регистрирующей электроники: IX, Y ÷ 6X, Y, 8X, Y ÷ 10X, Y, 12X, Y, 13X, Y – номера плоскостей пропорциональных камер с прямой намоткой сигнальных проволок, 7U, V, 11U, V, 14U, V, 15U, V – номера плоскостей пропорциональных камер с кривой намоткой сигнальных проволок; цифра, стоящая справа у основания вертикальной прямой в крейте, обозначает номер станции крейта, начиная с которой размещается регистрирующая электроника соответствующей плоскости камеры.

также пересчетные схемы САМ2.02, 2ДС-421^{2/2}, которые используются для измерения потока нейтронов, загрузки отдельных элементов спектрометра, регистрации числа запусков установки, числа циклов ускорителя и т.д.

РЭ в объеме 20 крейтов образует 3 параллельные ветви КАМАК. Крейты с регистрирующей и управляющей аппаратурой оснащены контроллерами типа А-1 (см. рис. 2).

2. МНОГОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА СПЕКТРОМЕТРА

ССД спектрометра БИС-2 включает в себя три ЭВМ: ЕС-1040, ТРА-1001i и графическую систему (ГС) со встроенной микроЭВМ Тектроникс 4051.

Функции между ЭВМ распределены следующим образом:

- ЭВМ ТРА-1001i осуществляет считывание данных с РЭ (в режиме набора рабочей статистики информация накапливается в памяти ЭВМ ЕС-1040, а в тестовом режиме – в памяти ГС), паспортизацию данных, вывод информации на терминальные устройства в домике экспериментатора, управление процессом обмена данными с ЭВМ ЕС-1040, анализ работы процессора ПР2^{9/};

- на ЭВМ ЕС-1040 реализован прием, накопление и обработка массивов экспериментальных данных, формируются файлы для терминалов в домике экспериментатора;

- ГС осуществляет тестирование узлов установки и визуализацию графической информации.

Результаты анализа экспериментальных данных на ЭВМ ЕС-1040 и тестирования аппаратуры с помощью ЭВМ ТРА-1001i и ГС выдаются на терминалы в домике экспериментатора: алфавитно-цифровой дисплей ВТ-340, печатающее устройство ДЗМ-180.

Для организации многопроцессорного управления аппаратурой КАМАК и ее связи с ЭВМ ТРА-1001i и ЕС-1040 используется УДВ, как и в первом варианте ССД. Кроме набора модулей, составляющих основу УДВ, в нем размещены управляющие магистралью УДВ модули (см. рис. 2): интерфейс ИТРА-877^{13/} для сопряжения УДВ с ЭВМ ТРА-1001i по программному каналу; автономный процессор для чтения и кодирования данных с ПК – ПКП-381^{3/}; интерфейс ИР40-2^{7/} для сопряжения УДВ с микроконтроллером МКК-880М^{14/}, подключенным к 1-му селекторному каналу ЭВМ ЕС-1040 (см. рис. 2,3).

Связь ГС с аппаратурой установки осуществляется через модуль сопряжения магистрали крейта КАМАК и приборной магистрали IEEE-488 ИПМ-552^{10/}, а управление терминалами ВТ-340 и ДЗМ-180 – через интерфейс ИДВ-571^{15/}.

Длительность цикла КАМАК в каждой ветви равна примерно 3 мкс. Скорость передачи данных, обеспечиваемая программным каналом ЭВМ ТРА-1001i, составляет 30 12-разрядных Кслов/с.

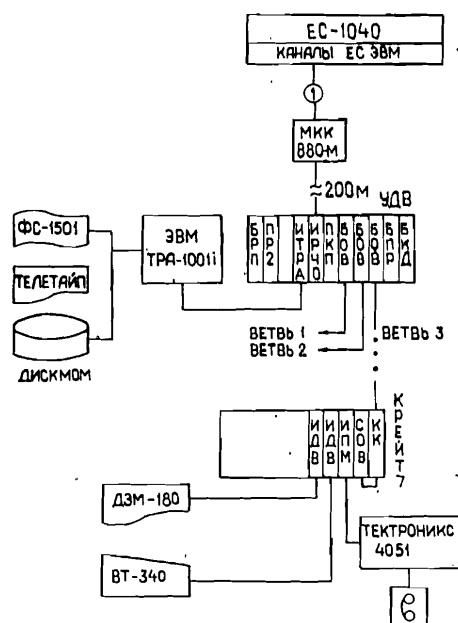


Рис. 3. Блок-схема микропроцессорной вычислительной системы.

