

4845
К-138

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

10-5709

Г.М. Кадыков

**АППАРАТУРА
И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ
БЭСМ-3М /БЭСМ-4/ В ЭЛЕКТРОННЫХ
ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА УСКОРИТЕЛЯХ**

Специальность № 260 -
Приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Дубна 1971

10-5709

Г.М. Кадыков

АППАРАТУРА
И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ
БЭСМ-3М /БЭСМ-4/ В ЭЛЕКТРОННЫХ
ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА УСКОРИТЕЛЯХ

Специальность № 260 -
Приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники
и автоматизации Объединенного института ядерных исследований.
Научный руководитель:

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук В.А. Копылов-Свиридов
доктор технических наук В.А. Мельников

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Московский
инженерно-физический институт, кафедра электронных вычисли-
тельных машин.

Автореферат разослан " " 1971 г.

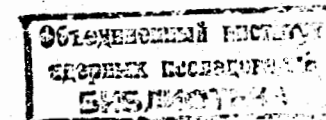
Защита диссертации состоится " " 1971 г.
на заседании Ученого совета Лаборатории вычислительной техни-
ки и автоматизации ОИЯИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ

Ученый секретарь Совета

Ю.В. Катышев

4851/89



Современные эксперименты в физике высоких энергий, проводимые по бесфильмовой методике, характеризуются большими потоками и высокой скоростью поступления данных. На результат проводимых экспериментов оказывает значительное влияние состояние регистрирующей аппаратуры, а также состояние пучка частиц и магнитного канала. Контроль основных параметров установки в процессе эксперимента дает уверенность в правильной работе оборудования и позволяет указать неисправность для того, чтобы сделать нужные регулировки и исключить регистрацию неправильных данных. Эти два основных фактора — необходимость накапливать и обрабатывать большое количество информации, поступающей с высокой скоростью, и необходимость контроля эксперимента по многим параметрам привели к тому, что в состав экспериментального оборудования стали включать электронные цифровые вычислительные машины (ЭВМ). Использование вычислительной машины в составе экспериментальной аппаратуры дает возможность создавать регистрирующие системы с высокой скоростью набора статистики, достаточной надежностью и высоким уровнем автоматизации. Такого вида системы для проведения экспериментов в области физики высоких энергий на протяжении последних лет были созданы за рубежом /I-4/ и в СССР /5-II/.

В этих системах проблема сбора, накопления и контроля экспериментальных данных решается средствами вычислительной техники. При этом:

а) каналы ввода информации в ЭВМ дают возможность регистрировать массивы данных в оперативной памяти при требуемых скоростях.

б) оперативная память ЭВМ используется как буфер, при записи экспериментальных данных на внешнюю память (магнитную ленту, магнитный барабан, диски).

в) система команд машины позволяет составить программу накопления и контроля экспериментальных данных, выполняя которую, можно делать анализ информации и проверять состояние отдельных частей аппаратуры непосредственно в ходе эксперимента;

г) система прерывания программ ЭВМ позволяет согласовать работу основных частей экспериментальной установки (ускорителя, регистрирующей аппаратуры, вычислительной машины) и организовать автоматическое распределение ресурсов ЭВМ между программами накопления, контроля и обработки данных;

д) каналы вывода информации из ЭВМ используются для передачи приказов (команд) на проведение необходимых регулировок и для автоматического переключения режимов работы аппаратуры.

Внедрение ЭВМ общего назначения в физический эксперимент связано, как правило, с большими техническими трудностями. Машины приходится дооборудовать специализированными блоками и устройствами, которые позволяют автоматически вводить в ЭВМ экспериментальные данные, управлять в необходимых случаях ходом эксперимента, а также представляют экспериментатору ряд удобств при работе с ЭВМ.

Второй задачей является разработка специальных команд для обмена информацией и управления, учитывающих особенности поступления информации от экспериментальных установок. Эти программные средства, а также команды для управления системой прерывания ЭВМ используются при создании программ приёма, накопления и контроля данных от установок, работающих на линии с ЭВМ в реальном времени эксперимента.

Настоящая работа посвящена вопросам, связанным с разработкой технических и программных средств, при помощи которых вычислительная машина класса БЭСМ-4 включается в состав оборудования эксперимента без промежуточных блоков памяти; описан комплекс аппаратуры, разработанный для сбора, накопления и обработки данных с бесфилмовых регистрирующих установок в экспериментах на ускорителе 76 Гэв/с в Институте физики высоких энергий.

