



И
Ф
В
Э
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 96-72
ОНФ

Н.И. Божко, А.А. Борисов, В.Н. Горячев, А.Г. Карев¹,
А.С. Кожин, В.В. Липаев, Г.Л. Щукин

**УПРАВЛЯЮЩИЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС
СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ
НЕЙТРИННОГО ДЕТЕКТОРА ИФВЭ-ОИЯИ**

¹ОИЯИ, Дубна

Протвино 1996

Аннотация

Божко Н.И. и др. Управляющий программный комплекс системы сбора данных нейтринного детектора ИФВЭ-ОИЯИ: Препринт ИФВЭ 96-72. – Протвино, 1996. – 17 с., 3 рис., библиог.: 13.

Описаны структура и функции задач, обеспечивающих сбор в центральную ЭВМ данных со всех подсистем многомашинного комплекса нейтринного детектора ИФВЭ-ОИЯИ в режиме on-line. Представлена организация и программное обеспечение записи принятых данных на магнитные ленты.

Abstract

Bozhko N.I. et al. Data Acquisition System for IHEP Drift Chambers of Neutrino Detector IHEP-JINR: IHEP Preprint 96-72. – Protvino, 1996. – p. 17, figs. 3, refs.: 13.

The structure and functions of tasks to secure the data acquisition to the host computer from all the subsystems of multicomputer complex of the neutrino detector IHEP-JINR are described. Implementation and software to tape record the data are presented.

Введение

Разработка и создание нейтринного детектора ИФВЭ-ОИЯИ [1], была осуществлена совместными усилиями ИФВЭ, ОИЯИ, ИФВЭ (Берлин-Цойтен) и ЦИФИ (Будапешт), при этом его отдельные компоненты изготавливались в разных местах, а затем поступали к месту окончательной сборки в ИФВЭ. Так, вся магнитная система, часть дрейфовых камер в мишениной части и всё в магнитном спектрометре были спроектированы и сделаны в ОИЯИ, детектор электронов и γ -квантов — в Цойтене, а все жидкостные сцинтилляционные счетчики и остальная часть дрейфовых камер мишениной части — в ИФВЭ. Аналогично велись работы и по созданию четырех локальных (по отношению ко всему НД) систем сбора данных (ЛССД), а именно:

- с дрейфовых камер ИФВЭ (ДК ИФВЭ) [2];
- с жидкостных сцинтилляционных счетчиков (ЖСС) [3];
- с дрейфовых камер ОИЯИ (ДК ОИЯИ), расположенных в мишениной части и мюонном спектрометре;
- с детектора электронов и γ -квантов (ДЭ) [4].

В состав каждой ЛССД входит одна или несколько ЭВМ в конфигурации с набором периферийных устройств, позволяющих осуществлять автономную отладку и проводить методические исследования “своей” части электроники сбора данных и детектирующих элементов НД. Это привело к созданию функционально слабо-зависимых программно-аппаратных комплексов, включаемых по мере готовности в общую систему сбора данных (ССД).

В качестве базовых во всех ЛССД использовались мини-ЭВМ типа СМ-4 и СМ-1420 (в первом сеансе 1996 г. в ЛССД с ДК ОИЯИ две СМ-4 были заменены на IBM PC-486). Кроме этого, в вычислительный комплекс была включена выделенная ПЭВМ, позволившая значительно расширить возможности по предварительной обработке и анализу данных со всего НД в режиме *on-line*.

Центральной ЭВМ (ЦЭВМ) в общей ССД является СМ4, выполняющая одновременно функции ЛССД с ДК ИФВЭ. Все остальные соединены с ней через интерфейсные платы DL-KICI [5] с реальной скоростью передачи данных порядка 14 Кбайт/с. Связь с ПЭВМ осуществляется через параллельный интерфейс РПР СМ-РС [6]. Управление работой электроники регистрации данных (ЭРД) и считывание информации выполняется через контроллеры КС-30 [7].

