



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2011–16
ОЭФ

А.А. Волков, В.П. Ефремов, А.Ю. Калинин, Ю.Д. Карпеков,
А.В. Кораблев, А.Н. Криницын, В.И. Крышкин, Н.В. Кулагин,
В.В. Скворцов, М.М. Солдатов, В.В. Талов, Л.К. Турчанович,
Н.А. Шаланда, В.И. Якимчук

Система сбора данных установки ФОДС

Направлено в *ПТЭ*

Протвино 2011

Аннотация

Волков А.А., Ефремов В.П., Калинин А.Ю. и др. Система сбора данных установки ФОДС: Препринт ИФВЭ 2011–16. – Протвино, 2011. – 15 с., 6 рис., библиогр.: 17.

Описана система сбора данных установки ФОДС. Информация с каждого блока регистрирующей электроники вычитывается по триггеру при помощи высокоскоростного контроллера ЛЭ-74 с буферной памятью и по окончании сброса при помощи карты расширения PCI 7200 передаётся в память компьютера. Все крейты читаются параллельно, что обеспечивает высокое быстродействие системы (8000 событий на плечо спектрометра за цикл). Система позволяет вычитывать данные с разного типа детекторов (ДК, ПК, калориметров, СКОЧ и др.), обладает высокой гибкостью, т.е. позволяет принимать информацию по нескольким типам триггеров (инклюзивы, совпадения плеч, две частицы в одном плече и др.), позволяет вести калибровочные измерения детекторов в каждом спиле. Программная часть основана на проекте MIDAS с открытым исходным кодом и позволяет контролировать работу всех детекторов в процессе эксперимента.

Abstract

Volkov A.A., Efremov V.P., Kalinin A.Yu. et al. Data Acquisition System for the Experiment FODS: IHEP Preprint 2011–16. – Protvino, 2011. – p. 15, figs. 6, refs.:17.

A data acquisition system for the installation FODS is described. The information from each electronic module is read for each trigger by a high speed controller LE-74 with buffer memory and at the end of the spill is transferred via an extension card PCI7200 to the computer memory. All crates are read in parallel that provides high speed performance (about 8000 events per spill for one arm). The DAQ reads data from different detectors (DC, PC, calorimeters, SGOCH et al.), it is flexible that it reads data with many kind of triggers (inclusive, arm coincidence, two particles in one arm et al.), it allows to calibrate detectors each spill. The software of the DAQ is based on MIDAS with open source and it can control the quality of all detectors during a run.

1. Введение

Фокусирующий двухплечевой спектрометр (ФОДС) предназначен для изучения одиночного и парного образования адронов с большими поперечными импульсами в адрон - адронных взаимодействиях [1]. Для исследования более редких процессов проведена существенная модернизация детекторов и электроники, что в свою очередь привело к необходимости заметных изменений в программном обеспечении системы сбора данных. В работе представлена новая система сбора данных, которой предшествует краткое описание детекторов и электроники установки.

2. Регистрирующая электроника установки ФОДС-2

Модернизация электроники обусловлена: 1) физическим и моральным ее старением; 2) требованием увеличения быстродействия установки; 3) изготовлением новых детекторов; 4) требованием однотипности регистрирующей электроники.

2.1. Триггерная система

Запуск считывающей электроники каждого плеча ФОДС-2 осуществляется от инклюзивного триггера TRS (TRN), вырабатываемого совпадением сцинтилляционных счетчиков S_1, S_2, S_3 (N_1, N_2, N_3) и адронных калориметров [1]. Здесь же создаются и триггеры для калибровки аппаратуры. Триггер на инклюзивные пары формируется совпадением TRS и TRN.

Электроника логики установки выполнена в стандарте СУММА [2]. Вся остальная регистрирующая электроника сделана в стандарте МИСС [3]. Ниже дается ее краткое описание.

2.2. Электроника дрейфовых камер

В состав электроники дрейфовых камер (ДК) входят:

- 1) 8-канальные усилители, располагающиеся на самих камерах;
- 2) электроника в стандарте МИСС:
 - 2.1) по два крейта на каждое плечо спектрометра для размещения электронных блоков;
 - 2.2) время-цифровые преобразователи (ВЦП) в количестве 56 штук (по 28 штук в каждом плече);
 - 2.3) разветвители сигналов.

2.3. Электроника годоскопов

В крейте №2 каждого плеча располагается также 8 блоков ВЦП и обслуживающие их модули (2 штуки) электроники годоскопов. На них подается свой S-строб сигнал. ВЦП для годоскопов имеют разрешение 1нс и время дрейфа 200 нс.

2.4. Электроника пропорциональных камер

В настоящее время на установке ФОДС используется 12 пропорциональных камер. Общее количество каналов составляет 4600. Сигналы с камеры через 8-канальные усилители (порог срабатывания 2 мВ) с парафазным выходом по 50-метровым скрученным парам передаются на регистры ЛЭ-15 [4], информация с которых вычитывается при помощи контроллера ЛЭ-91 в памяти ЛЭ-56 [5]. Контроллер ЛЭ-91 для чтения подает в регистры ЛЭ-15 строб-сигналы регулируемой длительности (50-150 нс). Общее количество секторов МИСС для ПК на установке ФОДС-2 равно 8. Сектором называется половина крейта. Задержка сигналов с камер в кабелях, усилителях УПК-8 и “дрейфовых” зазорах составляет порядка 300 нс. Задержка триггерной системы по отношению к прошедшей частице равна 250 нс.

