

П-305

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

10 - 12200

ПЕТРОВ  
Антон Георгиев

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КАЛИБРОВКИ  
И КОНТРОЛЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ УСТАНОВОК  
СО СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫМИ ДЕТЕКТОРАМИ,  
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НА СИНХРОЦИКЛОТРОНЕ ОИЯИ

Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра  
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Дубна 1979

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ

Научный руководитель -

кандидат технических наук

А.Н.СИНАЕВ

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

Б.М.ГОЛОВИН

кандидат технических наук

А.А.МАРКОВ

Будущее научно-исследовательское учреждение:

Институт ядерных исследований АН СССР ( Москва )

Защита диссертации состоится " " 1979 года в  
часов на заседании Специализированного совета Д047.01.03  
при ЛНИ ОИЯИ, Дубна, Московской области.

Автореферат разослан " " 1979 года

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Специализированного совета

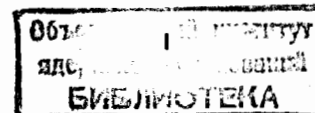
кандидат физико-математических наук

В.А.БАТУСОВ

Актуальность. Создание мощных и высокоэнергетичных базовых физических установок (ускорителей, реакторов) позволяет физикам-экспериментаторам проводить на них все более сложные эксперименты, включающие большой объем оборудования. Наряду с вопросом об автоматизации накопления и обработки огромного количества информации с особой остротой встает вопрос о создании автоматизированных систем калибровки и контроля (АСКК). Эти системы позволяют существенно сократить время подготовки эксперимента, поиска неисправностей и улучшить качественные и количественные показатели проводимых исследований. С их помощью эффективно решаются такие задачи, как подбор оптимальных характеристик трактов, систематический контроль основных параметров физических установок, диагностика неисправностей и др. Применение АСКК становится особенно эффективным в многоканальных физических установках с большим числом детекторов, где время, затрачиваемое на калибровку и контроль, существенно возрастает. Развитие средств микроэлектроники и вычислительной техники, появление новых стандартов на создание модульных структур и способов организации систем стимулируют разработки АСКК.

Целью настоящей работы является проектирование и создание автоматизированных систем калибровки и контроля многоканальных установок со сцинтилляционными детекторами, используемых на синхротроне ОИЯИ. Работа выполнялась в Лаборатории ядерных проблем с начала 1969 г. и прошла несколько этапов развития. В результате были созданы несколько АСКК, нашедших применение в экспериментах по исследованию рассеяния пионов на ядрах гелия.

Научная новизна. Основные элементы научной новизны работ, которые велись по теме диссертации, заключаются в следующем:



- Определены специфические задачи и общая конфигурация, характерные для АСКК, применяемых в многоканальных установках со сцинтилляционными детекторами. Предложена классификация АСКК.

- Развита методика автоматизации калибровки и контроля основных параметров и узлов многоканальных установок со сцинтилляционными детекторами. При этом предложены методы калибровки и контроля временных трактов установок, основанные на одновременном снятии кривых задержанных совпадений с помощью многоканальных регистров совпадений, и на преобразовании время-код. Указанные методы позволяют получить существенную экономию аппаратуры и сократить время выполнения калибровки и контроля.

- Предложены способы организации однокаркасных и многокаркасных систем в стандарте КАМАК, которые по сравнению со стандартными позволяют более просто реализовать различные режимы чтения данных с отдельных групп блоков и ускорить обмен массивами информации.

- Создан набор блоков для АСКК с высокими качественными показателями. Предложен простой способ быстрого нахождения оптимальной структуры некоторых типов дешифраторов команд КАМАК.

- Написано программное обеспечение АСКК, с помощью которого успешно решены задачи ввода-вывода и обработки получаемой информации, диагностики неисправностей, управления аппаратурой и др. При подготовке программного обеспечения использовались методы математической статистики.

Практическая ценность. Основной аспект практической ценности результатов выполненных работ заключается в применении созданных АСКК в экспериментальной установке, предназначенной для исследования рассеяния пионов на ядрах гелия. При этом было существенно сокращено время, затрачиваемое на калибровку и контроль установки, на поиск неисправностей; повышены качество отбора полезных событий и достоверность проводимых измерений. Многие из разработанных методов, блоков и алгоритмов с успехом применяются в ряде других экспериментальных установок.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения; она содержит 150 страниц печатного текста, 56 иллюстраций и 16 таблиц. В диссертации обобщены результаты работ, выполненных при непосредственном участии автора в Лаборатории ядерных проблем с 1969 по 1978 год /1-17/.

