



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2006–22  
ОНФ

М.Ю. Боголюбский, В.А. Викторов, В.А. Онучин, В.С. Петров, Б.В. Полицук, С.А. Садовский, В.А. Сенько, М.М. Солдатов, А.С. Соловьев, П.В. Столповский, Ю.В. Харлов, Н.А. Шаланда, В.И. Якимчук  
*(ГНЦ Институт физики высоких энергий, Протвино, Россия)*

Н.А. Кузьмин, В.П. Обудовский, Ю.П. Петухов, Н.Л. Русакович, С.Я. Сычков, В.Б. Флягин  
*(Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия)*

**МНОГОМАШИННЫЙ КОМПЛЕКС  
СБОРА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА “ГИПЕРОН-М”  
НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОНИКИ  
В СТАНДАРТАХ МИСС И СУММА**

Протвино 2006

### Аннотация

Боголюбский М.Ю., Викторов В.А., Онучин В.А. и др. Многомашинный комплекс сбора данных эксперимента “Гиперон-М” на основе электроники в стандартах МИСС и СУММА: Препринт ИФВЭ 2006–22. – Протвино, 2006. – 12 с., 6 рис., библиогр.: 17.

Рассмотрена структура многомашинного комплекса эксперимента “Гиперон-М” (Протвино, ускоритель У-70), предназначенного для приема и объединения данных от нескольких детекторов частиц, каждый из которых имеет электронику в своем собственном стандарте — МИСС или СУММА. Система МИСС работает в автономном режиме под управлением специализированного контроллера ЛЭ-74 с накоплением информации за время сброса пучка в буфер своей собственной внутренней памяти, которая объединяется с данными электроники СУММА и затем копируется на внешние накопители (жесткий диск компьютера) в промежутках между сбросами ускорителя. Электроника СУММА, напротив, нуждается в программном обслуживании считывания каждого события. В статье описаны программные и электронные методы, обеспечивающие работу электронных систем разных стандартов и гарантирующие правильность объединения потоков принимаемых данных. Проанализированы сетевые проблемы взаимодействий различных компонент многомашинного комплекса, а также мониторинг системы.

**Ключевые слова:** система сбора данных, быстродействующая электроника, автономный контроллер, электроника МИСС, электроника СУММА.

### Abstract

Bogolyubsky M.Yu., Viktorov V.A., Onuchin V.A. et al. Multicomputer Data Acquisition Complex for the Experiment “Hyperon-M” on the Base of Electronics in standards MISS and SUMMA: IHEP Preprint 2006–22. – Protvino, 2006. – p. 12, figs. 6, refs.: 17.

A structure of the multicomputer data acquisition system of the experiment “Hyperon-M” (Protvino, accelerator U-70) is described. It intended to collect and merge the experimental information from different detectors each having the electronics is the specific standard — MISS or SUMMA. The MISS electronics are working autonomously under control of the specialized controller LE-74 with collecting of information during the accelerator burst in its internal memory buffer which is dumped into the external storage device (Hard Drive Disc) in time interval between the accelerator bursts.

On the contrary the SUMMA electronics needs software service of every event to make read out. In this article the software and hardware methods providing for the joint operation of electronics of the different standards and guarantee the correctness of merging of the data fluxes are described. The net interactions of the different parts of the full multicomputer system and monitoring problems are also discussed.

**Key words:** data acquisition system, high speed electronics, autonomous controller, MISS electronics, SUMMA electronics.

## Введение

Современные эксперименты на ускорителях с фиксированной мишенью используют широкий набор разнообразных детекторов, каждый из которых может иметь электронику в своем собственном специфическом стандарте. В данной работе рассмотрена структура многомашинного комплекса эксперимента “Гиперон-М” [1] (Протвино, ускоритель У-70), предназначенного для приема и объединения данных от нескольких детекторов частиц, электроника которых соответствует стандартам МИСС (Многоканальная информационная скоростная система) [2] и СУММА (Система унифицированных модулей многоканального анализа) [3].

Электроника стандарта МИСС разработана на быстродействующей элементной базе с характерной длительностью цикла до 100 нс. Принятый в МИСС протокол чтения предназначен для достижения максимально возможной производительности системы при вычитывании рассеянных данных и для подавления нулевых каналов с незначимой информацией. Принципы построения электроники МИСС в данном эксперименте подробно изложены в работе [4]. Главной особенностью является то, что она работает в автономном режиме под управлением специализированного контроллера ЛЭ-74 с накоплением информации за время сброса пучка в буфер своей собственной внутренней памяти, которая переносится в память компьютера через интерфейс PCI-7200 [5]–[6] с последующей записью на внешние накопители (жесткий диск компьютера) в промежутках между сбросами ускорителя. Такое построение электроники МИСС позволяет достигать скорости приема данных до 9 Мбайт/с [4], что сравнимо со скоростью передачи информации в существующих локальных сетях связи.

Электроника стандарта СУММА имеет длительность цикла в районе единиц микросекунд, т.е. более чем на порядок уступает в скорости электронике МИСС. Кроме того, она нуждается в программном обслуживании считывания каждого события, что также уменьшает эффективную скорость приема данных. Однако, как показывают измерения, отмеченное замедление в нашем случае не является критическим при реально используемых нагрузках пучкового канала и ограничениях на объем информации, передаваемой через электронику СУММА.

В статье описаны программные и электронные методы, обеспечивающие работу электронных систем разных стандартов и гарантирующие правильность объединения потоков

принимаемых данных. Проанализированы сетевые проблемы взаимодействий различных компонент многомашинного комплекса, а также мониторинг системы.

