

6481

Экз. чит. зала

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

10 - 6481



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

А.И.Барановский, А.С.Вовенко, Н.Н.Говорун,
И.М.Иванченко, Г.М.Кадыков, И.А.Савин,
Н.Ф.Фурманец

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРИЕМА,
НАКОПЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ДАННЫХ
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО РЕГЕНЕРАЦИИ
НЕЙТРАЛЬНЫХ КАОНОВ

1972

10 - 6481

А.И.Барановский, А.С.Вовенко, Н.Н.Говорун,
И.М.Иванченко, Г.М.Кадыков, И.А.Савин,
Н.Ф.Фурманец

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРИЕМА,
НАКОПЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ДАННЫХ
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО РЕГЕНЕРАЦИИ
НЕЙТРАЛЬНЫХ КАОНОВ

1. Эксперимент и требования к ЭВМ

Для экспериментов по изучению регенерации нейтральных каонов при высоких энергиях создана установка (магнитный искровой спектрометр), работающая на линии с ЭВМ.

Спектрометр находится на расстоянии 150 м от вычислительной машины, с которой он соединен кабельной связью. Используется модифицированный вариант ЭВМ БЭСМ-3М, дополненной системой прерывания и программно-управляемым каналом обмена информацией с внешним объектом ^{/1/}. С точки зрения дальнейшего изложения полезно вспомнить следующие характеристики и состав оборудования данной ЭВМ: ^{/3/}

емкость оперативного запоминающего устройства (ОЗУ)	- 8К слов
память, отведенная для приема информации	- 3К слов
длина слова (команды 3-адресные)	- 45 разрядов
цикл ОЗУ	- 8 мксек
быстродействие	- $20 \cdot 10^3$ команд/сек
скорость обмена с магнитным барабаном	- 12,5К слов/сек
емкость магнитных барабанов	- 4МБ по 16К
эффективная скорость записи на магнитную ленту (с постоянным контролем)	- 700 слов/сек
количество магнитофонов БЭСМ	- 4
СДС-608	- 1

емкость одной бобины МЛ	- 600К слов
скорость выдачи на цифро-печать	- 20 слов/сек
скорость обмена через канал связи	- 125К слов/сек.

Схема спектрометра и функциональная схема его работы изображены на рис. 1 и 2. Установка регистрирует распады K^0 -мезонов, происходящие в объеме между антисчетчиком и первой группой искровых камер. Информация о данном событии, а именно: x и y - координаты искр в каждой из 18 камер (48 датчиков), состояние каждого из 40 годоскопических счетчиков, 40-разрядный тумблерный регистр с условиями работы, значения четырех амплитуд импульсов детектора электронов и показание датчика магнитного поля принимаются с помощью электроники считывания, которая осуществляет также формирование 45-разрядных слов на промежуточном регистре и передачу их в ЭВМ. Подробное описание установки дано в ^{/8,9/}.

Основные функции ЭВМ в данном эксперименте сводятся к следующим:

- 1) проверка и отладка электронно-логических устройств перед началом эксперимента или его нового этапа;
- 2) прием, минимальная фильтрация, накопление в памяти и запись на магнитную ленту (мл) экспериментальной информации;
- 3) контроль работы аппаратуры на основе экспресс-анализа входной информации.

Работа ЭВМ организована с помощью системы программ, имеющей условное название КРАН (Контроль Работы Аппаратуры и Накопление информации). Первоначальные требования к данной системе программ сформулированы в ^{/7/}.