В первой главе излагаются характерные особенности применения многоканальных установок для физических исследований. Рассмотрены основные предпосылки, способствующие широкому внедрению АСКК в практику физического эксперимента. Сформулировано назначение АСКК: полная или частичная автоматизация процессов калибровки и контроля, с целью сокращения времени оптимизации работы экспериментальных установок и поиска неисправностей. Систематизированы основные характеристики АСКК: производительность, надежность, эффективность, стоимость и др. Сформулированы задачи АСКК многоканальных установок со сцинтилляционными детекторами, что дало возможность определить их общую структуру. Предложена классификация АСКК по следующим основным признакам:

- Способ съема информации с объектов калибровки и контроля,
- Степень связи между АСКК и объектами калибровки и контроля,
- Способ связи с ЭВМ,
- Тип модульной структуры.

Сделано сопоставление преимуществ и недостатков АСКК различных типов, что послужило основой выбора оптимальной конфигурации проектируемых систем.

Во второй главе описана методика автоматизации калибровки и контроля основных параметров и узлов многоканальных установок со сцинтилляционными детекторами. Рассмотрены некоторые из существующих методов автоматизации. При этом большое внимание уделено методам калибровки и контроля временных трактов. Изложены некоторые алгоритмы оптимизации работы этих трактов. Предложены два способа подбора и контроля оптимальных параметров каналов совпадений в трактах сцинтилляционных телескопов и годоскопов<sup>/5/</sup>.

Первый из них основан на одновременном снятии кривых задержанных совпадений (КЭС) в годоскопических трактах с использованием многоканального годоскопического регистра совпадения (рис. 1). Управляемая задержка ставится в тракте управляющего сигнала и меняет его задержку относительно сигналов с годоскопических детекторов Д1-Дn, поступающих на годоскопический регистр, что дает возможность одновременного снятия КЭС во всех каналах. Определение параметров КЭС и требуемого смещения задержки в каждом канале производится ЭВМ после сортировки и обработки информации, получаемой с годоскопического регистра в каждом акте совпадения. После установки требуемых величин задержек абсциссы центров тя-

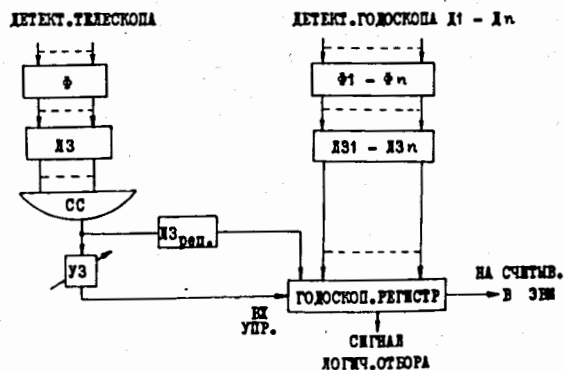


Рис. 1. Блок-схема снятия КЭС в годоскопических системах

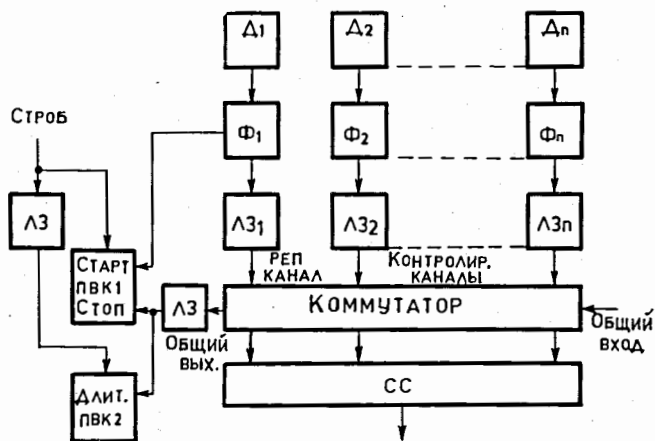


Рис. 2. Блок-схема калибровки временных трактов с помощью двух преобразователей время-код

жести всех КЭС должны совпадать между собой. Использование годоскопического регистра дает возможность экономии большого количества аппаратуры, так как функции счетных схем, необходимых в каждом канале совпадения, возлагаются на ЭМ. Сделан анализ возможных ограничений на скорость набора информации, связанных с общим мертвым временем, определяемым скоростью регистрации данных с годоскопического регистра.