## 1. Общая архитектура и организация многомашинного комплекса сбора данных

Рассматриваемый комплекс предназначен для сбора данных в эксперименте на ускорителе, где процессы являются циклическими. Система инициализируется сигналом  $B\_RUN$ , который предшествует началу каждого цикла измерений (Run). Время чувствительности установки задается длительностью времени  $SPILL$ , синхронизированного со сбросом ускорителя. Сигнал начала сброса  $B\_SPILL$ , появляющийся ранее импульса  $SPILL$ , служит для приведения системы в исходное состояние, обнуления счетчиков и т.п. Сам  $SPILL$  разбит на две части:  $SPILL1$ , совпадающий с реальным сбросом пучка, а также  $SPILL2$ , который используется в целях калибровки, контроля и настройки установки [4].

Количество пропущенных через установку частиц определяется импульсами  $beam$  (см. рис. 1), вырабатываемых по сигналам от установленных в пучковом канале сцинтилляционных счетчиков  $S1$ ,  $S1$ , черенковского счетчика  $Sc$  и других приборов. Триггерный импульс  $trig0$  отбора требуемых событий может вырабатываться либо при совпадении импульса  $beam$  с необходимым набором сигналов  $phys$  от соответствующих физических детекторов, либо служебными сигналами  $PED/LED$ , предназначенными для определения пьедесталов или поджига светодиодов мониторингной системы [7]. Триггерный сигнал запуска сбора данных  $trig$  вырабатывается с учетом блокировки системы на время обработки события.

Общая архитектура многомашинного комплекса сбора данных эксперимента “Типерон-М” изображена на рис. 1. Её можно представить в виде параллельно работающих ветвей электроники, каждая из которых предназначена для обслуживания одного из детекторов и построена в своем собственном стандарте. Ветви включают необходимую электронику и заканчиваются Локальными концентраторами данных (ЛКД), которые обеспечивают считывание информации и взаимодействуют через сеть Ethernet с глобальным коллектором данных (ГКД) и блоком МОНИТОР. Каждая ветвь электроники получает сигналы  $B\_RUN$  и  $B\_SPILL$  и, в свою очередь, вырабатывает сигналы соответственно  $busy\_miss$  или  $busy\_summa$ , блокирующие прием следующего события пока идет обработка текущего. Эти сигналы подаются на схему ИЛИ и полное время блокировки соответствует самому длинному из них. Для обеспечения совместной работы электронных стандартов МИСС и СУММА, быстродействия которых отличаются более чем на порядок, полученное суммарное время блокировки дополнительно удлинялось на величину  $t_0$  одновибратором  $T0$  с запуском по концу импульса на своем входе (рис. 1). Значение  $t_0$  подбиралось при настройке аппаратуры из соображений отсутствия сбоев.

Указанные программно-аппаратные блоки ЛКД, ГКД и МОНИТОР построены в нашем случае на базе персональных компьютеров типа IBM PC. Блок ГКД с помощью программы Конструктор событий (Event Builder) объединяет потоки данных от разных ветвей системы в одно целое событие и записывает его на внешние носители информации (жесткий диск компьютера). Блок Монитор служит для контроля “в линию” работы аппаратуры и качества принимаемой информации.

Блоки ЛКД, ГКД и МОНИТОР физически могут располагаться каждый на своем индивидуальном компьютере, или часть из них может быть совмещена на одной и той же машине.

