



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

96-4  
На правах рукописи

Матвеев Михаил Юрьевич

**ВСТРАИВАЕМЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ  
ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ, УСКОРИТЕЛЬНЫХ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК  
И СТЕНДОВ ИФВЭ**

05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Протвино 1996

Работа выполнена в Институте физики высоких энергий (г.Протвино).

Научный руководитель – кандидат технических наук А.Н. Сытин.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук В.И. Крышкин (Институт физики высоких энергий), доктор технических наук В.М. Рыбин (Московский инженерно-физический институт) .

Ведущая организация – Московский радиотехнический институт РАН (г. Москва).

Защита диссертации состоится “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 1996 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета К 034.02.01 при Институте физики высоких энергий по адресу: 142284, г. Протвино Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИФВЭ.

Автореферат разослан “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 1996 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета К 034.02.01

В.Н. Ларин

© Государственный научный центр  
Российской Федерации  
Институт физики высоких энергий, 1996

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** Системы автоматизации (СА) крупных действующих и создающихся в ИФВЭ экспериментальных, ускорительных и технологических установок являются достаточно сложными многоуровневыми программно-аппаратными комплексами и обладают определенной спецификой с точки зрения решаемых задач, структуры, организации, направленности и потоков данных. Их нижний и средний уровни составляет аппаратура для сбора и предварительной обработки данных, измерений и управления. Она реализуется, как правило, в рамках магистрально-модульных систем (ММС) и функционирует под управлением встроенных контроллеров. Специфика СА определяет свои (часто противоречивые) требования к электронной аппаратуре, в том числе и к встраиваемым контроллерам. Оптимальный выбор структуры, способов построения, программирования и конструктивной реализации встраиваемых контроллеров для соответствующих систем на основе анализа этой специфики в значительной мере определяет производительность и гибкость всей СА и поэтому является актуальным для решения широкого круга задач автоматизации экспериментальных, ускорительных и технологических установок и стендов в ИФВЭ.

**Основной целью работ,** вошедших в диссертацию, являлись разработка и внедрение встраиваемых аппаратных и программируемых контроллеров, повышающих производительность и гибкость СА экспериментальных, ускорительных и технологических установок и стендов ИФВЭ.

**Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:**

1. В соответствии с основной целью работы проведен анализ систем автоматизации экспериментальных, ускорительных и технологических установок в области физики высоких энергий (ФВЭ) и определены требования, предъявляемые к встраиваемым контроллерам нижнего и среднего уровней в составе СА этих систем.

2. На основе этих требований определены структуры, элементная база и способы конструктивной реализации встраиваемых контроллеров в стандартах используемых в ИФВЭ ММС.

3. Предложены и реализованы способы построения аппаратных контроллеров для систем сбора данных (ССД) экспериментальных физических установок ИФВЭ.

4. Предложены и реализованы способы построения контроллеров, работающих под управлением встроенной микроЭВМ или внешней ЭВМ, предназначенных для широкого применения в составе СА установок и стендов ИФВЭ.

5. Предложены и реализованы методики расширения функциональных возможностей интеллектуальных контроллеров и их объединения. Разработаны аппаратно-программные средства для их настройки и тестирования, а также инструментальные контроллеры с встроенной микроЭВМ для разработки, настройки и тестирования аппаратуры в конструктивах ММС ФАСТБАС.

**Практическая ценность работ**, составивших диссертацию, состоит в том, что:

1. Специализированные аппаратные контроллеры четырех типов использовались для проведения физических исследований в составе ССД экспериментальных установок ДЕЛФИ (ЦЕРН), СФИНКС, ИСТРА-М, “Последний ШАНС”.

2. С использованием контроллера крейта КАМАК/ВЕКТОР К-331 и средств его сопряжения с персональным компьютером IBM PC созданы ССД установки “Последний ШАНС”, система измерений спектров нейтронных полей каналов 6- и 18-го ускорителя У-70, а также 10 стендов для методических исследований, разработки и настройки электронной аппаратуры в ИФВЭ.

3. На основе интеллектуальных контроллеров АКК-19 и Р-80, содержащих встроенную микроЭВМ, созданы:

– ССД сцинтилляционной триггерной системы детектора БАРС Комплекса меченых нейтрино;

– система диагностики параметров пучка, выводимого в канал инжекции УНК;

– система контроля параметров вентиляционного оборудования канала инжекции УНК.

4. Созданный набор блоков буферной памяти расширил функциональные возможности интеллектуальных контроллеров в составе аппаратуры стенда испытаний сверхпроводящих магнитов, а также на рабочих местах разработчиков и настройщиков электронной аппаратуры.