Второй способ основан на использовании двух преобразователей время-код (рис. 2). Один из них измеряет временное положение, а другой - длительность импульсов на входах схемы совпадения. Измерение длительности импульсов необходимо при работе схем совпадения по методу перекрытия, так как оно позволяет определять временное положение центров тяжести импульсов и контролировать разрешающее время. Величины задержки в каждом тракте подбираются с учетом совпадения положения центров тяжести импульсов на временной шкале. Указанный способ дает возможность проводить контроль при помощи коммутаторов логических сигналов без прерывания эксперимента.

В последних параграфах данной главы рассмотрены вопросы автоматизации подбора и контроля рабочих напряжений детекторов, измерения скорости счета, параметров физических трактов и др.

Третья глава посвящена проектированию и созданию автоматизированных систем калибровки и контроля экспериментальной установки для исследования рассеяния пионов на ядрах гелия. Описаны назначение эксперимента и общая структура физической установки (рис. 3). В качестве детектора-мишени используется стримерная камера, наполненная гелием и окруженная кольцевым годоскопом из сцинтилляционных детекторов Д8-Д21 /1/. Сцинтилляционные детекторы Д1-Д6 составляют телескоп для предварительного отбора событий и мониторинга потока частиц, проходящих через камеру. Запуск стримерной камеры происходит при совпадении сигнала телескопа с сигналом от одного из годоскопических детекторов, т.е. в случае регистрации рассеянного пиона. Снимаемые с черенковского детектора спектры амплитуд импульсов помогают контролировать состав пионного пучка. Основные задачи калибровки и контроля установки заключаются в следующем:

а) Калибровка и контроль 22 временных трактов сцинтилляционного телескопа и годоскопа.

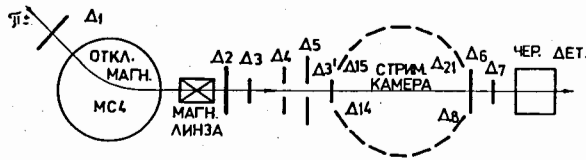


Рис. 3. Блок-схема расположения детекторов

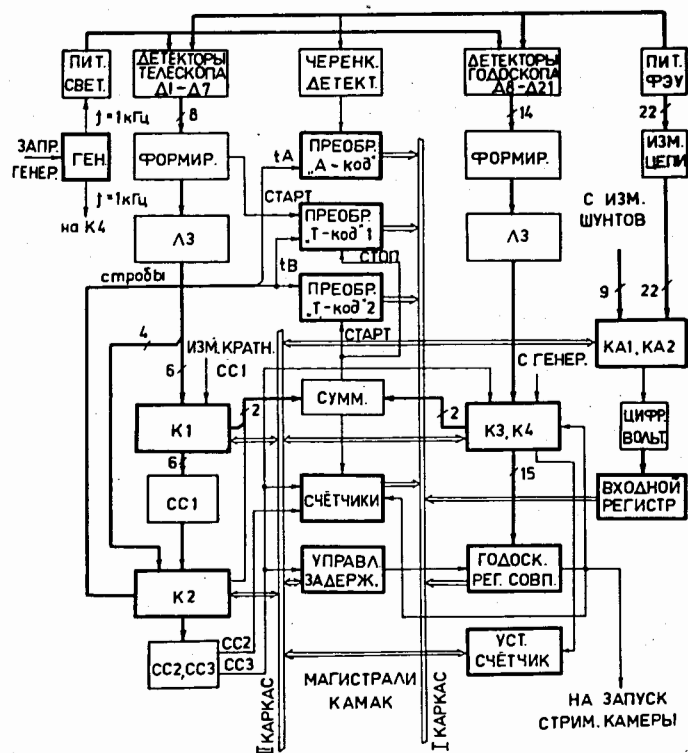


Рис. 4. Блок-схема АСКК

- б) Проверка эффективности детекторов;
- в) Подбор и контроль рабочих напряжений ФЭУ;
- г) Контроль скоростей счета (чисел импульсов) и определение счетных соотношений, характеризующих правильность хода эксперимента;
- д) Контроль токов магнитов и линз мезонного тракта синхротрона;
- е) Контроль состава пучка (число пионов, мюонов и электронов).