2.5. Электроника СКОЧ [6]

Фотодетектором здесь служат ГФЭУ [7] (24 штуки на плечо). Сигналы с них дополнительно усиливаются в 10 раз и поступают на вход ВЦП, которые также используются на установке для временных измерений со сцинтилляционных счетчиков. Точность измерения времени равна 2 нс.

2.6. Электроника калориметра и пороговых черенковских счетчиков

Для амплитудных измерений с калориметров и с широкоапертурных черенковских счетчиков используется АЦП ЛЭ-71 [8]. Число входов 8, чувствительность 250 пК/канал, число каналов 4096. Время вычитывания информации равно 18 мкс. Длительность стробирующего импульса (40 – 150 нс) задается переключателем в блоке.

3. Сбор данных установки ФОДС. Аппаратный комплекс

После проведенной модернизации установки ФОДС-2 и перевода ее на более быструю электронику в стандарте МИСС на ней внедрена новая система сбора данных. Чтение и запись информации с аппаратуры спектрометра осуществляется под управлением программы MIDAS [9]. Общая схема системы сбора данных ФОДС-2 приведена на рис. 1.

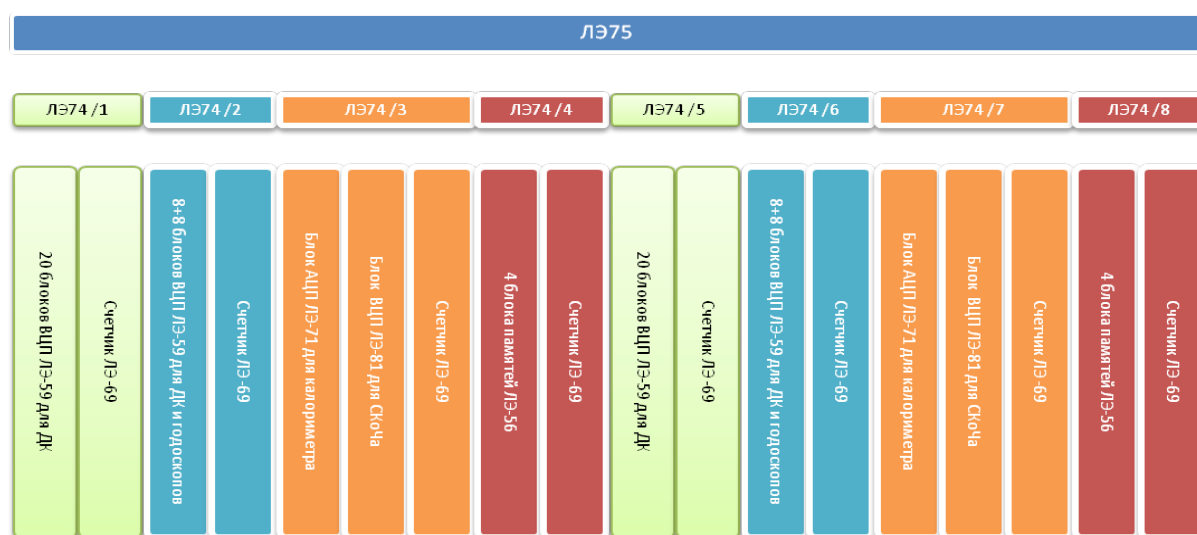


Рис. 1. Общая схема системы сбора данных ФОДС-2.

Каждый читаемый электронный модуль имеет свое служебное и информационное слово. Для чтения и записи данных блок таймера вырабатывает сигнал начала BS и конца ES чтения. Он также формирует «физические» (длительностью 2 с) и калибровочные (длительностью 0,2 с) ворота, которые синхронизированы с циклом ускорителя У-70. Информация с каждого плеча читается независимо и последовательно, инклюзивные и парные триггеры регистрируются одновременно. Для калибровки аппаратуры (ДК, СКОЧ, сцинтилляционные счетчики) организован свой калибровочный триггер. В этом случае события ~80 штук от встроенного генератора таймера поступают в регистрирующую аппаратуру. Так называемая END SPILL информация (счета мониторов, в том числе пучковых, триггеров, сцинтилляционных счетчиков) читается под управлением контроллера ЛЭ-88С и записывается в свой компьютер (РС-4) один раз за цикл ускорителя после регистрации всех триггерных событий.

