

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

Б 582

13-88-686

П.Бжески,<sup>1</sup> К.Гаевски,<sup>1</sup> Н.С.Глаголева,  
Е.А.Дементьев, Л.Г.Ефимов, А.А.Кузнецов,  
Р.Ковалевский,<sup>1</sup> О.Ю.Мандрик, А.Т.Матюшин,  
В.Т.Матюшин, И.С.Мартьянов,<sup>2</sup> Я.Мирковски,<sup>1</sup>  
Н.М.Никитюк, З.Павловски,<sup>1</sup> А.Пиатковски,<sup>1</sup>  
А.Полацин,<sup>1</sup> Ю.И.Сусов

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЫ  
СПЕКТРОМЕТРА ГИВС

Аппаратурная часть

---

<sup>1</sup> Кафедра радиоэлектроники Варшавского политехнического института

<sup>2</sup> Институт физики высоких энергий АН КазССР,  
Алма-Ата

## ВВЕДЕНИЕ

Описываемая система предназначена для контроля режимов работы 2-метровой стримерной камеры, а также качества экспериментальной информации с помощью микро-ЭВМ МЕРА-60 и электронной промышленной аппаратуры в стандарте КАМАК. Организован непрерывный прием, а также накопление, анализ информации и фиксирование аварийных ситуаций. Контроль осуществляется оператором установки по результатам производимых в системе измерений и обработки сигналов от датчиков и электронных схем управления камерой.

Результаты выводятся периодически или по желанию оператора в виде таблиц на терминале, временных функций и гистограмм на экране цветного телевизионного монитора, а также в виде протоколов, временных функций и гистограмм на печатающем устройстве DZM-180<sup>1,2,3 /</sup>

Для наладки и тестовых проверок системы используется специально разработанное устройство, способное имитировать сигналы всех каналов в требуемой последовательности, причем оператор с помощью дистанционно работающего коммутатора может осуществлять переключение как всех каналов одновременно, так и любого из них.

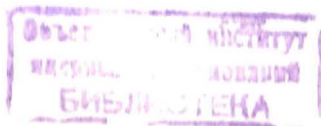
При выходе значений любого из контролируемых параметров за пределы допустимых отклонений, задаваемых оператором, в системе вырабатывается звуковой сигнал с одновременной индикацией соответствующего значения на терминале.

В течение нескольких лет система успешно эксплуатируется на синхрофазотроне ОИЯИ в составе спектрометра ГИБС.

## СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ

Система контроля обеспечивает контроль параметров (рис. 1):

- камеры<sup>4 /</sup>,
- системы высоковольтного импульсного питания в составе:
  - а) источника высокого напряжения,
  - б) высоковольтного генератора наносекундных импульсов (ВВГНИ)<sup>5 /</sup>, который включает: генератор импульсных напряжений (ГИН) и формирующую линию;
  - в) линии передачи высоковольтных импульсов;
- системы газообеспечения камеры, включая поддержание времени памяти камеры на заданном уровне с помощью искровой камеры (ИК)<sup>6,7 /</sup>,