5. Созданный стенд и программное обеспечение для него позволили провести в 1984-1995 гг. разработку, настройку, тестирование и ремонт свыше 280 электронных блоков 10 типов, используемых в ССД установок СФИНКС, ПРОЗА-М, ФОДС-2, ГИПЕРОН, ИСТРА-М.

6. Подготовлена необходимая техническая документация и освоено в ИФВЭ мелкосерийное производство разработанных автором электронных блоков восьми типов.

**Апробация работы и публикации.** Полученные в диссертации результаты докладывались на научных семинарах в ИФВЭ, на Восьмом международном симпозиуме по проблемам модульных, информационно-вычислительных систем и сетей (Дубна, 1991 г.) и Международной конференции по вычислениям в физике высоких

энергий (Оксфорд, 1989 г.). По теме диссертации в соавторстве опубликовано 11 печатных работ.

**На защиту выносятся следующие результаты:**

1. Анализ задач автоматизации экспериментальных, ускорительных и технологических установок для экспериментов в физике высоких энергий, а также структуры СА этих установок и сформулированные на его основе требования к встраиваемым контроллерам для этих систем.

2. Разработка специализированных аппаратных контроллеров пяти типов, предназначенных для ССД экспериментальных физических установок.

3. Разработка простого каркасного контроллера КАМАК/ВЕКТОР, работающего под управлением внешней ЭВМ, и средств его сопряжения с персональным компьютером типа IBM PC.

4. Разработка интеллектуальных контроллеров двух типов с встроенной микро-ЭВМ в рамках ММС КАМАК, ВЕКТОР и BUS-1.

5. Разработка блоков буферных ЗУ трех типов, расширяющих функциональные возможности интеллектуальных контроллеров КАМАК/ВЕКТОР.

6. Определение структуры, создание стенда и программного обеспечения для настройки и тестирования встраиваемых контроллеров и аппаратуры с использованием специального канала для экспериментальных установок ИФВЭ, а также создание инструментальных контроллеров для настройки и тестирования аппаратуры в конструктивах ФАСТБАС.

**Структура диссертации и ее объем.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы; содержит 99 страниц, включая 9 таблиц и 22 рисунка.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** приведено обоснование актуальности темы диссертации, сформулированы цель работы, ее научная новизна и практическая ценность, а также результаты, выносимые на защиту.

**В первой главе** рассматриваются организация, способы построения, программирования и объединения встраиваемых контроллеров для СА установок в ФВЭ.

В общей структуре современных экспериментальных установок для исследований в области ФВЭ с точки зрения их автоматизации можно выделить систему сбора данных (ССД), систему триггерирования (СТ) и систему управления и комплексной автоматизации (СУ). ССД обеспечивает сбор, промежуточную обработку и накопление получаемой с детекторов установки информации. СТ предназначена для выработки многоуровневого триггера для отбора полезных, т.е. физически интересных событий. СУ обеспечивает управление ходом эксперимента, загрузкой и работой прикладных программ, мониторингом аппаратуры и ее калибровкой и тестированием, а также управление технологическими подсистемами установки. Названные системы, будучи относительно самостоятельными, интегрируются в со-

ставе установки, составляя ее СА. Ядром СА ускорительных и технологических установок является СУ. ССД для этих установок можно выделить, как правило, условно, и она является составной частью СУ.

Основными чертами, характеризующими потоки данных в перечисленных системах и определяющими требования к встраиваемым контроллерам, являются их направленность, скорость и объем: если в ССД и СТ поток данных в основном однонаправленный, то в СУ он принципиально двунаправленный и существенно ниже по скорости и меньше по объему.

В общих чертах можно утверждать, что для ССД и СТ экспериментальных физических установок требуются встраиваемые контроллеры, обеспечивающие максимальное быстродействие при выполнении ограниченного набора относительно простых алгоритмов работы. Для СУ решающим фактором является возможность гибкого перепрограммирования интеллектуального ядра контроллера, обеспечивающего выполнение различных, в том числе достаточно сложных алгоритмов работы при, как правило, меньшем быстродействии.

К типовым узлам в составе контроллеров относятся:

- интерфейс системной магистрали, через который контроллер управляет тем или иным набором аппаратуры;
- интерфейс связи с соседним контроллером, вычислительными средствами более высокого уровня, а также управляемым оборудованием;
- узел обработки данных (встроенный процессор), наличие которого позволяет отнести контроллер к интеллектуальным;
- интерфейс локальной магистрали.