Установка работает при интенсивности частиц, сбрасываемых на внутреннюю мишень ускорителя, $1+2,5 \cdot 10^{11}$ протонов/цикл. При этом скорость срабатывания электроники, формирующей триггерный импульс,

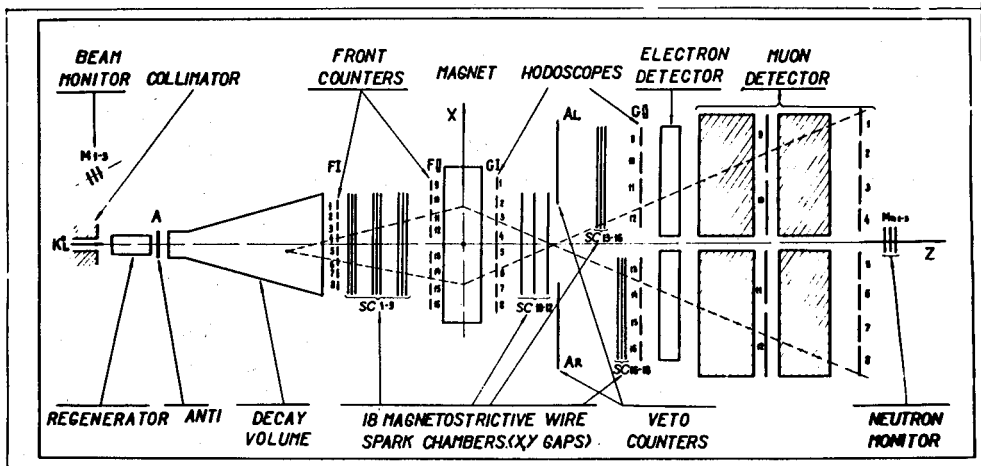


Рис. 1. Схема спектрометра для экспериментов с нейтральными каонами.

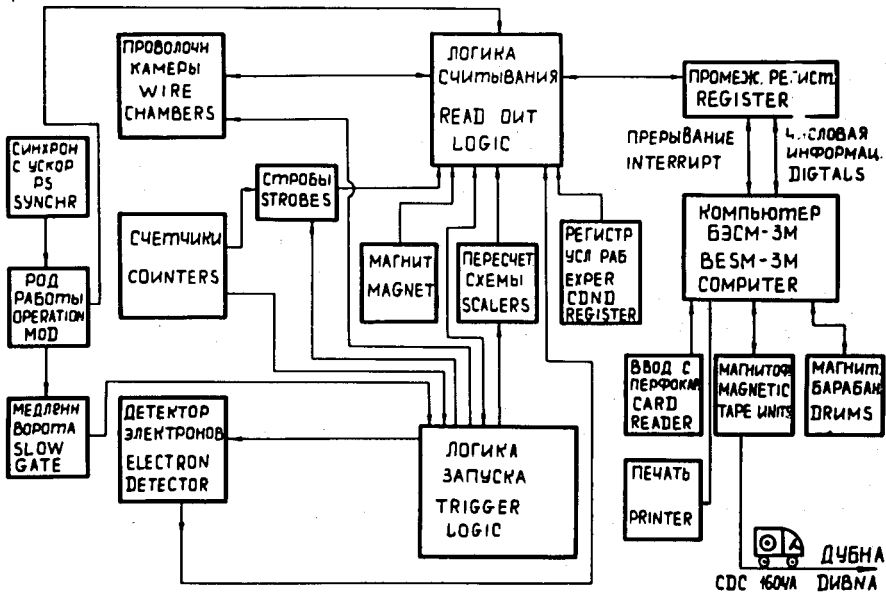


Рис. 2. Функциональная схема работы спектрометра.

25-80 событий за цикл. Как показал анализ, средний объем информации на одно событие составлял при этом около 100 машинных слов. При таком потоке информации объем памяти ЭВМ, отведенный для приема информации, позволяет регистрировать не более 30 событий за цикл работы ускорителя. Отсюда видно, что практически после каждого цикла необходимо обращаться к магнитофону для записи информации на МП. Так как периодичность работы ускорителя 7 секунд, то только запись информации на МЛ (с контролем) занимает более 50% времени работы центрального процессора. Вследствие этого остается мало времени на осуществление контроля аппаратуры и еще меньше - на контроль информации и хода эксперимента по физическому эффекту.