Линия связи с селекторным каналом ЭВМ ЕС-1040 имеет следующие характеристики:

- формат данных — 9 разрядов (8 разрядов для данных и 1 разряд для проверки по четности);
- принцип передачи данных — асинхронный;
- скорость передачи данных — до 1,25 Мбайт/с.

3. СЖАТИЕ ИНФОРМАЦИИ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ОТБОР СОБЫТИЙ

С целью максимального сжатия информации были выбраны соответствующие режимы работы УДВ, модуля ПКП-381 и разрабо-

таны специальные электронные блоки^{/7/}. Данные с РЭ ПК считываются с помощью блока ПКП-381 в режиме с кодировкой (считываются только сработавшие каналы в виде 24-разрядного слова каждый). Коэффициент сжатия информации с помощью блока ПКП-381 определяется равенством

$$K_{\text{сж.ПКП}} = \frac{N}{A \cdot M} \quad (1)$$

где $A = 24$ — разрядность слова на выходе блока; $N = 10^4$ — число каналов ПК; M — среднее число сработавших каналов ПК в одном событии, оно меняется от 30 при одотрековом событии до 200, когда через установку проходит 4 и более заряженных частиц. При указанных значениях величин, входящих в формулу (1), $K_{\text{сж.ПКП}} = 2 \div 14$. С выхода блока ПКП-381 по магистрали УДВ 24-разрядный код сработавшего канала поступает на вход блока ИР40-2, где он преобразуется в 16-разрядный код (3 старших разряда — число соседних сработавших проволок в двоичном коде, а остальные 13 разрядов — номер проволоки в двоичном коде). Коэффициент сжатия информации в блоке ИР40-2 равен примерно 2,25. Таким образом, информация с РЭ ПК сжимается в $4,5 \div 31,5$ раза перед записью ее в память ЭВМ ЕС-1040.

Электроника регистрации данных с ЧСПП размещена в двух крейтах КАМАК (см. рис. 2), при этом каждому "плечу" ЧСПП соответ-

ствует крейт с РЭ. Информация с ЧСПП записывается в блоки ЗЦП-392 каждого крейта только при наличии сигнала в соответствующем "плече" ЧСПП. Данные с блоков ЗЦП-392 считываются с помощью контроллера УДВ в режиме блочной передачи ASM^{/4/}.

Информация со сцинтилляционных счетчиков, записанная в блоки ГСВ-442, считывается с них также в режиме ASM.

Отбор событий в спектрометре осуществляется на двух уровнях. Отбор событий на первом уровне производится с помощью "триггера первого уровня"^{/16/} — сигнала, вырабатываемого быстрой электроникой. Коэффициент отбора событий на первом уровне равен примерно 300.

Для отбора событий на втором уровне используются трековые процессоры БТПР^{/8/} и ПР2. Время решения процессоров БТПР и ПР2 в ССД спектрометра с учетом записи данных в память процессоров соответственно равно 20 мкс и 1 мс. Применение процессоров БТПР и ПР2 в экспериментах на установке БИС-2 улучшает соотношение эффект/фон соответственно в 1,49 и 1,45 раза при увеличении числа полезных событий, определяемых по заданным критериям, на 12 и 10%.