По способам организации встраиваемых процессоров выделяются три типа интеллектуальных контроллеров:

- аппаратные контроллеры;
- микропрограммируемые контроллеры на основе микропроцессорных комплектов (МПК) с наращиваемой разрядностью;
- контроллеры на основе МПК с фиксированной разрядностью и набором команд.

Контроллеры, реализующие алгоритм работы аппаратно, обеспечивают максимальное быстродействие при весьма малой гибкости в его изменении. Типичное время их решения составляет от сотен нс до единиц мкс. Сложные аппаратные процессоры требуют длительной разработки (несколько человеко-лет), однако в ряде случаев (например, при реализации одноплатных дополнительных контроллеров (КД) в соответствии с правилами стандарта EUR 6500 для аппаратуры КАМАК/ВЕКТОР) разработка существенно упрощается (до нескольких человеко-месяцев) за счет применения унифицированных схмотехнических решений и достаточно простого протокола работы контроллеров.

МПК с наращиваемой разрядностью позволяют строить также достаточно быстродействующие контроллеры с временем решения от единиц до десятков мкс. Их использование предпочтительнее для задач, алгоритм решения которых вначале известен лишь в общих чертах и может быть изменен со временем. Программиро-

вание таких контроллеров ведется с использованием средств сравнительно низкого уровня (типично макроассемблеры) и также требует значительных усилий.

Применение контроллеров двух этих групп наиболее эффективно в составе аппаратуры нижнего уровня ССД и для выработки триггера 1-го уровня СТ, где использование таких контроллеров позволяет сократить объем принимаемых в ходе эксперимента данных и улучшить их качество за счет форматирования, фильтрации и буферизации.

На однокристалльных МП с фиксированной разрядностью и системой команд строятся контроллеры, обладающие, как правило, меньшим быстродействием. Типичное время решения для них составляет от десятков мкс до десятков мс. Однако достаточная полнота комплектов БИС и наличие развитых средств программирования с использованием языков высокого уровня на универсальных ЭВМ существенно облегчают их разработку (до нескольких человеко-месяцев). С учетом появления более совершенных МПК и роста их быстродействия эта группа контроллеров имеет лучшие перспективы для большого круга задач в СА. Контроллеры этой группы за счет прежде всего своей гибкости, определяемой возможностью перепрограммирования алгоритмов работы без изменения аппаратной структуры, нашли самое широкое применение в составе аппаратуры как нижнего, так и среднего уровней СУ экспериментальных, ускорительных и технологических установок. Их использование оправдано также в СТ для выработки относительно медленного триггера 1- и 2-го уровней, а также в ССД не больших экспериментальных установок и стендов.

**Вторая глава** посвящена специализированным аппаратным контроллерам пяти типов, разработанным в соответствии с правилами стандарта EUR 6500 на многоконтроллерное управление в каркасах ММС КАМАК и ВЕКТОР и предназначенным для использования в составе ССД экспериментальных физических установок.

Применение КД наиболее эффективно в многокаркасных системах за счет параллельного во всех каркасах считывания, предварительной обработки и буферизации данных под управлением КД, что позволяет сократить мертвое время ССД, увеличить объем принимаемых данных и улучшить их качество. Наиболее существенным фактором при этом является то, что весь набор РЭ (разработка и создание которого требуют наибольших затрат в общем объеме электронной аппаратуры установки) остается без изменений, а многоконтроллерное управление в каркасе реализуется относительно просто и дешево.

В состав КД входит также ряд обязательных узлов: схема арбитражи, дешифратор команд канала каркаса (если контроллер выполняет команды КАМАК, например, программируется от КК), генератор циклов КАМАК. Унификация этих узлов на основе типовых схемотехнических решений облегчает разработку новых КД.

Дополнительный контроллер КД-306 предназначен для считывания данных из блоков электроники, расположенных в каркасе КАМАК, и их последующей передачи на магистраль кабельного сегмента ФАСТБАС, с которой он связан гибким кабелем через разъем на передней панели. Алгоритм опроса блоков КАМАК определяется кодом, находящимся во внутреннем ПЗУ программ. Получив управление в каркасе в результате арбитражи, контроллер КД-306 адресует внешний блок на магистрали кабельного сегмента ФАСТБАС в цикле географического адреса. Последующая запись данных в этот блок ведется в режиме блочной передачи данных по обоим перепадам синхросигнала данных DS. Два контроллера КД-306 используются с 1989 г. в составе ССД переднего мюонного годоскопа установки ДЕЛФИ (ЦЕРН). Они позволили наиболее простым, надежным и стандартным образом связать разработанную в ИФВЭ в стандарте КАМАК РЭ с аппаратурой верхнего уровня ССД в стандарте ФАСТБАС.