При проведении сеансов по набору экспериментальной информации были испытаны различные методы отбора событий с целью поиска наиболее эффективного типа запуска, имеющего наилучшее отношение эффекта к фону. Подбиралась также максимальная интенсивность пучка, при которой фоновые условия позволяли эффективно находить события. Для этих опытов существенное значение имеет визуальное представление событий. Поскольку, как видно из набора внешних устройств, в нашем распоряжении не было средств для такого представления, заключения относительно типа запуска и фоновых условий делались косвенным путем. Впоследствии нам удалось осуществить визуальное представление событий в режиме оф-лайн с помощью АЦПУ на БЭСМ-4 ИФВЭ. Это еще больше убедило нас в эффективности определения оптимальных режимов работы нашей установки с помощью средств представления и, с другой стороны, показало недостатки технической организации вывода информации на АЦПУ.

В процессе проведения эксперимента использовались программы контроля аппаратуры, для работы которых необходимо было прекращать накопление информации. Такой режим работы вызван недостаточностью объема оперативной памяти ЭВМ для размещения всех требуемых программ.

Таким образом, для совершенствования системы приема, накопления и контроля информации в данном эксперименте и, следовательно, для повышения производительности системы и труда экспериментаторов, выражаемой в числе полезных событий за час работы ускорителя, требуется:

- 1) ускорение процесса записи на МЛ;
- 2) повышение системы автоматизации процесса записи на МЛ;
- 3) использование внешних устройств для визуального представления событий во время работы установки (в режиме он-лайн);
- 4) расширение оперативной памяти ЭВМ.

Ниже приводятся соображения о том, как можно осуществить указанные мероприятия, и дано более подробное обоснование их необходимости.

2. Накопление информации на стандартных магнитофонах БЭСМ-3М

В настоящее время основным средством для накопления данных в указанном выше эксперименте являются накопители на магнитные ленты (НМЛ), входящие в комплект ЭВМ БЭСМ-3М. Как известно, эти НМЛ требуют предварительной разметки лент. Разметка производится, в основном, для проверки ленты, отбраковки ее дефектных участков и разбиения на зоны. Номера зон на всей ленте одной бобины удовлетворяют условию монотонности, а номера соседних зон отличаются на единицу. Обмен информацией между ЭВМ и НМЛ ведется массивами одинаковой длины.

Правильность записи информации на МЛ контролируется. Контроль осуществляется с использованием фиктивного чтения (модификация с блокировкой останова и первоначальным движением ленты в обратном направлении) и последующим сравнением контрольных сумм, накопленных при записи и контрольном чтении. При плохой записи делается повторная попытка записать информацию в ту же зону. После второй

неудачной попытки в зону записывается признак зачеркивания и делается переход к следующей зоне.

При накоплении информации возможны два режима записи:

- а) с постоянным контролем по описанной выше стандартной схеме,
- б) с периодическим контролем с обратной связью ^{/6/}.

Первый режим, как указывалось ранее, требует довольно много времени. Второй режим позволяет повысить эффективную скорость записи.

Используемые в системе КРАН программы допускают запись на ленту в двух форматах: а) без уплотнения массивов, б) с уплотнением массивов.

В первом случае каждой зоне МЛ ставится в соответствие цикл-массив информации, соответствующей одному сбросу пучка частиц на мишень. Программы обмена (записи/чтения) при таком формате оказываются весьма простыми и это основное преимущество этого способа записи. Однако в наших условиях, когда интенсивность потока информации имеет статистический характер, применение такого формата приводит к неэффективному использованию магнитной ленты. В условиях постоянной длины зоны, значительно превосходящей межзонный промежуток, доля полезно используемой ленты оценивается отношением средней длины массива к максимальной, что в наших условиях составляет 50%.

При втором способе записи информация уплотняется таким образом, чтобы заполнить целиком зону. Этот формат позволяет эффективно использовать магнитную ленту и несколько сократить время центрального процессора для записи информации на МЛ. Недостатком такого способа записи является относительная сложность программ обмена и необходимость буферной памяти для предварительного уплотнения информации.