На основе изложенных задач и специфических особенностей установки был сделан выбор методов и средств автоматизации, разработана конкретная методика калибровки и контроля.

На протяжении 10 лет было создано три АСКК для данного эксперимента<sup>2-5/</sup>. Это объясняется, с одной стороны, непрерывным повышением требований к точности проводимых калибровочно-контрольных операций, с другой – развитием и совершенствованием элементной базы и способов организации систем, что давало новые возможности в создании и развитии АСКК. Остановимся несколько подробнее на последней из них, которая используется в настоящее время<sup>5, 16/</sup>. Система имеет следующие особенности:

- Используются, в основном, стандарт КАМАК и элементная база третьего поколения,
- Осуществлена непосредственная, двухсторонняя связь с ЭВМ HP-2116С,
- Используются в качестве основных терминалов алфавитно-цифровой дисплей и графический дисплей со световым карандашом, подключенные через каркас КАМАК<sup>14, 15/</sup>,
- Реализованы способы организации системы, предложенные автором, которые по сравнению со стандартными позволяют более просто организовать различные режимы считывания информации с отдельных групп блоков и увеличить скорость обмена массивами данных<sup>9-11/</sup>.

Указанные особенности позволили выполнить все требования данного эксперимента, сделали систему гибкой, дешевой и удобной в эксплуатации. Блок-схема системы показана на рис. 4. С ее помощью выполняются как отбор полезных сигналов запуска стримерной камеры (схемы совпадения СС1, СС2, СС3 и годоскопический регистр), так и все калибровочно-контрольные операции. Калибровка и контроль временных трактов телескопа осуществляются при помощи двух



преобразователей "Т-код", а трактов годоскопа - путем одновременного снятия КЭС с использованием управляемой задержки и годоскопического регистра совпадения. Калибровка временных трактов проводится на пучке пионов с использованием медного рассеивателя, а также с помощью светодиодов. Измерение скорости счета осуществляется группой счетчиков, а контроль напряжений питания ФЭУ и токов магнитов и линз мезонного тракта синхротронного ускорителя выполняется при помощи аналоговых коммутаторов и цифрового вольтметра<sup>/12/</sup>. Снятие амплитудных спектров с черенковского детектора для контроля состава пучка производится преобразователем "А-код".

Система является двухкаркасной (рис. 5). В первом каркасе расположены блоки, с которых производится только считывание информации, второй каркас содержит блоки, требующие управления от ЭВМ. Связь между каркасами осуществляется с использованием входного регистра КР 007, грейдера сигналов L КУ 006 и контроллера КК 001. Различные режимы набора и чтения информации с первого каркаса организуются с помощью грейдера сигналов L КУ 006, выходного регистра КВ 003 и блока управления КУ 002. Связь с ЭВМ HP-2116C производится через контроллер КК 004. Все используемые блоки разработаны в Лаборатории ядерных проблем<sup>/7, 10, 12, 17/</sup>. Краткие характеристики основных параметров, измеряемых при помощи АСКК, приведены в табл. I.

Таблица I.

ИЗМЕРЯЕМЫЙ ПАРАМЕТР	ИЗМЕР. ЕДИН.	ДИАЛАЗ ИЗМЕР.	ЧИСЛО ИЗМЕР. КАНАЛ.	ЧИСЛО ИЗМЕР. В 1 КАНАЛ.	ОБЩЕЕ ВРЕМЯ ИЗМЕР.	ТОЧН. ИЗМЕР.
1 ЧИСЛО ИМПУЛЬСОВ (N)	ИМП.	0-4.10 <sup>6</sup>	10	1	1 эксп.	± √N
2 СКОРОСТЬ СЧЕТА (I)	ИМП./сек	0-1.10 <sup>6</sup>	24	1	30 сек.	± √I
3 ВРЕМЯ ЗАДЕРЖКИ ИМП.	нс	50-250	30	100	2 мин.	± 1нс
4 ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИМП.	нс	75-40	30	100	2 мин.	± 1нс
5 ЗАДЕРЖАННЫЕ СОВП.	нс	0-63	15	63	3 мин.	± 1нс
6 АМПЛИТ. ИМПУЛЬСОВ	В	0-1	1	5.10 <sup>3</sup>	~15 мин.	—
7 НАПРЯЖ. ПИТАНИЯ ФЭУ	кВ	1-2.5	22	10	15 сек.	± 0.5%
8 НАПР. ШУНТОВ	мВ	5-70	9	10	5 сек.	± 0.5%