4. СИГНАЛЫ СИНХРОНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ В ССД

Для организации работы ССД формируются сигналы синхронизации и управления, которые можно объединить в две группы. К первой группе относятся сигналы для работы ССД на линии с ЭВМ ТРА-1001i (см. рис. 4):

— **НС** — начало сброса частиц на мишень установки в одном цикле работы ускорителя, используется для синхронизации работы установки и ускорителя, запускает Таймер 1, в течение работы которого ($1,5 \div 1,8$ с) формируется сигнал **ВОРОТА** — один из трех сигналов для разрешения запуска установки. НС вырабатывается с помощью сигналов, поступающих от систем ускорителя;

— **КС** — конец сброса частиц на мишень установки, вырабатывается по заднему фронту сигнала **ВОРОТА** и является для ЭВМ ТРА-1001i сигналом окончания считывания данных с РЭ в одном цикле ускорителя;

— **ТРИГГЕР** — сигнал запуска установки^{/16/}, вырабатывается быстрой электроникой и обеспечивает стробирование РЭ и запуск процедуры считывания данных в память ЭВМ;

— **СК** — вырабатывается блоком **СТОП** во время подачи на него команды чтения данных, поступает на блок ПКП-381 и позволяет считывать информацию с разного количества крейтов в ветвях КАМАК;

— **КМ1** ÷ **КМ4** — сигналы концов массивов. **КМ1** ÷ **КМ3** формируются в блоке ПКП-381, а **КМ4** — в блоке БКД-871^{/4/} по окончании чтения массивов данных в память ЭВМ;

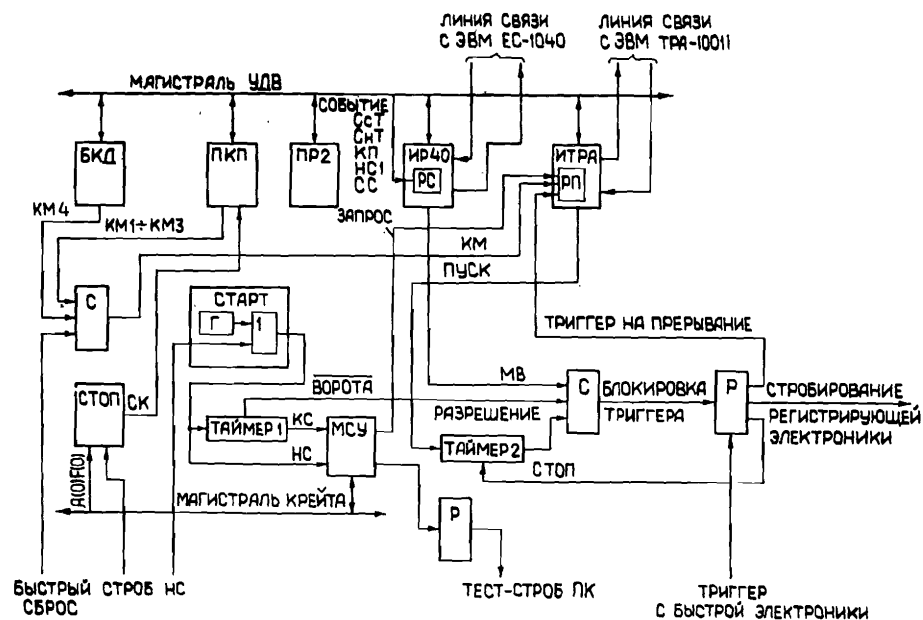


Рис. 4. Схема синхронизации и управления ССД.

— **БЫСТРЫЙ СБРОС** — вырабатывается процессором БТПР при отрицательном решении сброса РЭ, когда число треков, найденных процессором, меньше требуемого.

— **КМ** — объединяет по ИЛИ сигналы КМ1 ÷ КМ4 и **БЫСТРЫЙ СБРОС** и поступает на вход регистра прерывания (РП) блока ИТРА-877;

— **Запрос** — объединяет по ИЛИ сигналы НС и КС, вырабатывается в блоке МСУ^{11/} и поступает на вход регистра РП блока ИТРА-877;

— **МВ** — вырабатывается в блоке ИР40-2 по сигналам УПР (1 ÷ 3), поступающим из МКК-880М, устанавливается на время передачи данных в ЭВМ ЕС-1040 в течение каждого сброса частиц на мишень установки;

— **РАЗРЕШЕНИЕ** — вырабатывается Таймером 2 по команде ЭВМ ТРА-1001i после передачи в ЭВМ ЕС-1040 информации, записанной в РЭ по сигналу ТРИГГЕР;

— **БЛОКИРОВКА ТРИГГЕРА** — блокирует запуск установки во время считывания информации с РЭ и передачи ее в ЭВМ, объединяет по ИЛИ сигналы МВ, **ВОРОТА**, **РАЗРЕШЕНИЕ**.

