

Г-676
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 681.327.2

10-86-691

ГОРБУНОВ
Николай Васильевич

АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА
И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК ОИЯИ,
РАБОТАЮЩИХ НА УСКОРИТЕЛЕ У-70 ИФВЭ

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 1986

Работа выполнена в Серпуховском научно-экспериментальном отделе Объединенного института ядерных исследований

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук

МОРОЗОВ

Борис Александрович

кандидат физико-математических наук

МАЛЫЦЕВ

Эрнест Иванович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор

КОЛПАКОВ

Игорь Филиппович

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

ИСАКОВ

Владимир Васильевич

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт физики высоких энергий, Протвино.

Защита диссертации состоится "9" марта 1987 года в "11" часов на заседании Специализированного совета Д-047.01.02 при Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан "28" марта 1986г.

Ученый секретарь
Специализированного совета

Улиничев

М. Ф. Дижачев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Представляемая диссертация обобщает материалы разработок и исследований, проведенных автором в ОИЯИ за период с 1977 по 1985 годы, и посвящена созданию и развитию средств автоматизации физических исследований, проводимых ОИЯИ на ускорителе У-70 ИФВЭ.

Актуальность темы

Прогресс в методике проведения экспериментов по физике высоких энергий наряду с уровнем развития детекторов элементарных частиц в значительной степени определяется степенью автоматизации экспериментальных установок. Использование бесфильмовых методик для регистрации событий привело к еще большему увеличению значимости вычислительной техники при его проведении. В настоящее время уровень развития средств автоматизации эксперимента становится определяющим на всех этапах функционирования установки, обеспечивая отбор потенциально интересных событий, контроль работоспособности оборудования, синхронизацию и управление аппаратурой, регистрацию данных, управление ходом проведения эксперимента, визуализацию результатов оперативной обработки поступающей информации и окончательную обработку статистически необходимых объемов данных, записанных на магнитную ленту.

Специфические и, зачастую, уникальные особенности физических исследований приводят к необходимости создания адекватных аппаратных и математических средств для обеспечения выполнения программы конкретных физических исследований. Применение для автоматизации физических исследований универсальных ЭВМ требует создания дополнительного оборудования и соответствующего матобеспечения, чтобы более полно использовать имеющиеся ресурсы и расширить возможности ЭВМ в эксперименте. В связи с этим приобретает актуальность разработка и внедрение в практику универсальных аппаратных и программных средств, обеспечивающих надежное, гибкое, эффективное и быстрое подключение к ЭВМ дополнительного оборудования. Этим оборудованием может быть как входящая в состав экспериментальных установок аппаратура, так и вспомогательные средства, используемые для автоматизации работ, выполняемых в ходе подготовки и проведения эксперимента.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Наряду с развитием аппаратных средств автоматизации физических исследований особую значимость приобретает создание универсальных программных комплексов для сбора и обработки экспериментальных данных. Такие комплексы, ориентированные на использование унифицированной аппаратуры приема данных, обеспечивают на различных установках однотипный протокол управления ходом выполнения эксперимента, сбор и обработку данных, анализ поступающей информации во время набора статистики, окончательную обработку полученного материала, визуализацию данных и результатов их обработки. Особым достоинством универсальных программных комплексов является их высокая приспособляемость к новым условиям применения, что позволяет в короткие сроки создавать системы сбора данных на новых экспериментальных установках.

Целью работ, составляющих основу диссертации, является проектирование и внедрение в практику комплексных аппаратных и программных средств автоматизации экспериментов физики высоких энергий и создание для ряда экспериментальных установок ОИЯИ, работающих на ускорителе У-70, систем сбора и обработки данных на основе ЭВМ ЕС-1040, СМ-4 и стандарта КАМАК.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- Создан комплекс аппаратных средств, обеспечивающий при проведении физических исследований сбор, визуализацию данных и управление ходом эксперимента на расстоянии до 3 км от ЭВМ ЕС-1040 или СМ-4.

- Впервые в СССР реализована возможность подключения к каналам ЭВМ ЕС-1040 экспериментального оборудования в режиме аппаратной эмуляции стандартных устройств ЕС ЭВМ.