В четвертой главе излагаются вопросы, связанные с проектированием и созданием логических и аналоговых блоков с автоматическим управлением, разработанных автором специально для АСКК. В число этих блоков входят управляемые задержки<sup>/6, 7/</sup>, коммутаторы

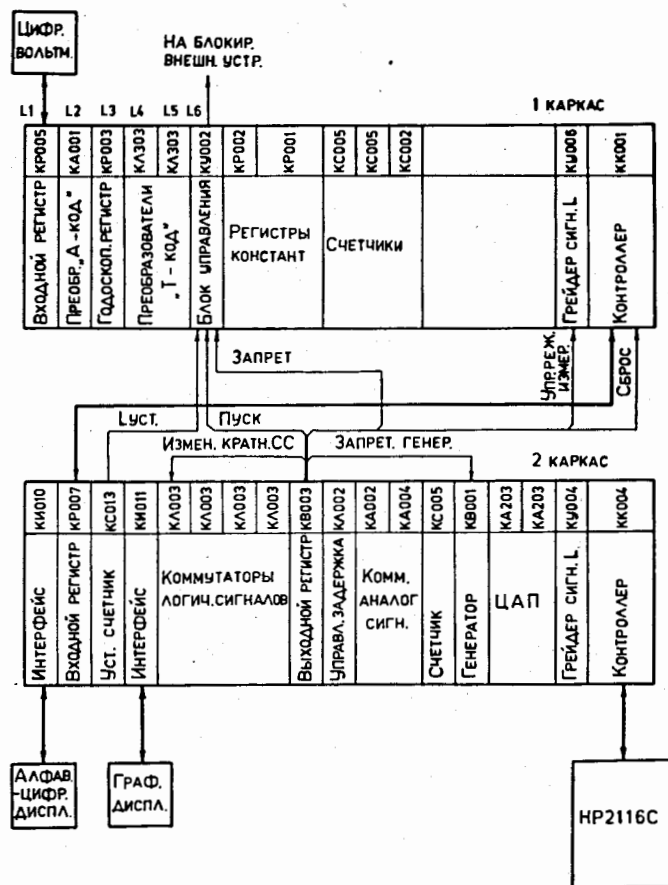


Рис. 5. Компоновка и организация работы АСКК

логических и аналоговых сигналов<sup>/7,12,17/</sup> и управляемые источники питания<sup>/6/</sup>. Изложены основные соображения, которые учитывались при проектировании блоков. Блоки разработаны в стандарте КАМАК или имеют возможность управления из каркаса КАМАК. При разработке блоков в стандарте КАМАК предусматривалось, чтобы они имели управление как со стороны магистрали, так и с передней панели при помощи внешних логических сигналов, кнопок и переключателей, что расширило возможность их использования. Коммутаторы и управляемая задержка разработаны с учетом возможности легкого каскадирования путем соответствующих соединений через передние панели. В большинстве блоков предусмотрена индикация состояния управляющих регистров. Приводится описание структурных схем, способов каскадирования и характеристики разработанных блоков. В таблице 2 приведен перечень блоков в стандарте КАМАК и краткие их характеристики.

Таблица 2

Тип	Шир.	Назначение и краткие характеристики
КЛО02	I M	Управляемая задержка: диапазон 0-63 нс, миним. шаг 0,5 нс
КЛ 001	2 M	Коммутатор логич. сигналов: 16 вх. - 1 вых.
КЛО03	I M	Коммутатор логич. сигналов: 8 вх. - 1 вых. 1 вх. - 8 вых. 8 вх. - 8 вых.
КА002	I M	Коммутатор аналог. сигналов для перекл. токов 0-100 мкА (для ФЭУ): 32 вх. - 1 вых.
КА003	I M	Коммутатор аналог. сигналов для перекл. напряж. 0 ± 6 В : 32 x 1 вх. - 1 вых, или 16 x 2 вх. - 1 вых.
КА004	I M	Коммутатор аналог. сигналов для перекл. напряж. 0 ± 127 В (при токе до 10 мА): 32 x 1 вх. - 16 вых. или 16 x 2 вх. - 1 вых.
КУ005	I M	Грейдер сигналов (для однокарк. систем)
КУ006	I M	Грейдер сигналов (для однокарк. и многокарк. систем)
	2 M*	Управляемый источник питания: -(0,2-3) кВ/4 мА

\* Блок проходит опытную эксплуатацию.

