

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P10-85-106

Л.Г.Ефимов, А.П.Крячко, Н.С.Мороз,
Ю.А.Панебратцев, В.Н.Садовников,
А.Е.Сеннер, Э.Штрайт

ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА ДАННЫХ
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ
КУМУЛЯТИВНОГО РОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ЛИНИИ С ЭВМ ЕС-1040

1985

Магнитный спектрометр ДИСК-2 работает на пучках медленного вывода частиц из синхрофазотрона ОИЯИ с 1976 г. Эксперименты на линии с ЭВМ ЕС-1040 измерительно-вычислительного комплекса Лаборатории высоких энергий, находящегося на расстоянии 1200 м от установки, начались в 1979 г.

В данной работе рассматривается организация управления аппаратурой спектрометра в процессе сбора данных, а также дается краткое описание соответствующего программного обеспечения.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАПУСКА И РЕГИСТРИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА СПЕКТРОМЕТРА

Упрощенная структурная схема спектрометра ДИСК-2 показана на рис.1. Целью экспериментов, проводимых на установке, является исследование процесса фрагментации ядер мишени в инклюзивной постановке ^{2/}; $a + b \rightarrow c + x$.

Частица с регистрируется в интервале углов вылета от 49° до 180° относительно направления первичной частицы a и в интервале импульсов от 0,15 до 1,5 ГэВ/с.

Такой выбор кинематических переменных позволяет исследовать взаимодействие адрона a с локальной группой из нескольких нуклонов ядра b , т.е. кумулятивное рождение частиц ^{3/}. Разрешение спектрометра по импульсу составляет $\pm 4\%$, входной телесный угол - $2 \cdot 10^{-4}$ ср.

В качестве детекторов вторичных частиц используются 4 сцинтилляционных счетчика (S_1, S_2, S_3, S_4), 2 черенковских счетчика с твердыми радиаторами (C_B, C_H) и черенковский газовый пороговый счетчик (C_T).

Для выделения полезных событий производятся независимые измерения времени пролета вторичных частиц на двух базах ($S_1 - S_3 = 4$ м и $S_2 - S_3 = 1$ м) с точностью 150-200 пс, а также измерения потерь энергии на ионизацию в сцинтилляторах, интенсивности вспышки излучения в твердом и газовом радиаторах черенковских счетчиков.

Сигналы от фотоэлектронных умножителей формируются с помощью формирователей со следящим порогом /ФСП/ ^{4/}. Длительности импульсов на выходе формирователей и временные соотношения сигналов в аппаратуре запуска спектрометра выбраны из условия измерения времени пролета частиц на базе 4 м в диапазоне от 12 нс /скорость частиц $\beta \approx 1/$ до 92 нс / $\beta = 0,16/$. Сигнал длительностью 92 нс, вырабатываемый в схеме совпадения /СС "N_c" / сигналов от

