

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Н - 349

10 - 11572

НГУЕН
Вьет Зунг

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СТЕНДОВ
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ БОЛЬШИХ ДЕТЕКТОРОВ
И СВЕРХПРОВОДЯЩИХ МАГНИТОВ

Специальность 05.13.06 - автоматизированные
системы переработки информации и управления

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 1978

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель -

кандидат технических наук

И.Ф. КОЛПАКОВ

Официальные оппоненты:

доктор технических наук

Ю.А. КАРЖАВИН

кандидат технических наук

В.Д. ИНКИН

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Физический институт Академии наук СССР, Москва.

Защита диссертации состоится " " 1978 года

в часов на заседании Специализированного совета
Д047.01.04 при ЛВТА ОИЯИ, Дубна, Московской области.

Автореферат разослан " " 1978 года.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Специализированного совета

кандидат физико-математических наук

Т.П. ПУЗЫНИНА Т.П. ПУЗЫНИНА

Актуальность

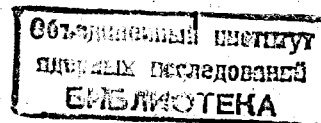
Автоматизация в области физики высоких энергий прежде всего должна соответствовать получению физических результатов от экспериментальных установок. С другой стороны, она часто является средством для решения многих задач, непосредственно не связанных с получением физических результатов, но способствующих их достижению.

Одни из основных экспериментальных установок физики высоких энергий - это многоканальные многопроволочные спектрометры. Они характеризуются: 1) высокой скоростью поступления информации - до $10+20$ Мбайт/с, 2) большим объемом регистрируемой информации - до 1 Мбайт, 3) импульсным характером работы - набор данных производится примерно 1 раз в 10 с. Для управления набором информации необходима дисковая операционная система. В основном обработка информации происходит на больших ЭВМ. Вопросы организации таких систем достаточно изучены /1/.

В то же время имеется большое количество примеров использования автоматизированных систем в Лаборатории физики высоких энергий, которые по своему назначению отличаются от спектрометров. Прежде всего, это различные стендовые установки. Они характеризуются скоростью поступления информации от 10^2 байт/с до 10^3 байт/с и объемом регистрируемых данных от 4 К до 12 Кбайт. Задачи автоматизации на основе автоматизированных систем такого типа поставлены и рассмотрены в данной диссертации. Актуальным для таких систем является применение малых ЭВМ и электроники КАМАК/1, 2/. Наиболее распространен вариант индивидуального использования малых ЭВМ для отдельных установок такого рода в реальном времени. Задачи автоматизации стендовых систем в физике высоких энергий согласуются с функциональными возможностями малых ЭВМ. Однако наличие ЭВМ не решает вопроса автоматизации целиком. Необходимо организовать сопряжение датчиков и набора стандартных электронных блоков с малыми ЭВМ и разрабатывать соответствующее математическое обеспечение.

Научная новизна

Основные элементы новизны выполненной работы заключены в следующем: 1) разработаны методы построения автоматизированных стендовых систем на основе малых ЭВМ, 2) создан комплекс электронной аппаратуры, реализующий эти методы в экспериментах физики



высоких энергий, 3) приведено математическое обоснование обработки запросов (LAM) от источников программ, 4) впервые осуществлена система сбора и обработки данных для диагностики пучка протонного ускорителя на базе стандартной электроники КАМАК и ЭВМ ТРА-1, 5) впервые разработан измерительный стенд для испытания импульсных сверхпроводящих магнитов на основе ЭВМ ТРА-70 и 6) разработан ряд оригинальных программно-управляемых блоков для автоматизированных систем, создаваемых на базе стандарта КАМАК и малых ЭВМ.

Практическая ценность

Практическим результатом работ, положенных в основу диссертации, является решение важных задач диагностики пучка жидководородной камеры "Людмила", а также измерения температурных характеристик и потерь в импульсных сверхпроводящих магнитах. Создана методика построения автоматизированных стендовых систем для решения широкораспространенных задач, которые встречаются не только в физике высоких энергий, но и в других областях научных исследований.

Для защиты выдвигаются следующие результаты:

1. Создание методики организации автоматизированных стендов для физики высоких энергий на базе малых ЭВМ и электроники в стандарте КАМАК.

2. Разработка комплекса автоматизации для сбора и обработки данных в расширенной системе диагностики (РСД) пучка жидководородной камеры "Людмила" на базе ЭВМ ТРА-1.