В ходе разработки блоков автором предложен простой способ оптимального проектирования дешифраторов команд КАМАК на основе интегральной схемы 7442/13/.

Разработанные блоки имеют высокие качественные показатели. К настоящему времени опытным производством ОИЯИ выпущено более 170 блоков, которые нашли применение в различных лабораториях стран-участниц ОИЯИ.

Пятая глава посвящена программному обеспечению АСКК. Сделан краткий обзор программных средств, применяемых для АСКК, и изложены основные соображения, которые учитывались при разработке программного обеспечения. Подготовка программного обеспечения<sup>/4,5,14,15/</sup> велась с учетом возможности решения следующих задач:

- Прием и обработка информации, получаемой в процессе калибровки и контроля.
- Выдача результатов на различные внешние устройства.
- Управление аппаратурой в стандарте КАМАК.
- Получение экспрессной информации и ведение диалога с помощью терминалов, подключенных через каркас КАМАК (алфавитно-цифрового и графического дисплея).
- Диагностика неисправностей.

Для решения задач столь комплексного характера выбран язык высокого уровня КАМАК, версия которого была разработана ранее в Лаборатории ядерных проблем. Этот язык полностью удовлетворяет требованиям АСКК по отношению к быстродействию. Часть программ и подпрограмм, касающихся только обработки и вывода информации на внешние устройства, написана на языке ФОРТРАН. Все программы действуют в рамках операционной системы DOS III - ЭВМ HP-2116С. В табл. 3 приведен перечень основных рабочих программ и подпрограмм, используемых в ныне действующей системе. В таблице указаны: назначение программ и подпрограмм, связь между ними, объем занимаемой памяти, используемых терминалов и внешних устройств, язык программирования. Кроме указанных в таблице, написаны некоторые тестовые программы для отладки аппаратуры. Уделено внимание составлению программ управляющего типа и создан ряд вспомогательных файлов для автоматической пакетной обработки при подготовке и работе с программами.

При подготовке алгоритмов обработки информации использованы методы математической статистики с целью повышения достоверности

Таблица 3

ВИД	НАЗВАНИЕ	ОСНОВНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ	ЗАНИМ. ПАМЯТЬ	ЯЗЫК ПРОГР.	ТЕРМИНАЛ	ИСПОЛ. ВЫВОД						ИСПОЛ. ПОДПРОГР.
						ЭВМ	КАМАК	КАМАК	КАМАК	КАМАК	КАМАК	
ПРОГРАММЫ	DELAY	ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЗАДЕРЖИ И ДЛИТ. ИМП. И СКОРОСТИ СЧЕТА	14К	КАМАК	ЭВМ							
	DELA1		11К	КАМАК	КАМАК							
	CONTR	ИЗМЕРЕНИЕ ЧИСЛА ИМП. НАКОПЛЕНИЕ СПЕКТРОВ	12К	КАМАК	КАМАК							
	VOLTS	ИЗМЕРЕНИЕ НАПР. ФЭУ И ТОКОВ МАГНИТОВ	8К	КАМАК	КАМАК							
	MONIT	УПРАВЛЕНИЕ ВЫЗОВОМ РАБОЧИХ ПРОГРАММ	1,5К	КАМАК	КАМАК							
	HPDIS	ВЫВОД КРИВЫХ ЗАДЕРЖИ СОВПАД. С МАГН. ДИСКА	4К	ФОРТР.	ЭВМ							
ПАРАМЕТРЫ	DISPL		6К	КАМАК	КАМАК							
	VT 340	УПРАВЛЕНИЕ СВЯЗЬЮ С АЛФ.ЦИФР. ДИСПЛ.	1,5К	КАМАК								
	OSK	УПРАВЛЕНИЕ СВЯЗЬЮ С ГРАФ. ДИСПЛЕЕМ	1,5К	КАМАК								
	CENTR	ВЫЧИСЛ. ЦЕНТРОВ ТЯЖ. ПИКОВ ВРЕМ. РАСПР.	0,4К	ФОРТР.								
DCC	ВЫЧИСЛ. ПАРАМЕТРОВ КРИВЫХ ЗАДЕРЖ. СОВП.	1,4К	ФОРТР.									