- Создан оригинальный драйвер ветви КАМАК для ЭВМ типа СМ-4, реализующий ряд новых возможностей, включая: эффективный алгоритм передачи информации, сопровождаемой адресом модуля, из которого она была считана; несколько новых типов блочных обменов данными в ветви; изменение микропрограммы протокола обмена данными для организации оптимального режима считывания в соответствии с требованиями конкретной установки.

- Предложен и реализован новый принцип организации крейт-контроллеров, обеспечивающий объединение управляющих магистралей нескольких источников программ в пределах одного модуля.

- Создана оригинальная универсальная аппаратура связи для подключения дополнительного оборудования и организации систем сбора данных на основе стандарта КАМАК и ЭВМ типа ЕС-1040 и СМ-4 для экспериментальных установок ОИЯИ (РИСК, КРИСТАЛЛ^{х/}, Мюонный спектрометр нейтринного детектора, СКА^{хх/}).

^{х/} Булгаков Н.К. и др. ОИЯИ, 13-83-757, Дубна, 1983.

^{хх/} Баляев И.М. и др. Краткие сообщения ОИЯИ, № 8-85, Дубна, 1985.

- Созданы оригинальные аппаратные и программные средства визуализации графической и алфавитно-цифровой информации; предложен и реализован новый алгоритм вывода графических и алфавитно-цифровых данных на экран дисплеев, входящих в состав ЭВМ ЕС-1040.

- Предложена организация аппаратного обеспечения съема информации в рамках комплексной системы сбора и обработки экспериментальных данных с применением ЭВМ СМ-4 и стандарта КАМАК.

Практическая значимость работы

Созданные аппаратные и программные средства и отработанная методика их использования нашли широкое применение для автоматизации ряда экспериментальных установок, обладающих различными характеристиками, как по составу экспериментального оборудования, так и по количественным характеристикам информационных потоков.

На установке КРИСТАЛЛ были исследованы эффекты, возникающие при каналировании электронов и позитронов высоких энергий в кристаллах. Определены характеристики электромагнитного излучения в широком диапазоне углов падения частиц на кристалл. Получены данные о динамике перехода от излучения, возникающего при движении частиц вдоль плоскости, к когерентному тормозному излучению. Исследованы угловые распределения излучаемых гамма-квантов.

На установке РИСК изучены механизмы рождения заряженных частиц в $\pi^+ \rightarrow \mu^+$ соударениях с поперечным импульсом $P_{\perp} > 1$ ГэВ, проведено изучение множественного рождения заряженных частиц при взаимодействии адронных пучков π^+ , K^+ , p^+ с мишенями от Н до Рф.

На спектрометре кумулятивных адронов проведены исследования отношения выходов пионов разного знака. Отношение выходов K^+ и K^- -мезонов в реакции $p + Mo \rightarrow K^+ + X$ под углом 159° измерено в интервале энергий протонов от 17,5 до 63 ГэВ.

На установке "Нейтринный детектор" осуществлен комплексный запуск мюонного спектрометра. На нейтринном канале ускорителя У-70 ИФВЭ с инъекцией протонного пучка от бустера изучены характеристики внешнего мюонного и нейтронного фона при выведенной интенсивности $5 \cdot 10^{12}$ р/цикл.

Созданные аппаратные и программные средства используются на протяжении ряда лет, начиная с 1977 года, для автоматизации физических исследований, проводимых ОИЯИ на ускорителе У-70, как на стадии подготовки и проведения эксперимента, так и при обработке полученных результатов. Разработанная аппаратура нашла применение не только в ОИЯИ, но и в других НИИ.

Автор защищает:

1. Методику расчета надежности систем сбора данных на основе стандарта КАМАК и модели с ненагруженным резервом.
2. Анализ эффективности обмена данными с использованием разработанных средств автоматизации физического эксперимента.
3. Создание элементов и систем сбора данных на основе ЭВМ типа СМ-4 и ЕС-1040 для автоматизации экспериментальных установок ОИЯИ: ГИСК, КРИСТАЛЛ, СКА, Мюонный спектрометр нейтринного детектора, включающих в себя:
 - разработку аппаратуры сопряжения дополнительного и экспериментального оборудования с ЭВМ ЕС-1040;
 - создание аппаратуры подключения экспериментального оборудования к ЭВМ типа СМ-4;
 - разработку аппаратуры для управления экспериментальной установкой, работающей на линии с ЭВМ.
4. Создание аппаратурных средств, обеспечивающих сбор данных, визуализацию результатов их обработки и управление ходом эксперимента на удаленной ЭВМ.
5. Конструкцию драйвера ветви для ЭВМ СМ-4, включая алгоритмы сбора данных и изменяемый микропрограммированный протокол обмена информацией.
6. Предложение и практическую реализацию крейт-контроллера, обеспечивающего объединение магистралей нескольких источников программ в пределах одного модуля для управления в крейте КАМАК.
7. Аппаратное и программное обеспечение вывода алфавитно-цифровой и графической информации на устройства, используемые в составе ЭВМ ЕС-1040 и СМ-4.