Кроме данных с НД, в ССД поступает информация о характеристиках протонного пучка во время его проводки по тракту 8-го канала и с системы мониторирования, а также некоторые параметры, характеризующие работу всего ускорительно-накопительного комплекса У-70. Параллельно с передаваемыми данными часть этой информации выводится на ТВ-мониторы для визуального контроля. На рис. 1 представлена общая схема многомашинного комплекса НД.

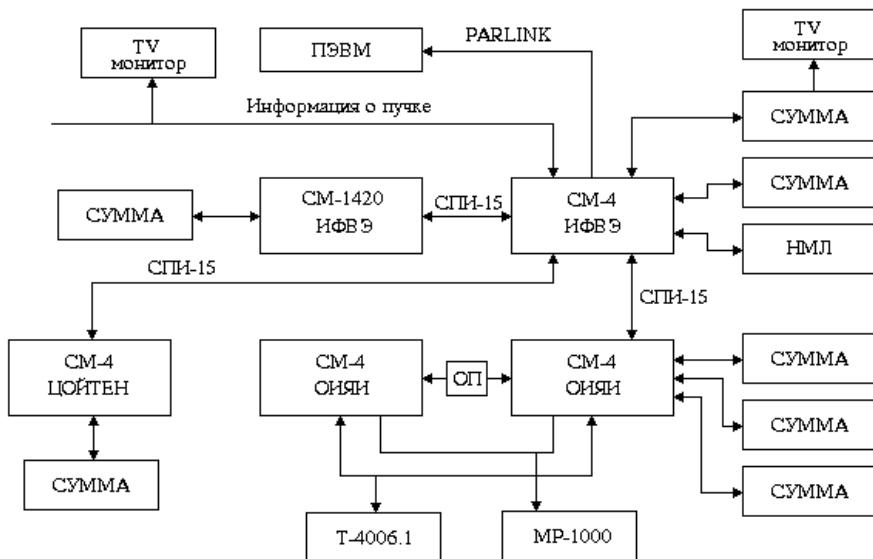


Рис. 1. Блок-схема вычислительных средств системы сбора данных нейтринного детектора ИФВЭ-ОИЯИ.

1. Общая организация

Программной надстройкой над всеми ЛССД является управляющий программный комплекс (УПК), блок-схема ПО которого показана на рис. 2. Ниже перечислены основные задачи, решаемые этим комплексом.

1. Синхронизация работы многомашинной системы сбора данных по передаче и приему в ЦЭВМ информации со всех подсистем НД в режиме *on-line*.
2. Считывание данных от систем управления протонным пучком в 8-м канале и мониторирования нейтринного пучка.

3. Выполнение всех процедур по организации записи, необходимых для последующего анализа в режиме *off-line* данных на внешние носители, которыми до настоящего времени были магнитные ленты (МЛ). В последнем сеансе (март–апрель 1996 г.) было осуществлено включение в вычислительный комплекс дополнительной ЭВМ (IBM PC) и создано соответствующее программное обеспечение, позволившее провести отладку записи данных на hard-disk. В последующем предполагается вместо накопителей на магнитных лентах (НМЛ) использовать Exabyte.
4. Поддержка протокола с выделенной ПЭВМ и передача в нее данных для статистического контроля элементов НД и визуализации зарегистрированных физических событий во всем НД.

ПО УПК, функционирующее в ЦЭВМ, делит ее ресурсы с ЛССД ДК ИФВЭ. Такое совмещение было вызвано тем, что после установки рамных магнитов, первыми начали монтироваться и функционировать ДК ИФВЭ, ПО системы сбора данных для которых создавалось на базе мини-ЭВМ СМ-4. Здесь же с некоторым опережением по отношению к другим подсистемам, проходили отладку компоненты ПО, вошедшие в УПК. Впоследствии остальные ЛССД подключались к ЦЭВМ через линии межмашинных связей.