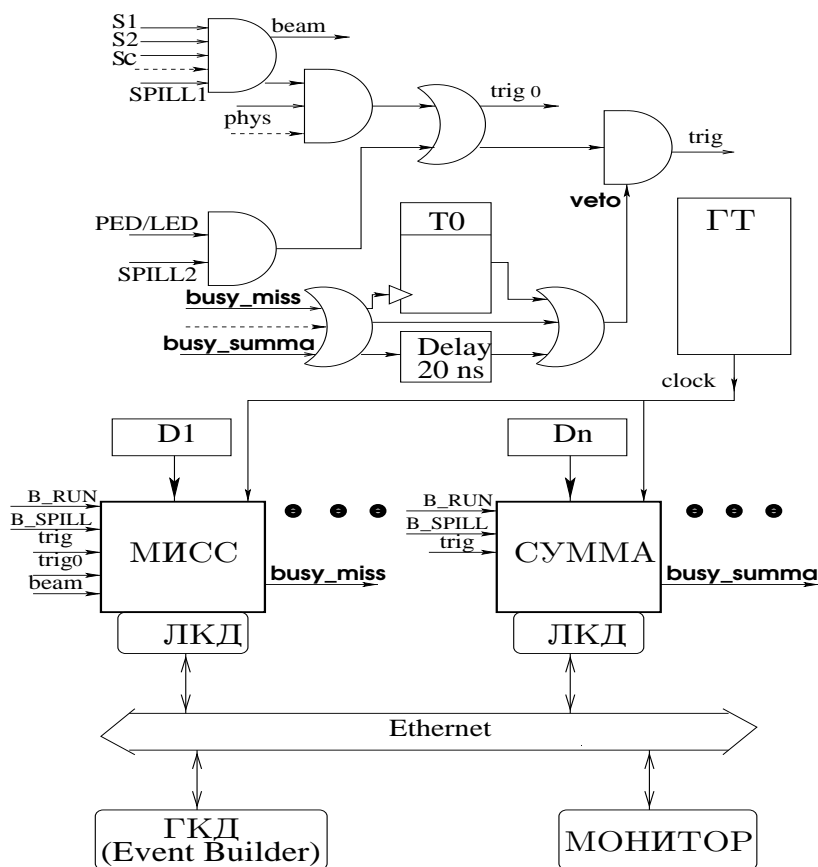


Рис. 1. Архитектура многомашинного комплекса сбора данных эксперимента "Гиперон-М". Обозначения:  $D1$ ,  $Dn$  — детекторы частиц; ЛКД — локальный концентратор данных; ГКД — глобальный коллектор данных; ГТ — генератор временных меток событий;  $T0$  — одновибратор с запуском по концу импульса на своем входе. Сигналы:  $B\_RUN$  — начало цикла измерений;  $B\_SPILL$  — начало сброса ускорителя;  $SPILL1$  — сброс пучка на мишень;  $SPILL2$  — интервал времени для калибровки и контроля;  $S1$ ,  $S2$ ,  $Sc$  — импульсы пучковых сцинтилляционных и черенковского счетчиков;  $beam$  — сигнал отбора пучковой частицы;  $phys$  — импульсы от физических детекторов отбора требуемых событий;  $trig0$  — триггерный сигнал отбора требуемых событий;  $trig$  — триггерный сигнал запуска сбора данных;  $PED/LED$  — служебные сигналы для определения пьедесталов или поджига светодиодов мониторинговой системы;  $busy\_miss$  и  $busy\_summa$  — сигналы ветвей электроники для блокировки приема новых данных.

Для правильности сшивки информации каждой передаваемой по ветвям электроники порции данных присваивается временная метка текущего зарегистрированного события, подсчитываемая каждой ветвью под считываемая независимо путем накопления специ-

альных периодических импульсов *clock* с частотой 10 МГц и длительностью 20 нс. Импульсы *clock* формируются генератором временных меток событий ГТ и рассылаются на все параллельные ветви системы. В принципе, значение метки может зависеть от быстродействия электроники, длины соединительных кабелей, времени считывания показаний счетчика импульсов, от места установки последнего в крейте, количества сработавших каналов и т.п., но главное, что метка монотонно растет от события к событию. Полная правильность сшивки гарантируется использованием трех избыточных признаков: номера сброса, номера события в сбросе и временной метки. Введенная избыточность служит для диагностики отказов и сбоев аппаратуры, вырабатывающей указанные признаки, что увеличивает степень надежности объединения данных.

Применяемая в эксперименте электроника основана на стандартах МИСС и СУММА. Первый из них характеризуется высокой скоростью приема данных [4] и предназначен для обслуживания электромагнитного спектрометра ЛГД-2 [8], регистрирующего черенковское излучение в радиаторах ячеистого калориметра из свинцового стекла. С помощью более медленной электроники СУММА осуществляется считывание данных с трековых детекторов, в качестве которых используются пропорциональные камеры [9].

Рассмотрим особенности применяемой аппаратуры стандартов МИСС и СУММА, а также электронные и программные способы обеспечения их совместной работы.

### 1.1. Электроника стандарта МИСС

Основные принципы построения электроники стандарта МИСС в данном эксперименте подробно изложены в работе [4], из которой взяты также условные обозначения различных блоков и сигналов. Здесь только отметим, что электроника МИСС может работать в адресном и автономном режимах и управляется с помощью контроллера сектора ЛЭ-51 [10] (или его аналога ЛЭ-83) и автономного контроллера ЛЭ-74 [4]. Выбор режима задается потенциальным уровнем сигнала *MODE* в стандарте NIM. Адресный режим не позволяет реализовать все скоростные возможности стандарта МИСС и применяется для контроля и тестирования аппаратуры, а также для ее инициализации (проверка служебных регистров и пьедестальной памяти, запись пьедесталов и т.п.), после чего она переводится в автономный режим ( $MODE = 0$ ).

Большая часть используемых блоков регистрации состоит из 96-канальных зарядовоцифровых преобразователей (ЗЦП) ЛЭ-71 [4], к которым подключены все 624 ячейки электромагнитного спектрометра ЛГД-2 [8]. В состав аппаратуры входит также адаптер ЛЭ-75 [4] для передачи данных из внутренней памяти автономного контроллера ЛЭ-74 в буфер промышленной интерфейсной карты PCI-7200 (фирма ADLINK [5]–[6]), установленной на PCI-шине персонального компьютера соответствующего ЛКД.

Для подсчета различных служебных импульсов установлен блок ЛЭ-69 [11]. Последний является 16-канальным прибором, состоящим из четырех групп по 4 счетчика с отдельным управлением каждой группы и индивидуальным условием сброса в исходное состояние. Блок позволяет считывать показания “на лету” (т.е. с продолжением счета), время считывания равняется 15 нс. В нашем случае ЛЭ-69 применялся для подсчета:

- 1)  $N_s$  — номера сброса ускорителя от начала цикла измерений (RUN),
- 2)  $N_e$  — номера зарегистрированного события от начала цикла измерений,
- 3)  $n_e$  — номера зарегистрированного события в пределах данного сброса,
- 4)  $M^{(b)}$  — количества отобранных по сигналу *beam* пучковых частиц от начала сброса,

- 5)  $M_{12}^{(b)}$  — количества импульсов *beam* между двумя зарегистрированными событиями,
- 6)  $M^{(t)}$  — количества отобранных по сигналу *trig0* событий от начала сброса,
- 7)  $M_{12}^{(t)}$  — количества импульсов *trig0* между двумя последовательными зарегистрированными событиями,
- 8)  $N_g$  — количества принятых импульсов *clock* генератора ГТ от начала сброса.

Величины  $M^{(b)}$ ,  $M_{12}^{(b)}$ ,  $M^{(t)}$  и  $M_{12}^{(t)}$  используются для абсолютной нормировки изучаемого физического эффекта, величина  $N_g$  служит для присваивания временной метки регистрируемому событию. Заметим, что номер события также определяется автономным контроллером ЛЭ-74. Совпадение номеров событий по данным блока ЛЭ-69 и контроллера ЛЭ-74 являлось одним из критериев правильности работы аппаратуры.