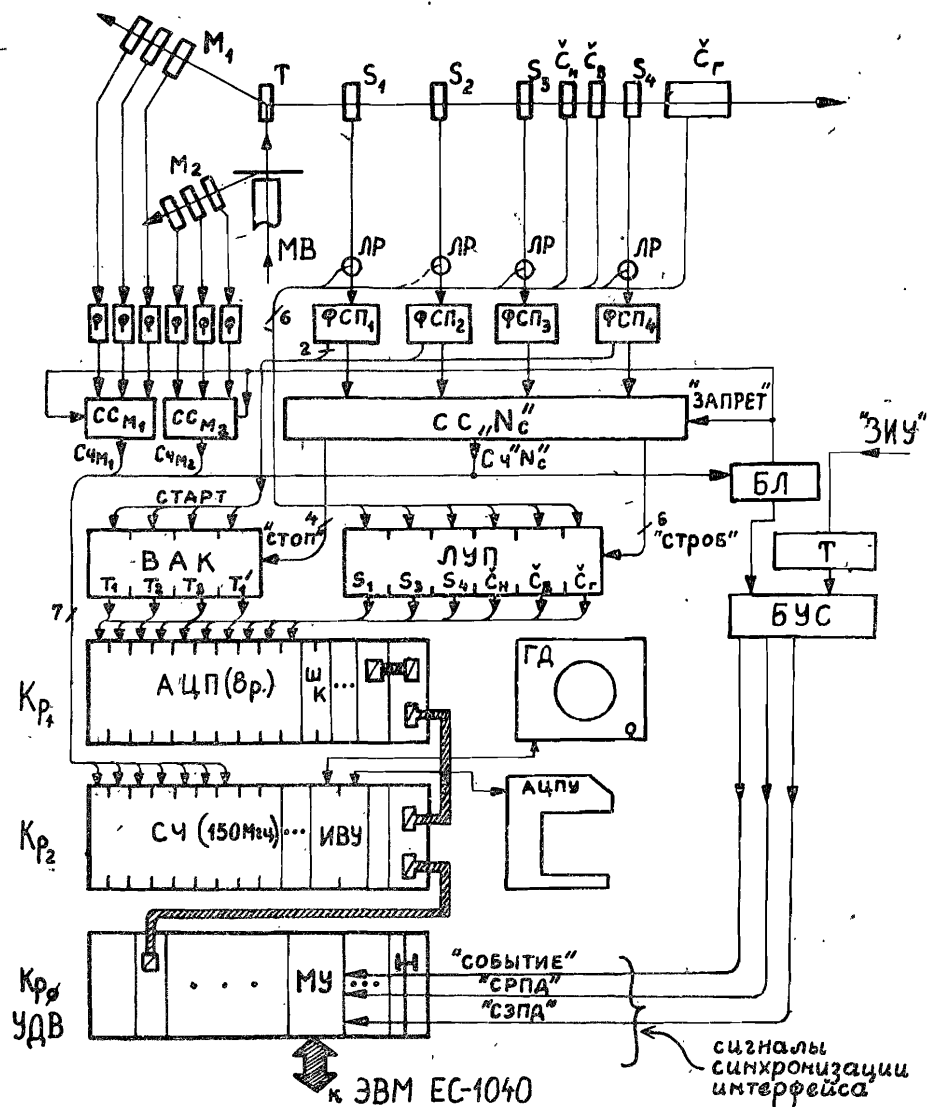


Рис. 1. Структурная схема спектрометра ДИСК-2. Т - мишень; ЛР - линейный размножитель; Ф - формирователь; M_1, M_2 - система мониторных детекторов; МВ - пучок медленного вывода из синхрофазотрона; СС - схема совпадения; БЛ - устройство блокирования; Т - таймер; БУС - блок управляющих сигналов; Кр - крейт; АЦП - аналого-цифровой преобразователь; СЧ - счетчик; ИВУ - интерфейсы внешних устройств; ГД - графический дисплей; АЦПУ - алфавитно-цифровое печатающее устройство; УДВ - универсальный драйвер ветви; МУ - модуль управления УДВ.

сцинтилляционных счетчиков, является управляющим сигналом запуска установки /СЗУ/. Одновременно он служит стоп-сигналом для время-амплитудных конверторов /ВАК/ и управляющим сигналом для линейного устройства пропускания /ЛУП//^{5/}. Аналоговые сигналы с ВАК и с ЛУП поступают на входы быстрых аналого-цифровых преобразователей /АЦП//^{6/} с 8-разрядным разрешением.

Для максимальной амплитуды аналогового сигнала ~3 В время преобразования составляет величину порядка 5 мкс.

Вся регистрирующая программно-управляемая аппаратура КАМАК размещена в двух крейтах. В крейте №1 находятся 10 модулей АЦП и 2 служебных модуля генерации шахматных кодов ШК для отметки конца массива данных, считываемых из АЦП.

В крейте №2 расположены быстрые /150 МГц по входу/ счетчики ^{7/}, регистрирующие информацию с мониторов, загрузку отдельных датчиков и количество принятых событий.

МОДУЛИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТУРОЙ СПЕКТРОМЕТРА

Для управления аппаратурой КАМАК и связи с ЭВМ на установке ДИСК-2 используется универсальный драйвер ветви /УДВ//^{8/}. В его состав входят модуль контроллера, модуль ручного тестирования аппаратуры, модуль сопряжения с магистралью стандартной ветви КАМАК.

Организация работы УДВ на линии с ЭВМ осуществляется входящим в его состав управляющим модулем /МУ УДВ//^{9,10/}, подключаемым к приемно-передающим устройствам линии связи с ЭВМ ЕС-1040 ^{11/}.

Общая архитектура комплекса аппаратных средств, применяемых в ЛВЭ ОИЯИ для сопряжения физических установок с ЭВМ ЕС-1040, описана в ^{12/} и здесь не рассматривается.