Информация с электроники каждого крейта (ДК, годоскопов) вычитывается по триггеру TS (TN) своим контроллером ЛЭ-74 [8] с памятью 8 Мбайт. Заметим, что в секторе (крейте) он всегда занимает крайние места. В блоках ЛЭ-74 находится кварцевый генератор 20 МГц, несущая частота с которого по кроссу передается в блоки ЛЭ-59. Здесь же программируемым образом задается и длительность цуга ~15 мкс для оцифровки информации с ДК. На вход ЛЭ-59 (передняя панель) поступают сигналы с ДК или годоскопов. Запуск электроники происходит по сигналу с детектора, а останов по концу стробирующего сигнала. Для получения необходимой точности сигнал в блоке ЛЭ-59 расширяется. Коэффициент расширения для ДК равен 25, для годоскопов 40. Все модули имеют свои номера, задаваемые переключателем. Данные с ЛЭ-59 вычитываются последовательно справа налево, при неисправности в каком-либо блоке прием останавливается. Нулевая информация не вычитывается. Контроллер крейта ЛЭ-74 выдает сигнал BUSY. Эти сигналы со всех крейтов данного плеча поступают на сборку ИЛИ, а с нее на схему совпадений выработки триггера для блокировки прихода следующего. Сюда же поступает и сигнал пучковых ворот GATE. В каждом крейте рядом с ЛЭ-74 для сшивки событий стоит не обнуляемый по триггеру 1 МГц счетчик ЛЭ-69 [10]. В него поступают триггерные счета, сигнал совпадений плеч и счет с генераторов 125 МГц и 1 МГц.

Модуль ЛЭ-71, регистрирующий амплитудную информацию с калориметров и черенковских счетчиков, является самым медленным электронным устройством на установке ФОДС-2. Время оцифровки блоком амплитудных сигналов равно 10 мкс. Поэтому для увеличения быстродействия он располагается в отдельном секторе и вычитывается своим контроллером ЛЭ-74. Рядом с ним для сшивки событий также располагается счетчик ЛЭ-69. Этим же контроллером читается информация с модуля ВЦП ЛЭ-81, обслуживающего СКОЧ и временные счетчики.

Как уже сказано выше, чтение и запись информации с каждого сектора ПК осуществляется своим контроллером ЛЭ-91. Сигналы BUSY с этих контроллеров поступают на ту же сборку ИЛИ, что и с контроллеров ЛЭ-74 для ДК. В плече электроника ПК занимает 4 сектора. Данные с ПК вычитываются по триггеру и передаются в памяти ЛЭ-56 (4 шт.). Последние вычитываются контроллером ветви ЛЭ-74 по сигналу ES.

Контроллеры крейта ЛЭ-74 являются ключевыми модулями системы сбора данных ФОДС-2, принимающими информацию со всех детекторов данного плеча установки. В ЛЭ-74 она запоминается, по концу пучковых ворот (сигнал ES) последовательно передается в блок ЛЭ-75 [8] и далее в плату PCI7200 [11] персонального компьютера. Информация с плеч спектрометра вычитывается по циклам интенсивности: сначала одно плечо, затем другое. После прочтения каждого из блоков ЛЭ-74 на следующий контроллер поступает разрешающий сигнал ENABLE OUT. Информация с PCI7200 записывается на диски и обрабатывается по программам технического контроля работы детекторов установки ФОДС-2.

4. Программная часть

Программная часть системы сбора данных на установке ФОДС основана на проекте MIDAS [9] версии 1.9.3, с открытым кодом. Комплект программ, использованных на установке, составляют:

1. MIDAS server – сервер входящих подключений для front-end компьютеров и обработчик веб-команд управления.
2. Front-end программа сбора МИСС буфера данных, разбиения его по подсобытиям (событиям одного триггера контроллера ЛЭ-74) и передачи в MIDAS server,

а также сервер входящих подключений для программы, собирающей данные с корзины СУММА и пучковой информации.

3. Analyzer – программа онлайн анализа подсобытий, приходящих в MIDAS server.
4. Logger – программа записи приходящих событий на жесткий диск.
5. Histview – программа, читающая нужные пользователю гистограммы из уже проанализированных событий analyzer'ом.
6. Программа serv.C, написанная под графической оболочкой Root, собирающая данные с корзины СУММА и являющаяся сервером входящих подключений для приема информации с канала пучков.

В системе приема информации задействованы три компьютера:

1. Fods-2 (локальное имя pc1), на котором запускаются программы: MIDAS server, Logger, Analyzer, histview.
2. Pc3, отвечающий за работу программы front-end.
3. Fods-pc4 (локальное имя pc4), на котором работает программа serv.C.

Первым запускается MIDAS server командой `./initmidas` на pc1, при этом становится доступным управление через интерпретатор веб-страниц для запуска/остановки сбора, просмотр состояния запущенных приложений MIDAS. При необходимости записи данных на жесткий диск компьютера запускается `logger` командой `mlogger`. Быстрый анализатор событий может быть запущен с любого компьютера в локальной сети с установленным MIDAS 1.9.3 командой `./analyzer -h pc1`. При запуске программы просмотра гистограмм командой `./histview` необходимо указать в качестве источника имя компьютера с запущенным analyzer'ом. На pc3 запускается программа frontend (командой `./frontend -h pc1`). И последним шагом с компьютера pc4 из-под оболочки Root запускаем `.x serv.C` для приема информации EndSpill.

При нажатии кнопки start в окне MIDAS server'a вводится номер текущего запуска и вся цепочка программ начинает работу.