Глава I. Обзор экспериментальных установок, работающих на линии с ЭВМ в крупнейших лабораториях физики высоких энергий.

В минувшее десятилетие в крупнейших исследовательских центрах за рубежом и в СССР получила широкое распространение бесфилмовая методика проведения экспериментов на ускорителях. Созданы сложные регистрирующие системы, состоящие из счетных годоскопов, бесфилмовых камер и электронных цифровых вычислительных машин. В данной главе рассматриваются несколько примеров бесфилмовых регистрирующих экспериментальных установок, в составе оборудования которых используются электронные цифровые вычислительные машины и специализированные устройства вычислительной техники.

Автор не ставил перед собой задачи сделать полный обзор всех существующих систем на линии с ЭВМ. Рассматриваются лишь наиболее типичные системы, представляющие интерес с точки зрения технических средств; которые используются для автоматической регистрации, запоминания и обработки экспериментальных данных и показывают методику применения ЭВМ.

Обзор работ по созданию и применению таких систем, в том числе работ, выполненных в ОИЯИ^{5,6,8,9/}, дается в хронологической последовательности.

Глава II. Модернизация ЭВМ для работы на линии с установкой из бесфильмовых искровых камер.

В данной главе излагаются вопросы, связанные с анализом и выбором электронной вычислительной машины для проведения физического эксперимента с искровыми камерами на ускорителе 10 Гэв/с в ОИЯИ. Рассматривается комплекс вопросов, связанных с повышением надежности электронных схем и внешних устройств машины и с разработкой и оснащением ЭВМ необходимыми для проведения эксперимента дополнительными электронными блоками и устройствами.

На основе анализа материала работ /I-4/, рассмотрения параметров и временного режима работы установки из бесфильмовых искровых камер /II/ сформулированы общие требования к электронной вычислительной машине, удовлетворяющей условиям использования её в реальном времени эксперимента на ускорителе.

Обосновывается выбор БЭСМ-3М /БЭСМ-4/ в качестве вычислительной машины для работы на линии со спектрометром из бесфильмовых искровых камер в ОИЯИ.

Так как по условиям эксперимента требовалась практически многонедельная безаварийная работа ЭВМ совместно с физической аппаратурой и ускорителем, была проведена модернизация основных устройств вычислительной машины. При этом были решены следующие задачи:

а) достигнута стабильная работа устройства управления и арифметического устройства ЭВМ на тестовых программах при изменении напряжения основного источника питания на $\pm 20\%$;

б) разработана методика настройки лентопротяжных механизмов накопителей на магнитной ленте на взаимозаменяемость лент, проведена настройка четырех накопителей на взаимозаменяемость;

в) емкость оперативной памяти ЭВМ увеличена до 8192^X слов за

счет подключения второго блока памяти; в систему команд машины введена новая операция для автоматического переключения адресов команд с одного блока памяти на другой;

г) внешние устройства ЭВМ - цифрпечать и перфораторы результатов - заменены более быстродействующими и надежными устройствами последних моделей.

Установка из бесфильмовых искровых камер расположена на расстоянии 1000 м от ЭВМ. Регистрирующая аппаратура установки запоминает информацию, соответствующую одному срабатыванию искровых камер. Полная информация об одном срабатывании составляет двенадцать сорокапятirazрядных слов. Эти данные передаются в машинный зал с помощью последовательной линии связи.

Для приёма и записи экспериментальных данных в оперативную память непосредственно во время импульса ускорителя и для осуществления выдачи к месту эксперимента управляющей и служебной информации было разработано устройство непосредственного ввода-вывода данных /I2/. Приведена блок-схема устройства и описана логика работы схемы в режиме ввода.

Режим непосредственного ввода реализуется специальной командой, включенной в систему команд ЭВМ. Команда расшифровывается и выполняется центральным устройством управления и специально разработанной схемой управления вводом-выводом данных. Формат команды позволяет задать начальный и конечный адреса поля памяти, на которое записывается массив данных, адрес ячейки памяти для записи контрольной суммы вводимого массива и адрес передачи управления по условию, когда на входном регистре ЭВМ нет слова данных.