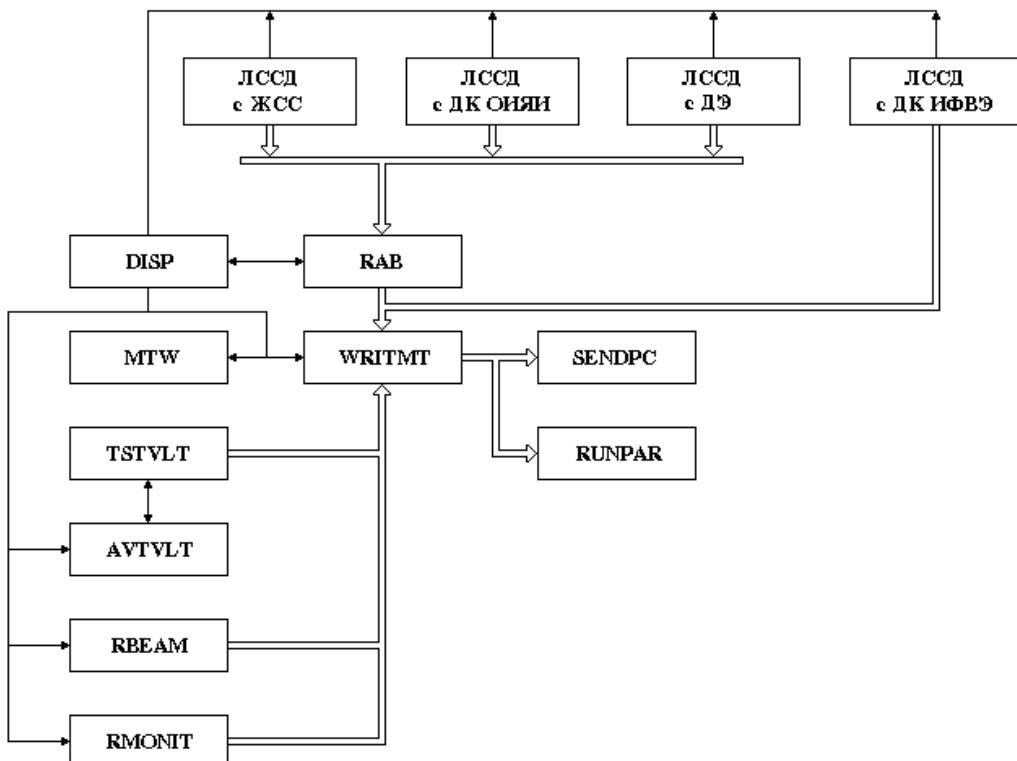


Рис. 2. Блок-схема основных задач, входящих в ПО УПК ССД.

2. Диспетчеризация ССД

Синхронизация работы всего ПО ССД с НД для сбора данных в ЦЭВМ при наборе статистики в нейтринном пучке (режим BEAM), а также калибровки на космических мюонах (режим COSMIC) осуществляются задачами DISP и RAB. Потребность в такой синхронизации вызвана наличием нескольких ЭВМ в аппаратной конфигурации общей ССД и асинхронным режимом работы каждой ЛССД в промежутках между сбросами. Хотя время запуска электроники сбора данных в них определяется сигналом BEGIN SPILL, дальнейшее функционирование ведется по своей схеме и нужно обеспечить сбор всех данных в ЦЭВМ. Для этого необходима поддержка протокола обмена данными по межмашинным линиям связи и механизма *time-out* как в ЦЭВМ, так и со стороны ЭВМ, участвующих в передаче данных. Использование *time-out* позволяет исключить возможность включения в данные, относящиеся к текущему сбросу, информацию с одного из предыдущих сбросов вследствие задержки в какой-либо ЛССД. Кроме того, разрешение на прием информации или выполнение других функций в некоторых случаях привязано ко времени начала сброса, т.е. необходимо контролировать временные интервалы между посылками команд или запуском задач.