получаемых результатов. С помощью этих методов было определено требуемое число измерений или время экспозиции для получения заданной точности и разработана диагностика неисправностей. Анализ этих вопросов изложен в приложении I к диссертации.

В приложении II рассмотрены примеры применения созданных АСКК. Приведены графики, таблицы и фотоснимки, демонстрирующие возможности разработанных систем.

Основные результаты проведенных научно-исследовательских работ заключаются в следующем:

1. Определены характеристики и структурные особенности автоматизированных систем калибровки и контроля (АСКК), применяемых в многоканальных установках со сцинтилляционными детекторами. Сформулированы специфические задачи и предложена классификация АСКК.

2. Предложены методы автоматизации калибровки и контроля временных трактов многоканальных систем, основанные на параллельном снятии кривых задержанных совпадений с помощью годоскопических регистров совпадений и на преобразовании время-код, которые позволяют получить экономию аппаратуры и сократить время выполнения калибровки и контроля.

3. Предложены способы организации однокаркасных и многокаркасных систем в стандарте КАМАК, которые по сравнению со стан-

дартными позволяют более просто организовать различные режимы чтения информации с отдельных групп блоков и ускорить обмен массами информации.

4. Разработан набор логических и аналоговых блоков для АСКК с автоматическим управлением, имеющих высокие качественные показатели. Предложен простой способ быстрого нахождения оптимальной структуры некоторых типов дешифраторов команд КАМАК.

Опытным производством выпущено более 170 блоков, которые нашли применение в разных лабораториях ОИЯИ. Отдельные блоки используются также в институтах стран-участниц ОИЯИ (ГДР, НРБ, ЧССР).

5. Сделан выбор методов и средств автоматизации калибровки и контроля экспериментальной установки для исследования рассеяния пионов на ядрах гелия, с учетом ее специфических особенностей. На основе выбранных методов автоматизации и разработанных блоков созданы АСКК указанной установки.

6. Написано программное обеспечение разработанных систем калибровки и контроля. Оно позволило проводить эффективно все операции, связанные с управлением аппаратурой в стандарте КАМАК, обработкой получаемой информации, выдачей результатов и диагностикой неисправностей. При подготовке программ и подпрограмм обработки информации использовались методы математической статистики с целью повышения достоверности получаемых результатов.

Использование созданных АСКК в эксперименте по исследованию рассеяния пионов на ядрах гелия позволило существенно сократить время калибровки и контроля установки, поиска неисправностей, повысить качество отбора полезных событий и достоверность проводимых измерений.

Разработанная аппаратура и предложенные способы организации систем нашли применение и в других установках, используемых на синхротронном ОИЯИ, например:

- для поиска реакций выбивания протонных пар протонами,
- для исследования прямых ядерных реакций под действием быстрых протонов,
- для выделения остановок мюонов с двумерной регистрацией гамма-спектров.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах /I-I7/. Работы докладывались на международных симпозиумах по ядерной электронике (Версаль - 1968 г., Испра - 1975 г.), VII и IX симпози-



умах ОИЯИ по ядерной электронике (Дубна-1975 г., Варна-1977 г.) и I Всесоюзном совещании по автоматизации научных исследований (Киев-1976).

Диссертант глубоко признателен руководству Лаборатории ядерных проблем, своему научному руководителю А.Н.Синаеву за постоянную поддержку и большую практическую помощь, Ю.А.Щербакову и В.Г.Зинову за интерес к работе и полезные обсуждения, В.Фромму и П.Нойберту за помощь при подготовке программного обеспечения, а также всем сотрудникам секторов I и 3 (ОАФЭ), сектора 8 (ОФВЭ) и коллегам, с которыми приходилось работать совместно и обсуждать различные проблемы, связанные с данной темой.