Рассматриваются два режима ввода массива данных. В первом, так называемом групповом режиме ввода, одной командой организуется ввод массива данных от источника информации с быстродействием

~100 кгц. Показывается, что в этом случае время ввода массива равно:

$$t = 64 + 12 (n + 2/3) \text{ мксек}$$

n — количество вводимых слов.

В реальных условиях работы установки в пучке ускорителя поступление данных во время регистрации имеет статистический характер распределения. В этом случае ввод массива слов данных можно организовать с помощью программы, состоящей из команды непосредственного ввода в режиме приёма одного слова и стандартных операций системы команд.

Приводится пример программы в машинных кодах для приёма n слов. Скорость ввода при программной организации приёма не более 8000 слов/сек.

Важнейшей частью ЭВМ, работающей на линии с физической аппаратурой, является система прерывания программ, которая обеспечивает реакцию текущей программы на внешний сигнал, запоминание состояния регистров управления ЭВМ, изменение значений этих регистров и автоматический переход к новой программе.

Показывается, каким образом система прерывания используется для согласования работы ЭВМ с временным режимом работы экспериментальной установки.

Рассматривается и анализируется два способа построения системы прерывания. В БЭСМ-3М была разработана система прерывания с программным запоминанием и восстановлением состояния ЭВМ и сохранением значений регистров состояния в адресуемых ячейках оперативной памяти^{/13/}.

Работа схемы прерывания поясняется с помощью временной диаграммы, приводятся последовательности из стандартных команд, с помощью которых осуществляется запоминание и восстановление со-

стояния регистров ЭВМ. Дается оценка времени переключения программ при прерывании.

В заключение рассматривается способ применения системы прерывания и ввода-вывода данных для подсоединения к БЭСМ-3М измерительных полуавтоматов^{/14/}. Группа полуавтоматов для измерения камерных снимков подсоединена к устройству непосредственного ввода-вывода ЭВМ через аппаратуру связи с несколькими входами-выходами^{/15/}.

Модернизированная машина БЭСМ-3М с системой прерывания и устройством для непосредственного ввода экспериментальных данных использовалась в эксперименте по измерению дифференциального сечения упругого π^+p -рассеяния на малые углы, который проводился на синхрофазотроне 10 Гэв/с ОИИИ в 1967-68 годах^{/16/} и в эксперименте по измерению дифференциального сечения упругого pp -рассеяния в интервале энергий 12-70 Гэв на протонном синхротроне 76 Гэв/с ИФВЭ в 1968-69 годах^{/8/}.

Глава III. Аппаратные и программные средства для управления прерыванием и обмена данными по линиям связи в БЭСМ-4.

В настоящее время полупроводниковые вычислительные машины БЭСМ-4 являются основой систем сбора и обработки информации на основных физических установках ОИИИ. Выбор БЭСМ-4 в качестве вычислительной и управляющей машины для физической лаборатории обусловлен стремлением снабдить пользователей достаточно универсальной и быстродействующей ЭВМ с большой памятью, с другой стороны, учитывались цена доступных ЭВМ и возможность приобретения нескольких машин в короткие сроки.

Основным препятствием к использованию БЭСМ-4 в физическом эксперименте было отсутствие у серийно выпускаемых машин системы прерывания программ и устройства обмена информацией с внешними объектами (канала данных).

В начале этой главы рассмотрены особенности поступления информации от ряда экспериментальных установок и приборов, применяемых в ОИЯИ в экспериментах физики высоких энергий и системах обработки फिल्मовой информации (спектрометров с магнитострикционными и ферритовыми искровыми камерами, сканирующего автомата на электронно-лучевой трубке и др.). Показан периодический характер поступления информации в ЭВМ в виде "импульсов данных" и отмечен случайный характер их распределения.

Оценена максимальная скорость ввода-вывода данных в ЭВМ.

Для БЭСМ-4, имеющей 45-разрядное слово и время обращения к памяти 8 мксек, требованиям скорости удовлетворяет устройство обмена с параллельным вводом-выводом слова и групповым режимом работы команд. При проектировании схем были учтены особенности поступления информации от экспериментальных установок, а также опыт разработки и эксплуатации устройства ввода данных в БЭСМ-3М.

Приводится структурная и логическая схема устройства обмена информацией по линиям связи в БЭСМ-4. Дается описание команд обмена, схемы управления и линий связи, приводятся временные характеристики и диаграммы работы^{/17/}.