Еще один важный момент в системе синхронизации связан с тем, что для приема данных в ЦЭВМ с ЛССД используется одна и та же область ОЗУ и нужно разделить во времени процессы приема данных между ЛССД.

2.1. Задача DISP

Реализация протокола синхронизации ССД на уровне УПК осуществляется задачей DISP. Для этих целей используются механизмы межзадачных сообщений (для задач в ЦЭВМ) и прерываний (для управления потоками данных от всех ЛССД). При этом DISP не участвует непосредственно в работе с данными и не имеет доступа к ним.

Вся логическая и временная схема управления в DISP построена для одного сброса. За начальный момент времени принимается не сигнал BEGIN SPILL, а время окончания отцифровки временных отсчетов в модулях ВЦП [8] ЭРД с ДК ИФВЭ.

Порядок работы DISP следующий. После сброса КС-30 и контроллеров межмашинных связей в начальное состояние задача ожидает прерывание от ЭРД ДК ИФВЭ, запретив при этом возможность приема данных от других ЛССД. После прихода прерывания посыпается разрешение на считывание с ДК ИФВЭ и одновременно сообщение в задачу записи данных на МЛ о начале нового сброса. Кроме этого, соответствующие команды посыпаются в задачи RBEAM (чтение данных о проводке протонного пучка до мишени 8-го канала) и RMONIT (чтение данных от системы мониторирования нейтринного пучка). Выполнив эти процедуры, DISP переходит в состояние ожидания ответной посылки от ЛССД с ДК ИФВЭ и дождавшись ее, посыпает по всем линиям межмашинных связей команды о готов-

ности принимать данные от абонентов. Если какая-либо ЛССД начинает передачу, возникает прерывание, обрабатываемое на уровне AST. При этом блокируется возможность прихода прерывания от какого-либо другого абонента, а в задачу RAB передается информация о том, по какой линии межмашинной связи следует принимать данные и от кого. После их считывания (успешного или нет) в DISP возвращается код, характеризующий состояние приема, и в зависимости от его значения разрешается/запрещается запись данных на МЛ. Затем вновь устанавливается разрешение прерывания для тех абонентов, от которых еще не были приняты данные (исключение составляет ЛССД с ЖСС, откуда помимо физической, передается также калибровочная информация). Если теперь прерывание приходит от ЛССД с ДК ИФВЭ, это считается началом нового сброса, и все описанные процедуры повторяются.

Заметим, что вышесказанное относится к режиму BEAM. В режиме COSMIC реализована несколько иная схема. Это связано с тем, что сигнал для запуска всей ЭРД НД в этом случае вырабатывается электроникой ЖСС при одновременном срабатывании счетчиков в заданной конфигурации плоскостей, что свидетельствует о прохождении одиночного космического мюона или потока частиц через мишенную часть НД. Разрешение на регистрацию следующего космического события определяется не только готовностью электроники всех ЛССД, но и окончанием передачи данных в ЦЭВМ и их записи на МЛ. Поэтому в этом варианте в DISP введена дополнительная посылка в ЛССД с ЖСС, указывающая на то, что все данные от предыдущего события считаны и можно ждать следующего.

2.2. Задача RAB

При получении сообщений о готовности одной или нескольких удаленных ЛССД передать данные в ЦЭВМ на уровне задачи DISP принимается решение — с какой именно подсистемы разрешить прием данных, после чего посыпается соответствующая команда в задачу RAB. В команде содержится адрес вектора прерывания линии межмашинной связи, по которой требуется считывать данные и их идентификатор. Последний необходим при формировании заголовка, единого для всех данных. Память, предназначенная для временного хранения информации, получаемой по межмашинным линиям связи, находится в REGION, который создается и отображается в область локальных адресов RAB при ее загрузке.