Основные результаты работы докладывались на XII Международном симпозиуме по ядерной электронике (Дубна, 1985 год), обсуждались на научно-методических семинарах Лаборатории высоких энергий, Отдела новых методов ускорений ОИЯИ, семинарах ИФЭЭ и опубликованы в советской печати, в препринтах и сообщениях ОИЯИ и ИФЭЭ.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и приложения, содержит 148 страниц машинописного текста, в том числе 59 рис. и 8 таблиц. В конце каждой главы сформулированы основные выводы и рекомендации. Список библиографических ссылок содержит 138 наименований.

Содержание работы

Во введении показана актуальность выполненных разработок аппаратурных и программных средств для автоматизации экспериментов физики высоких энергий, сформулированы цели проведенных работ, дана структура изложения материала.

В первой главе рассмотрен ряд вопросов автоматизации физического эксперимента.

Одним из важных аспектов создания автоматизированных установок физики высоких энергий является выбор оптимального по эффективности стандарта для размещения электронного оборудования. В главе проводится сравнительный анализ нескольких нашедших применение в физике высоких энергий стандартов, реализующих идеи магистрально-модульных систем. Показано, что на современном уровне стандарт КАМАК, дополненный новыми разработками, включая системные крейты и крейт-контроллеры, может быть эффективно использован для создания систем сбора данных.

Большое внимание уделено вопросам повышения достоверности информации, используемой в системах сбора данных. Приведены основные параметры и характеристики, позволяющие оценить надежность функционирования аппаратуры экспериментальной установки. Предложена методика расчетов надежности систем сбора данных на основе стандарта КАМАК и модели ненагруженного резерва. Она может быть применима также и при использовании другого типа стандартного интерфейса, так как все они относятся к магистрально-модульным системам. Выполненные по этой методике расчеты могут быть использованы при проектировании систем сбора данных новых экспериментальных установок.

Увеличение скорости передачи и обработки информации в автоматизированных установках возможно при использовании в системе сбора и обработки данных помехозащищенных каналов передачи информации, надежной регистрирующей электроники и вычислительной техники.

Наиболее подвержены воздействию помех в экспериментальных установках линии связи большой протяженности, используемые для обмена информацией. Большая вероятность искаженных данных, передаваемых по кабельным соединениям установки, приводит к необходимости тщательной проработки вопросов повышения их помехозащищенности. В главе проведен подробный анализ проблем передачи информации по линиям связи. Для организации передачи данных по каналам связи среднего быстродействия (~ 1 МГц) целесообразно использовать кабельные линии, выполненные скрученной парой, применение которой совместно с приемниками и передатчиками, выполненными по симметричной схеме, может обеспечить защиту тракта передачи данных от электрических и магнитных полей. В качестве элементной базы для реализации преемопередающих цепей линий связи экспериментальных

установок использование микросхем серии KI70 обеспечивает надежную, высококачественную передачу данных на расстояние до 3 км со скоростью 100 Кбайт/с. Представленные в главе данные могут быть использованы для оценки максимально возможной, при заданном качестве передачи и расстоянии, скорости обмена информацией по линиям связи большой протяженности.

Во второй главе рассмотрены принципы работы и функциональные характеристики конкретных аппаратурных разработок, используемых в системах сбора данных экспериментальных установок ОИЯИ, работающих на ускорителях ОИЯИ и ИФВЭ.

Описанные в главе средства можно разделить на четыре группы: устройства для связи экспериментальных установок с ЭВМ ЕС-1040, средства автоматизации экспериментальных установок на базе ЭВМ СМ-4, аппаратура, выполненная в стандарте КАМАК, и средства визуализации экспериментальных данных.