Для обеспечения функционирования полного комплекса сбора данных (МИСС + СУММА) вырабатывается сигнал *busy\_miss* (запрет приема данных), действующий в течение времени обработки данных события электроникой МИСС. Длительность импульса *busy\_miss* зависит от объема принимаемых данных  $n$  в байтах и определяется следующим выражением [4]:  $t_{BUSY} = a + b \cdot n$ , где  $a = (13.1 \pm 1.3)$  мкс,  $b = (0.0788 \pm 0.0014)$  мкс/байт (данные с одного канала — адрес и амплитуда упаковываются в 4 байта).

## 1.2. Электроника стандарта СУММА

Электроника в стандарте СУММА используется в эксперименте “Гиперон-М” для организации сбора данных, контроля и тестирования трековых детекторов, в качестве которых применены пропорциональные камеры (ПК) [9]. Используемые ПК организованы в 3 блока, включающие 8 плоскостей с полным числом проволочек во всех камерах — 576.

Регистрирующая и считывающая электроника пропорциональных камер выполнена в системе PCOS II [12]. Для уменьшения времени чтения блоки считывания информации с пропорциональных камер были модернизированы с учетом реально обслуживаемого числа проволочек. В результате время считывания было уменьшено примерно в 8 раз по сравнению с величиной, которая декларируется в описании системы PCOS II [12] при максимально возможном числе обслуживаемых каналов.

На рис. 3 приведена схема организации сбора данных, контроля и тестирования трековых детекторов. Данная электроника позволяет проводить предварительную проверку всех каналов ПК без запуска полной on-line системы сбора данных. В этом случае используется специальная тестовая программа. Генератор Г выдает сигнал триггера, а блок TEST — тестовые сигналы на все входы регистрирующей электроники отдельных блоков камер. Проверку всех каналов электроники ПК можно провести и в рамках системы сбора данных, используя эти же сигналы. Для этого на ЛКД (СУММА) запускается локальная версия системы сбора данных, созданная в рамках программного пакета MIDAS [13], состоящая в терминологии MIDAS из процессов “frontend” и “analyzer”.

Для подсчета служебных импульсов, определяющих номер сброса, номер события и временную метку события, установлен многоканальный блок десятичных счетчиков КС-014. Его функции аналогичны блоку ЛЭ-69 в стандарте МИСС.

И, наконец, отметим, что вырабатывается сигнал *busy\_summa* (запрет приема данных), действующий в течение всего времени обработки данных текущего события электроникой СУММА.

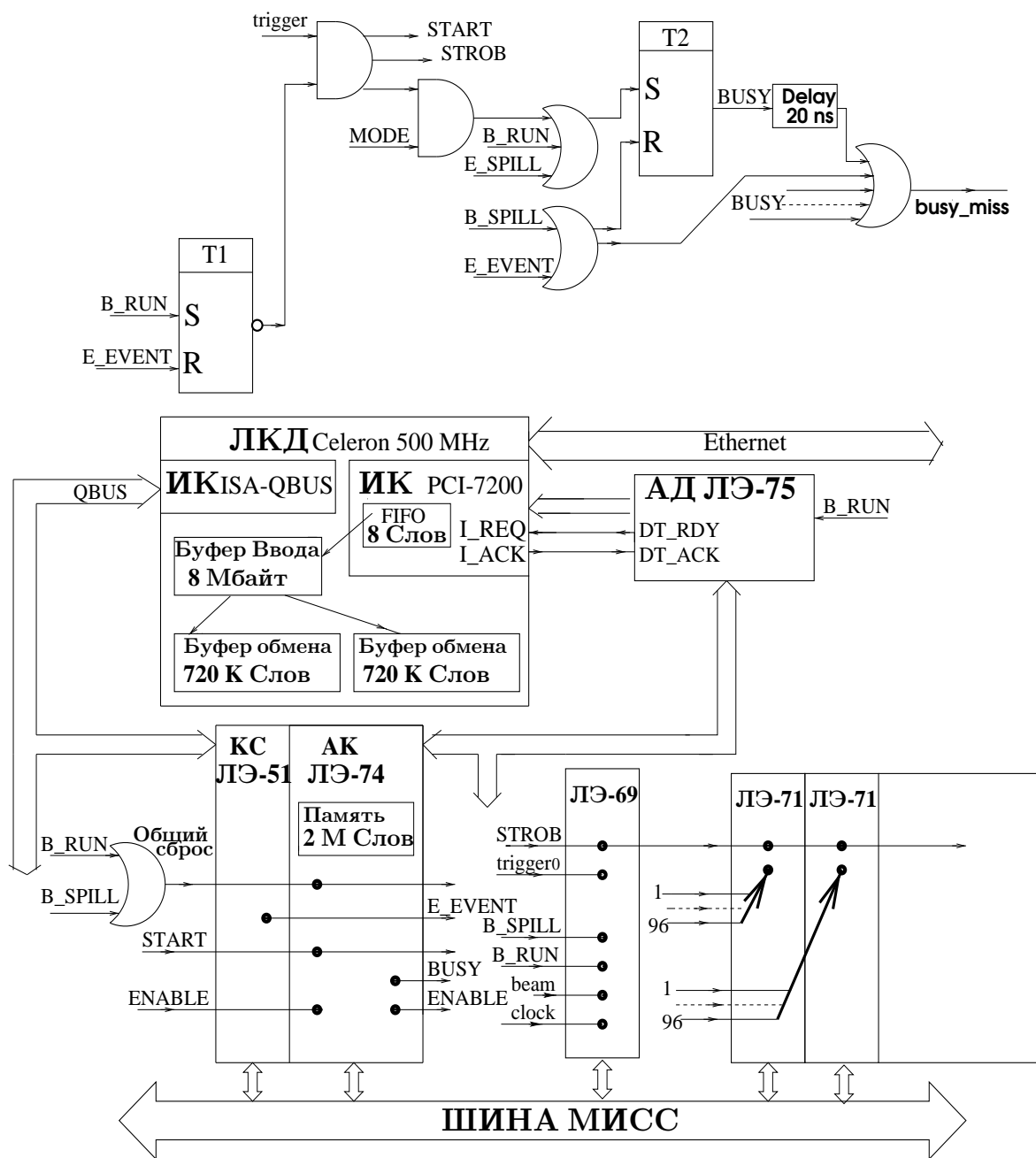


Рис. 2. Функциональная схема электроники МИСС установки “Гиперон-М” (для простоты изображения опущен программно-управляемый генератор, вырабатывающий сигнал  $B\_RUN$ ). Обозначения: КС – контроллер сектора МИСС; АК – автономный контроллер; ИК – интерфейсная карта; АД – адаптер; Т1 и Т2 – двоянный таймер с установленной в бесконечность выдержкой времени; ЛКД – локальный концентратор данных.