Программа frontend на pc3 собирает данные с корзин МИСС, т.е. по сигналу Begin Spill, приходящему с блока управления ЛЭ-90 на все контроллеры ЛЭ-74, последние накапливают данные в свою память и по концу физических ворот начинают последова-

тельную передачу всей накопленной информации в pc3 через плату pci7200. После того как все контроллеры ЛЭ-74 закончили передачу, pc3 начинает быстрый анализ, т.е. разбивает буфер на события, которые формируются в каждом ЛЭ-74 на триггер. События с ЛЭ-74 имеют формат, где первым словом передается номер контроллера, вторым – количество слов, относящихся к данному триггеру. Таким образом, программа frontend на pc3 пропускает в буфере заданное количество слов, проверяет целостность информации, так чтобы при этом указатель в буфере попал именно на начало следующего события, формирует для него массив данных, присваивает ему тип 1 (МИСС) и отправляет его на MIDAS server. После того как последнее событие цикла интенсивности было передано, frontend становится сервером входящих подключений для приема информации EndSpill, считанной программой serv.C. После прочтения данных frontend присваивает полученному буферу тип 2 (end spill) и передает его на pc1. Таким образом, frontend работает циклично до остановки текущего приема. Цикл работы программы показан на рис. 2.

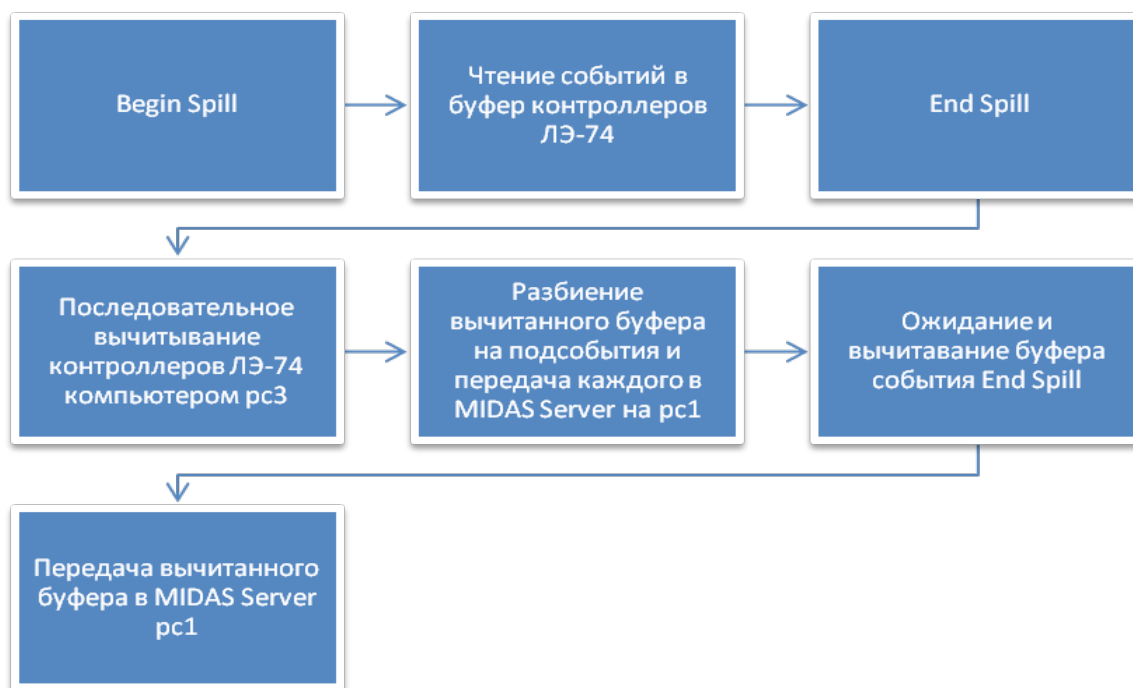


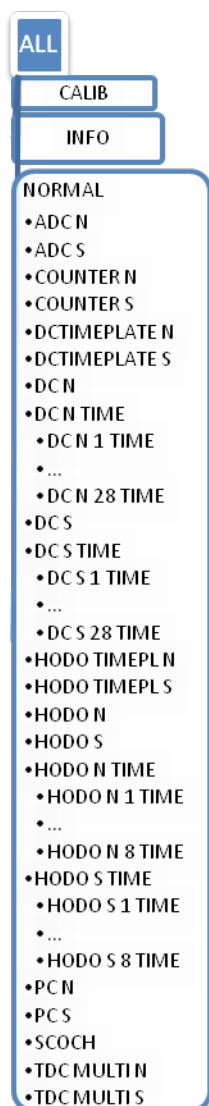
Рис. 2. Цикл работы программы frontend.

По команде End Spill блока управления ЛЭ-90 программа serv.C на машине pc4 начинает чтение корзины СУММА через контроллер ЛЭ-88С и плату pci. В корзине СУММА расположены счетчики, на которые заведены счета пучковых мониторов и триггеров, пришедших за спил. После их прочтения программа входит в режим ожидания информации с профилометров и ионизационных мониторов, которые попадают к нему через открытый канал связи по протоколу TCP/IP с компьютера отдела пучков. По окончании чтения serv.C делает необходимые вычисления, строит на экране монитора гистограммы, необходимые для анализа прошедшего цикла интенсивности, формирует буфер и передает его на frontend pc3 при активном ране, иначе пропускает передачу и входит в цикл ожидания сигнала End Spill. Цикл работы программы показан на рис. 3.