#### Л и т е р а т у р а :

- I. Falomkin I.V., Kulyukin M.M., Lyashenko V.I., Petrov A.G., Pontecorvo G.B., Sherbakov Yu.A. High Pressure Streamer Chamber with Helium. Int. Symp. on Nuclear Electron. Versailles, Sept., 1968, vol. 1, p. 16-1.
2. Петров А.Г., Щербаков Ю.А. Автоматизация процессов снятия рабочих параметров сцинтилляционных счетчиков в многоканальных системах. Сообщение ОИЯИ, П13-6859, Дубна, 1972.
3. Петров А.Г., Щербаков Ю.А. Система за автоматично снемане кривите на задържаните съвпадения при сцинтилационни броячи. Научни трудове на Пловдивски университет, т. II, № 2, 1973 г., с. 65.
4. Петров А.Г., Саричева В.К., Синаев А.Н. "Автоматические изменения характеристик каналов совпадений для сцинтилляционных счетчиков". Сообщение ОИЯИ, П3-8581, Дубна, 1975.
5. Петров А.Г., Синаев А.Н. Система в стандарте КАМАК для калибровки и контроля экспериментальной аппаратуры со сцинтилляционными счетчиками. Сообщение ОИЯИ, П10-10890, Дубна, 1977.
6. Павлов В.П., Петров А.Г. Блоки автоматического переключения времени задержки импульсных сигналов и напряжения питания сцинтилляционных счетчиков. Сообщение ОИЯИ, П3-7662, Дубна, 1974.
7. Гребенюк В.М., Петров А.Г., Синаев А.Н. Коммутатор и управляемая задержка наносекундных логических импульсов в стандарте КАМАК. Сообщение ОИЯИ, П0-9085, Дубна, 1975.
8. Петров А.Г., Синаев А.Н. Автоматизация измерений характеристик каналов прохождения сигналов от сцинтилляционных счетчиков. ПТЭ, 1975, № 6, с. 76; 8 Межд. симп. по ядерной электр. ОИЯИ, П13-9287, Дубна, 1975, с. 4-24.
9. Churin I.N., Petrov A.G., Sidorov V.T., Sinaev A.N., Zhuravlev N.I. A CAMAC System Organization for a Readout from Various Groups of Modules. 2-nd Ispra Nucl. Electr. Symposium, 1975, p. 369.
10. Журавлев Н.И., Петров А.Г., Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Чурин И.Н. Организация системы в стандарте КАМАК для чтения информации с разных групп блоков. ПТЭ, № 2, 47, 1976; 8 Междун. симпозиум по ядерной электр. ОИЯИ, П13-9287, Дубна, 1975, с. 179.
11. Журавлев Н.И., Ли Зу Эк, Петров А.Г., Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Стахин А.А., Чурин И.Н. Применение аппаратуры в стандарте КАМАК в исследованиях на синхротроне ОИЯИ. I Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Киев, 1976, с. 224.
12. Павлов В.П., Петров А.Г., Синаев А.Н. Коммутаторы аналоговых сигналов в стандарте КАМАК. Сообщение ОИЯИ, П0-10896, Дубна, 1977.
13. Ли Зу Эк, Петров А.Г. Проектирование дешифраторов команд стандарта КАМАК на базе интегральных схем со средней степенью интеграции. Сообщение ОИЯИ, П0-10472, Дубна, 1977.
14. Петров А.Г., Сидоров В.Т., Синаев А.Н. Использование в физическом эксперименте алфавитно-цифрового дисплея, подключенного через интерфейс в стандарте КАМАК. Сообщение ОИЯИ П0-11014, Дубна, 1977.
15. Петров А.Г., Сидоров В.Т., Синаев А.Н. Использование в физическом эксперименте осциллографа со световым карандашом, подключенного через интерфейс в стандарте КАМАК. Сообщение ОИЯИ, П0-11015, Дубна, 1977.
16. Петров А.Г., Синаев А.Н. Система в стандарте КАМАК для калибровки и контроля экспериментов со сцинтилляционными детекторами. 9 Международный симпозиум по ядерной электронике (Варна-1977 г.). ОИЯИ, П13-11182, Дубна, 1978, с. 143.

17. Муравлев Н.А., Ли Зу Эк, Нгуен Мань Шат, Петров А.И.,  
Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Стахин А.А., Чурип И.Н.,  
Шурапин А.А. Цифровые блоки в стандарте КАМАК, разработанные  
для исследований на синхротронном циклотроне (выпуск IV). Сообщение  
ОИЯИ, IO-8479, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 января 1978 года.