Ко второй группе относятся сигналы, которые вырабатываются программно в ЭВМ ТРА-1001i и через регистр состояния (РС) блока ИР40-2 поступают в ЭВМ ЕС-1040:

— **НС1** — задержанный сигнал НС. По этому сигналу канальная программа на ЭВМ ЕС-1040 переходит в режим приема информации с установки;

— **СОБЫТИЕ** — вырабатывается по окончании передачи данных, записанных в РЭ по сигналу ТРИГГЕР, в ЭВМ ЕС-1040;

— **СБРОС СОБЫТИЯ (СС)** — вырабатывается при отрицательном решении процессора ПР2, поступает в ЭВМ ЕС-1040 для остановки приема текущей информации и подготовки приема информации, записанной в РЭ по следующему сигналу ТРИГГЕР;

— **СООБЩЕНИЕ с ТЕРМИНАЛА (СсТ), СООБЩЕНИЕ на ТЕРМИНАЛ (СнТ)** — сигналы для работы с терминалами в домике экспериментатора;

— **КОНЕЦ ПЕРЕДАЧИ (КП)** — формируется по окончании передачи в ЭВМ ЕС-1040 информации, относящейся к одному сбросу частиц на мишень установки.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ССД

При наборе экспериментальных данных можно выделить три режима работы ССД:

- 1) считывание данных с РЭ и передача их в ЭВМ ЕС-1040;
- 2) обслуживание терминальных устройств;
- 3) тестирование аппаратуры.

Работа ССД в I режиме осуществляется во время сброса частиц на мишень установки, а во II и III режимах — в паузе между сбросами. Под управлением программы на ЭВМ ТРА-1001i экспериментальная информация считывается с РЭ и накапливается в памяти ЭВМ ЕС-1040. Организация этого процесса реализована следующим образом.

После пуска обеих ЭВМ он-лайн программа на ЭВМ ТРА-1001i устанавливается в состояние ожидания сигналов НС и КС, а на ЭВМ ЕС-1040 — в состояние готовности к приему данных. При появлении сигнала НС выполняются следующие действия (см. рис. 5 и 6):

— подготовка к работе РЭ и интерфейсов периферийных устройств (только в первом цикле ускорителя, с которого начинается передача информации в ЭВМ);

— запуск Таймера 1, который выдает сигнал **ВОРОТА**;

— сброс РЭ;

— разрешение пропускания сигнала ТРИГГЕР с быстрой электроники для запуска установки;

— формирование сигнала НС1.

ССД переходит в состояние ожидания сигнала ТРИГГЕР. При его появлении информация со схем ИЛИ, расположенных на ПК, записывается в память процессора БТПР, с помощью Таймера 2 устанавливается сигнал **БЛОКИРОВКА ТРИГГЕРА**. Процессор БТПР производит анализ записанной в него информации, результатом которого может быть положительное или отрицательное решение. При отрицательном решении вырабатывается сигнал **БЫСТРЫЙ СБРОС**, поступающий через смеситель С на один из входов регистра РП блока ИТРА-877 (см. рис. 4). Содержимое РП считывается в ЭВМ ТРА-1001i и при наличии в нем информации о двух сигналах — **БЫСТРЫЙ СБРОС** и **ТРИГГЕР** перво-му дается высший приоритет.