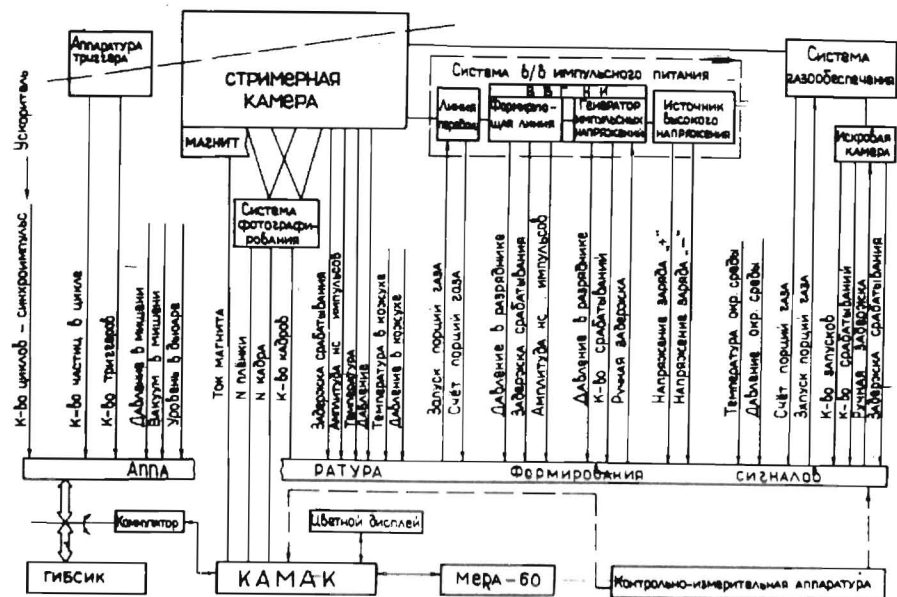


Рис. 1

- системы фотографирования,
- аппаратуры триггера,
- тока магнита.

Предусмотрен контроль параметров мишени и кожуха камеры.

Система контроля состоит из следующих основных функциональных узлов:

- датчиков систем;
- аппаратуры формирования сигналов с датчиков;
- имитатора сигналов спектрометра – ГИБСИК;
- коммутатора сигналов (ГИБС, имитатор);
- регистрирующей аппаратуры КАМАК с крейт-контроллером типа 109 (ПОЛОН, ПНР);
- микро-ЭВМ МЕРА 60/30 с набором устройств, консольным дисплеем, печатающим устройством DZM-180, цветным телевизионным монитором (ЦД), подключенным к магистрали крейта КАМАК через интерфейсы ИТВ-574, ИТВ-575<sup>18</sup>;
- вспомогательной контрольно-измерительной и калибровочной аппаратуры (вольтметров, генераторов, счетчиков и т.д.).

Ряд особенностей системы учтен при измерении параметров камеры:

- а) монтаж датчиков непосредственно на узлах камеры, а микро-ЭВМ – в специальном домике ускорительного павильона потребовал организации передачи сигналов от датчиков к электронной аппаратуре по линиям связи длиной  $\approx 30$  м.

б) необходимость обеспечения помехоустойчивости измерительных и исполнительных устройств в силу специфики работы камеры – большой уровень электромагнитных помех при срабатывании генератора.

в) необходимость измерения однократных высоковольтных импульсов (500 кВ) длительностью  $10 \div 15$  нс с точностью  $\approx 5\%$ .

г) измерения асинхронно с циклом ускорителя медленно изменяющихся аналоговых сигналов и параметров ИК.

д) необходимость обеспечения жесткой покадровой синхронизации номера кадра и номера пленки, измеряемых системой контроля с полученными снимками на фотопленке, потребовали передачи информации параллельным кодом с соответствующих счетчиков табло служебной информации через интерфейс КР005<sup>19</sup>.

е) ток магнита ЦС-41, в межполюсном зазоре которого расположена камера, измеряется вольтметром типа Ш1516. Показания вольтметра передаются параллельным кодом через интерфейс КИ-015<sup>10</sup>.

Сигналы с датчиков системы поступают на аппаратуру формирования сигналов, затем через коммутатор – в регистрирующую аппаратуру КАМАК.

Наносекундные импульсы амплитудой  $\sim 500$  кВ поступают со специделителей ВВГНИ и камеры соответственно через стретчеры ST1 и ST2 на входы 10-разрядных аналого-цифровых преобразователей (АЦП) типа 712. Стретчеры удлиняют однократные импульсы с 5 нс до  $\approx 1$  мкс с точностью 1%.

Погрешность коэффициента ослабления высоковольтных делителей, проверенная по постоянному току, не превышает 4,3%.

Измерение задержки камеры, ВВГНИ и ИК производится с помощью время-амплитудных конверторов (ВАК) типа 1701 и АЦП 712.

Для обеспечения измерений задержки ( $0 \div 20$  мкс) с требуемой точностью диапазон входных импедансов ВАК 1701 увеличен в 20 раз.