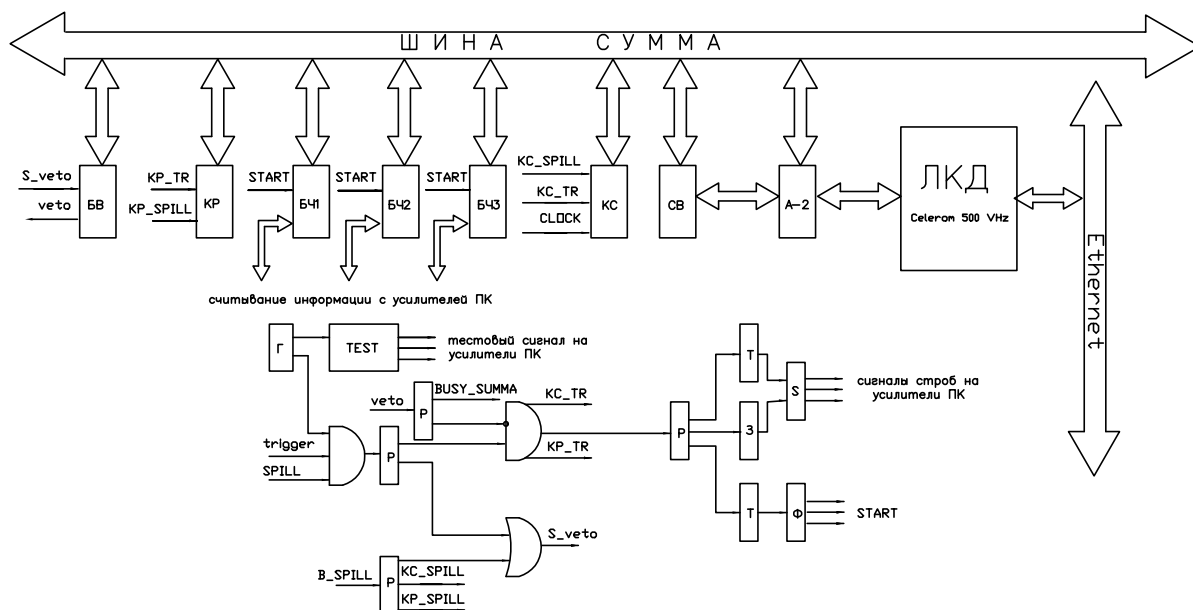


Рис. 3. Функциональная схема электроники СУММА для тестирования и сбора данных с блоков пропорциональных камер (ПК) установки “Гиперон-М”. Обозначения: БВ – программно-управляемый блок, вырабатывающий сигнал запрета приёма данных; КР – регистр; БЧ1–БЧ3 – блоки считывания информации с ПК; КС – многоканальный блок десятичных счетчиков КС-014; СВ – согласователь ветви; А-2 – контроллер крейта; Г – генератор; TEST – блок подачи тестовых сигналов на входы усилителей-формирователей ПК; Р – разветвитель; З – блок задержки; S – блок сигналов строба на регистрирующую электронику ПК; Ф – формирователь.

### 1.3. Программное обеспечение многомашинного комплекса сбора данных

Математическое обеспечение многомашинного комплекса сбора данных установки “Гиперон-М” создано с использованием программного пакета MIDAS [13]. Последний предназначен для построения распределенных сетевых систем сбора данных. Этот пакет является свободно распространяемым программным продуктом на основании лицензии GPL [14]. В рамках системы MIDAS программа сбора данных реализуется в виде множества процессов (таких как “frontend”, “analyzer”, “event-builder”, “monitor” и др.), осуществляющих прием информации с аппаратуры, ее сшивку, дальнейшую пересылку и запись на внешние накопители, управление, мониторинг и т.п. Указанные процессы работают как отдельные программы, запущенные на различных компьютерах, связанных по сети (часть процессов может располагаться на одном и том же компьютере). Эти процессы обмениваются данными, командами и сообщениями через специальные области разделяемой памяти (shared memory) и механизм вызова удаленных процедур (RPC).

Рассматриваемый комплекс сбора данных состоит из трех персональных компьютеров, работающих под управлением операционной системы LINUX. Локальные концентраторы данных ЛКД-МИСС и ЛКД-СУММА располагаются каждый на индивидуальном компьютере с процессором Celeron 500 МГц. Указанные ЛКД предназначены для считывания и последующей пересылки экспериментальной информации на глобальный коллектор данных (ГКД), а также на блок МОНИТОР. В данной реализации программы сбора данных была выбрана конфигурация, при которой блок МОНИТОР находится на отдельном компьютере с процессором AMD Althon XP 2000+. Что касается ГКД, то он расположен на том же компьютере, что и ЛКД-МИСС. Такая конфигурация способствует уменьшению нагрузки на сеть Ethernet.