Считывание данных происходит через регистры контроллеров СПИ-15. Первым словом посыпаемых данных из каждой ЛССД является их общая длина в словах L , а последним — контрольная сумма, сравниваемая по окончанию приема с аналогичной суммой, которая является результатом сложения по модулю 2 всех слов реально принятых данных. Временной интервал t , в течение которого должен быть закончен прием, определяется по формуле $t = L \cdot 50 \text{ мкс}$. На это время устанавливается *time-out*, который сбрасывается по окончанию приема. В противном случае, через время t происходит программное прерывание, и работа по приему данных

прекращается. Аналогичный механизм используется и в передающих задачах ЛССД, что позволяет избежать “зависаний” программ.

После завершения приема на терминал выводится сообщение, содержащее:

- имя ЛССД, команда на считывание данных с которой была послана задачей DISP;
- состояние по окончании считывания или прерыванию по *time-out*;
- величину L .

Одновременно в DISP посыпается команда, содержащая признак — успешным или нет был прием данных.

3. Организация ПО записи данных на МЛ

В связи с тем, что производить одновременно съем данных со всей установки в режиме *on-line* и их полную обработку не представляется возможным, они должны быть сохранены для последующей обработки в режиме *off-line*. На НД для этого использовались магнитные ленты (МЛ), на которые записывается вся необходимая информация. Хотя в составе вычислительных комплексов каждой ЛССД имеется один или несколько накопителей на МЛ (НМЛ), куда могут быть записаны данные со “своей” части установки, после каждого сеанса на выходе необходимо иметь набор МЛ, на которых объединены данные со всех ЛССД, записанные в той последовательности, в которой они будут в дальнейшем считываться.

Рассмотрим требования, предъявляемые к ПО работы с МЛ в рамках организации многомашинного комплекса системы сбора данных с НД.

Все данные, предназначенные для записи на МЛ, по линиям межмашинных связей передаются в ЦЭВМ, причем порядок и время прихода данных предварительно не определены. Единственное условие — данные, относящиеся к текущему сбросу ускорителя, должны быть переданы до начала следующего сброса (контроль за этим осуществляется с помощью программного диспетчера). Так как в ЦЭВМ нет необходимости иметь доступ ко всем данным, следовательно, они должны сразу писаться на МЛ.

Весь поток данных можно условно разбить на несколько классов, а именно:

- полученных в результате регистрации физических событий;
- от регистрации космических мюонов;
- характеризующих работоспособность всей установки в целом или отдельных ее элементов.

При этом совсем не обязательно, чтобы все эти данные записывались на одну МЛ. Например, информацию о сбоях электроники во время набора статистики можно хранить на отдельной МЛ. При разработке данного программного продукта также предполагалось между сбросами считывать с ЭРД данные, полученные при регистрации космических частиц, и обрабатывать независимо от нейтринных взаимодействий, что, естественно, проще делать при хранении их на отдельном носителе.

Время полного заполнения одной МЛ составляет порядка $2,5 \div 3,5$ часов, после чего на НМЛ надо ставить новую ленту, что требует дополнительного внимания дежурного персонала. Упростить эту проблему возможно заданием списка резервных НМЛ с заранее установленными чистыми МЛ, на одну из которых будет продолжена запись данных после обнаружения концевого маркера на текущей и т.д.

Часть ПО необходима только для работы в интерактивном режиме и не требуется непосредственно во время записи данных, поэтому ее можно выделить в отдельный программный модуль и загружать по мере необходимости, экономя тем самым ресурсы ЭВМ. Созданное ПО по поддержке сохранения всех необходимых данных на МЛ состоит из двух задач, а именно:

- резидентной задачи WRITMT, обеспечивающей непосредственный прием потока данных с НД и работу с МЛ;
- выгружаемой задачи MTW, являющейся интерфейсом между пользователем и задачей WRITMT, и которая выполняет часть общих функций по работе с МЛ — в основном с корректировкой специальных структур данных.