Рис. 3. Цикл работы программы serv.C.

Программа analyzer подключается к текущему событию MIDAS server'a при наличии времени и обрабатывает его, создавая гистограммы. С целью их систематизации в исходные файлы MIDASa mana.c и rmidas.c были внесены изменения, располагающие гистограммы не одним списком, а по папкам (директориям). Таким образом, общая иерархия гистограмм имеет следующий вид:



Директория NORMAL содержит информацию о работе всех детекторов установки ФОДС-2. Директория CALIB по структуре совпадает с директорией NORMAL, с тем лишь отличием, что события в нее попадают с признаком калибровки. В директории INFO содержатся гистограммы количества обработанных подсобытий для каждого контроллера ЛЭ-74 и количества пришедших триггеров за спил. В директориях ADC содержатся по восемь гистограмм для каждого канала АЦП. COUNTER содержат по 16 гистограмм для каждого канала счетчика ЛЭ-69. В DCTIMEPLATE входят 28 гистограмм временной информации для каждой плоскости дрейфовых камер, поступающей на ВЦП ЛЭ-59. DC содержат 28 гистограмм профилей для каждой плоскости дрейфовых камер. В папке DC # TIME можно посмотреть 16 временных гистограмм для каждой проволоки данной плоскости дрейфовой камеры. Структура директорий HODO совпадает со структурой директорий DC. По 6 гистограмм профилей для каждой из плоскостей пропорциональных камер содержатся в PC. Внутри папки SCOCH находятся гистограммы множественности срабатывания каналов на триггер и профилей детекторов СКОЧ. TDC MULTI содержат по 32 гистограммы времен каждого канала СКОЧ.

Таким образом, программа histview, подключившись к analyzer'у, посылает ему запрос на предоставление пользователю одной из 2916 гистограмм. По окончании измерений analyzer формирует root файл гистограмм. Для иллюстрации на рис. 4 и 5 приведены соответственно временное распределение событий с дрейфовой камеры и амплитудное распределение с калориметра (данные получены быстрым анализом в процессе набора).

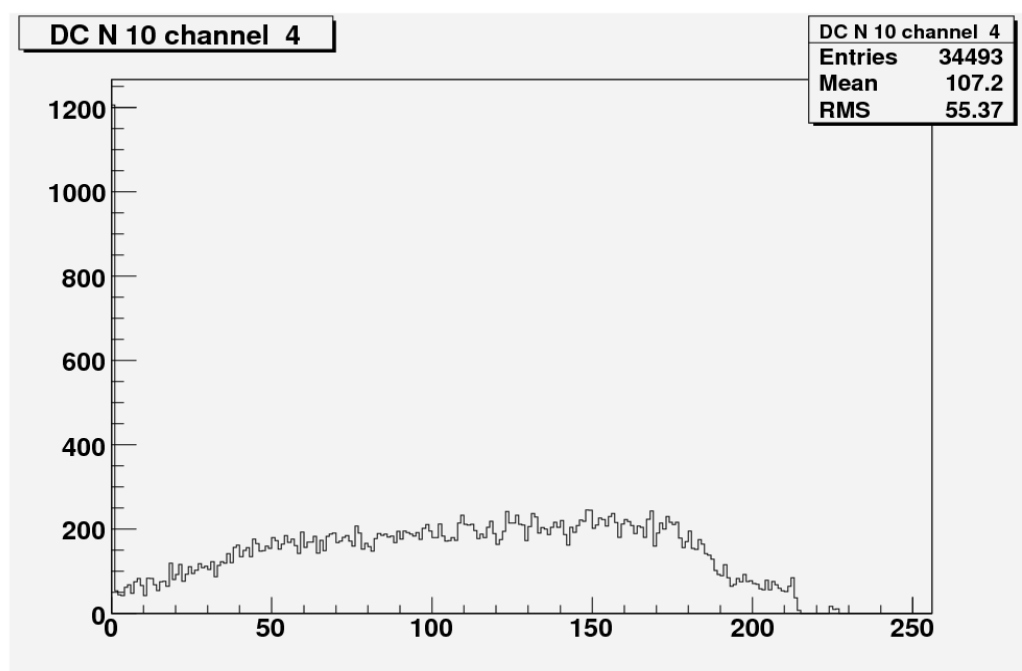


Рис. 4. Распределение времен дрейфа.