Дополнительный контроллер КД-318 обеспечивает съем данных из блоков 16-канальных 12-разрядных АЦП, расположенных в каркасе системы СУММА, вычитание значений пьедесталов и запись разности (если она равна или превышает нулевой порог), а также служебного слова с номером канала во внутреннюю память. Съем данных производится с любого количества мест в каркасе, начиная с  $N=1$  с учетом отклика  $Q$ . Информационное слово может содержать 16, а пьедестал — 9 двоичных разрядов. Количество опрашиваемых мест, а также функция чтения ( $F(0)$  или  $F(2)$ ) задаются переключками на плате контроллера. Четыре контроллера КД-318, каждый из которых опрашивал по 12 блоков АЦП, используются с 1992 г. на установке ИСТРА-М. Их применение позволило примерно в три раза сохранить время передачи данных в ЭВМ и в пять раз — общее количество передаваемых слов.

Дополнительный контроллер КД-322 предназначен для считывания данных с одной из станций в крейте КАМАК в режиме блочной передачи UCS и их буферизации во внутреннем ОЗУ, которое доступно для чтения со стороны специальной магистрали, применяемой в составе ССД ряда экспериментальных установок ИФВЭ. Получив управление каналом каркаса в результате арбитражи, контроллер начинает опрос блока по функции  $NA(0)F(0)$  (или  $F(2)$ ) и запись прочитанных с линий R1-R16 данных во внутреннее двухпортовое ОЗУ типа FIFO, доступное также для чтения со стороны специальной магистрали. Опрос заканчивается при получении от опрашиваемого блока  $Q=0$ . Номер этого блока в крейте задается переключками на плате контроллера. В случае переполнения памяти работа контроллера прекращается до вычитывания из нее через специальную магистраль хотя бы одного слова.

Необходимость разработки контроллера КД-322 связана с включением в состав установки СФИНКС в 1992 г. детектора ГАМС со своей РЭ. Эта электроника включает в себя 20 модулей 48-канальных АЦП LeCroy 2282A, размещенных по 10 в двух каркасах КАМАК. Информация из этих блоков считывалась, обрабатывалась и буферизовалась во внутренней памяти процессоров LeCroy 2280, расположенных по одному в каждом из этих каркасов. Именно эти боки и опрашивают контроллеры



КД-322. Общее время преобразования информации в процессоре 2280, его опроса и буферизации данных в КД-322 составило около 750 мкс.

Дополнительный контроллер КД-334 предназначен для съема информации (I) с блоков ВЦП П-267, расположенных в каркасе СУММА, сравнения значений 1 с пьедесталами, записанными в ОЗУ пьедесталов, и записи 1, а также служебного слова с номером канала в буферную память при условии  $(P - I) > 0$ . Съем данных может осуществляться с любого числа каналов от 1 до 256, в каждом ВЦП предполагается наличие 16 информационных каналов. Информация и пьедестал могут содержать до 12 двоичных разрядов.

Возможны два режима работы контроллера. В одном из них полезная информация буферизуется во внешнем по отношению к контроллеру ОЗУ. Во втором — во внутреннем ОЗУ объемом 4К 12-разрядных слов, которое доступно для чтения (а также для записи при тестировании) по магистрали канала каркаса СУММА. С учетом использования КД-334 на установке “Последний ШАНС”, где в качестве ЭВМ ССД используется ПК IBM PC/AT, выбран второй вариант, при котором КД-334 встраивается в КК К-331, работающий под управлением ПК, а данные буферизуются во внутреннем ОЗУ КД-334. В такой конфигурации в сеансе 1994 г. КД-334 опрашивал восемь блоков ВЦП системы дрейфовых трубок и обеспечил сокращение передаваемых в ПК данных в 5-6 раз. Если без использования КД-334 общее время опроса всех каналов РЭ в двух каркасах требует примерно 3 мс, то с его применением оно сокращается до 1 мс.

Дополнительный контроллер КД-336 предназначен для съема данных с блоков 16-канальных 12-разрядных АЦП П-267, расположенных в каркасе СУММА, вычитания значений пьедесталов, дискриминации полученных значений по нижнему порогу и записи ненулевой информации (если она превышает порог дискриминации), а также служебного слова с номером канала во внешнюю буферную память. Съем данных может проводиться с любого числа каналов от 16 до 320. Информация может содержать до 12, пьедестал до 9, а порог до 8 двоичных разрядов.

Использование двух контроллеров КД-336 предполагается в системе амплитудного анализа установки ПРОЗА. Оценка показывает, что объем передаваемых в ЭВМ данных с системы АЦП сократится примерно в пять раз, а время передачи — в шесть раз.