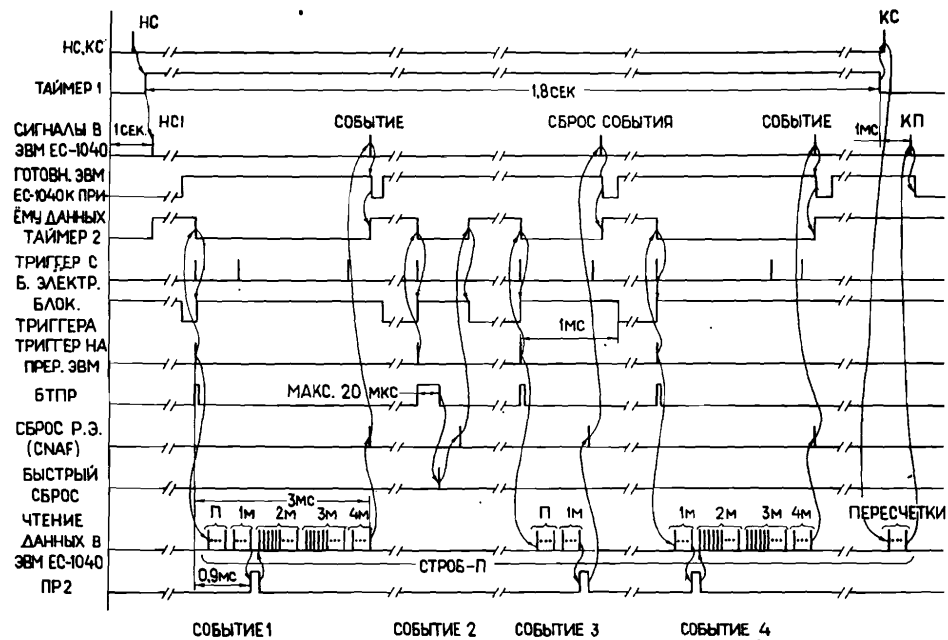


Рис. 5. Временная диаграмма работы ССД при передаче информации о событии в ЭВМ ES-1040.

При положительном решении процессора на вход регистра РП поступает только сигнал ТРИГГЕР, который активизирует программу считывания данных с РЭ.

Особенности параллельной системы КАМАК, схемная реализация блоков регистрации приводят к тому, что информация с РЭ считывается 4 следующими массивами переменной длины:

- 1-й массив — информация с ПК, включенных в процессор ПР2 (3-я ветвь, 1 ÷ 3 крейты);
- 2-й массив — информация с ПК (1-я ветвь, 7 крейтов);
- 3-й массив — информация с ПК (2-я ветвь, 7 крейтов);
- 4-й массив — информация с ЧСПП, со сцинтилляционных счетчиков (3-я ветвь, 4 ÷ 6 крейты).

Длина каждого массива данных подсчитывается счетчиком байтов в блоке ИР40-2 и по окончании передачи массива в ЭВМ ES-1040 содержимое счетчика байтов считывается в ЭВМ ТРА-1001i для формирования паспорта события. Содержимое паспорта события приведено в табл. 1.

Информация о событии передается в ЭВМ ES-1040 в виде одного массива, перед которым передается паспорт предыдущего события. Прием информации об одном взаимодействии завершается по сигналу СОБЫТИЕ. Канальная программа производит оформление принятого массива данных и подготовку к приему информации о следующем событии.