В условиях накопления и обработки больших массивов информации очень важно обеспечить высокую степень автоматизации работы с НМЛ.

Безусловно, радикальным решением проблемы был бы переход на НМЛ, например, типа CDC, IBM ¹²¹, имеющие другой режим работы. Однако имеются некоторые возможности совершенствования и используемых стандартных НМЛ БЭСМ-3М.

Простейшим, с точки зрения технической реализации, и вместе с тем весьма эффективным средством совершенствования работы с НМЛ является обеспечение возможности автоматического обхода остановов, требующих в настоящее время вмешательства оператора. Одной из таких аварийных ситуаций является случай, когда не находится номер зоны (искажен, затерт и т.д.). В этом случае достаточно за счет аппаратных средств передать управление по А2 70 - так же, как при несовпадении контрольных сумм, а дальше за счет программных средств будет обеспечен обход зоны с данным номером. При этом уменьшаются потери полезного времени, которые сейчас определяются расторопностью оператора ЭВМ.

3. Накопление информации на НМЛ CDC-608

Для обработки экспериментальных данных на ЭВМ CDC-1604A, CDC-3300 и др. информация, записанная на стандартных магнитофонах БЭСМ-3М, переписывается на НМЛ CDC-608. Существующие аппаратные и программные средства обеспечивают перепись (запись) со скоростью 170 (200) слов/сек. Отсюда видно, что использование данного магнитофона для накопления в режиме он-лайн невозможно, так как при потоке входной информации 3К слов за цикл и периоде ускорения 7 сек терялось бы более 60% времени работы ускорителя. Использование этого магнитофона для переписи информации в режиме оф-лайн требует дополнительного времени работы ЭВМ, сравнимого с временем работы в режиме он-лайн.

Каковы возможности улучшения существующей системы работы с НМЛ CDC-608? Этот магнитофон допускает три типа плотности записи информации на МЛ: 200, 556 и 800 символов на дюйм. Максимально возможная скорость записи (с контролем), достигаемая при максимальной плотности, составляет 4000 слов/сек. При средней плотности записи, предусмотренной стандартным математическим обеспечением CDC-1604A, эффективная скорость записи составляет 1700 слов/сек.

Работы по развитию технических средств и программного обеспечения, целью которых является реализация скорости записи 1700 слов/сек, могут быть подразделены на несколько этапов: 1) обеспечение совмещенного аппаратурного контроля по четности; 2) обеспечение плотности записи 556 символов/дюйм (22 импульса/мм); 3) обеспечение обмена между оперативной памятью и НМЛ CDC-608 полноразрядными словами.

Оценки скорости записи, получаемой в результате реализации первых двух этапов, приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Эффективная скорость записи (слов/сек) на НМЛ CDC-608 (обмен 24 разр. словами)

	Несовмещенный контроль	Совмещенный контроль
Низкая плотность	200	650
Средняя плотность	330	1200

Для повышения надежности при использовании НМЛ CDC-608 помимо контроля по четности предлагается записывать на ленту контрольный код: циклическую сумму кодов, соответствующих одной логической зоне. Такой комбинированный контроль применялся в системе Минск-22 -

-1604А^{/5/} и показал высокую надежность. Таким образом, при соответствующих технических и программных доработках возможно использование НМЛ CDC-608 при работе ЭВМ на линии с основным экспериментальным оборудованием, что позволит устранить этап переписи информации с НМЛ БЭСМ-3М на НМЛ CDC-608 и избавиться от нежелательных следствий этого этапа.

Кратко отметим преимущества использования НМЛ CDC-608 при работе в режиме он-лайн.