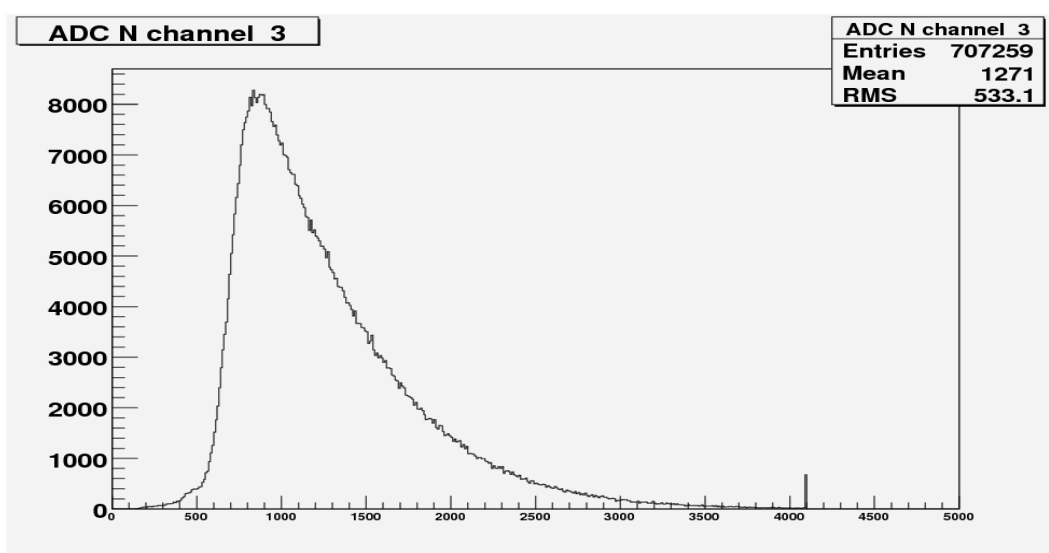
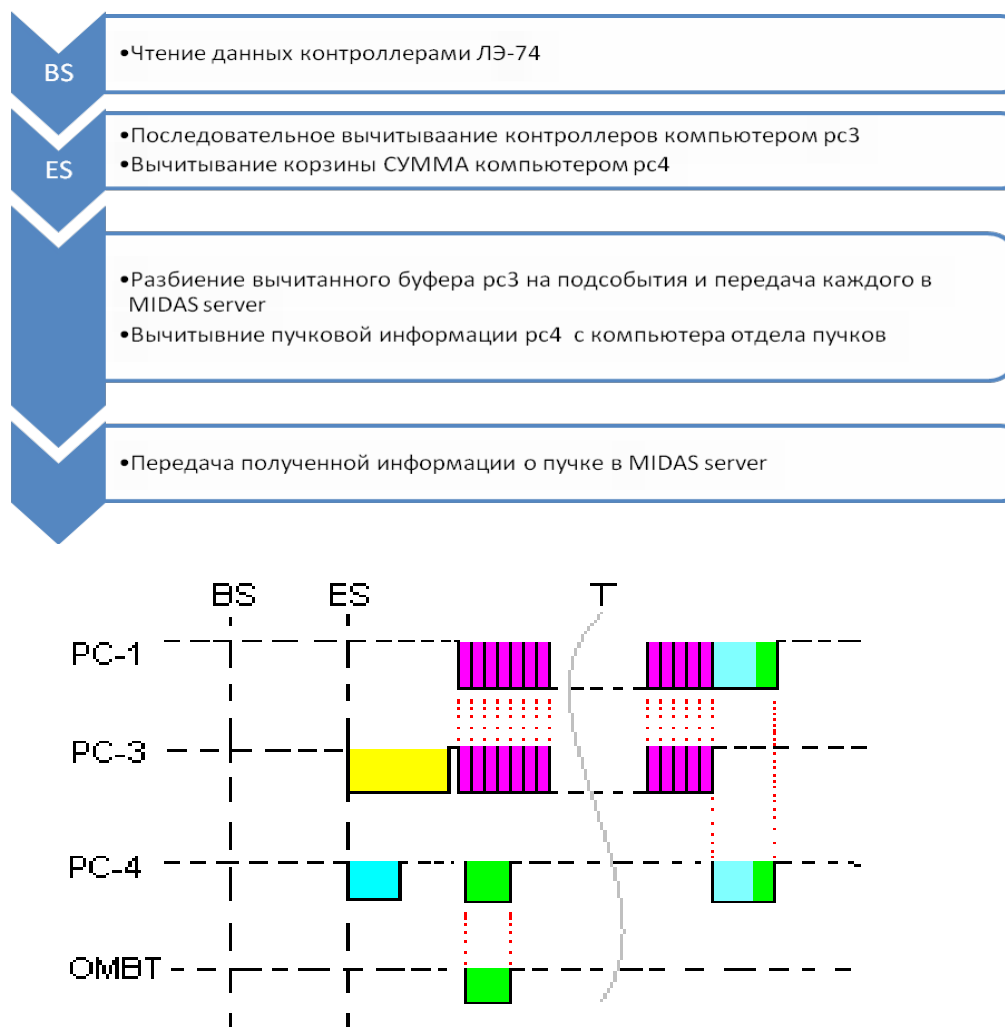


Рис. 5. Амплитудный спектр с калориметра.