Схема обмена характеризуется следующими основными параметрами:

- а) быстродействием передачи данных $5,5 \cdot 10^6$ бит/сек;
- б) аппаратным контролем времени выполнения команды обмена.

Обеспечены выход из режима обмена и окончание команды обмена по истечении заданного времени независимо от поступления информации.

Периодический характер поступления информации в ЭВМ от экспериментальных установок позволяет поставить задачу эффективного использования времени, свободного от поступления информации. Одним из путей использования ЭВМ с максимальной эффективностью является

организация работы машины в режиме разделения времени с помощью системы прерывания.

Для БЭСМ-4 ОИЯИ была разработана система прерывания^{/18/}. Дается описание работы схемы и команд, управляющих системой прерывания. Рассматривается приоритет причин прерывания при поступлении нескольких запросов.

Основные параметры схемы:

- а) время переключения программ при прерывании - 92 мксек;
- б) время восстановления значений регистров состояния ЭВМ - 52 мксек;
- в) число возможных причин прерывания - 8;
- г) одновременные запросы на прерывание рассматриваются в установленном порядке согласно схеме приоритетов.

Электрические схемы выполнены на стандартных элементах ЭВМ.

Глава IV. Комплекс аппаратуры для сбора, накопления и обработки экспериментальных данных.

В конце 1967 года в Советском Союзе был введен в действие самый мощный в мире ускоритель протонов на энергию 76 ГэВ. От нескольких физических исследовательских центров, в том числе от Объединенного института ядерных исследований, были представлены проекты установок для проведения экспериментов на этом ускорителе.

Первые эксперименты ОИЯИ должны были проводиться по электронной методике с использованием бесфилмовых регистрирующих установок, работающих на линии с электронной вычислительной машиной^{/8,9/}.

Для обеспечения планируемых экспериментов средствами вычислительной техники одна из вычислительных машин ОИЯИ была перевезена в ИФВЭ и установлена в экспериментальном зале ускорителя.

На базе аппаратуры программно-управляемого канала ввода-вывода данных, модернизированной машины БЭСМ-3М и специализированных

устройств, учитывающих условия эксперимента, создана система для сбора, накопления и обработки экспериментальных данных^{/19/}.

В настоящей главе рассматриваются вопросы построения системы. На основе анализа параметров и режимов работы экспериментальных установок сформулированы требования к объему памяти для запоминания информации в одном цикле ускорителя и к быстродействию каналов ввода информации в память ЭМ.

Главное внимание уделяется вопросам построения электронной аппаратуры канала ввода-вывода, связывающего ЭМ и регистрирующую аппаратуру экспериментальных установок. Разработанный канал ввода-вывода данных ЭМ^{/20/} позволяет подсоединить к вычислительной машине несколько линий связи с экспериментальными установками и осуществлять функции приема данных и управления аппаратурой установки.

Наряду с созданием канала для обмена информацией и управления методика физического эксперимента выдвигает задачу использования в эксперименте специализированных устройств вычислительной техники, учитывающих условия эксперимента. Например, в эксперименте по исследованию K^0 -мезонов, который отличается большим объемом информации и трудоёмкостью при обработке одного события, окончательную обработку целесообразно проводить на более мощной, чем БЭСМ-3М /БЭСМ-4/, вычислительной машине. Одним из путей решения этой задачи является накопление предварительных результатов эксперимента на магнитной ленте со стандартной формой записи и перенос лент на более мощные ЭМ, оборудованные стандартными накопителями.

В настоящее время не существует оптимального состава оборудования для того или иного типа эксперимента, проводимого на ускорителе с использованием ЭМ. В известных системах накопления и обработки экспериментальной информации, например,^{/3,4/} применяются ос-

циллоскопы с большим экраном для показа результатов и контроля за ходом эксперимента, для управления работой программ используется телетайп. При разработке были учтены требования разных типов экспериментов.

Блок-схема системы накопления данных приведена на рис. 1. Комплекс аппаратуры, расположенный в экспериментальном зале ускорителя, включает в себя БЭСМ-3М с аппаратными и программными средствами управления прерыванием и обмена информацией^{/17,18/}, программно-управляемый канал ввода-вывода данных^{/20/}, стандартный накопитель на магнитной ленте и осциллограф для визуального представления результатов обработки. Экспериментальные установки располагаются вблизи соответствующих каналов вывода пучков частиц ускорителя и соединяются с ЭМ кабельными линиями связи. Накопление данных эксперимента ведётся в оперативной памяти машины через программно-управляемый канал. Выходные линии канала ЭМ используются для управления режимами работы экспериментальной установки. Общий вид аппаратуры системы показан на рис. 2.