Первую группу представляют две разработки: блок связи нестандартного оборудования (БСНО)^{1/} и контроллер БЛЕСНА-2^{2/}. Основные принципы, заложенные в их конструкцию, можно сформулировать следующим образом:

- подключение к каналам ЕС ЭВМ дополнительного или экспериментального оборудования через промежуточный интерфейс;
- использование для взаимодействия сопрягаемой аппаратуры с ЭВМ минимальных ресурсов канала;
- обеспечение обмена данными между ЭВМ и подключенным оборудованием на расстоянии до нескольких километров;
- совместное использование аппаратуры связи несколькими внешними устройствами (ВУ).

Первой разработкой, реализующей приведенные принципы, является БСНО. Он обслуживает 4 внешних устройства, обеспечивая обмен данными с разрядностью до 48 бит. Блок позволяет организовать простое подключение экспериментальной аппаратуры к каналу ЕС ЭВМ. Взаимодействие с ЭВМ осуществляется через общую для всех подключаемых ВУ часть БСНО. Сопряжение с внешними устройствами обеспечивается промежуточным интерфейсом. Для функционирования связи используются только пять команд канала ЕС ЭВМ. Блок ориентирован на подключение аппаратуры установок, удаленных на расстояние до 3 км от измерительно-вычислительного комплекса СНЭО ОИЯИ.

Проведенный в главе анализ показывает целесообразность использования каналов со средним быстродействием при подключении экспериментального оборудования установок, удаленных от ИВК, так как с увеличением расстояния между ЭВМ и физической установкой уменьшается влияние быстродействия канала и блока связи на скорость обмена информацией.

Вторая разработка этой группы - контроллер БЛЕСНА-2. В нем получили дальнейшее развитие функциональные возможности, заложенные в блоке нестандартного оборудования. Контроллер характеризует, с одной стороны, простота и удобство в эксплуатации, с другой - универсальность и гибкость при подключении нового оборудования. Контроллер БЛЕСНА-2 обеспечивает создание различных по сложности вариантов подключения аппаратуры, используя, при необходимости, все ресурсы канала ввода-вывода ЭВМ. Предлагаемый им набор средств: адресация до 256 ВУ, дешифрация любой из 256 команд канала, изменение формата байтов состояния и уточненного состояния, подключение через интерфейсные модули внешних устройств к внутренней или внешней магистралям контроллера, определение разрядности и протокола обмена с ВУ в интерфейсном модуле, обеспечивает современный уровень конструирования систем сбора экспериментальных данных. При этом возможно подключение периферийного оборудования в режиме эмуляции стандартных устройств ЕС ЭВМ, что упрощает процесс создания математического обеспечения и увеличивает его надежность.

В главе представлены аппаратные и программно-аппаратные разработки и сопутствующее математическое обеспечение, используемое для решения широкого спектра задач автоматизации экспериментов на базе ЭВМ СМ-4. Сюда входят средства организации систем сбора данных^{3,4/}, аппаратура синхронизации и управления^{5/}, универсальные интерфейсы для подключения периферийного оборудования^{5,6/}.

Приведены алгоритмы функционирования аппаратуры и ее наиболее важные характеристики. Проведен анализ эффективности передачи информации с использованием разработанной аппаратуры.

Наиболее перспективной из описываемых в главе разработок для автоматизации физической установки на основе ЭВМ СМ-4 является драйвер ветви ВД-4II^{4/}. Он предназначен для организации на основе стандарта КАМАК систем сбора данных большой емкости. Драйвер ветви обеспечивает доступ к модулям, расположенным в 28 крейтах и сгруппированным в 4 ветви, и оперирует словами с разрядностью 16 или 24 бита как в программном, так и в режиме прямого доступа (КПД). Эффективный протокол приема данных с регистрирующей электроники установки обеспечивается драйвером ветви при использовании II типов блочных обменов данными (в режиме КПД) и применения алгоритма аппаратной упаковки информации и адреса модуля, с которого она была считана. Среди реализованных типов блочных обменов предложено несколько новых, обеспечивающих обмен информацией в режиме сканирования с модулями, расположенными в нескольких крейтах ветви.

Организация оптимального протокола сбора данных, наиболее полно отвечающего требованиям системы сбора данных конкретной установки

обеспечивается изменением микропрограммы обмена в блочных режимах. Перечисленные возможности, а также обращения к двадцатибитовому адресному пространству и развитая система прерываний позволяют использовать драйвер ветви ВД-4II при построении гибких систем сбора данных большой вместимости.