Оба программно-управляемых крейта установки оснащены контроллерами типа А производства ЦИФИ /ВНР/. Данный контроллер во взаимодействии с УДВ обеспечивает выполнение циклов на магистрали ветви длительностью примерно 3 мкс каждый. Для уменьшения времени опроса модулей аналого-цифрового преобразования, вносящего основной вклад в мертвое время установки, длительность цикла ветви при обращении к крейту №1 была сокращена на 0,8 мкс посредством схемных изменений в соответствующем контроллере типа А.

Кроме того, поскольку на установке ДИСК-2 в модулях АЦП значащая информация имеется только в нулевом субадресе, реализация режима группового опроса ASM стандартным образом приводит к наличию лишних циклов КАМАК. Однако путем коррекции схемы контроллера УДВ в режиме ASM было убрано сканирование по субадресам, что также существенно сократило время чтения массива АЦП.

Указанные изменения в аппаратуре управления позволили сократить мертвое время установки почти на 60% /с 97,2 мкс до 42 мкс/.

Как показано на рис.1, на установке ДИСК-2 для организации ввода в ЭВМ команд экспериментатора и вывода из ЭВМ запрашиваемой информации о ходе эксперимента, используются печатающее устройство типа DZM-180 и графический дисплей /13/.

Связь с этими устройствами осуществляется через интерфейсные модули КАМАК, расположенные в крейте №2.

ВРЕМЕННАЯ ПРИВЯЗКА ПРОЦЕССА СБОРА ДАННЫХ К РАБОТЕ СИСТЕМЫ ЗАПУСКА СПЕКТРОМЕТРА

Временная диаграмма процесса сбора данных со спектрометра ДИСК-2 в цикле ускорителя приведена на рис.2 /с целью упрощения рисунка показана только передача информации в ЭВМ/.

Для синхронизации работы установки с работой ускорителя используется получаемый от него сигнал "Задержанный импульс начала цикла ускорения" /ЗИУ/, опережающий на 100-150 мс медленный вывод /МВ/ пучка на рабочую мишень спектрометра. Сигнал ЗИУ запускает таймер, в течение работы которого /800 мс/ разрешается чтение образов событий в ЭВМ.

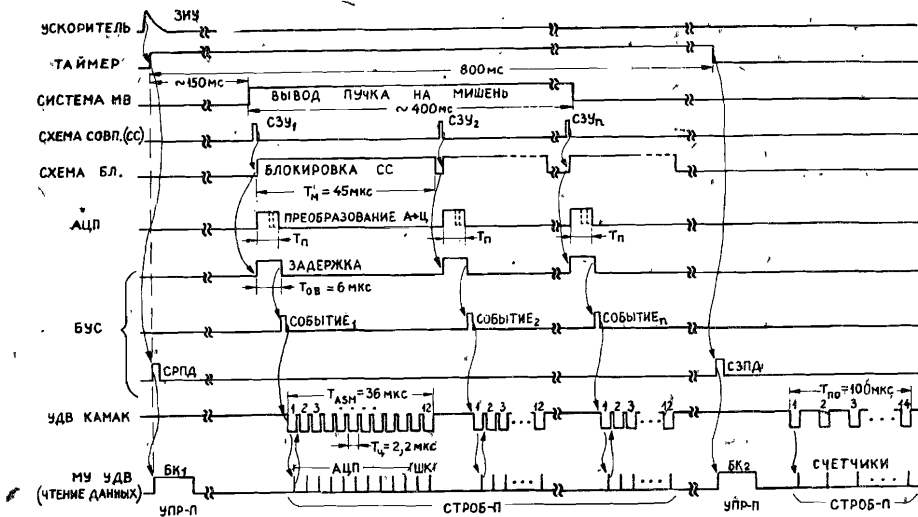


Рис.2. Временная диаграмма процесса сбора данных на спектрометре ДИСК-2. СЗУ - сигнал запуска установки; T_n - время преобразования; $T_{ов}$ - время регулируемой задержки; $T_{асм}$ - время опроса в режиме ASM; $T_{по}$ - время программного опроса; БК - контрольный байт модуля управления УДВ; УПР-П - сигнал синхронизации интерфейса ЭВМ; СТРОБ-П - строб информации интерфейса ЭВМ.

По фронту и спаду сигнала таймера в блоке управляющих сигналов /БУС/ вырабатываются соответственно сигнал разрешения приема данных /СРПД/ и сигнал завершения приема данных /СЗПД/. Эти 2 синхросигнала поступают на входы регистра контроля МУ УДВ и являются основными сигналами временной привязки /11/.