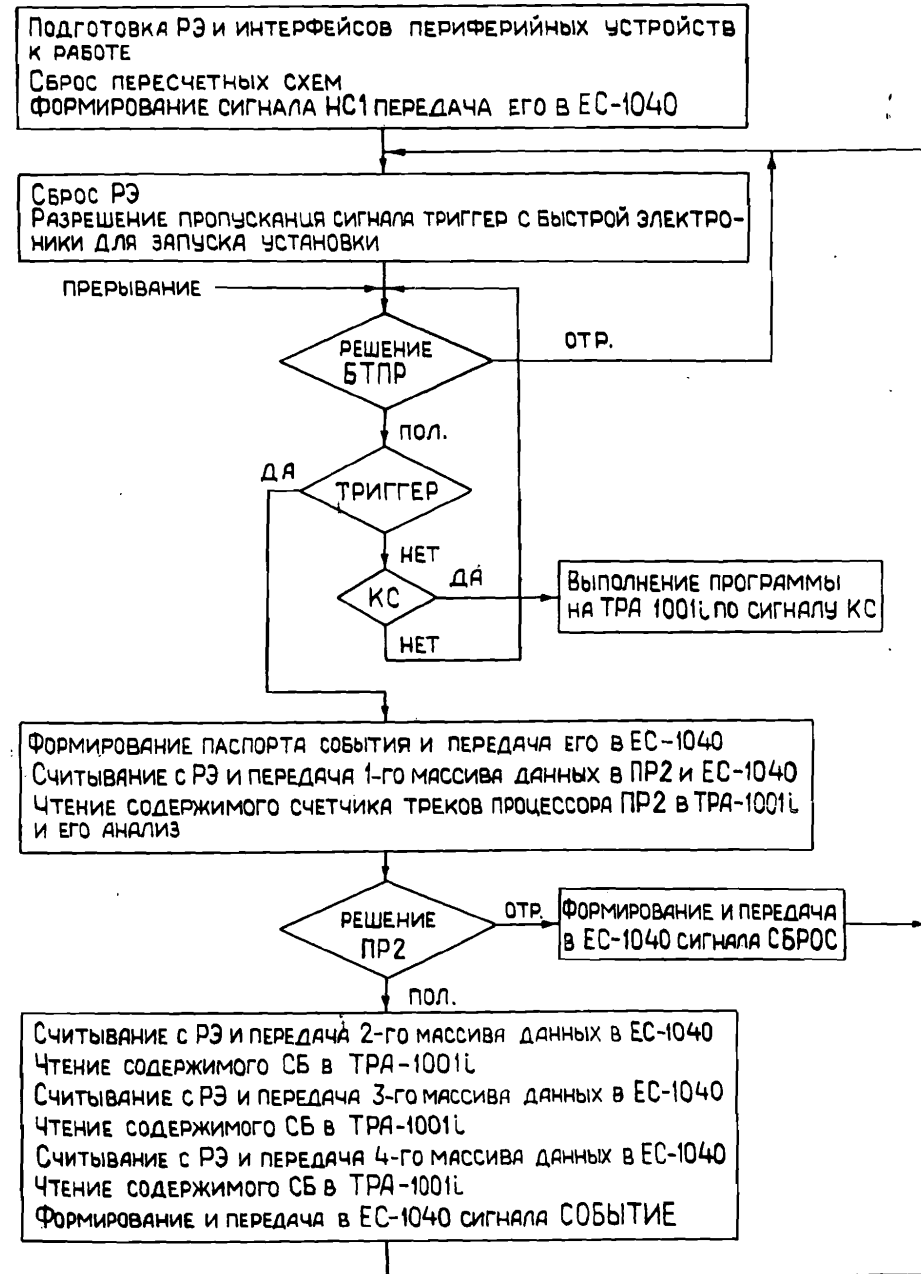


Рис. 6. Алгоритм работы ССД при считывании данных с регистрирующей электроники и передачи их в ЭВМ ES-1040.

Таблица 1

Номер байта	Кто формирует	Содержимое
1	ТРА-1001i	тип события
2	—	длина паспорта, байт (24)
3 — 4	ЕС-1040	длина события, байт
5 — 6	—	номер сброса
7 — 8	ТРА-1001i	номер события в сбросе
9	—	номер версии формата
10	—	адрес таблицы массивов
12	—	тип триггера, 0 — основной 1 — мониторный
13 — 14	—	количество массивов (04)
15 — 16	—	длина 1-го массива, байт
17 — 18	—	длина 2-го массива, байт
19 — 20	—	длина 2-го массива, байт
21 — 22	—	длина 4-го массива, байт

Во время передачи в ЭВМ 1-го массива данных информация одновременно записывается в память процессора ПР2. Процессор осуществляет поиск треков, число которых заносится в счетчик треков процессора. По окончании передачи в ЭВМ ЕС-1040 1-го массива данных ЭВМ ТРА-1001i считывает содержимое счетчика треков (процессор к этому времени завершает работу) и анализирует его. Результатом анализа может быть положительное или отрицательное решение процессора, при этом выполняется соответствующая подпрограмма (см. рис. 6).

На временной диаграмме (см. рис. 5) показана передача в ЭВМ ЕС-1040 информации о событиях 4 типов.