В табл.1 приведены основные сведения о разработанных КД.

Таблица 1.

| Тип КД | Цикл, мкс | Что опрашивает | Конструктив | Установка |
|--------|-----------|----------------|-------------|-----------|
| КД-306 | 1,0       | рег-ры         | КАМАК       | ДЕЛФИ     |
| КД-318 | 1,2       | АЦП            | СУММА       | ИСТРА     |
| КД-322 | 1,5       | *              | КАМАК       | СФИНКС    |
| КД-334 | 1,5       | ВЦП            | СУММА       | П.ШАНС    |
| КД-336 | 1,2       | АЦП            | СУММА       | ПРОЗА     |

\* — процессор LeCroy 2280.

**Третья глава** посвящена контроллерам, работающим под управлением встроенной микроЭВМ или внешней ЭВМ в стандартах ММС КАМАК/ВЕКТОР и BUS-1, и их применению в СА установок и стендов ИФВЭ.

В качестве основы процессорного ядра разработанных интеллектуальных контроллеров выбран МПК КР580. Его характеризуют функциональная полнота (24 микросхемы), низкая стоимость, высокая надежность, простота программирования и наличие средств разработки программ для него на большинстве универсальных ЭВМ. Характеристики базового МП КР580ВМ80А (тактовая частота 2,5 МГц, 8-разрядная шина данных, адресуемая память 64 Кбайт) определяют основные области его применения и круг решаемых задач – относительно простые алгоритмы сбора, обработки информации, измерений и управления, не требующие высокого быстродействия в составе аппаратуры нижнего и среднего уровня СА. Этот МПК удобно также использовать для создания встраиваемых контроллеров, выполняющих функции интеллектуальных инструментальных средств для настройки и тестирования аппаратуры.

Интеллектуальный контроллер систем КАМАК/ВЕКТОР АКК-19 разработан в соответствии с модульным принципом, предусматривающим наличие одной процессорной платы с микроЭВМ и нескольких плат с контроллерами внешних устройств, что позволяет создавать как гибкие автономные системы, так и использовать контроллеры в качестве интеллектуальных узлов распределенных систем с ЭВМ верхнего уровня.

На процессорной плате АКК-19 размещены микроЭВМ на основе МПК КР580, ОЗУ и ППЗУУФ общим объемом до 128 Кбайт, последовательный интерфейс, программируемый таймер, контроллер прямого доступа в память (ПДП), а также приемники и передатчики линий чтения и записи КАМАК. Разработано два типа контроллерных плат. Их одинаковой частью является основной контроллер прерываний, генератор циклов КАМАК и второй последовательный интерфейс. На плате первого типа размещены также контроллер накопителей на гибких магнитных дисках (НГМД) и параллельный интерфейс, а на плате второго типа – контроллер канала общего пользования (КОП) и вспомогательный контроллер прерываний.

В базовое резидентное ПО АКК-19 входят находящиеся в ППЗУУФ монитор, интерпретирующий язык Бейсик с функциями КАМАК и программа работы с программаторами. На ГМД реализована ОС СР/М, в составе которой имеются средства подготовки программ на языках Ассемблер, Си, Паскаль, Бейсик.

Разработка интеллектуального контроллера PSO в стандарте BUS-1 связана с выбором этого стандарта в качестве базового для электронной аппаратуры систем автоматизации УНК и необходимостью иметь в нем достаточно простой, дешевый и надежный микроконтроллер. Одноплатный контроллер PSO содержит процессорное ядро на базе МПК КР580, ОЗУ и ППЗУУФ общим объемом 32 Кбайт, два последовательных интерфейса, два программируемых таймера, два контроллера прерываний, а также интерфейсы магистрали BUS-1 и резидентной магистрали микроЭВМ.

При создании СА относительно небольших экспериментальных установок и стендов на основе аппаратуры КАМАК/ВЕКТОР и одной управляющей ЭВМ использование контроллеров с управлением от встроенных микроЭВМ может быть целесообразным. Оптимальное решение задачи в этом случае – использование простейших контроллеров каркаса, не содержащих интеллектуальных функций и работающих под непосредственным управлением внешней ЭВМ. Использование в этом случае для их объединения параллельной или последовательной ветвей КАМАК не всегда оправдано из-за относительной сложности как самой магистрали ветви, так и соответствующих адаптерных плат в ЭВМ. Предпочтительнее разработка простейших адаптерных плат, расширяющих магистраль ввода/вывода ЭВМ и обеспечивающих обращение к контроллерам каркасов как к внешним устройствам этой ЭВМ. Помимо упрощения структуры и увеличения надежности аппаратуры такой способ сопряжения также упрощает разработку ПО. Он реализован при разработке контроллера К-331, который предназначен для управления операциями в каркасе КАМАК/ВЕКТОР от внешней ЭВМ, с которой он связан параллельной магистралью, обеспечивающей обмен с ЭВМ 8-разрядными словами.