Основные технические характеристики системы накопления данных следующие:

а) Объем оперативной памяти ЭМ составляет 8192 сорокапятиразрядных слова, для накопления экспериментальных данных выделяется 2000-3000 слов.

б) Время переключения программ при прерывании по сигналу от экспериментальной установки 92 мксек, без учета времени ожидания. Количество линий для сигналов прерывания - 8.

в) Программно-управляемый канал имеет четыре физически разделенных входа-выхода (направления). Переключение направлений осуществляется путем выполнения в канале специальной команды, время переключения 76 мксек.

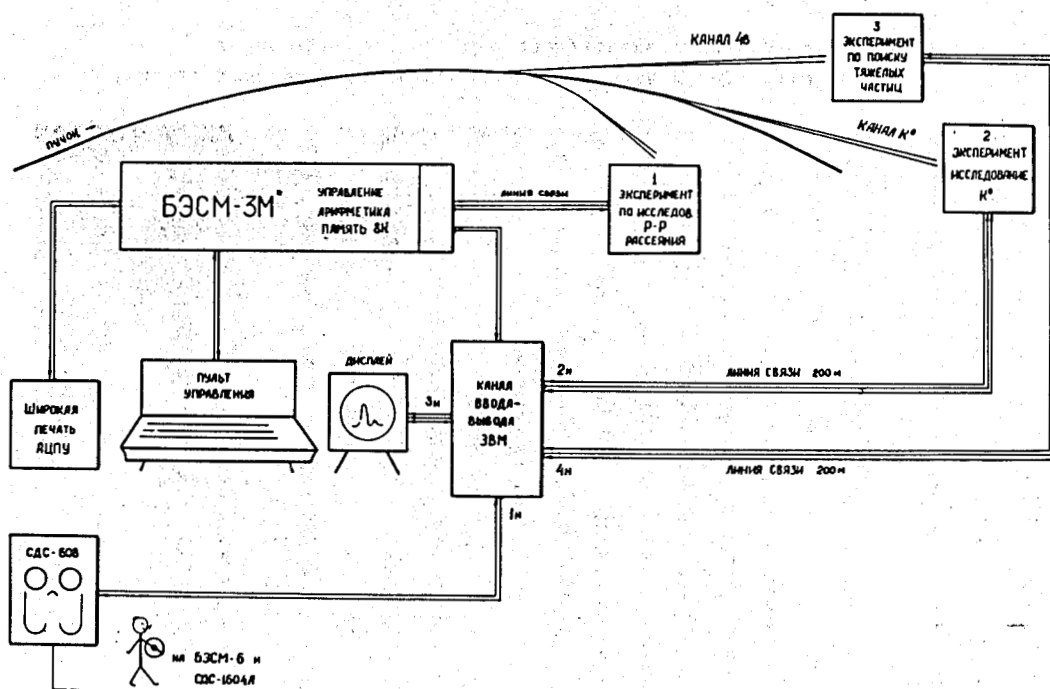


Рис. 1. Структурная схема системы сбора, накопления и обработки информации в электронных экспериментах на ускорителе ИФВЭ.



Рис. 2. Комплекс аппаратуры для накопления и обработки данных в экспериментальном зале серпуховского ускорителя.

г) Обмен информацией через канал осуществляется 45-разрядными словами по специальным информационным шинам. Возможна организация последовательно-параллельной передачи по 8 разрядов. Максимальная скорость обмена $5,5 \cdot 10^6$ бит/сек;

д) В режиме управления канал обеспечивает выработку программно-управляемых сигналов (команд) на 7-ми специальных шинах с частотой 125 кГц.

е) В качестве стандартного накопителя на магнитной ленте применено устройство типа СДС-608. Накопитель использует ленту шириной 12,7 мм, скорость движения ленты 0,95 м/сек, плотность записи - 8 импульсов на миллиметр.

ж) Осциллограф для визуального представления информации разработан в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ. Для вывода изображения используется групповая команда обмена, время вывода одной точки 8 мксек, максимальная дискретность изображения 4096×4096 точек.