Счет числа запусков и срабатываний ИК, а также числа срабатываний триггера осуществляется счетчиком типа 401. Емкость каждого канала счетчика составляет  $(2^{16}-1)$  бит.

Число первичных частиц с ускорителя измеряется 2-канальным счетчиком типа 420А. Емкость одного канала –  $(2^{24}-1)$  бит,  $f = 10$  МГц.

Измерение времени работы ускорителя (WORKT) осуществляется счетчиком типа 420, который запускается импульсом с генератора типа 730<sup>11</sup>.

Измерение 12 постоянных аналоговых сигналов осуществляется через 32-канальный мультиплексор типа 752 и АЦП типа 701. Время коммутации каналов мультиплексора уменьшено с 200 до 10 мс.

Сигнал "Цикл" – прерывание работы микрокомпьютера и переход к выполнению специального обслуживания – подается на вход "EXT" контроллера крейта. Это позволяет в начале цикла работы камеры организовать прерывание ЭВМ и осуществить подсчет числа циклов ускорителя.

Предусмотрены следующие режимы работы системы:

- сбор данных с камеры, их обработка и выдача информации – рабочий режим;

- тестирование системы от сигналов имитатора;
- градуировка измерительных каналов;
- тестирование аппаратуры КАМАК с помощью разработанных тестовых программ.

В рабочем режиме система контроля действует на линии со спектрометром ГИБС и обеспечивает сбор, обработку информации и ее представление на терминале, цветном телевизионном мониторе и АЦПУ. При этом сигналы с датчиков камеры поступают в аппаратуру КАМАК через формирователи и коммутатор. Этот режим используется при проведении сеансов работы спектрометра на ускорителе.

Для проверки системы и настройки ее узлов используется имитатор сигналов, обеспечивающий генерацию всех сигналов спектрометра ГИБС в требуемой временной последовательности.

Градуировка измерительных каналов производится с помощью промышленной контрольно-измерительной аппаратуры.

Тестирование аппаратуры КАМАК обеспечивает проверку состояния каждого канала передачи информации с выводом заключения о его готовности (готов, не готов).

#### ВРЕМЕННАЯ ДИАГРАММА РАБОТЫ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ

Система контроля обеспечивает измерение параметров сигналов, поступающих от аппаратуры триггера, электромагнита, ВВГНИ, камеры и стереофотоаппарата в соответствующей временной последовательности, характерной для работы стримерной камеры.

Временная диаграмма работы камеры в цикле ускорителя приведена на рис. 2.

Камеры и ее узлы работают циклично в соответствии с временем цикла ускорителя  $T_{ц} = 8 \div 11$  с.

Для синхронизации работы системы контроля с работой ускорителя используется полученный от него синхросигнал, поступающий за  $\sim 200$  мс до начала вывода пучка на мишень. Синхросигнал подается на таймер 1, формирующий импульс прерывания ЭВМ (также  $\sim 200$  мс), и запускающий таймер 2, импульс которого блокирует запуск системы контроля на  $\sim 6$  с ( $T_M = 6$  с) от наводок при срабатывании ВВГНИ. Разблокировка входа системы происходит за  $\sim 3$  с до прихода следующего сигнала "Цикл" ( $\sim 400$  мс).

Во время вывода пучка на мишень (растяжки пучка) осуществляется счет числа частиц в цикле "Интенсивность пучка".

Сигнал "Триггер" запускает ВВГНИ и таймер 3. Импульс таймера блокирует триггер на  $\sim 6$  с "Блокировка триггера". Время запуска ВВГНИ  $T_{п.г.} = 100$  нс. По истечении времени задержки  $t_{з.г.}$  срабатывает ВВГНИ, а через  $T_3 = 15$  нс импульс питания поступает на электроды камеры – "Напряжение СК".