Рассмотрим алгоритмы действий математического обеспечения. Сигналы с электромагнитного калориметра поступают на ЗЦП в электронику стандарта МИСС, и в каждом событии вместе с данными счетчиков ЛЭ-69 считываются автономным контроллером ЛЭ-74 в буферную память (Буфер ввода, см. рис. 2). На ЛКД-МИСС работает программа чтения, которая по сигналу конца сброса все накопленные данные передает через интерфейс PCI-7200 в основную память компьютера, где они сохраняются в Буфере обмена. Далее эта программа проводит пособытийную проверку правильности формата данных и записывает проверенные события в буфер разделяемой памяти БУФ-МИСС.

На ЛКД-СУММА работает другая программа, которая по сигналу триггера считывает информацию с пропорциональных камер для каждого события из блоков считывания в крейте СУММА вместе с соответствующими данными из счетчиков КС-014 и помещает ее в буфер разделяемой памяти БУФ-СУММА.

После окончания сброса блок ГКД с помощью программы Конструктор событий (Event Builder) объединяет потоки данных от разных ветвей системы в одно целое событие. При этом программа Event Builder берет события из буферов БУФ-МИСС и БУФ-СУММА, сравнивает номер сброса и номер события, а также временные метки двух фрагментов данных (МИСС и СУММА) и, при удовлетворении заданным критериям, формирует полное событие и копирует его в буфер разделяемой памяти БУФ-СОБЫТИЕ с одновременной записью на внешние носители информации (жесткий диск компьютера). В существующей версии указанными критериями являются отбор фрагментов с минимальным модулем разности временных меток  $\Delta t = |t_{МИСС} - t_{СУММА}|$  сшиваемых фрагментов с проверкой совпадения номера сброса и номера события в сбросе по данным счетчиков ЛЭ-69 и КС-014 соответственно в электронике МИСС и СУММА, а также по данным автономного контроллера ЛЭ-74. Дополнительно требуется выполнение неравенства  $\Delta t < \nu$ , где  $\nu$  — параметр, подбираемый из требования 100%-ной эффективности сшивки при правильно функционируемой электронике. В нашем случае величина  $\nu$  лежит в области нескольких сотен отсчетов генератора ГТ.

Блок МОНИТОР производит мониторинг данных с помощью соответствующей пользовательской программы *analyzer*, написанной в рамках пакета MIDAS, которая берет по сети данные из буфера БУФ-СОБЫТИЕ на ГКД, обрабатывает их и заполняет НВООК гистограммы в специальной области разделяемой памяти. Программа Raw++ может подсоединяться к этой памяти и оперировать с гистограммами — просматривать, фитировать и т.п.

Управление многомашинным комплексом сбора данных производится через любой браузер Ethernet при обращении к специальному HTTP серверу, работающему на ГКД. Управление включает возможности начала и окончания цикла измерений (RUN), его приостановки и последующего возобновления, просмотра сообщений системы, доступа к специальной базе данных системы сбора и т.д.

## 2. Испытания многомашинного комплекса сбора данных

Испытания многомашинного комплекса сбора данных проводились в эксперименте “Типерон-М” [1] на 18-ом канале ускорителя У-70 (длительность цикла  $T = 9$  сек). Во время измерений к системе сбора данных были подключены все канала электромагнитного калориметра ЛГД-2 [8] и все 576 каналов используемых плоскостей ПК. Для тестовых целей спектрометр ЛГД-2 оборудован Светодиодной мониторинговой системой (СМС), аналогичной описанной в работе [7] и представляющей собой матрицу из  $24 \times 24$  светодиодов, установленных во фронтальной плоскости спектрометра. СМС позволяет периодически поджигать все или часть светодиодов с индивидуальной регулировкой интенсивности свечения и, тем самым, контролировать работоспособность всех каналов спектрометра.

Испытания проводились в трех режимах: 1) пьедестальные измерения; 2) запуск установки с помощью СМС; 3) физические измерения в пучке  $\pi^+$ -мезонов с импульсом 7 ГэВ/с. В последнем случае триггер отбора требуемых событий был настроен на выделение инклюзивных реакций  $\pi^+ Be$ -взаимодействий с нейтральными конечными состояниями, продукты распада которых вылетают в направлении спектрометра ЛГД-2. Интенсивность пучка достигала  $1.2 \cdot 10^6$  част./цикл, типичный уровень нейтрального триггера составлял  $7 \cdot 10^{-3}$ . Система регистрировала около 65% отобранных триггером событий, т.е. около  $5.5 \cdot 10^3$  соб./цикл.

На рис. 4 показано распределение времени зарегистрированных событий от начала сброса, измеренное счетчиком ЛЭ-69 при накоплении импульсов генератора временных меток ГТ. Это распределение характеризует так называемую растяжку пучка.

Работа электроники СУММА иллюстрируется рис. 5, где в качестве примера приведен профиль пучка в X- и Y-проекциях для одной из камер установки. Эффективность каждой плоскости пропорциональных камер составила не менее 98%.

Полученные данные для электроники МИСС, обслуживающей каналы ЛГД-2, не отличаются от ранее сделанных для нее измерений [4] без использования совместной работы с электроникой стандарта СУММА. В частности, на рис. 6 показан предварительный спектр масс пары фотонов  $M_{\gamma\gamma}$  в реакции  $\pi^+ Be \rightarrow 2\gamma + X$ , полученный в одной из калибровочных экспозиций по эффекту [15] (см. также [16] и [17]). Видно, что на табличной массе  $\pi^0$ -мезона четко выделяется пик от его распада  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$  с шириной, найденной методом наименьших квадратов,  $\sigma = 14.3$  МэВ. Вполне заметен также сигнал от  $\eta$ -мезона в районе значения инвариантных масс 55 МэВ.

Более подробный физический анализ набранных данных выходит за рамки данной статьи.