Система сбора информации может принимать около 16000 триггеров за спил (по 8000 на плечо), т.е. pc3 успевает разбить и передать около 64000 подсобытий контроллеров ЛЭ-74 за промежуток времени между End Spill и Begin Spill, что занимает около 15 Мбайт данных. Временная диаграмма приема выглядит следующим образом:



4.1. Формирование события из подсобытий ЛЭ-74

При записи на жесткий диск, как было сказано выше, подсобытия пишутся последовательно. Чтобы сформировать триггерное событие, нужно иметь в памяти четыре подсобытия с каждого ЛЭ-74 с данного плеча. Для этого при запуске программы

analyzer после приема формируются 10 файлов: 8 для каждого ЛЭ-74, один для событий ES и в одном в виде таблицы хранится информация о количестве пришедших под-событий за данный цикл интенсивности для каждого ЛЭ-74. Программа connection, написанная для windows, считывает директорию с нужными файлами, начинает вычитывание по 4 подсобытия с файлов, проверяет их на принадлежность к одному триггеру. Далее программа преобразует информацию в формат, необходимый для дальнейшей обработки, сортирует события по времени прихода от начала спила по сигналу с генератора частотой 1 МГц, поступающему на счетчик ЛЭ-69. Таким образом, после окончания работы программы файл с данными уже имеет формат, доступный для последующей обработки, и триггеры совпадения между плечами находятся друг за другом. Пример окна программы показан на рис. 6.

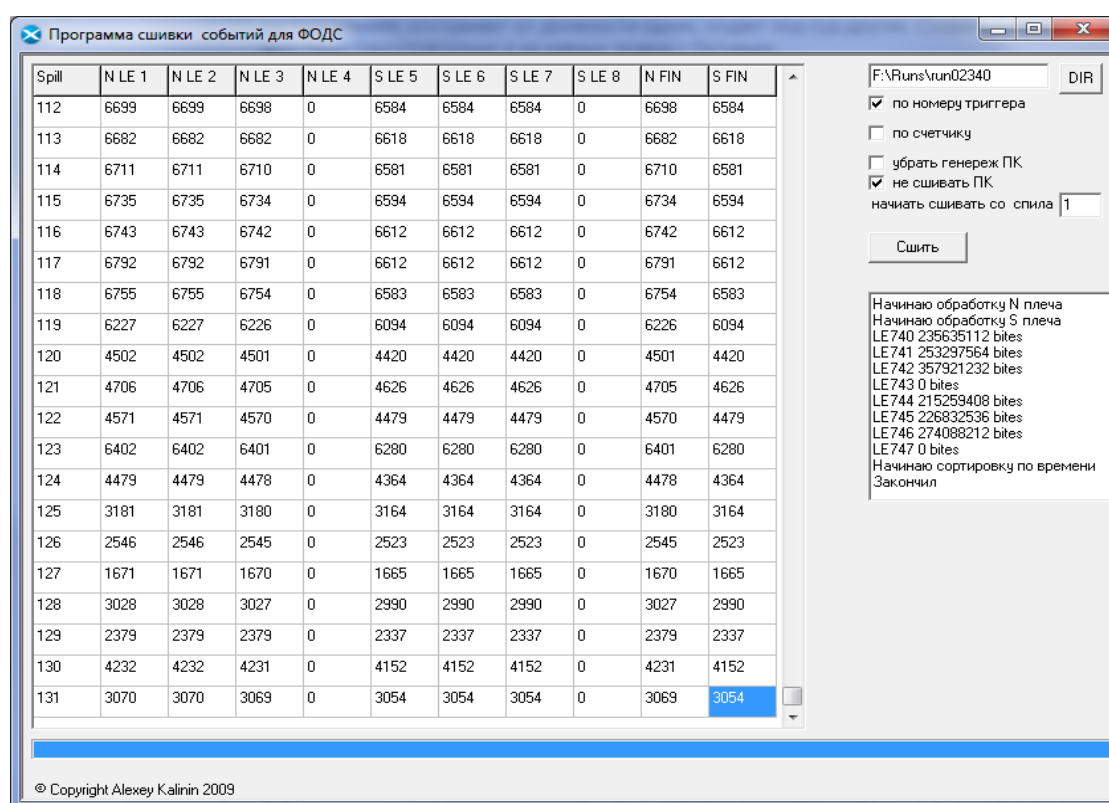


Рис. 6. Пример окна программы connection.

5. Заключение

В связи с модернизацией установки ФОДС и переходом на более быструю электронику в стандарте МИСС, на ней внедрена новая система сбора данных, основанная на программном комплексе MIDAS. Основные характеристики ССД:

1. Информация с каждого блока регистрирующей электроники с заданного крейта вычитывается по триггеру при помощи высокоскоростного контроллера ЛЭ-74, запоминается в нем и по концу цикла интенсивности через адаптер ЛЭ-75 передается в компьютер через PCI-7200. Все крейты читаются параллельно, что обеспечивает высокое быстродействие системы (8000 событий на плечо за цикл интенсивности).
2. Позволяет быстро вычитывать данные с разного типа детекторов (ДК, ПК, калориметров, СКОЧ и др.).
3. Обладает высокой гибкостью, т.е. позволяет принимать информацию по нескольким типам триггеров (инклюзивы, совпадения плеч, две частицы в одном плече и др.).
4. Позволяет вести калибровочные измерения параметров детекторов в каждом спиле в процессе набора физической информации. Для этого имеются свои калибровочные ворота, куда подаются сигналы со специального генератора.
5. Программная часть ССД позволяет не только читать и записывать информацию на жесткий диск, но и в процессе набора вести анализ работы различных детекторов. Отображение информации осуществляется под управлением программы histview с графической оболочкой Root.
6. Endspill информация (мониторы, профилометры, счета детекторов) записывается по концу каждого цикла интенсивности. Данные с них в виде гистограмм отображаются на мониторе

В заключение авторы выражают свою искреннюю благодарность В.А. Сенько.