В течение мертвого времени установки T_M ее аппаратура запуска блокируется регулируемой вручную схемой, активизация которой производится спадом каждого сигнала запуска СЗУ. Активизация схемы блокировки вызывает в БУСе запуск одновибратора, вырабатывающего задержку на максимальное время преобразования АЦП /6 мкс/. Спад импульса одновибратора вызывает генерацию сигнала "Событие", поступление которого в МУ УДВ инициирует серию из 10 циклов чтения АЦП и двух циклов чтения шахматных кодов /ШК/.

Передача байтов информации с установки в ЭВМ осуществляется в темпе опроса указанных модулей крейта №1. Однократное чтение служебной информации со счетчиков крейта №2 /14 циклов КАМАК/ производится после приема в ЭВМ сигнала СЗПД.

На основании представленной временной диаграммы и структуры программно-управляемой части аппаратуры была составлена последовательность команд КАМАК, соответствующая работе установки в цикле ускорителя. Эта последовательность команд с учетом особенностей средств сопряжения с каналом ввода-вывода ЭВМ ЕС-1040 /14/ стала основой для создания алгоритма программы, по которой осуществляется сбор данных. В обобщенном виде алгоритм приведен на рис.3.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ СБОРА ДАННЫХ НА УСТАНОВКЕ ДИСК-2

Вся экспериментальная информация, накапливаемая в сеансах работы спектрометра ДИСК-2, в дальнейшем подвергается "off-line" обработке по нескольким программам для детального изучения кинематики кумулятивного эффекта.

При такой постановке эксперимента в процессе работы спектрометра на линии с ЭВМ производится быстрый отбор полезных событий с незначительными аппаратными затратами. Однако большая частота срабатывания системы запуска установки требует и высокой пропускной способности устройств, обеспечивающих передачу полезной информации и неэффективного использования ускорительного времени.

Для достижения указанной цели использовались возможности, предоставляемые ранее перечисленными модулями организации программного управления /8-10/. В частности, в МУ УДВ сигнал "Событие" подается на вход внешнего инициирования пуск цикла КАМАК, разрешаемого при записи "1" в старший разряд 8-разрядного статусного регистра МУ УДВ. В этом случае, если в регистре