Структура магистрали и контроллера позволяет организовать многокаркасную (до 7 каркасов) систему, работающую под управлением одной ЭВМ. Разработаны аппаратно-программные средства сопряжения контроллера К-331 с персональными компьютерами типа IBM PC/XT/AT. Они включают в себя адаптерную плату в конструктиве IBM PC и программный драйвер для языков Си и Паскаль в рамках MS DOS.

В табл.2 перечислены основные характеристики разработанных встраиваемых контроллеров.

Таблица 2.

|                                  |                        |                        |                  |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| Контроллер                       | АКК-19                 | P80                    | К-331            |
| Конструктив                      | КАМАК/<br>ВЕКТОР       | BUS-1                  | КАМАК/<br>ВЕКТОР |
| Управление операциями магистрали | От встроенной микроЭВМ | От встроенной микроЭВМ | От внешней ЭВМ   |
| Цикл магистрали, мкс             | 20-30                  | 10-15<br>(AT-486)      | 10-15            |

**Четвертая глава** посвящена аппаратно-программным средствам для разработки, настройки, тестирования и расширения функциональных возможностей встраиваемых контроллеров и систем с их использованием.

Опыт эксплуатации встраиваемых микроЭВМ и интеллектуальных контроллеров в СА показывает, что объема их внутренней памяти может быть недостаточно для решения ряда задач, в частности, для организации “электронного диска” – массива памяти большого объема для хранения данных и рабочих программ. Зачастую пользователю необходима также возможность гибко компоновать ОЗУ и ППЗУ с рабочими программами для их отладки и последующей эксплуатации. Расширение

памяти микроЭВМ и микропроцессорных контроллеров возможно в виде блоков ЗУ, не зависящих от типа процессора и доступных для записи и чтения со стороны стандартной системной магистрали (КАМАК, Multibus и др.) или в виде блоков, подключаемых непосредственно к резидентной магистрали расширения микроЭВМ.

Разработаны блоки памяти обоих типов. Блоки П-278 и П-278М предназначены для хранения информации в каркасе системы СУММА и имеют максимальный объем до 32К (П-278) или 128К (П-278М) 16-разрядных слов. В качестве микросхем памяти могут использоваться микросхемы ОЗУ/ППЗУУФ/ЭППЗУ объемом 2Кх8 (для П-278) или 2Кх8 и 8Кх8 (для П-278М). Блок памяти П-287 общим объемом до 1 Мбайт предназначен для расширения памяти интеллектуальных контроллеров и микроЭВМ на основе МПК КР580 и КР1810 и связывается с ними через разъем на передней панели. Блоки буферной памяти П-278 и П-278М использовались в составе СУ криогенного оборудования стенда калибровки сверхпроводящих магнитов для хранения рабочих программ (в ППЗУУФ) и промежуточного хранения данных (в ОЗУ), а также на рабочих местах разработчиков и настройщиков электронной аппаратуры.

Другим фактором эффективного использования встраиваемых микропроцессорных средств, помимо удобной конфигурации памяти, является возможность связи ряда таких приборов с ЦЭВМ, обеспечивающей для них подготовку, отладку, хранение и загрузку рабочих программ, а также двусторонний обмен данными. Большинство интеллектуальных контроллеров имеют один или более последовательных портов с интерфейсом RS-232C и/или 20-мА токовой петли, а в качестве ЦЭВМ СА широко используются ПК типа IBM PC. Для связи этих ПК с интеллектуальными контроллерами разработана плата 8-канального коммутатора последовательных линий в стандарте ПК IBM PC.

Наличие большого количества аппаратуры (около 300 блоков десяти типов), входящей в состав ССД ряда экспериментальных установок ИФВЭ (и в первую очередь аппаратных контроллеров), потребовало создания стенда для ее разработки, настройки, тестирования и ремонта. В качестве интеллектуального ядра стенда выбран разработанный в ИФВЭ комплект блоков на основе микроЭВМ МЭ-80 и драйвера ветви ДВ-101. Реализованы одно- и многокаркасные конфигурации стенда для настройки аппаратуры в условиях, максимально близких к реальной работе на установках. В качестве ЦЭВМ использовались ЭВМ DEC-10 и ПК IBM PC/XT. Разработаны многофункциональный тестовый блок Т-312 в конструктиве КАМАК и прикладное ПО для стенда.