Список литературы

- [1] Абрамов В.В., Балдин Б.Ю., Бузулуцков А.Ф. и др. // ПТЭ, 1992, №6, с. 75; Препринт ИФВЭ 91-144, Протвино, 1991.
- [2] Алферова О.И., Бушнин Ю.Б., Денисенко А.А. и др. – Препринт ИФВЭ 74-122, Серпухов, 1974; // ПТЭ. 1975, № 4, с. 56.
- [3] Бушнин Ю.Б. и др. Быстродействующая система регистрирующей и триггерной электроники для экспериментальных исследований в ИФВЭ (МИСС). – Препринт ИФВЭ 88-47, Серпухов, 1988.
- [4] Карпеков Ю.Д. Модульная аппаратура для регистрации и предварительной цифровой обработки информации с пропорциональных проволоочных камер. – Препринт ИФВЭ 01-54, Протвино, 2001.
- [5] Исаев А.Н., Сенько В.А., Якимчук В.И. Аппаратура для буферизации данных в системе МИСС. – Препринт ИФВЭ 99-31, Протвино, 1999.
- [6] Абрамов В.В., Алексеев А.В., Балдин Б.Ю. и др. // Nucl. Instr. and Methods, 1985, v. A235, p. 497.
- [7] Васильченко В.Г., Лапшин В.Г., Монич Е.А. и др. Годоскопические фотоумножители ГФЭУ-30. – Препринт ИФВЭ 77-57, Серпухов, 1977.
- [8] Боголюбский М.Ю. и др. Система сбора данных эксперимента Гиперон-М на основе электроники МИСС и контроллера ЛЭ-74 с внутренней аппаратной буферизацией. – Препринт ИФВЭ 2005-7, Протвино, 2005.
- [9] http://www.nemu.web.psi.ch/doc/manuals/midas_manuals/midas-1.9.5.pdf
- [10] Макаров Г.П., Медведев А.А., Петров В.С. и др. – Препринт ИФВЭ 2003-11, Протвино, 2003; // ПТЭ. 2003, № 5, с. 68-75.
- [11] <http://www.nudaq.com/download/PCI-7200/P7200%20Manual.PDF>
- [12] Абрамов В.В., Балдин Б.Ю., Васильченко В.Г. и др. Препринт ИФВЭ 86-148, Серпухов, 1986; // Nucl. Instrum. and Methods. 1985. V. A235. P. 497.
- [13] Алексеев А.В., Балдин Б.Ю., Битюков С.И. и др. // ПТЭ, 1980, №4, с. 38; Препринт ИФВЭ 78-70. Серпухов, 1978.
- [14] Вражнов Ю.Н., Дышкант А.С. Многоканальные детекторы системы мониторинга установки ФОДС. // ПТЭ, №1, 1982, с. 67-71.

- [15] Иванова Н.С., Ковальцов В.И., Кошелев А.В. и др. Модернизация системы диагностики каналов транспортировки выведенных пучков частиц У-70. – В сб.: «Труды XVIII Совещания по ускорителям заряженных частиц RUPAC-2002», Обнинск, Россия, 1-4 октября 2002; V. Kovaltsov, A. Matyushin, V. Milyutkin, I. Romanov, V. Seleznev, A. Sytin, M. Clausen. Upgrading of the beam diagnostic system of U-70 beam transfer lines. Материалы совещания ICALEPCS-2001, San Jose, California USA, Oct. 2001.
- [16] Волков А.А., Калинин А.Ю., Кораблев А.В. и др. // ПТЭ, 2010, №4, с. 37-42; Волков А.А., Калинин А.Ю., Кораблев А.В. и др. – Препринт ИФВЭ 2009-19, Протвино, 2009.
- [17] Балдин Б.Ю., Волков А.А., Глебов В.Ю. и др. Препринт ИФВЭ 91-10, Протвино, 1991.

Рукопись поступила 22 августа 2011 г.

А.А. Волков, В.П. Ефремов, А.Ю. Калинин и др.

Система сбора данных установки ФОДС.

Редактор Л.Ф. Васильева.

Подписано к печати	25.08.2011.	Формат $60 \times 84/16$.	Офсетная печать.
Печ.л. 1,18.	Уч.–изд.л. 1,63.	Тираж 80.	Заказ 75.
		Индекс 3649.	

Государственный научный центр
Российской Федерации
Институт физики высоких энергий

142281, г. Протвино Московской области,
пл. Науки, д. 1.

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 2011-16, ИФВЭ, 2011