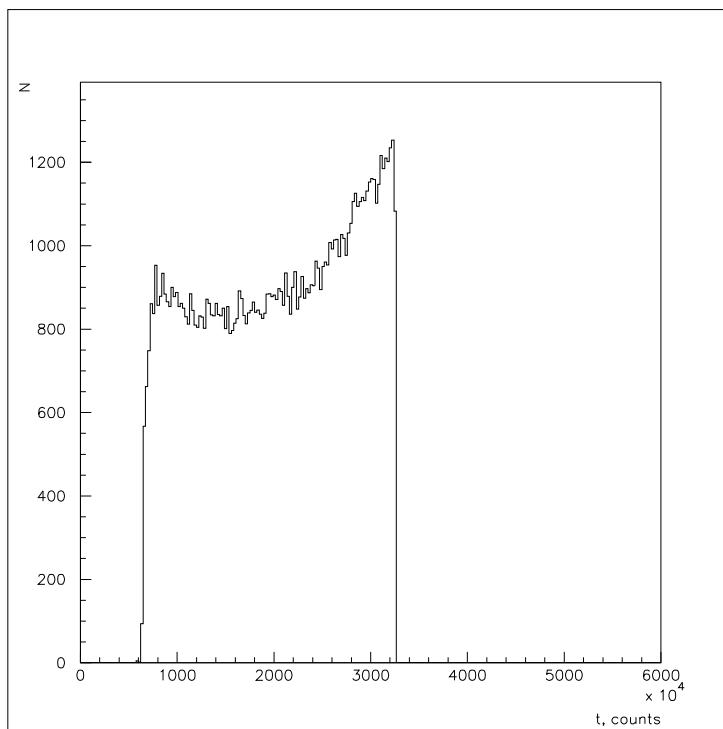


Рис. 4. Распределение времени зарегистрированных событий от начала сброса (так называемая, растяжка пучка), измеренное счетчиком ЛЭ-69 при накоплении импульсов генератора временных меток ГТ. Цена одного временного отсчета — 100 нс.

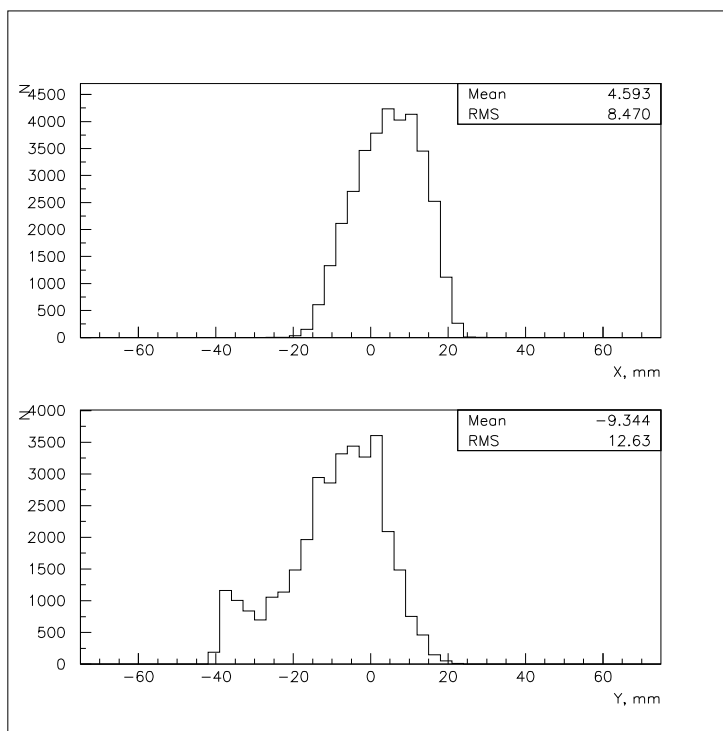


Рис. 5. Профиль пучка в X- и Y-проекциях для одной из камер установки.

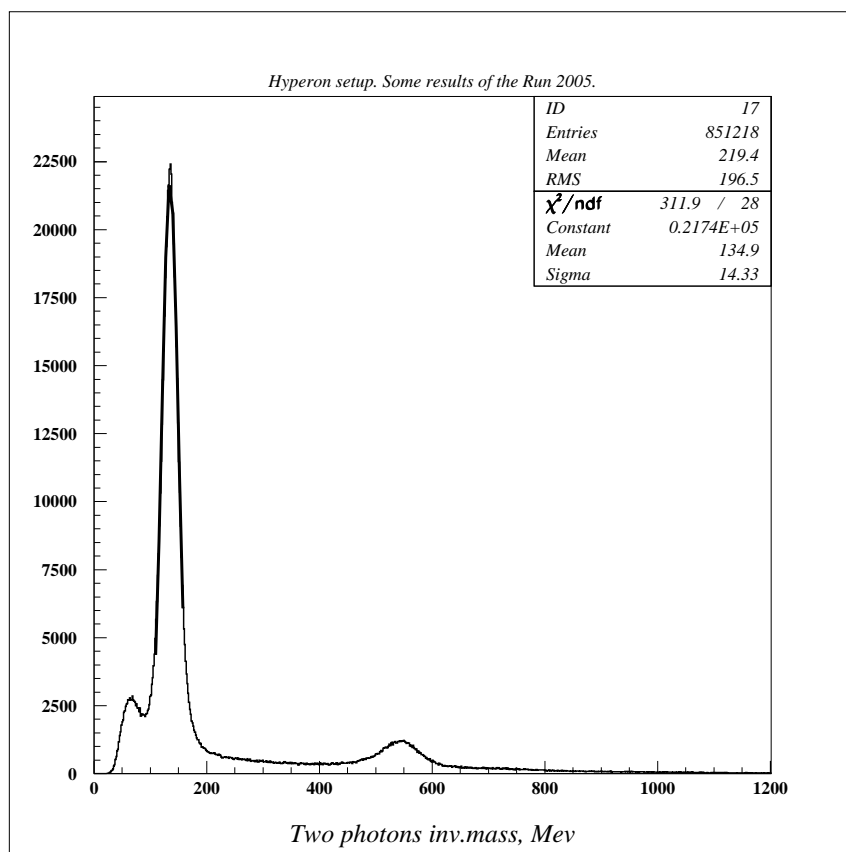


Рис. 6. Спектр масс пары фотонов  $M_{\gamma\gamma}$  в реакции  $\pi^+Be \rightarrow 2\gamma + X$ , полученный в одной из калибровочных экспозиций по эффекту.