Событие 1 — положительное решение процессоров БТПР и ПР-2.

Событие 2 — отрицательное решение процессора БТПР.

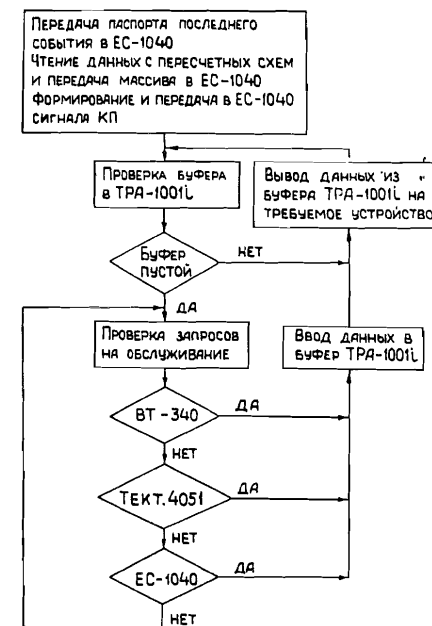
Событие 3 — положительное решение процессора БТПР и отрицательное решение процессора ПР2.

Событие 4 — положительное решение процессоров БТПР и ПР2. Событие 4 следует за событием с отрицательным решением процессора ПР2. В этом случае паспорт события не передается.

После сброса частиц на мишень установки по заднему фронту сигнала ВОРОТА вырабатывается сигнал КС, по которому активизируется подпрограмма считывания информации с пересчетных схем 2ДС-421 и САМ2.02 и передачи ее в ЭВМ.

Алгоритм работы ССД в паузе между сбросами частиц на мишень установки приведен на рис. 7. ЭВМ ТРА-1001i осуществляет циклический опрос устройств: ГС, ВТ-340 и ЭВМ-1040. При наличии от них запросов на обслуживание производится ввод сообщения в оперативную

Рис. 7. Алгоритм работы ССД в паузе между сбросами частиц на мишень установки.



память ЭВМ ТРА-1001i. В первом байте этого сообщения указан номер устройства представления данных, в качестве которых ЭВМ выбирает печатающее устройство ДЗМ-180 или алфавитно-цифровой дисплей ВТ-340. Графическая информация выводится на экран ГС. Если запрос на обслуживание поступает от ГС, то в первом байте принятого от него сообщения может быть указан также номер программы тестирования аппаратуры и детекторов, включающей в себя генерацию тестовых сигналов, считывание информации с РЭ в ЭВМ ТРА-1001i, предварительную обработку ее и передачу в память ГС, которая осуществляет окончательную обработку результатов тестирования и подготовку данных для вывода на требуемое устройство.

6. ХАРАКТЕРИСТИКИ ССД

В табл. 2 приведены основные характеристики 1-го и 2-го вариантов ССД.

Как видно из таблицы, несмотря на то, что число каналов ПК, информация с которых составляет основной объем данных со спектрометра, возрастает во 2-м варианте почти вдвое, благодаря сжатию информации длина события уменьшается в 1,4 раза и во столько же раз увеличивается число событий, записанных на одну магнитную ленту. Применение малой ЭВМ для управления считыванием данных с РЭ позволило сократить время считывания информации с РЭ и передачи ее в ЭВМ ЕС-1040 примерно в 4,5 раза.

7. КОНТРОЛЬ АППАРАТУРЫ И ХОДА ЭКСПЕРИМЕНТА

Сложность комплекса технических средств ССД, необходимость ее нормального функционирования требуют контроля аппаратуры в процессе работы установки, быстрого устранения неисправностей в случае сбоев в работе.