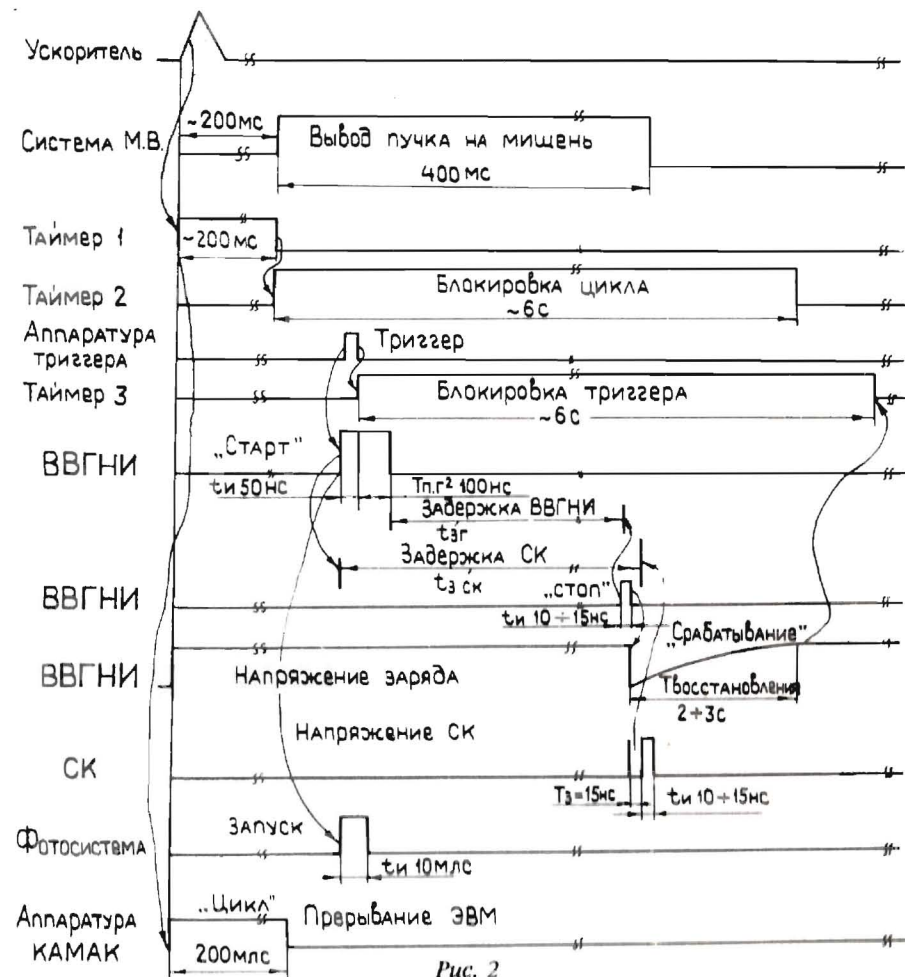


Рис. 2

Счет числа срабатываний генератора осуществляется по сигналу "Стоп" с выхода камеры.

Зарядные напряжения генератора положительной и отрицательной полярности измеряются спустя время восстановления  $T \approx 2 + 3$  с после его срабатывания.

Счет числа кадров производится от фотосистемы, которую запускает сигнал от триггера. Основа временной привязки – сигнал "Цикл". В начале каждого цикла ускорителя по нему организовано прерывание работы микро-ЭВМ.