Проводившиеся в ИФВЭ работы по освоению ММС ФАСТБАС и созданию в конструктивах ФАСТБАС специализированного процессора-эмулятора (СПЭ) 780/E потребовали создания базового набора инструментальных средств. В качестве таких средств разработаны интеллектуальный контроллер ФАСТБАС FC и контроллер СПЭ SPIN. Оба блока содержат микроЭВМ на основе МПК КР580 и позволяют организовать от нее управление магистралью каркасного сегмента ФАСТБАС и шестью магистралями СПЭ с целью разработки, первичной настройки и тестирования аппаратуры ФАСТБАС и СПЭ.

**В заключении** сформулированы основные результаты работы:

1. На основе анализа задач автоматизации и структуры СА установок для экспериментов в физике высоких энергий определена область применения и круг решаемых задач для встраиваемых контроллеров в составе этих систем: аппаратура нижнего и среднего уровня, в составе которой контроллеры осуществляют сбор, фильтрацию, первичную обработку, буферизацию и пересылку данных на верхний уровень, а также реализуют функции управления.

2. Определены основные требования, рассмотрена элементная база, предложены и реализованы оптимальные способы построения и конструктивной реализации аппаратных и программируемых встраиваемых контроллеров для СА экспериментальных, ускорительных и технологических установок и стендов в ИФВЭ. Контроллеры, реализующие алгоритм работы аппаратно или микропрограммно, обеспечивают высокое быстродействие, но относительно малую гибкость в изменении алгоритма работы. Их использование предпочтительнее в составе быстродействующих ССД и СТ экспериментальных установок. Контроллеры на основе универсальных МПК с фиксированной разрядностью и системой команд отличаются, как правило, меньшим быстродействием и большей гибкостью, что определяет их применение в СУ и комплексной автоматизации различных установок, а также ССД и СТ экспериментальных установок и стендов с невысокими потоками данных.

3. Разработаны встраиваемые аппаратные контроллеры пяти типов, предназначенные для ССД на основе аппаратуры КАМАК/ВЕКТОР экспериментальных установок ДЕЛФИ, СФИНКС, “Последний ШАНС”, ИСТРА-М, ПРОЗА. Их применение позволило:

- обеспечить сбор, фильтрацию и буферизацию информации в каркасах КАМАК/ВЕКТОР с временем, близким к предельному для этих систем;

- оптимальным образом связать электронную аппаратуру различных подсистем в составе ССД экспериментальных установок (КД-30б в составе ССД установки ДЕЛФИ и КД-322 в составе ССД установки СФИНКС);

- обеспечить при использовании типичной для экспериментальных установок ИФВЭ аппаратуры связи с ЭВМ обеспечить примерно трехкратное сокращение времени опроса блоков АЦП в каркасных и пятикратное сокращение объема передаваемых в ЭВМ данных с существенным улучшением их качества по сравнению с программным опросом блоков ЦАП от ЭВМ.

4. Разработан контроллер каркаса К-331 ММ КАМКА и ВЕКТОР, обеспечивающий простой способ подключения аппаратуры КАМКА/ВЕКТОР к магистрали ввода/вывода ЭВМ различных типов. Реализованы аппаратно-программные средства сопряжения контроллера с ПК типа ИВМ РС/ХТ/АТ. Изготовлено и настроено 50 комплектов контроллеров и адаптерных плат для ПК. Их использование позволило создать ССД установки “Последний ШАНС”, систему измерения спектров нейтронных полей на 6- и 18-м каналах ускорителя У-70, а также 10 одно- и двухкаркасных систем для методических исследований, разработки и настройки электронной аппаратуры в различных подразделениях ИФВЭ.

5. Определены требования и структура, проведена разработка и изготовление партии из 60 блоков микропроцессорных встраиваемых контроллеров на основе МПК КР580 в стандартах ММС КАМАК, ВЕКТОР и BUS-1. Их использование позволило создать ряд многокаркасных систем с распределенным интеллектом и возможностью гибкого изменения алгоритмов работы, в том числе:

– систему диагностики параметров пучка, выводимого в канал инжекции УНК (на основе контроллеров АКК-19);

– ССД с триггерных сцинтилляционных плоскостей жидкоаргонового нейтринного детектора Комплекса меченых нейтрино (на основе АКК-19);

– систему автоматизации вентиляционного оборудования канала инжекции УНК (на основе контроллера Р80); а также 6 однокаркасных локальных и связанных с центральной ЭВМ стенов на базе контроллера АКК-19 для проведения методических исследований, настройки и тестирования электронной аппаратуры в ИФВЭ.