3.1. Структура данных на МЛ

Размер данных, записываемых на МЛ в зависимости от их типа, а также от условий проведения эксперимента, может варьироваться от нескольких слов до 16 Kw. На МЛ они пишутся физическими рекордами (ФР) стандартной длины по 2 Kw. Для этого во WRITMT имеется вспомогательный буфер такой же длины, куда последовательно заносятся данные и, как только он будет заполнен, происходит его запись на МЛ. Если размер данных превышает размер свободного места в буфере, их продолжение будет с начала следующего и т.д.

Признаком конца записи данных на МЛ является метка End-Of-Tape (EOT), которая представляет собой две записанные подряд метки End-Of-File (EOF). Признаком конца RUN является одна метка EOF.

Следует заметить, что метка EOT, в общем случае, не является признаком конца RUN, т.к. в ПО работы с МЛ предусмотрена возможность продолжения RUN на следующей МЛ. Поэтому, если RUN начинается с начала МЛ, то перед ним будет находиться метка EOT, служащая признаком того, что на данной МЛ начинается новый RUN. Это удобно для обработки потоков МЛ.

Первые 5 слов каждого ФР отводятся под заголовок и содержат:

- длину ФР в словах;
- номер ФР в последовательности рекордов текущего RUN на данной МЛ (нарушение этой последовательности при чтении данных с МЛ свидетельствует о сбое при записи или чтении);
- смещение в словах начала данных, начинающихся первыми в ФР или 0, если весь ФР является продолжением данных, начинающихся в предыдущих ФР;
- номер RUN, к которому относятся данные в ФР (помогает идентифицировать конец RUN при отсутствии метки EOT — конец RUN);
- длина заголовка ФР в словах.

3.2. Задача MTW

Список возможных процедур, связанных с записью данных на МЛ сведен в меню, которое предоставляется пользователю при загрузке задачи MTW. Программная реализация этих процедур позволяет :

- подсоединять для записи данных несколько НМЛ (до четырех);
- отсоединять НМЛ (после окончания МЛ отсоединение производится автоматически);
- для каждого НМЛ задавать и корректировать список резервных НМЛ, на которые будет продолжена запись данных после окончания МЛ на основном НМЛ;
- управлять распределением потоков данных по разным НМЛ;
- приостанавливать и возобновлять запись определенных или всех данных на все или заданные НМЛ;
- начинать и заканчивать RUN, а также продолжать предыдущий RUN после выхода из строя центральной ЭВМ и перезагрузки ПО поддержки работы с МЛ;
- выводить и корректировать управляющую информацию.

В основе управляющей информации лежит четырехуровневая структура данных, приведенная на рис. 3. Дадим краткую характеристику каждого уровня.

УРОВЕНЬ I. Здесь описаны логические номера присоединенных НМЛ (MT_j , $j=0,9$) и, если заданы, списки резервных НМЛ (MT_r , $r=0,4$). Причем эти логические номера во всем множестве присоединенных и резервных НМЛ должны быть уникальными.

УРОВЕНЬ II. На этом уровне описаны так называемые программные НМЛ (на рисунке они обозначены РМТ_i, $i=1,\dots$). Введение этого уровня в структуру управляющих данных вызвано тем, что информация на уровнях II-IV является, как правило, статической, т.е. редко меняется в течение сеанса, в отличии от реальных номеров НМЛ.

УРОВЕНЬ III — это номера наборов данных ($DATASET_m$, $m=1,\dots$), которые могут быть подсоединенными или нет к одному или к нескольким РМТ.

УРОВЕНЬ IV представляет собой списки идентификаторов данных, входящих в разные наборы данных (одни и те же идентификаторы могут входить в разные списки).

Информация, содержащаяся на уровнях II-IV постоянно хранится на диске и при любых изменениях обновляется. Она считывается в REGION при загрузке MTW или WRITMT.