3. Создание метода автоматизации и разработка комплекса измерительной аппаратуры для стенда испытания импульсных сверхпроводящих магнитов на базе ЭВМ ТРА-70.

4. Разработка блоков в стандарте КАМАК для широкого применения в системах автоматизации.

Объем работ

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, содержит 98 страниц машинописного текста, 57 рисунков и 6 таблиц. Список литературы насчитывает 100 наименований. В диссертации обобщены результаты работ, выполненных в Лаборатории высоких энергий с 1973г. по 1978г.

В первой главе рассматриваются особенности организации автоматизированных систем для физических измерений.

Анализируются современные измерительные установки и стенды в физической лаборатории. Приведены функциональные характеристики типичных экспериментальных установок и стендов в ЛВЭ. Несмотря на различное назначение этих систем, они имеют много общего с точки зрения автоматизации измерений: поток информации составляет $10^2 + 10^3$ байт/с, при максимальных потоках до $3 \cdot 10^5$ байт/с объем запоминаемой информации составляет от 4К до 12 Кбайт. Анализ потока информации показывает, что применение малых ЭВМ в таких системах является целесообразным и необходимым. Во всех этих системах заложены общие принципы измерения и обработки накопления информации в памяти определенного объема, визуального представления данных. Определены общие требования к электронной аппаратуре при создании автоматизированных систем стендового типа. Для организации автоматизированных систем таких установок можно предложить типичную структурную схему (см. рис. 1).

В последнем разделе первой главы приводится математическое описание обработки запросов (LAM) в крейте КАМАК, которые являются основным источником прерывания ЭВМ. Введены следующие определения: q_{pmi} - состояние i -го разряда регистра маски источника LAM, q_{pp} - условие разрешения прерывания по D в статусном регистре контроллера. Тогда $Q_{di}(t)$ - условие появления сигнала прерывания текущей программы в ЭВМ от источников запросов L_i при отсутствии сигналов запросов от других источников L_j ($j \neq i$)

$$Q_{di}(t) = q_{pmi}(t) \& q_{pp}(t) \& q_{li}(t) \quad (I-1),$$

где q_{li} - условие разрешения на появление сигнала L_i . В более общем случае следует рассматривать условие появления сигнала прерывания $Q_{oni}(t)$ при наличии сигналов запроса от других источников L_j :

$$Q_{oni}(t) = Q_{di}(t) \& \left(\bigwedge_{j=1}^{i-1} Q_{dj}(t) \right). \quad (I-2).$$

В выражении (I-2) $\bigwedge_{j=1}^{i-1} Q_{dj}(t)$ определяет условие отсутствия разрешения на прохождение сигналов запроса L_j или отсутствие таких сигналов запроса L_j , которые имеют более высокий приоритет, чем L_i .

Во второй главе рассмотрены стендовые автоматизированные системы физики высоких энергий.

По применяемым источникам программ все системы подразде-

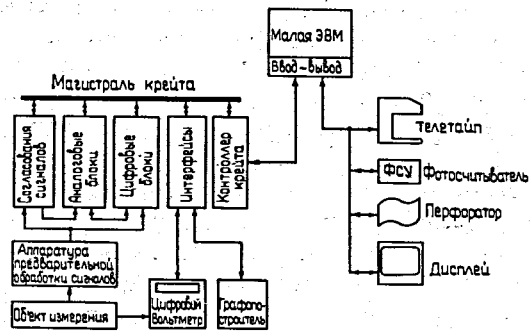


Рис. 1. Блок-схема автоматизированной стендовой системы на базе малой ЭВМ и электроники в стандарте КАМАК.

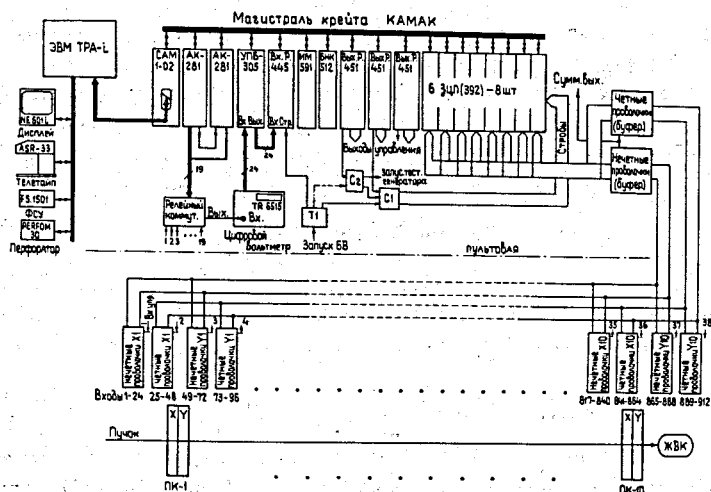


Рис. 2. Блок-схема электроники расширенной системы диагностики пучка жидководородной камеры "Людмила".