В последующих разделах данной главы приводится описание структурной схемы программно-управляемого канала ввода-вывода, поясняется работа схемы при выполнении операций управления и обмена.

Приводится описание и блок-схема тестовой программы, используемой для контроля аппаратуры канала ЭВМ и поиска неисправностей в системе "ЭВМ-канал". В конце главы рассматриваются вопросы подключения к вычислительной машине специализированных устройств.

Данный комплекс аппаратуры используется в настоящее время в экспериментах на ускорителе 76 Гэв/с, проводимых группами ОИЯИ с помощью установок^{9,10/}.

З а к л ю ч е н и е

Диссертация обобщает материалы работ, на основе которых в Объединенном институте ядерных исследований создана методика использования ЭВМ на линии с экспериментальными установками.

Основные результаты диссертации можно сформулировать следующим образом:

1. Систематизирован материал по бесфильмовым регистрирующим системам с применением ЭВМ в экспериментах физики высоких энергий. Сформулированы общие требования к электронной вычислительной машине, работающей на линии с экспериментальной аппаратурой.

2. Проведен комплекс работ по повышению надежности основных устройств и увеличению оперативной памяти БЭСМ-3М в связи с использованием машины в экспериментах на ускорителе 10 Гэв/с в ОИЯИ.

3. Создан канал ввода-вывода данных в БЭСМ-3М ОИЯИ. При этом разработаны схемы и команды для приема и записи в оперативную память машины экспериментальных данных от установки из бесфильмовых искровых камер, для вывода информации из памяти на внешние линии и прерывания программы ЭВМ по сигналу от установки.

Выполненные по п.п. 2 и 3 работы дали возможность провести в 1966 году первый в ОИЯИ и в социалистических странах физический эксперимент с использованием электронной машины в реальном времени на линии со спектрометром из искровых камер. Работа по методике бесфильмовых искровых камер, работающих на линии с ЭВМ, была удостоена первой премии ОИЯИ в 1968 году.

4. Разработаны и реализованы в БЭСМ-4 ОИЯИ аппаратные и программные средства (команды) для обмена информацией и система прерывания программ, позволяющие использовать ЭВМ в "on-line" экспериментах и системах измерения фильмовой информации.

5. Для вычислительной машины БЭСМ-4 (БЭСМ-3М) разработан автономный, программно-управляемый селекторный канал ввода-вывода данных, позволяющий подсоединить к ЭВМ несколько экспериментальных установок (устройств, приборов) и осуществлять прием данных и управление работой установок. В канале предусмотрены аппаратные средства для автоматического и программного контроля работы канала и системы из ЭВМ, канала данных и физической аппаратуры. По своим параметрам и логическим возможностям разработанное устройство отвечает требованиям современных ЭВМ и задачам связи электронной машины с экспериментальной аппаратурой.

6. Составлен ряд тестовых программ, позволяющих при помощи ЭВМ проводить диагностику сбоев и контролировать работу электронной аппаратуры канала ввода-вывода и устройств, подключенных к каналу.

7. На базе модернизированной БЭСМ-3М / БЭСМ-4 /, программно-управляемого канала ввода-вывода и специализированных устройств разработан и введен в эксплуатацию комплекс аппаратуры для сбора, накопления и контроля экспериментальных данных. В настоящее время этот комплекс аппаратуры используется в составе экспериментальных установок ОИЯИ при проведении электронных экспериментов на ускорителе 76 ГэВ в Институте физики высоких энергий.

Работы, положенные в основу диссертации, выполнены автором совместно с группой сотрудников ЛБТА и ЛВЭ ОИЯИ и опубликованы в виде статей и препринтов ОИЯИ/5, II-15, I7-20/.

Основные работы докладывались на симпозиуме по радиоэлектронике в Праге (1966 г.), на совещании по проблемам автоматизации обработки информации с использованием вычислительных машин в Дубне (1967 г.) и в школе ОИЯИ по применению ЭВМ в задачах экспериментальной физики (Алушта, 1968 г.).