1. Поскольку на БЭСМ-3М нет автономного (буферизованного) канала записи на НМЛ, то увеличение скорости записи приводит к увеличению доли машинного времени, используемого для анализа информации с целью контроля аппаратуры, что в конечном итоге приводит к повышению эффективности использования основного оборудования. Приведенные оценки скорости показывают, что эффективная скорость записи с контролем на НМЛ CDC-608 может быть сделана в несколько раз выше соответствующей характеристики стандартного НМЛ.

2. CDC-608 не требует предварительной разметки ленты. Физические зоны могут быть неодинаковой длины, а отбраковка дефектных участков ленты более удобна, чем на БЭСМ-3М.

3. Указанные преимущества позволят упростить программы накопления информации, избавиться от предварительного накопления информации на магнитном барабане (МБ), освободить место на МБ для новых программ, а следовательно, повысить эффективность использования вычислительной мощности.

4. Переход на накопление информации со средней плотностью более чем в два раза сокращает необходимый объем магнитных лент.

5. Стандартное математическое обеспечение CDC-3300 позволяет использовать плотность записи 800 символов на дюйм и увеличить скорость записи до максимально возможной. Это еще больше сокращает время записи и количество требуемых МЛ.

Поскольку на БЭСМ-3М подключен только один CDC-608, то в случае его поломки должен быть обеспечен (за счет программного обеспечения) быстрый переход на режим записи информации на НМЛ БЭСМ-3М. Подключение второго НМЛ CDC-608 повысило бы как надежность системы, так и расширило бы ее логические возможности.

4. Организация и средства двусторонней связи экспериментатора с ЭВМ

На БЭСМ-3М имеется 4 тумблерных регистра общей емкостью 180 бит. Эти регистры при работе ЭВМ на линии с экспериментальной установкой являются средствами связи ее с экспериментатором. Обычно для данной версии системы математического обеспечения каждый тумблер имеет фиксированное функциональное назначение. В различные моменты проведения эксперимента необходимы различные наборы программ контроля. Набор программ из числа имеющихся в запоминающих устройствах определяется экспериментатором, который конструирует его из отдельных подпрограмм, используя для обращения к организующей программе тумблерные регистры.

Другим средством связи экспериментатора с ЭВМ являются устройства ввода-вывода перфокарт и печатающие устройства, выдающие информацию в виде таблограмм и алфавитно-цифровых заголовков.

Следует отметить одно весьма полезное свойство данной ЭВМ. Она оснащена^{/3/} буферной памятью (БП) емкостью в 512 полноразрядных слов. При выполнении команд выдачи на печать или перфорацию выдаваемая информация сначала переписывается из МОЗУ в буферную память, а затем производится выдача на печать или перфорацию независимо от работы центрального процессора, так что машина может продолжать вычисления, обращаться к НМЛ и т.п. параллельно с печатью или перфорацией.

Недостатком организации связи с экспериментатором является то, что при работе к ЭВМ не могут одновременно подключаться хотя бы два устройства одного типа (например, быстродействующие печатающие устройства). Отсутствие такой возможности при мультипрограммной организации работы приводит к "чересполосице" при выдаче результатов программ разных приоритетов.

В ближайшее время^{1/} к ЭВМ планируется подключение АЦПУ, что значительно расширит возможности связи экспериментатора с ЭВМ и контроля аппаратуры за счет вывода информации в виде гистограмм, графиков, таблограмм, комментариев и т.д. Скорость вывода информации на АЦПУ составляет 6-7 строк в секунду (по 128 алфавитно-цифровых символов в строке).

АЦПУ является удобным средством для контроля за работой установки путем геометрического представления событий, зарегистрированных установкой. Дискретность изображения при помощи АЦПУ не вносит существенной потери информации, так как результаты регистрации информации бесфильмовыми камерами траекторий частиц представляют собой также набор координат отдельных точек.

Как уже отмечалось, представление событий с помощью АЦПУ оказалось полезным для выбора типа запуска. Рисунки 3а,б иллюстрируют изображения событий, полученных при помощи АЦПУ. Рис. 3а - изображение, полученное в условиях малой фоновой загрузки, где V-образное событие четко видно. На рис. 3б трудно найти полезное событие среди большого числа фоновых искр. Эти представления получены путем записи координат событий на МЛ на ЭВМ БЭСМ-3М и распечатки их с помощью специальной программы на АЦПУ БЭСМ-4 в оф-лайн режиме.