лены на три класса с 1) программным контроллером, 2) малой ЭВМ и 3) микропрограммным контроллером. В главе рассматриваются автоматизированные системы этих трех типов, разработанные в ЛВЭ ОИИИ. Особое внимание уделено системам, работающим под управлением малой ЭВМ и микропроцессоров. Например, рассмотрены особенности и преимущества измерительной системы медленного вывода синхрофазотрона на линии с ЭВМ ЕС-1010 [3,4,5], а также вариант стенда для проверки блоков в стандарте КАМАК.

Рассмотрены особенности ряда малых ЭВМ, применительно к использованию в автоматизированных системах - ЕС-1010, ТРА-70 и ТРА-1. Особое внимание уделено анализу и сравнению структур систем ввода-вывода различных ЭВМ.

Далее сравниваются характеристики микропроцессорных контроллеров в стандарте КАМАК. Показаны возможности и перспективы применения микропроцессоров для автоматизированных стендовых систем. Проведено сравнение всех трех типов стендовых систем и даны рекомендации по их использованию в физической лаборатории. Сделан вывод о преимуществе использования в стендовых системах малых ЭВМ. Эти преимущества заключаются в:

- 1) непосредственной обработке получаемых данных;
- 2) быстром представлении результатов;
- 3) возможности гибкого расширения системы путем подсоединения дополнительных крейтов радиальным образом;
- 4) наличии достаточного объема памяти (от 4К до 32К слов в ОЗУ);
- 5) сравнительно невысокой стоимости и
- 6) обеспечении гибкого программирования режимов работы.

В третьей главе описана созданная система сбора и обработки данных в РСД пучка жидководородной камеры "Людмила" для настройки и контроля пучков канала № 9 ускорителя У-70 ИФВЭ. Она обеспечивает диагностику пучка с помощью многопроволочных пропорциональных камер. Кроме того, электронная аппаратура РСД выполняет следующие функции:

- 1) съем, передачу и регистрацию сигналов с пропорциональных камер;
- 2) автоматический ввод значений токов магнитооптических элементов канала;
- 3) обработку и представление профиля протонного пучка и
- 4) калибровку и тесты электронной части системы.

В системе использована электроника в стандарте КАМАК на линии с ЭВМ ТРА-1, позволяющая выбрать режим работы с камерами программным путем, считывать данные с крейта КАМАК и затем обрабатывать их и выводить на внешние устройства ЭВМ. Общая блок-схема системы показана на рис. 2. В РСД поток информации от пропорциональных камер составляет 200 байт/с. Объем запоминаемых данных - 8 Кбайт и объем выводимых данных - 100 байт. Характер работы - импульсный. Съём информации производится 1 раз в 9 секунд. Измерения величин сигналов производятся параллельно со всех 48 проволочек от камер в любой плоскости либо для двух плоскостей (с четных и нечетных проволочек) с помощью блоков АИП ^{1/6}. Для выбора любой плоскости ЭВМ устанавливает на выходных регистрах управляющий код, соответствующий группе проволочек. Для организации измерения токов в 19 обмотках магнитов используются цифровой вольтметр типа TR -6515 и два блока аналоговых коммутаторов. Сопряжение цифрового вольтметра с магистралью крейта через блок выходного регистра позволяет использовать вольтметр на линии с ЭВМ ТРА-1.