1. K.J.Foley, S.J.Lindenbaum, et al. Nucl. Instr. Methods 30, 45, 1964.
2. H.Blieden, D.Freytag, F.Iselin et.al. Proc. Informal Meeting on Filmless Spark Chamber Techniques and Associated Computer Use, CERN March 1964.
3. E.Bleser, G.B.Collins, J.Fischer et.al. Nucl. Instr. Methods 44, 1, 1966.
4. H.Faissner, H.Foeth, K.Maull et.al. Proc. of the Intern. Symposium on Nuclear Electronics, v.3, 16, Versailles 1968.
5. I.V.Chuvilo, P.I.Filipov. A.S.Gavrilov et.al. Nucl. Instr. Methods 54, 217, 1967.
6. М.Х.Аникина, Л.С.Варабаш, И.А.Голутвин и др. Магнитный спектрометр с проволочными искровыми камерами и ферритовой памятью на линии с ЭВМ. Препринт ОИЯИ I3-4123, Дубна, 1968.
7. С.В. Нурушев, Е.В. Смирнов, В.Л. Соловьянов и др. Система связи сцинтилляционного годоскопа с ЭВМ "Минск-22". ПТЭ, №1-1970; стр. 92-93.
8. В.А.Никитин, Г.Г.Безногих, А.Буяк и др. Измерение параметра наклона дифференциального сечения упругого pp-рассеяния в интервале энергий 12-70 ГэВ. Препринт ОИЯИ, PI-4594, Дубна, 1969.
9. С.Г.Василадзе, Т.В.Веспалова, В.К.Вирулев и др. Магнитный искровой спектрометр для исследования $K_L^0 - K_S^0$ регенерации при высоких энергиях. Сообщение ОИЯИ PI-5361, Дубна 1970.
10. Я.В.Гришкевич, Э.В.Крумштейн, Р.Лясте и др. Установка для поиска новых тяжелых частиц. В кн. "Международная конференция по аппаратуре в физике высоких энергий". ОИЯИ I3-5235, Дубна 1970.
11. А.С. Гаврилов, Н.Н. Говорун, И.А. Голутвин и др. Установка из бесфильмовых искровых камер с непосредственной связью с электронной вычислительной машиной. В кн. "Симпозиум по радиоэлектронике 4-й. Прага. Октябрь 1966". Прага, 1967, 241-258.
12. Е.Д.Городничев, А.П.Кретов, Г.М.Надыков и др. Режим прерывания, вывод, ввод данных физических измерений в ЭВМ БЭСМ-3М. В кн. "Симпозиум по радиоэлектронике, 4-й." Прага, 1967, 151-167.

13. Е.Д.Городничев, Г.М.Кадиков, А.П.Кретов и др. Препринт ОИЯИ 10-3510, Дубна 1967.
14. В.Н.Вондаренко, Н.Н.Говорун, Н.Д.Джусар и др. Препринт ОИЯИ 10-3426, Дубна 1967.
15. А.Я.Астахов, В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, Г.М.Кадиков, Е.А.Каржавин, А.Е.Селиванов, Хон Ген Ха. Система связи физической аппаратуры с вычислительной машиной ВЭСМ-3М. Препринт ОИЯИ Р10-3592, Дубна 1967.
16. Л.Н.Струнов, Г.Г.Воробьев, Н.Н.Говорун и др. Препринт ОИЯИ Р1-4445, Дубна 1969.
17. Е.Д.Городничев, Г.М.Кадиков, Н.Н.Морозова, В.Н.Садовников. Аппаратура и команды обмена информацией для работы ВЭСМ-4 в режиме "on-line". Сообщение ОИЯИ 10-4870, Дубна 1969.
18. Е.Д.Городничев, Г.М.Кадиков, В.Н.Садовников, Н.Н.Морозова. Реализация прерывания программ в ВЭСМ-4 ОИЯИ для использования вычислительной машины в электронных экспериментах и системах обработки данных. Сообщение ОИЯИ 10-4753, Дубна 1969.
19. А.И.Бареновский, Н.Н.Говорун, Е.Д.Городничев, Г.И.Забиякин, И.М.Иванченко, Г.М.Кадиков, С.В.Кадикова, А.П.Сысоев, В.И.Семашко, Э.В.Шарапова, В.Н.Шигаев. Развитие измерительного центра ОИЯИ в ИФЭ на базе ВЭСМ-3М. ОИЯИ В1-10-4643, Дубна 1969.
20. Е.Д.Городничев, Г.М.Кадиков, С.В.Кадикова, Л.Т.Михушкина, В.Н.Садовников, Э.И.Широкова. Программно-управляемый канал ввода-вывода для ЭЕМ в измерительном центре. Сообщение ОИЯИ 13-5053, Дубна 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 марта 1971 года.