Вывод на АЦПУ проекций рабочего пространства установки может быть организован параллельно с работой центрального процессора,

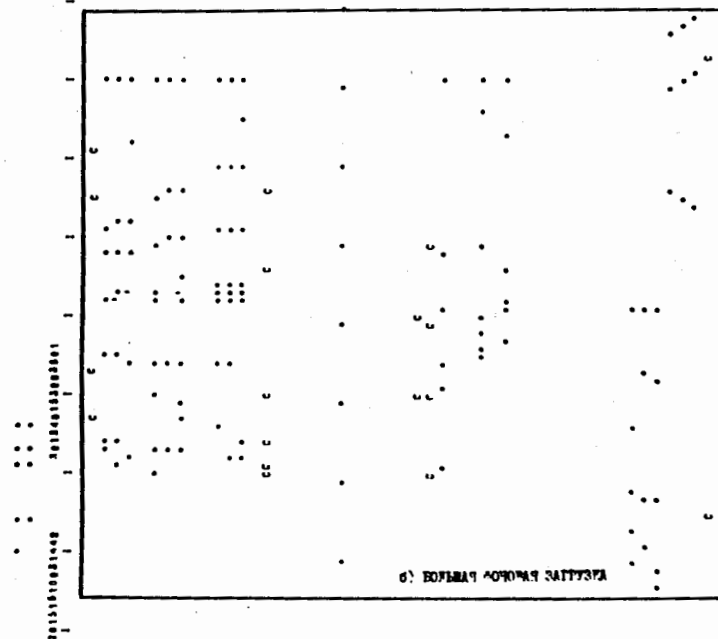
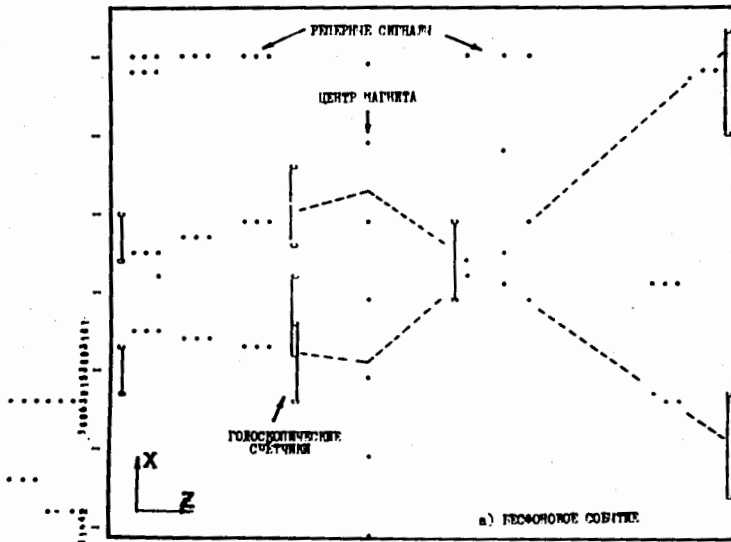


Рис. 3а,б. Изображения принятых ЭВМ событий с помощью АЦПУ.

т.е. в режиме он-лайн. Для этого необходимо обеспечить программный анализ занятости устройства. В наших условиях наиболее рациональной операцией явилась бы организация сигнала "Вызов" в том случае, когда свободна буферная память. В настоящее время отсутствие такого сигнала приводит к понижению эффективности использования времени центрального процессора.