Корректировка управляющей информации заключается в создании и удалении элементов на любом из уровней, а также связей между элементами соседних уровней. Кроме того, у каждого из элементов имеется корректируемый ключ, состоящие

которого (ON/OFF) определяет, активна или пассивна его связь с элементом следующего уровня, т.е. наличие реальной связи между элементами возможно, если только эта связь активна.

Основное назначение данной структуры — распределение потоков данных, посылаемых задаче WRITMT, по разным НМЛ, а также возможность оперативно запретить или разрешить сохранение на МЛ тех или иных данных (в том числе вновь создаваемых по мере развития ПО).

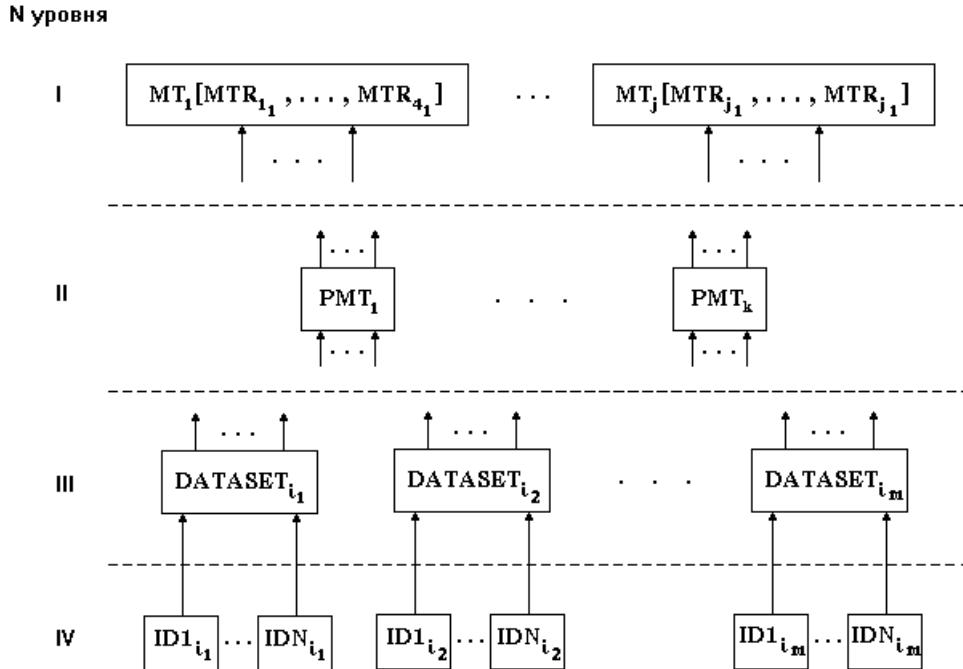


Рис. 3. Структура управляющей информации для программного комплекса записи данных на устройства долговременного хранения данных.

3.3. Задача WRITMT

Задача WRITMT — единственная во всем ПО, в которой осуществляются все реальные операции с МЛ и через которую проходит наибольший поток данных со всего НД. При ее загрузке происходит подсоединение REGION с описанием всех структур, создаваемых на уровне задачи MTW, а если данного REGION нет в ОЗУ, то он создается и через специальную задачу происходит загрузка этих структур с диска. Взаимодействие со всеми другими задачами производится через ТК-драйвер.

Информация, которую необходимо записывать на МЛ, может быть как в разделяемых областях памяти, так и в области локальных адресов задач. Если размер данных не превышает длину выделенных для этих целей буферов, они могут быть переданы непосредственно в команде. Но, как правило, данные находятся