Таблица 2

№	Наименование параметров	1-й вариант ССД	2-й вариант ССД
1	Число каналов ПК	6000	10000
2	Время считывания информации в одном событии с РЭ и передача ее в ЭВМ ЕС-1040, мс	13÷15	3
3	Длина события, байт	530	370
4	Количество событий, записанных на магнитную ленту в одном цикле ускорителя, шт.: с процессом ПР2 без процессора	— 70	240 320
5	Длина массива данных, записанных на магнитную ленту в одном цикле ускорителя, Кбайт	37	90 — 120
6	Число событий, информация о которых записана на 1 магнитную ленту, тыс. шт.	35	50 — 55

Во время набора экспериментальной информации правильность работы ССД контролируется проверкой сигналов синхронизации и управления посредством считывания в ЭВМ ЕС-1040 и анализа содержимого регистров состояния УДВ, ИР40-2 и МКК-880М. При сбоях выдаются диагностические сообщения на алфавитно-цифровой дисплей в доме экспериментатора.

Аппаратуру ССД по месту размещения можно разделить на две части: контроллер канала^{14/} ЭВМ ЕС 1040 в вычислительном центре и аппаратуру установки, расположенную в доме экспериментатора. Для отыскания неисправностей предусмотрена возможность автономной программной проверки этих частей.

При накоплении экспериментальных данных в ЭВМ ЕС-1040 часть их (по желанию экспериментатора) обрабатывается для контроля детекторов и узлов спектрометра и хода эксперимента. Обработка ведется в рамках комплекса программ реального времени БИЗОН^{17/}.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный в настоящей работе 2-й вариант ССД по сравнению с 1-м обеспечивает следующие преимущества:

- повышается гибкость ССД и ее адаптивность к меняющимся условиям эксперимента;
- расширяются возможности настройки и тестирования элементов спектрометра, а также контроля за работой установки в целом;
- расширяются возможности наращивания различных устройств ввода директив управления и вывода результатов тестирования аппа-

ратуры и детекторов, а также анализа экспериментальных данных в доме экспериментатора;

— время считывания информации с РЭ и передачи ее в ЕС-1040 уменьшается в 4,5 раза;

— информация, передаваемая в ЭВМ ЕС-1040, сжимается в 2,25 раза.

Кроме того, появляются новые возможности, которые реализованы:

— применение систем отбора событий с временем решения $10 \div 1000$ мкс;

— использование ЭВМ ЕС-1040 в реальном времени независимыми экспериментами, так как прием информации в ЭВМ реализован в рамках канальной программы без привлечения центрального процессора^{18/}.

В заключение авторы выражают благодарность за помощь в работе и полезные обсуждения В.К.Бирулеву, Т.С.Григалашвили, И.М.Иванченко, Н.Н.Карпенко, А.И.Крячко, А.Н.Максимову, П.В.Мойсензу, В.В.Пальчику, В.Н.Садовникову, Ю.В.Седых, В.А.Смирнову, а также коллективу СНЭО, обеспечившему устойчивую работу ЭВМ ЕС-1040.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 1-80-644, Дубна, 1980.
2. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 1-80-434, Дубна, 1980.
3. Басиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, 12-10026, Дубна, 1976.
4. Нгуен Фук, Смирнов В.А. — ПТЭ, 1976, №3, с.67.
5. Cittolini S. Slac-250, 1982.
6. Dobinson R.W. — In: Proceeding of the 1980 CERN School of Computing, p.325-361.
7. Гуськов Б.Н. и др. ОИЯИ, 13-85-499, Дубна, 1985.
8. Калинин В.А. и др. ОИЯИ, 10-85-252, Дубна, 1985.
9. Арефьев В.А. и др. ОИЯИ, 13-86-738, Дубна, 1986.
10. Ефимов Л.Г. ОИЯИ, 10-81-571, Дубна, 1981.
11. Ефимов Л.Г. — ПТЭ, 1983, №3, с.68.
12. Баландин В.П. и др. ОИЯИ, 13-86-445, Дубна, 1986.
13. Ефимов Л.Г. и др. ОИЯИ, 10-11157, Дубна, 1977.
14. Садовников В.Н. — ПТЭ, 1983, №3, с.64.
15. Ефимов Л.Г., Смирнов В.А. ОИЯИ, 10-8831, Дубна, 1975.
16. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, Р1-86-427, Дубна, 1986.
17. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, Б1-10-86-118, Дубна, 1986.
18. Евсиков И.И. и др. ОИЯИ, 10-83-773, Дубна, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 апреля 1987 года.