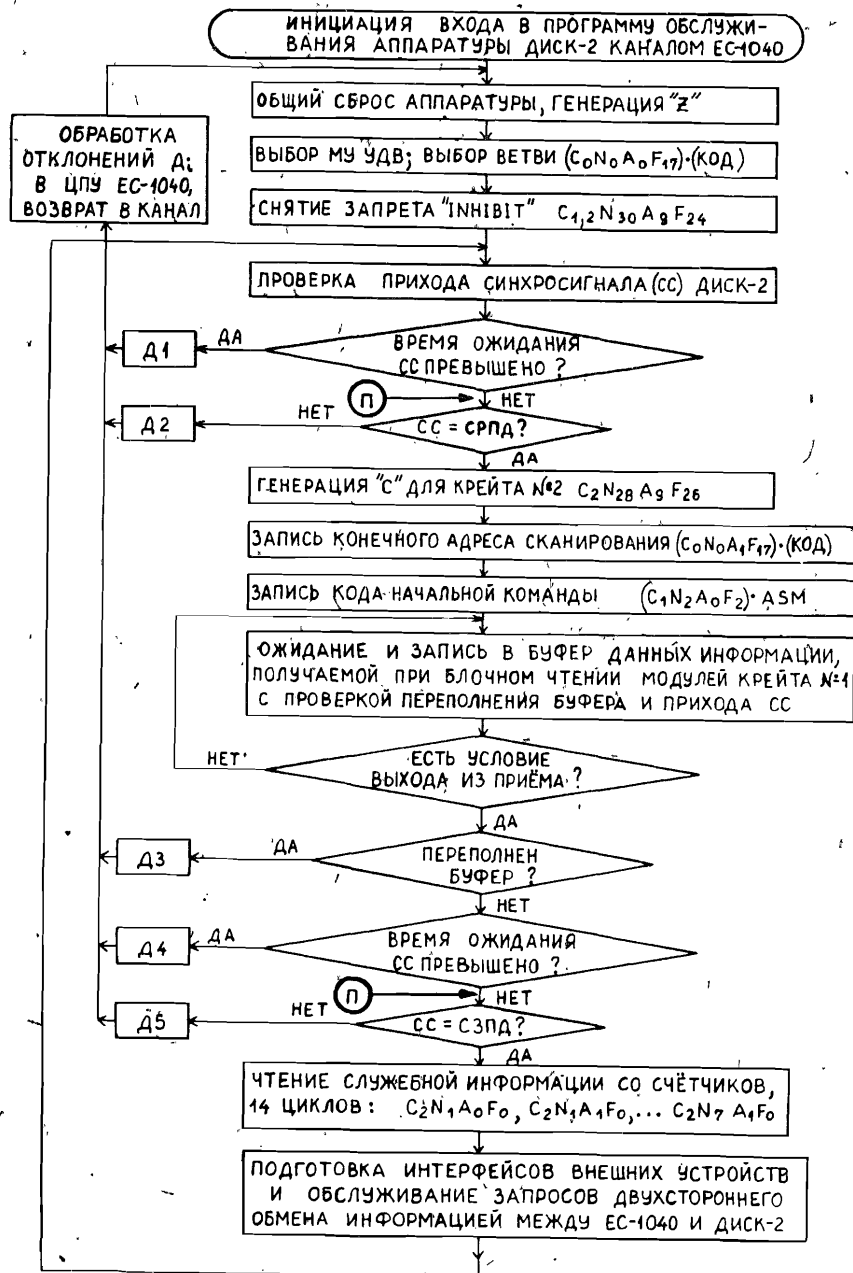


Рис.3. Алгоритм программы сбора данных. П - прерывание по сигналу синхронизации интерфейса.

команды модуля-контроллера УДВ хранится адрес CNAF с признаком режима блочной передачи /например, ASM /, каждый сигнал "Событие" вызывает проведение автоматической серии циклов КАМАК благодаря взаимодействию МУ УДВ и контроллера УДВ.

Этим достигаются следующие преимущества:

1/ работа аппаратуры КАМАК в течение всей длительности приема событий не программируется, подготовка аппаратуры производится только один раз, по сигналу СРПД /рис.3/;

2/ мертвое время установки сокращается до минимально возможного, поскольку оно определяется суммой только двух величин: фиксированной задержки на время преобразования в модулях АЦП и фиксированного времени их опроса;

3/ контроллер канала ЭВМ ЕС-1040 в течение промежутка времени между сигналами СРПД и СЗПД находится только в режиме ожидания вырабатываемых в МУ УДВ стробов информации /рис.3/, что обеспечивает эффективное использование высокой пропускной способности селекторного канала /1,25 Мбайт/с/;

4/ максимально возможное количество принятых в ЭВМ событий за цикл ускорителя, оцениваемое по длительности приема данных и мертвому времени установки, составляет величину порядка 10^4 ; это требует резервирования в оперативно-запоминающем устройстве /ОЗУ/ ЭВМ буфера данных объемом в 120 К байт, что принципиально возможно на ЭВМ ЕС-1040 и подчеркивает целесообразность ее использования в экспериментах на линии с установкой.

СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ АППАРАТУРЫ СВЯЗИ УСТАНОВКИ С ЭВМ ЕС-1040

Сложность комплекса аппаратных средств сопряжения спектрометра ДИСК-2 с ЭВМ ЕС-1040 и необходимость поддержания высокой степени готовности комплекса требуют контроля его нормального функционирования, отыскания и определения неисправностей. Временные затраты на эти операции составляют большую часть от общего времени восстановления работоспособности средств сопряжения.

Автономная проверка кабельной линии связи и приемно-передающих устройств без применения ЭВМ, а также их программная проверка с помощью ЭВМ ЕС-1040 кратко описаны в /15/. В /16/ описаны унифицированные программы обмена информацией между ЭВМ ЕС-1040 и экспериментальными установками, в том числе программа проверки всех частей комплекса. Алгоритм проверки таков, что при невозможности установления связи ЭВМ с установкой сначала испытывается приемно-передающая аппаратура линии связи, затем, в случае необходимости, микропрограммный контроллер канала ЭВМ. Отсутствие неисправностей в данной части комплекса вызывает переход к программной проверке МУ УДВ. После установления связи производится проверка правильности прохождения информации в обоих направлениях при помощи тестов записи-чтения данных. При

этом возможен подсчет числа ошибок, необходимый для оперативного контроля состояния комплекса.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭВМ ЕС-1040

Процессы сбора, накопления и обработки экспериментальных данных установки ДИСК-2 обслуживаются комплексом программ реального времени. Основные компоненты комплекса описаны в /17/. Дальнейшее развитие программного обеспечения шло, в основном, по двум направлениям:

- унификация и совершенствование программ сбора данных на основе более полного использования технических средств, предоставляемых микропрограммным контроллером канала /МКК/;

- создание унифицированного математического обеспечения ЭВМ ЕС-1040 для организации представления графических данных.