Для формирования многокрейтных систем сбора данных, на основе стандарта КАМАК при модернизации существующих или проектировании вновь создаваемых экспериментальных установок разработана аппаратура^{/7,9/}, выполненная в стандарте КАМАК. Модуль ВС-00I обеспечивает организацию магистрали параллельной ветви с управлением от крейта, в котором он установлен. В главе также представлен блок, обеспечивающий вынесение одного или нескольких крейтов за пределы стандартной протяженности ветви, преобразуя сигналы в ней так, чтобы обеспечить дистанционную работу.

Разработка и опыт эксплуатации контроллеров различных типов позволяет сделать вывод о возможности их модульного конструирования. Применение современной элементной базы обеспечивает минимизацию функциональной схемы контроллера и позволяет скомпоновать его на одной плате. На освободившейся площади могут быть расположены дополнительные устройства (микропроцессоры, интерфейсы ЭВМ, спецпроцессоры и другие функциональные узлы). Взаимодействие с ЭВМ через основную и использование протокола многоконтроллерного управления в крейте для связи с дополнительной платой контроллера позволяет осуществить объединение нескольких управляющих магистралей источников программ в пределах одного модуля. Практической реализацией изложенных принципов является разработанный контроллер К-180/8/.

В главе широко представлены средства визуализации экспериментальных данных. Описаны пять разработок^{/10,11/}, включая модули сопряжения аппаратуры визуализации данных с ЭВМ и блоки организации ввода/вывода графической и алфавитно-цифровой информации на экраны дисплеев.

Приводятся алгоритмы функционирования и основные характеристики разработанных устройств. Широкий спектр представленных средств визуализации данных, возможности их использования позволили применять эти устройства при автоматизации процессов сбора и обработки экспериментальных данных, подготовке программного обеспечения и разработке электронной аппаратуры.

Необходимо отметить следующие оригинальные разработки. Интерфейсный модуль БЛЕСНА-2.8^{/II/} обеспечивает параллельный обмен восьмьбитными словами при подключении аппаратуры на расстоянии до 3 км от ЭВМ и осуществляет аппаратную перекодировку поступающей информации. Отличительным модулем от существующих является возможность использования в нем лобных команд канала ЕС ЭВМ, что упрощает подключение нестандарт-

ного оборудования и разработку необходимого матобеспечения, эмулируя существующие стандартные устройства ЕС ЭВМ.

Модуль ВД-14G^{/II/} формирует графическое изображение на экране дисплея VT-340 с разрешением 512 на 256 точек и совмещает как символьный, так и графические режимы вывода информации. Адресация точки на экране в графическом режиме производится передачей от одного до пяти байт данных в кодах КОИ-7. Такой метод адресации обеспечивает использование этой разработки, совместно с модулем БЛЕСНА-2.8, в составе оборудования ЭВМ ЕС-1040, и позволяет организовать не только символьный и графические режимы, но и обеспечить перекодировку информации из ДКОИ в коды КОИ-7 и обратно.

Затем в главе описываются методика использования разработанных аппаратурных средств визуализации данных^{/14/} и программные средства формирования графических и символьных изображений, выводимых на графопостроители, запоминаящие и растровые дисплеи различных типов.

Третья глава посвящена рассмотрению методических вопросов использования разработанной аппаратуры и программного обеспечения для создания систем сбора данных экспериментальных установок ОИЯИ, работающих на ускорителе У-70 ИФВЭ.

Рассматриваются вопросы использования аппаратуры связи^{/I/} в процессах контроля и сбора данных с гибридного магнитного спектрометра РИСК на базе пятиметровой стримерной камеры на линии с ЭВМ ЕС-1040. Описываются принципы организации устройства сопряжения^{/12/} аппаратуры установки РИСК, выполненной в стандарте КАМАК. Приведены алгоритмы и временные диаграммы функционирования системы сбора данных в различных режимах съема информации. Рассмотрено применяемое математическое обеспечение, используемое как для организации приема экспериментальных данных, так и для выполнения отладки рабочих режимов оборудования связи в период подготовки к сеансу и во время его проведения.