Каналы измерения аналоговых сигналов камеры

Таблица 1

№№ Наименование измеряемого параметра	Диапазон измеряемой величины	Точность измерения	Тип датчика	Тип измерительного устройства	Количество сигналов
1. Амплитуда высоковольтного импульса на электродах камеры, на выводе ВВГНИ	500 кВ	5%	Делитель напряжения	Стрелочный АЦП712 (ПОЛОН)	2
2. Ток электромагнита ИСП-41	0 ÷ 2500 А	0,01%	шунт	КИ-001 + Ш1516	1
3. Напряжение заряда генератора	± (80÷100) кВ	0,1%	резистивный делитель	мультипл. 752 + АЦП701 (ПОЛОН)	2
4. Контроль уровня жидкого гелия	уровень жидкого гелия в Дьюаре	2 ÷ 5%	сверхпроводящий указатель уровня	"—"	1
<u>Давление:</u>					
5. в разрядниках ВВГНИ: ГИН, линии	0 ÷ 25 атм	1%	манометр МПЭ-МИ	"—"	2
6. в камере и кожухе камеры	0 ÷ 2500 кг/м <sup>2</sup>	0,1%	дифманометр ДМЭ-МИ	"—"	2
7. атмосферное	0 ÷ 160 кг/м <sup>2</sup>	1%	манометр МПЭ-МИ	"—"	1
8. в мишени жидкого водорода	0 ÷ 1 кгс/см <sup>2</sup> , 0,7 кгс/см <sup>2</sup>	2,5%	датчик давления МДДФ-УК±1	"—"	1
<u>Температура:</u>					
9. в камере СК, в кожухе камеры	0 ÷ 50° С	1%	датчик температуры ТСП-0879 и измерительный преобразователь типа Ш79	"—"	1
10. окружающей среды	0 ÷ 50° С	1%	датчик температуры	"—"	1

Каналы измерения временных параметров работы камеры

Таблица 2

№ Наименование измеряемого параметра	Диапазон измеряемой величины	Точность измер.	Тип датчика	Тип измерительного устройства	Кол-во каналов
1. Задержка срабатывания стримерной камеры и системы в/в импульсного питания	а) 10 нс ÷ 1 мкс шаг 10 нс б) 1 мкс ÷ ÷ 20 мкс шаг 100 нс	2,0%	делитель напряжения	ВАК-1701 (ПОЛОН) и АЦП701 (ПОЛОН)	2
2. Задержка срабатывания искровой камеры	1 мкс ÷ 20 мкс шаг 100 нс	2,0%	"—"	"—"	1

Каналы измерения счетных параметров

Таблица 3

№№ Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерения	Тип измерит. устройств	Кол-во каналов	Примечание
1. Счет кристов ускорителя	0 ÷ 10 <sup>4</sup> отсч.	К109 (ПОЛОН)	1	
2. Счет частиц в цикле ускорителя	интенсивность пучка 0 ÷ 10 <sup>8</sup> отсч.	420А (ПОЛОН)	1	
3. Счет триггеров, поступающих в установку ГИБС	0 ÷ 10 <sup>8</sup> отсч.	401 (ПОЛОН)	1	
4. Счет стереофотографий	0 ÷ 10 <sup>6</sup> отсч.	КР005	1	
5. Счет числа запусков искровой камеры	0 ÷ 10 <sup>4</sup> отсч.	401*	1	Установочный счетчик
6. Счет числа срабатываний искровой камеры	0 ÷ 10 <sup>4</sup> отсч.	"—"	1	
7. Эффективность искровой камеры в зависимости от выбранного значения задержки	"—"	"—"	—	Определяется отношением показаний СИ6/СИ5
8. Счет порций газа, поступающих: в камеру, в линию передачи ВВГНИ	0 ÷ 10 <sup>4</sup> отсч.	420* (ПОЛОН)	1	Установочный счетчик
9. Счет числа срабатываний ВВГНИ	0 ÷ 10 <sup>8</sup>	1701 (ПОЛОН)	1	По сигналу "Стоп" СК

Каналы управления параметрами камеры

№№ Наименование параметра	Тип исполнительного устройства	Точность управления	Тип управляющего устройства каналов	Кол-во каналов	Примечание
1. Ручная задержка генератора импульсных напряжений ВВГНИ, искровой камеры	резистор	1%	1401 ПОЛОН	2	Устанавливается вручную
2. Запуск порций газа в стримерную камеру	блок управления клапаном (БУК1)	1% объем суммарный	генератор 730 (ПОЛОН) + 420А (ПОЛОН)	1	Поток газа через камеру от 3 до 900 л/ч. Частота подачи порций (3 л) регулируется от 21 до 300 Гц.
3. Запуск порций газа в линию передачи ВВГНИ	блок управления клапаном (БУК2)	1% объем суммарный	730А+420А (ПОЛОН)		Поток газа через переход камеры от 1 до 20 л/ч. Частота подачи порций газа регулируется от 21 до 300 с.