6. Разработан набор буферных памятей трех типов, изготовлено и настроено 60 блоков. Их использование позволило расширить функциональные возможности микропроцессорных встраиваемых контроллеров в составе аппаратуры криогенного комплекса стенда испытаний сверхпроводящих магнитов, а также на рабочих местах разработчиков и настройщиков электронной аппаратуры.

7. Определена структура, разработан тестовый блок Т-312 в конструктиве КАМАК, создан стенд и программное обеспечение для него, позволившие в 1984-1995 гг. настроить, обеспечить тестирование, эксплуатацию и ремонт около 280 контроллеров нескольких типов, драйверов специальной магистрали, блоков буферной памяти и другой аппаратуры, использующейся в ССД экспериментальных установок ИФВЭ СФИНКС, ПРОЗА, ФОДС-2, ГИПЕРОН.

### Список литературы

[1] Говорун В.Н., Давиденко А.М., Ермолин Ю.В., Коноплянников А.К., Лось С.В., Матвеев М.Ю., Сенько В.А., Сытин А.Н. Использование дополнительных контроллеров, отвечающих стандарту EUR 6500 в экспериментальных установках ИФВЭ. – В кн.: Модульные информационно-вычислительные системы и сети / Сборник трудов АН СССР “Восьмой Международный симпозиум по проблемам модульных информационно-вычислительных систем и сетей ICSNET, САМАС-91” Дубна, 9-14 сентября 1991 г. – М.» изд-во Инновационного объединения АН СССР, с.336.

[2] Матвеев М.И. Дополнительные контроллеры в стандарте EUR 6500 для съема, фильтрации и буферизации информации: Препринт ИФВЭ 93-136, Протвино, 1993.

[3] Аввакумов И.А., Мамаков П.В., Матвеев М.Ю. Контроллер крейта. КАМАК/ВЕКТОР для работы с персональным компьютером IBM PC/XT/AT: Препринт ИФВЭ 93-135, Протвино, 1993.

[4] Буянов Э.Г., Матвеев М.Ю., Суходольский С.А. Автономный каркасный контроллер АКК-19: Препринт ИФВЭ 90-100, Протвино, 1990.

- [5] Агеев В.Л., Арсентьев А.К., Матвеев М.Ю., Осипов С.Л. Контроллеры канала общего пользования (КОП) в стандарте КАМАК/ВЕКТОР: Препринт ИФВЭ 93-78, Протвино, 1993.
- [6] Аввакумов И.А., Драч Л.В., Матвеев М.Ю. Пчелкина Е.И., Степанец О.В. Программное обеспечение автономного каркасного контроллера АКК-19: Препринт ИФВЭ 90-101, Протвино, 1991.
- [7] Кожевников А.П., Матвеев М.Ю., Соловьянов О.В., Тишин Г.В. Платы расширения функциональных возможностей персонального компьютера IBM PC: Препринт ИФВЭ 92-169, Протвино, 1992.
- [8] Давиденко А.М., Матвеев М.Ю. Модули буферной памяти системы СУММА: Препринт ИФВЭ 89-93, Серпухов, 1989.
- [9] Воеводин В.П., Говорун В.Н., Давиденко А.М., Екимов Ан.В., Иванова Н.С., Ковальцов В.И., Козяев Ю.М., Лукьянцев А.Ф., Матвеев М.Ю., Сенько В.А., Сытин А.Н., Тишин Г.В. Специализированный процессор-эмулятор 780/E: Препринт ИФВЭ 89-72, Серпухов, 1989.
- [10] Voevodin V.P., Govorun V.N., Davidenko A.M., Ekimov An.V., Ivanova N.S., Kovaltsov V.I., Kozyaev Yu.M., Lukyantsev A.F., Matveev M.Yu., Senko V.A., Sytin A.N., Tishin G.V. The 780/E specialised processor-emulator: Computer Physics Communications 57 (1989) p.532-535. North-Holland.
- [11] Козяев Ю.М., Матвеев М.Ю. Дополнительные контроллеры для съема информации с блоков АЦП: Препринт ИФВЭ 95-41, Протвино, 1995.

*Рукопись поступила 22 января 1996 г.*

М.Ю. Матвеев.

Встраиваемые контроллеры для систем автоматизации экспериментальных,  
ускорительных и технологических установок и стендов ИФВЭ.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

Редактор М.Л.Фоломешкина.

---

Подписано к печати 22.01.96. Формат 60 × 84/8.

Офсетная печать. Печ.л. 1,62. Уч.-изд.л. 1,24. Тираж 100. Заказ 561.

Индекс 3649. ЛР №020498 17.04.97.

---

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий

142284, Протвино Московской обл.