Программное обеспечение РСД написано на языке SLANG для ЭВМ ТРА-1 и занимает 8К слов в памяти. Оно предназначено для считывания информации о пучке, дальнейшей ее обработки и выдачи на внешние устройства ЭВМ характеристик пучка. В программное обеспечение также входит тестовая программа настройки и контроля электронной части системы. После приема калибровочных сигналов ЭВМ производит нормировку данных по форме:

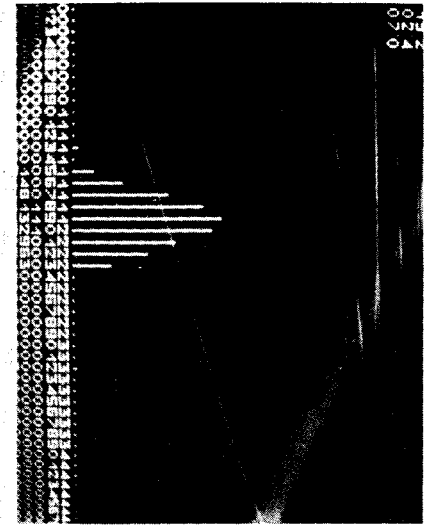
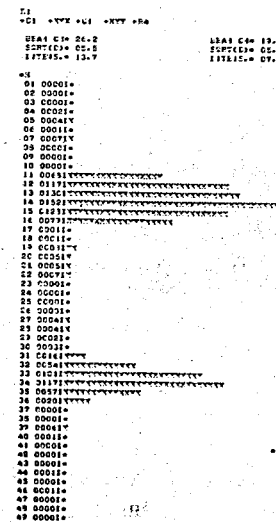
$$\bar{B}_j = \left[\frac{B-P}{T-P} \right]_j \cdot (T-P)_j, \quad (3-1),$$

где j - канал, в котором отношение (B - P)/(T - P) максимально. В выражении (3-1) B - амплитуда импульса от пучка, T - амплитуда тестового импульса, P - величина шестастала в цифровом коде преобразователей. Пронормированные результаты выводятся в виде гистограмм на телетайп (см. рис. 3а) или на дисплей (см. рис. 3б).

Четвертая глава посвящена описанию разработанной автором автоматизированной системы на базе ЭВМ ТРА-70 стенда измерения параметров и испытания импульсных сверхпроводящих магнитов ^{1/7}.

К стенду предъявляются следующие требования:

- 1) поток информации от датчиков составляет 400 байт/с, чтобы не искажать характера переходных процессов;
- 2) датчики и электронная аппаратура должны работать в условиях



а) б)
Рис. 3. Представление профиля пучка : а) на телетайпе : с пропорциональной камерой в X и Y -плоскостях ; б) на дисплее.

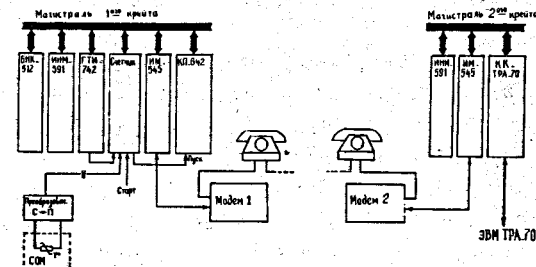


Рис.4. Структурная схема стенда измерения криогенных температур.

помехи, связанной с наводкой на цепь датчиков изменяющегося магнитного поля ($\sim 0,4 \text{ Т/с}$);

- 3) накапливать за цикл измерения до 6 К байт в памяти ЭВМ;
- 4) поток выводимых данных составляет 200 байт/с и
- 5) импульсный характер работы — прием информации производится 1 раз в $2 + 60 \text{ с}$.

В главе излагаются принципы организации измерительной системы на линии с ЭВМ ТРА-70. Описаны особенности разработанной системы для измерения криогенных температур, близких к $4,2^\circ\text{К}$, при термостатировании импульсных сверхпроводящих магнитов. В качестве датчиков используются термометры сопротивления, подключенные к преобразователям сопротивления в период следования импульсов с коэффициентом преобразования 1 мкс/Ом . Далее идет период следования преобразователя в цифровой код методом счета импульсов опорной частоты. С помощью блока программного контроллера через интерфейс модема SZAM-32 данные из счетчиков передаются по телефонной линии в удаленный край КАМАК. Специализированный контроллер края связан с программным каналом ЭВМ ТРА-70. Структурная схема системы представлена на рис. 4. После чтения данных с креста КАМАК-ЭВМ производит обсчет результатов по формуле:

$$T = \frac{I_g R}{(A_1 I_g R + A_2)^2}, \quad (4-1),$$

где T — температура, R — сопротивление резистивного датчика, A_1 и A_2 — константы, соответствующие данному датчику.

Система обеспечивает измерения температур с двух точек. Минимальное время измерения — $0,1 \text{ с}$. Точность измерения — не менее 1% .