Далее рассмотрена система сбора данных в экспериментах по исследованию излучения, возникающего при каналировании электронов и позитронов в монокристаллах на установке КРИСТАЛЛ. Показано, что методика организации систем сбора данных на основе ЭВМ ЕС-1040 и разработанных средств автоматизации позволяет создавать эффективно действующие комплексы для сбора и передачи данных.

Описываются общие положения и унифицированные аппаратурные средства системы MES^{/13/} для сбора и обработки экспериментальных данных, обеспечивающей на различных установках однотипный протокол управления кодом эксперимента, сбор и обработку данных, визуализацию принимаемой информации и результатов ее обработки. Приводятся требования к системе и способы их реализации.

Рассматриваются пять основных типов организации связи, предусмотренных в стандартной версии системы.

Сравниваются характеристики приведенных способов подключения аппаратуры КАМАК.

Далее в главе рассматривается организация систем сбора и обработки экспериментальных данных на примере ряда физических установок ОИЯИ, использующих систему MES и разработанную аппаратуру.

Описывается организация системы сбора данных установок СКА (спектрометр кумулятивных адронов) и мюонного спектрометра нейтринного детектора ОИЯИ-ИФВЗ, приводится состав используемого оборудования, формат считываемых данных и структура режима приема информации.

В заключение приводятся основные результаты представленных в диссертации работ:

1. Предложена методика расчета надежности на основе модели ненагруженного резерва и получены результаты, которые позволяют оценить вероятность безотказной работы системы автоматизации, использующей стандарт КАМАК или другие стандартные интерфейсы.

2. Разработана оригинальная аппаратура, обеспечивающая в рамках развития средств автоматизации физических исследований использование ЭВМ ЕС-1040 для организации систем сбора данных экспериментальных установок ОИЯИ, работающих на ускорителе У-70. Созданные средства позволяют подключать дополнительное оборудование при проведении работ на этапах подготовки к проведению эксперимента и обработки полученной информации. Для ускорения процесса создания математического обеспечения и увеличения его надежности при сопряжении дополнительной аппаратуры с каналом ЕС-1040 впервые в СССР предложена и реализована возможность подключения оборудования в режиме аппаратной эмуляции стандартных устройств ЕС ЭВМ.

3. Созданы аппаратные и программные средства автоматизации спектрометра кумулятивных адронов и мюонного спектрометра нейтринного детектора на базе мини-ЭВМ СМ-4 и аппаратуры в стандарте КАМАК. При реализации этого направления был разработан драйвер ветви ВД-4II, ориентированный на создание систем сбора данных большой емкости. Он обеспечивает: доступ к 28 крейтам, сгруппированным в четыре ветви, один программный и II типов блочных передач массивов информации в режиме прямого доступа в память. Два типа предложены впервые и расширяют возможности стандарта КАМАК при обмене массивами информации. Для организации удобного приема информации с регистрирующей электроники драйвер реализует алгоритм передачи считанной из модуля информации, дополняемой адресом модуля в ветви. Для организации протокола обмена данными, учитывающего требования системы сбора данных конкретной установки в драйвере ВД-4II предусмотрена возможность коррекции

существующих или введения новых типов блочных обменов при изменении микропрограммы протокола обмена.

4. Разработан комплекс аппаратных средств, обеспечивающий при проведении физических исследований сбор, визуализацию данных и управление ходом эксперимента при локальном или дистанционном размещении вычислительных средств.

5. Созданы модули организации ветви, используемые для расширения состава экспериментального оборудования на существующих или планируемых установках, включая драйвер ветви с управлением от магистрали крейта КАМАК и удлинитель ветви, обеспечивающий вынос одного или нескольких крейтов на расстояние, превышающее максимальную длину магистрали ветви.

6. Предложен способ и создан на его основе крейт-контроллер, обеспечивающий объединение управляющих магистралей нескольких источников программ в пределах модуля для введения локальной вычислительной мощности в крейт и организации распределенного управления в нем.

7. Разработаны аппаратные и программные средства вывода алфавитно-цифровой и графической информации на графопостроители и дисплеи нескольких типов для автоматизации физических исследований с использованием ЭВМ ЕС-1040 и СМ-4 на этапах подготовки, проведения и обработки полученной информации.