## Заключение

Рассмотрена структура многомашинного комплекса эксперимента “Гиперон-М” (Протвино, ускоритель У-70), предназначенного для приема и объединения данных от нескольких детекторов частиц, каждый из которых имеет электронику в своем собственном стандарте — МИСС или СУММА.

Система МИСС работает в автономном режиме под управлением специализированного контроллера ЛЭ-74 с накоплением информации за время сброса пучка в буфер своей собственной памяти, которая объединяется с данными электроники СУММА и затем копируется на внешние накопители (жесткий диск компьютера) в промежутках между сбросами ускорителя. Электроника СУММА, напротив, нуждается в программном обслуживании считывания каждого события.

Описаны программные и электронные методы, обеспечивающие работу электронных систем разных стандартов и гарантирующие правильность объединения потоков принимаемых данных. Проанализированы сетевые проблемы взаимодействий различных компонент многомашинного комплекса, а также мониторинг системы.

При интенсивности пучка  $1.2 \cdot 10^6$  част./цикл и уровне нейтрального триггера  $7 \cdot 10^{-3}$  система регистрировала до 65% отобранных триггером событий, т.е. около  $5.5 \cdot 10^3$  соб./цикл.

В заключение авторы выражают благодарность С.П.Денисову, А.М.Зайцеву и В.Ф.Образцову (ИФВЭ, Протвино), а также А.Г.Володько, А.В.Зарубину и Д.А.Смолину (ОИЯИ, Дубна) за поддержку настоящей работы и полезные обсуждения. Авторы признательны А.Н.Иваченко за помощь при проведении сеанса на установке "Гиперон-М".

### Список литературы

- [1] А.А.Асеев, М.Ю.Боголюбский, В.А.Викторов и др. Препринт ИФВЭ 2002-3. Протвино, 2002.
- [2] Ю.Б.Бушнин, В.С.Ваньев, П.И.Гончаров и др. Препринт ИФВЭ 88-47. Серпухов, 1988.
- [3] О.И.Алферова, Ю.Б.Бушнин, А.А. Денисенко и др. Препринт ИФВЭ 74-12., Серпухов, 1974; ПТЭ 1975, N<sup>0</sup>4, с. 56.
- [4] М.Ю.Боголюбский, В.А.Викторов, В.С.Петров и др. Препринт ИФВЭ 2005-7. Протвино, 2005; ПТЭ 2005, N<sup>0</sup>6, с. 1-9.
- [5] <http://www.adlinktech.com>;  
PCI-7200/cPCI-7200 12Mb/s High Speed Digital Input/Output Card, ADlink Technology Inc., Manual Rev. 2.11, December 16, 1999.
- [6] ADLINK PCI/CompactPCI DAQ Cards, Software Installation Guide, Manual Rev. 4.30, December 1, 2003.
- [7] А.М.Блик, М.Ю.Боголюбский, С.В.Ерин и др. ПТЭ N<sup>0</sup>6, с. 29-34 (2003).
- [8] Г.С.Бицадзе, Ю.А.Будагов, Ю.Ф.Ломакин и др. ПТЭ N<sup>0</sup>4, с. 52 (1987).
- [9] А.Г. Володько, Ю.И.Давыдов, Д.Г.Джинчарадзе и др. Препринт ОИЯИ P13-94-114, Дубна, 1994.
- [10] В.А.Сенько и В.Я.Якимчук, Препринт ИФВЭ 95-105. Протвино, 1995.
- [11] Г.П.Макаров, А.А.Медведев, В.С.Петров и др. Препринт ИФВЭ 2003-11. Протвино, 2003; ПТЭ 2003, N<sup>0</sup>5, с. 68-75.
- [12] PCOS II. Proportional Chamber Operating System. Le Croy Research System Corp. 1975.
- [13] Стефан Ритт (Stefan Ritt, PSI, Switzerland), <http://midas.psi.ch>
- [14] <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>; <http://www.gnu.org.ua/copyleft/gpl.es.html>.
- [15] С.А.Акименко, А.В.Банников, В.И.Белоусов и др. ПТЭ N<sup>0</sup>1, с. 66-70 (1984).
- [16] А.Г.Асмолов, Г.Ц.Бицадзе, А.М.Блик и др. Препринт ОИЯИ П13-92-526, Дубна, 1992; А.М.Блик и И.П.Либа. Препринт ИФВЭ 93-86. Протвино, 1993.
- [17] В.В.Бабинцев. Препринт ИФВЭ 93-73. Протвино, 1993.

*Рукопись поступила 26 октября 2006 г.*

М.Ю. Боголюбский, В.А. Викторов, В.А. Онучин и др.  
Многомашинный комплекс сбора данных эксперимента “Гиперон-М” на  
основе электроники в стандартах МИСС и СУММА.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы **ИТЭХ**.  
Редактор Н.В.Ежела.

---

Подписано к печати 7.11.06. Формат 60 × 84/8.  
Офсетная печать. Печ.л. 1,8. Уч.-изд.л. 1,35. Тираж 90. Заказ 112.  
Индекс 3649.

---

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий  
142284, Протвино Московской обл.