В настоящее время создан расширенный вариант этой системы, где дополнительно предусматривается измерение потерь энергий в импульсных сверхпроводящих магнитах. Для этого случая вся электронная аппаратура находится в кресте КАМАК, связанном непосредственно с ЭВМ через контроллер креста ТРА-70. Созданная система имеет вывод на графопостроитель и производит обсчет площади потерь энергии. Программное обеспечение системы написано на языке Ассемблера ЭВМ ТРА-70. Общий вид измерительного стенда на линии с ЭВМ ТРА-70 показан на рис. 5.

В пятой главе описываются особенности разработанных автором блоков в стандарте КАМАК, используемых для автоматизированных стендов на линии с малыми ЭВМ.

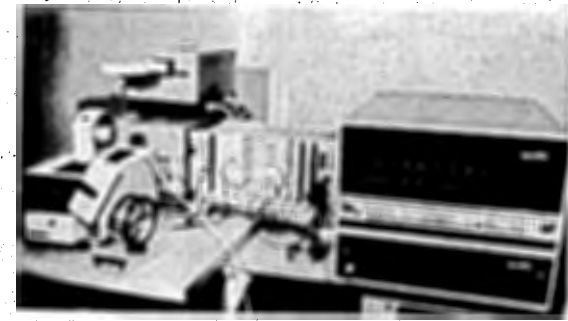


Рис. 5. Общий вид измерительного стенда для испытания импульсных сверхпроводящих магнитов.

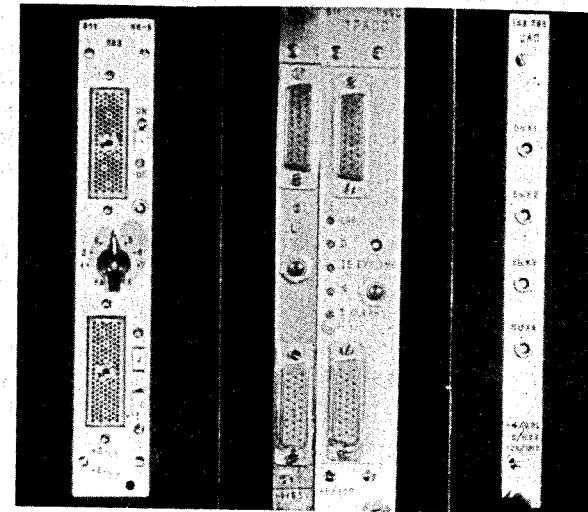


Рис. 6. Внешний вид разработанных блоков в стандарте КАМАК : а) контроллера типа А-1; б) контроллера креста для связи с программным каналом ЭВМ ТРА-1; в) цифро-аналогового преобразователя.

Разработан один из наиболее важных контроллеров крейта в стандарте КАМАК – контроллер типа А-I^{1/2}, предназначенный для организации ветви (см. рис. 6а). Разработан контроллер крейта для связи с ЭВМ ТРА-1 по программному каналу, который имеет простую структуру и полностью соответствует стандарту КАМАК (см. рис. 6б). Впервые разработан цифро-аналоговый преобразователь на гибридных пленочных схемах в стандарте КАМАК (см. рис. 6в). Преобразователь выполнен в ячейке единичной ширины и имеет 4 независимых канала. Все разработанные блоки широко применяются не только в стендовых системах, но и в других автоматизированных системах.

Основные результаты работы можно сформулировать следующим образом:

1. Предложены методы построения автоматизированных систем на базе малых ЭВМ для стендовых измерений в физике высоких энергий. Проанализированы логические условия описания процессов обработки запросов (LAM) из крейта КАМАК для организации прерывания ЭВМ, работающей в реальном времени. Проведен анализ известных автоматизированных систем и на его основании даны рекомендации по применению подобных систем в физической лаборатории.

2. Разработана и создана система сбора и обработки данных в РСД на линии с ЭВМ ТРА-1, использованной впервые для настройки пучка заряженных частиц на протонном ускорителе. Разработан ряд подпрограмм и частично монитор в системе математического обеспечения РСД.

3. Разработан ряд специализированных блоков в стандарте КАМАК для РСД – входной и выходной регистры, обеспечивающие работу системы. Впервые выполнено сопряжение цифрового вольтметра TR-6515 с ЭВМ ТРА-1 с помощью стандартных блоков КАМАК: преобразования уровней, параллельного входного регистра и аналоговых коммутаторов.

4. Впервые разработана методика автоматизированного измерения параметров для испытательного стенда импульсных сверхпроводящих магнитов на базе программно-модульной системы на линии с малой ЭВМ.