8. Предложена и реализована организация аппаратного обеспечения приема информации в рамках комплексной системы MES, обеспечивающей сбор и обработку экспериментальных данных на основе ЭВМ СМ-4 и стандарта КАМАК.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Горбунов Н.В., Морозов Б.А. Блок связи нестандартного оборудования с каналами ЕС ЭВМ. - Дубна, 1978, 12 с. (Сообщение, Объединенный институт ядерных исследований, I3-II334).

2. Горбунов Н.В. Контроллер БЛЕСНА-2 для связи ЕС ЭВМ с нестандартным оборудованием. - Дубна, 1982, 8 с. (Сообщение, Объединенный институт ядерных исследований, II-82-5I).

3. Вицев В.В., Горбунов Н.В., Иваненко А.И., Мальцев Э.И., Морозов Б.А., Суханов А.Ю. Использование ЭВМ СМ-4 для имитации работы канала ЕС-1040. - Дубна, 1983, 6 с. (Сообщение, Объединенный институт ядерных исследований, II-83-85).

4. Горбунов Н.В., Карев А.Г., Мальцев Э.И., Морозов Б.А. Драйвер ветви ВД-4II. В сб.: XII Межд. симпозиум по ядерной электронике. Объединенный институт ядерных исследований, № Д13-85-793, Дубна, 1985 г. с. 194-198.

5. Горбунов Н.В., Морозов Б.А., Суханов А.Ю. Универсальные параллельные интерфейсы для ЭВМ СМ-4. - Дубна, 1982, 3 с. (Сообщение, Объединенный институт ядерных исследований, II-82-7II).

6. Горбунов Н.В., Морозов Б.А., Суханов А.Ю. Интерфейс II-битового КУ цифро-аналогового преобразователя с мультиплексором для ЭВМ СМ-4. - Дубна, 1982, 4с. (Сообщение, Объединенный институт ядерных исследований, II-82-34I).

7. Горбунов Н.В., Мальцев Э.И., Морозов Б.А. Модули организации ветви КАМАК. - Дубна, 1983, 7 с. (Сообщение, Объединенный институт ядерных исследований, II-83-86).

8. Горбунов Н.В., Ермолин Ю.В., Мамаков П.В., Рыбаков В.Г., Сятин А.Н. Модульное построение контроллеров для управления в крайте. Приборы и техника эксперимента. 1986, №3, с.9I-95.

9. Балашов В.К., Горбунов Н.В., Горбунова В.Н., Мальцев Э.И. Программатор ИВЕРРОМ в стандарте КАМАК. - Дубна, 1979, 6 с. (Сообщение, Объединенный институт ядерных исследований, IO-I2488).

IO. Балашов В.К., Власов Н.В., Горбунов Н.В., Горбунова В.Н., Мальцев Э.И., Петухов Ю.П. Сопряжение дисплея УТ-340 с ЭВМ ЕС-IO40. - Дубна, 1980, 6 с. (Сообщение, Объединенный институт ядерных исследований, II-I2947).

II. Горбунов Н.В., Ладугин Е.А., Мальцев Э.И., Морозов Б.А., Карев А.Г. Аппаратурные средства ввода-вывода символично-графической информации. - Дубна, 1985, 12 с. (Сообщение, Объединенный институт ядерных исследований, PII-85-957).

I2. Горбунов Н.В., Мереков Ю.П., Хемниц Г., Хернеш И., Хованский Н.Н. Устройство сопряжения аппаратуры в стандарте КАМАК с ЭВМ ЕС-IO40. - Дубна, 1980, 9 с. (Сообщение, Объединенный институт ядерных исследований, IO-80-487).

I3. Горбунов Н.В., Карев А.Г., Ладугин Е.А., Мальцев Э.И., Морозов Б.А., Петухов Ю.П., Суханов А.Ю. Система МЕС для сбора и обработки экспериментальных данных. Общие положения. Аппаратурное обеспечение. Язык управления приемом данных - Дубна, 1985, 16 с. (Сообщение, Объединенный институт ядерных исследований, PIO-85-954).

I4. Горбунов Н.В., Карев А.Г., Ладугин Е.А., Мальцев Э.И., Морозов Б.А., Суханов А.Ю. Стандартные драйверы графических устройств. - Дубна, 1985, 7 с. (Сообщение, Объединенный институт ядерных исследований, PII-85-2I2).

Рукопись поступила в издательский отдел
16 октября 1986 года.