Последнее направление детально описано в /18/, поэтому здесь остановимся только на рассмотрении реализации первого.

Взаимодействие ЭВМ ЕС-1040 с аппаратурой спектрометра ДИСК-2 обеспечивается каналной программой /КП/, обслуживающей МКК. КП выполняет следующие функции:

1/ ввод массивов данных с регистрирующей аппаратуры спектрометра;

2/ вывод обработанной информации на удаленные терминальные устройства /графический дисплей и печатающее устройство/;

3/ ввод команд, управляющих ходом эксперимента, с удаленного клавишного терминала;

4/ вывод диагностических сообщений при обнаружении сбоев или отказов в аппаратуре;

5/ синхронизация выполнения перечисленных задач, среди которых высший приоритет имеет сбор экспериментальных данных.

КП состоит из наборов цепочек команд и микрокоманд МКК, находящихся в оперативном запоминающем устройстве ЭВМ.

Объем КП в эксперименте ДИСК-2 - 4 К байт. Запуск КП производится центральным процессором. После запуска КП она монополярно захватывает ресурс селекторного канала ЭВМ.

Как было показано ранее, КП реализует взаимодействие ЭВМ с аппаратурой спектрометра по алгоритму, приведенному на рис.3.

При поступлении в МКК сигнала СРПД /см. рис.3/ КП подготавливает и осуществляет прием экспериментальных данных. Завершение приема данных может быть вызвано рядом причин. При нормальном окончании приема данных по сигналу СЗПД КП осуществляет чтение служебной информации с мониторов счетчиков спектрометра и подготавливает обслуживание удаленных терминальных устройств. Вывод информации на терминальные устройства производится побайтно. Это дает возможность приостановить процесс вывода при поступлении синхросигнала СРПД и снова начать прием экспериментальных данных.

Прекращение работы КП происходит при сбоях в аппаратуре и при снятии признака цепочки команд в командном слове канала. После вывода диагностического сообщения на стандартные внешние устройства ЭВМ каналная программа запускается снова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная цепь экспериментальных исследований на установке ДИСК-2 - изучение распределения кварков в ядрах. Рассмотренные в настоящей работе аппаратные и программные средства, позволившие провести эти исследования в режиме непосредственной связи с ЭВМ-1040, наряду с эффективным использованием возможностей данной ЭВМ, способствовали получению принципиально новых результатов по исследованию кварк-партонной структуры ядра. Были измерены величины сечений кумулятивного рождения мезонов вплоть до значений $5 \cdot 10^{-36} \text{ см}^2 \text{ ГэВ}^{-2} \text{ ср}^{-1}$. Это соответствует рождению частиц, которые образованы из кварков, несущих импульс группы более чем из трех нуклонов фрагментирующего ядра.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность В.М.Слепневу и Ф.В.Левчановскому за помощь в настройке аппаратуры установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базылев С.Н. и др. ОИЯИ, 10-83-276, Дубна, 1983.
2. Аверичева Т.В. и др. ОИЯИ, 1-11317, Дубна, 1978.
3. Ставинский В.С. ЭЧАЯ, 1979, т. 10, вып.5, с. 949.
4. Басиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, 13-10017, Дубна, 1976.
5. Басиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, 13-6383, Дубна, 1972.
6. Басиладзе С.Г., Маньяков П.К. ОИЯИ, 13-7387, Дубна, 1973.
7. Басиладзе С.Г. ОИЯИ, 13-8044, Дубна, 1974.
8. Нгуен Фук, Смирнов В.А. ПТЭ, 1976, №3, с. 65.
9. Ефимов Л.Г. ОИЯИ, 10-80-256, Дубна, 1980.
10. Ефимов Л.Г. ПТЭ, 1983, №3, с. 68.
11. Крячко А.П. ОИЯИ, 13-81-663, Дубна, 1981.
12. Ефимов Л.Г. и др. ОИЯИ, 10-80-224, Дубна, 1980.
13. Левчановский Ф.В. и др. ОИЯИ, П11-10579, Дубна, 1972.
14. Садовников В.Н. ПТЭ, 1983, №3, с. 63.
15. Крячко А.П. ОИЯИ, 13-81-662, Дубна, 1981.
16. Садовников В.Н., Штрайт Э. ОИЯИ, 10-82-144, Дубна, 1982.
17. Иванченко И.М. и др. ОИЯИ, 10-81-754, Дубна, 1981.
18. Сеннер А.Е. ОИЯИ, 10-82-143, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 марта 1985 года.