5. Создана автоматизированная система измерения криогенных температур на линии с ЭВМ ТРА-70. Реализован комплекс электронной аппаратуры для проведения измерений через телефонную линию с помощью модема.

Для системы разработаны интерфейс модема и специализированный счетчик, а также обеспечено сопряжение с ЭВМ ТРА-70 по программному каналу.

6. Система имеет большие возможности расширения для измерения и контроля других параметров испытательного стенда. Например, на основе стендовой системы на линии с ЭВМ ТРА-70 проведено измерение потерь энергии в импульсных сверхпроводящих магнитах. Разработано программное обеспечение на Ассемблере ЭВМ ТРА-70 для набора и предварительной обработки результатов.

7. Разработаны блоки широкого применения в стандарте КАМАК для автоматизированных систем: контроллер крейта типа А-I, контроллер крейта для связи с ЭВМ ТРА-1 по программному каналу и цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) на гибридных пленочных схемах. Существенным преимуществом является использование элементов советского производства. ЦАП был первой разработкой на пленочных схемах в стандарте КАМАК в СССР. Разработанные блоки широко применяются в разных автоматизированных системах и внедрены в опытное производство. Например, контроллер крейта связи с ЭВМ ТРА-1 используется в лабораториях ОИЯИ (ЛВЭ, ЛНФ, ЛЯР), а также в ФИАН СССР.

Апробация

Основные работы, изложенные в диссертации, докладывались на IX Международном симпозиуме по ядерной электронике (Варна, НРБ, 1977г.), на I Всесоюзном совещании по автоматизации научных исследований в ядерной физике (Киев, 1976г.) и опубликованы в ведущих советских и зарубежных журналах, а также в препринтах ОИЯИ. Все работы, положенные в основу настоящей диссертации, докладывались на семинарах ЛВЭ. Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях:

1. Нгуен Вьет Зунг, Н.М.Никитюк, ОИЯИ, II-8377, Дубна, 1974.
2. И.П.Белякова, Нгуен Вьет Зунг, Е.Хмелевски, ПТЭ, № 4, 95, 1976, ОИЯИ, IO-8946, Дубна, 1975.
3. Нгуен Вьет Зунг и др., ПТЭ, № 2, 50, 1976, ОИЯИ, IO-8932, Дубна, 1975.
4. С.Г.Басиладзе, Н.Ф.Буланов, В.Врба, С.В.Левонян, Нгуен Вьет Зунг, В.К.Юдин, ОИЯИ, IO-10919, Дубна, 1977.

5. В.Врба, С.В.Левонян, Нгуен Вьет Зунг, В.П.Руковичкин, ОИЯИ, РЮ-11001, Дубна, 1977.
6. Нгуен Вьет Зунг и др., ОИЯИ, Ю-Ю523, Дубна, 1977; Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике (Варна, НРБ, 1977г.), ОИЯИ, Д13-11182, Дубна, 1978, 225.

ЛИТЕРАТУРА

1. И.Ф.Колпаков, Электронная аппаратура на линии с ЭВМ в физическом эксперименте, М., Атомиздат, 1974.
2. САМАС EUR-4100e, EUR-4600e, 1972.
3. E.V.Chernykh, L.G.Efimov, I.I.Kulikov, Nguen Viet Zung, V.A.Smirnov, V.I.Volkov. IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. NS-24, No 6, 2561, 1977.
4. В.И.Волков, Л.Г.Ефимов, И.Ф.Колпаков, И.И.Куликов, Нгуен Вьет Зунг и др. В сборнике: "I-е Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике (тезисы докладов)", Киев, стр. 65, 1976.
5. Нгуен Вьет Зунг, В.А.Смирнов, Е.В.Черных, ОИЯИ, Ю-9019, Дубна, 1975.
6. С.Г.Басиладзе, Н.Ф.Буланов, Нгуен Вьет Зунг, В.К.Юдин, ОИЯИ, 13-10825, Дубна, 1977.
7. А.М.Балдин, Е.И.Дьячков, А.Г.Зельдович, Э.В.Комогоров, И.Ф.Колпаков, Ю.В.Куликов, И.А.Курсков, Л.Г.Макаров, В.А.Малюк, Нгуен Вьет Зунг и др. В книге: Труды 5-го Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1976, М., "Наука", стр. 63, 1977.
8. Ли Ван Сун, Е.А.Силаев, Сообщение ОИЯИ, 13-10287, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 мая 1978 года.