## ДАТЧИКИ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

В табл. 1 ÷ 3 приведены характеристики каналов аналоговых, временных и счетных сигналов для измерения различных параметров.

Для каждого измеряемого сигнала указаны тип и количество датчиков, а также точность измерения.

Кроме измерения параметров в системе предусматривается наличие обратной связи от микро-ЭВМ к исполнительным устройствам для автоматического управления некоторыми параметрами. Параметры управляющих сигналов приведены в табл. 4. Для каждого управляющего сигнала приведены тип и количество исполнительных устройств, а также требуемая точность задания управляющих воздействий.

## НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМЫ

Надежность системы контроля практически полностью определялась отказоустойчивостью микро-ЭВМ, работающей в условиях сильных электромагнитных наводок и помех по питанию, возникающих при работе высоковольтных узлов камеры.

Применение традиционных средств пассивной защиты системы от сбоев<sup>/11/</sup> — трансформаторных развязок и фильтров питающей сети — позволило сократить среднюю частоту отказов системы с  $10 \div 20$  до одного отказа в сутки, что является приемлемой величиной.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная система несколько лет эксплуатировалась в сеансах работы установки ГИБС на синхрофазотроне и обеспечивала требуемую оперативность контроля параметров стримерной камеры при получении экспериментальной информации с помощью спектрометра по ядро-ядерным взаимодействиям<sup>/12/</sup>, а также при исследовании образования гиперядер в релятивистских пучках<sup>/13/</sup> синхрофазотрона.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность за содействие в работе и консультации В.Д.Аксиненко, Г.Ф.Акимовой, Н.Н.Графовой, А.Г.Грачеву, В.С.Григорашенко, С.В.Кадыковой, Э.В.Козубскому, Н.И.Каминскому, И.Ф.Колпакову, Б.К.Курятникову, Б.А.Кулакову, Ю.Р.Лукстиньцу, П.К.Маньякову, М.А.Невзорову, Н.Н.Нургожину, К.Пасевичу, С.А.Рожнятовской, В.Н.Ряховскому, В.П.Садиллову, И.С.Саитову, А.Л.Светову, В.Т.Тачала Э.Ф.Хоффману, С.А.Хорозову.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бжески П. и др. ОИЯИ, Б1-13-87-605, Дубна, 1987
2. Бжески П. и др. ОИЯИ, Б1-13-87-606, 1987.

3. Бжески П. и др. ОИЯИ, 13-88-687, Дубна, 1988.
4. Абдурахимов А.У. и др. – ПТЭ, 1978, 53, с.5.
5. Аксиненко В.Д. и др. ОИЯИ, 13-87-733, Дубна, 1987.
6. Глаголева Н.С. и др. ОИЯИ, P13-12526, Дубна, 1979.
7. Володин В.Д. и др. А.с. СССР №566221, Бюлл. ОИПОТЗ, 1977, №27, с.137.
8. Нгуен Фук – ПТЭ, 1976, №3, с.65.
9. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-11636, Дубна, 1978.
10. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8114, 1974.
11. Глаголева Н.С. и др. ОИЯИ, Б1-13-11289, 1978.
12. Аникина М.Х. и др. ОИЯИ, P1-86-477, 1986.
13. Авраменко С.А. и др. ОИЯИ, Е1-87-337, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел  
16 сентября 1988 года.

## ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
	1. Экспериментальная физика высоких энергий
	2. Теоретическая физика высоких энергий
	3. Экспериментальная нейтронная физика
	4. Теоретическая физика низких энергий
	5. Математика
	6. Ядерная спектроскопия и радиохимия
	7. Физика тяжелых ионов
	8. Криогеника
	9. Ускорители
	10. Автоматизация обработки экспериментальных данных
	11. Вычислительная математика и техника
	12. Химия
	13. Техника физического эксперимента
	14. Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
	15. Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
	16. Дозиметрия и физика защиты
	17. Теория конденсированного состояния
	18. Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
	19. Биофизика