Отсутствие этого сигнала имеет и другие следствия. Например, чтобы при работе программы данного приоритета программа более низкого приоритета не уничтожала информацию, накопленную в буферной памяти, организована программная защита буферной памяти. При этом иногда необоснованно блокируется выдача на печать в программах нулевого и первого приоритетов, на уровне которых ведется фильтрация информации и контроль ряда звеньев установки и канала. Из-за такой блокировки даже при относительно частых сбоях могут не выдаваться на печать обращения к оператору о плохой работе аппаратуры.

Для повышения удобства использования АЦПУ в условиях работы ЭВМ на линии с внешним источником информации, когда прохождение программ организовано в мультипрограммном режиме ^{/4/}, необходимо разделение буферной памяти, связанной с АЦПУ и другими устройствами вывода информации.

Изображение событий в том виде, в котором они поступают в ЭВМ, без расходования времени центрального процессора особенно выгодно в тех случаях, когда геометрическая картина события сложна и ее восстановление другими средствами (например, дисплей) требует расходования большого количества времени работы ЭВМ.

5. Увеличение оперативной памяти БЭСМ-3М

В настоящее время при работе ЭВМ на линии с экспериментальной аппаратурой используется 8К слов оперативной памяти и 32К слов вторичной памяти на МБ. Длина набора программ, используемых в реальном масштабе времени, составляет 16К слов. Работа этих программ при объеме оперативной памяти 8К слов достигается за счет автоматического динамического перераспределения оперативной памяти в процессе работы. При этом используется накопитель на магнитном барабане. Перераспределение реализуется при помощи модифицированного варианта интерпретирующей системы, входящей в стандартное математическое обеспечение данной ЭВМ, а также при помощи программы "Диспетчер" и специальных программ запоминания и восстановления участков оперативной памяти.

Дальнейшее расширение комплекса используемых программ за счет динамического перераспределения невозможно при данной интенсивности поступления информации.

Расширение оперативной памяти по меньшей мере на 8К с каналом прямого доступа является необходимым средством для повышения вычислительной мощности системы, а следовательно, необходимым средством для расширения контроля развития эксперимента и функционирования аппаратуры, что в конечном счете приводит к повышению эффективности использования основного весьма дорогостоящего экспериментального оборудования (ускорителя).

Расширение памяти является необходимым условием для добавления программ контроля на уровне автоматического опознавания и геометрической реконструкции событий, а также для развития возможностей общения человека с машиной с использованием АЦПУ, дисплея, телетайпа.

В данном эксперименте делаются попытки повышения уровня автоматизации за счет управления режимами работы экспериментальной установки с использованием автоматической обратной связи от ЭВМ. Дальнейшие успехи в данном направлении связаны с усложнением программного обеспечения, что предполагает дальнейшее расширение оперативной памяти.

Следует отметить, что расширение оперативной памяти позволило бы использовать для контроля развития эксперимента программы, написанные на языке "АЛГОЛ", что резко повысило бы производительность труда сотрудников, занимающихся созданием математического обеспечения.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Г.И. Забиякина и М.И. Соловьева за полезные обсуждения затронутых здесь вопросов.

Л и т е р а т у р а

1. А.И. Барановский и др. Депонированное сообщение ОИЯИ, Б1-10-4643, 1969.
2. В.С. Бородин и др. Депонированное сообщение ОИЯИ, Б1-10-4951, 1970.
3. В.Ф. Ляшенко. Программирование для цифровых вычислительных машин М-20, БЭСМ-3М, БЭСМ-4, М-220, Москва, 1967.
4. И.М. Иванченко. Депонированное сообщение ОИЯИ, Б1-10-4399, 1969.
5. Н.Н. Говорун и др. ОИЯИ 10-4618, 1969.
6. И.М. Иванченко и др. Депонированное сообщение ОИЯИ Б1-10-5502, 1970.
7. А.С. Вовенко и др. Депонированное сообщение ОИЯИ Б1-1-5360, 1970.
8. А.С. Вовенко и др. Депонированное сообщение ОИЯИ Б2-1-5362, 1970.
9. С.Г. Базиладзе и др. Сообщение ОИЯИ Р1-5361, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 июня 1972 года.