в REGION. В этом случае в команде указываются его параметры (имя и размер), а также идентификатор ID и реальная длина в словах расположенных там данных. По этой информации REGION отображается в область локальных адресов WRITMT и отсоединяется после окончания работы с ним. Так как имеется доступ к управляющей информации, анализируется общее состояние ПО записи данных. Если оно RUN, то осуществляется исходящий перебор активных связей элементов в управляющей структуре, начиная с верхнего уровня. При обнаружении непрерывной цепочки от логического номера НМЛ до ID, данные переносятся во вспомогательный буфер, длина которого равна длине ФР на МЛ, и в случае его заполнения, командой QIO он записывается на МЛ. При этом после записи каждого ФР сразу после него дописывается метка EOT, но посредством команды REWIND МЛ позиционируется после записанного ФР. Практически в любой момент времени лента всегда заканчивается меткой EOT, что предотвращает необходимость ставить новую МЛ в случае сбоев ЦЭВМ. Если такое происходит, при загрузке программного комплекса работы с МЛ посредством меню спрашивается — запись данных будет производиться на новую МЛ или будет выполнять дозапись данных (режим APPEND). При выборе последнего варианта, выполняется последовательное считывание и анализ заголовка записанных ФР. Так как известен номер последнего RUN, считывание продолжается до тех пор, пока на будет обнаружена метка EOT или ФР, относящаяся к RUN, номер которого отличается от последнего (при условии, что перед ним был ФР из последнего RUN). Чтобы последующая запись данных была естественным продолжением предыдущих, поля в заголововке внутреннего буфера задачи WRITMT (записываемого после заполнения на МЛ) формируются с учетом содержимого заголовка последнего, прочитанного при поиске на МЛ.

Когда при записи встречается концевой маркер МЛ, в управляющей структуре данных проверяется, задан ли список резервных НМЛ для текущего НМЛ. Если да, то на терминал выводится соответствующее сообщение, закончившаяся МЛ перематывается в начало, отсоединяется (DEATTACH) и удаляется из списка активных. Вся последующая запись данных будет осуществляться на резервную МЛ.

WRITMT также осуществляет все процедуры с МЛ по выполнению команд начала и окончания RUN, присоединения, отсоединения и перемотки МЛ.

Одновременно с записью данных ведется обновление статистической информации о текущем RUN, в которую входят как общее число принятых и записанных на МЛ сбросов, так и число сбросов отдельно по каждой из ЛССД.

4. Параметрический контроль

Как было сказано выше, одной из основных задач ССД является контроль электроники регистрации данных, причем чем глубже и разностороннее этот контроль и чем больше элементов электроники ему охвачено, тем быстрее возможна реакция на возникновение неисправностей и, следовательно, на их устранение. Прямое

следствие этого — увеличение объема статистики и соответствие полученных данных ожидаемым, так как все предварительные расчеты и создаваемое *off-line* ПО для экспериментальных установок предполагают функционирование детекторов и электроники в заданных режимах. Опыт показывает, что наиболее трудоемкая часть обработки данных бывает связана с коррекцией исходных данных с учетом аппаратных функций установки.

Контроль на уровне *on-line* условно можно разбить на две группы, выделив в одну ее часть ту, которая непосредственно участвует в приеме и преобразовании данных. Здесь контроль электроники сводится, как правило, к анализу самих данных, что во многих случаях позволяет локализовать источник неисправности. Сложнее обстоит дело с другой частью электроники, которая лежит вне потоков данных. В первую очередь это разнообразные источники питания, начиная от обеспечивающих питание в каркасах и кончая высоковольтными источниками, например, для дрейфовых камер. Неисправности, связанные с их полным выходом из строя, обычно сразу находят отображение на считываемых данных и, если это заложено в программное обеспечение, позволяют выдать на терминал сообщение дежурному персоналу или найти отражение в визуальном контроле. Сложнее выявить отклонения в параметрах таких элементов. Часто это обнаруживается только на этапе обработки данных.

Непосредственное влияние на функционирование всей ЭРД оказывает еще такой фактор, как внешние условия, из которых наиболее критичным является температурный режим, особенно непосредственно в местах расположения стоек электроники, а также в зоне детектирующих элементов. Функционально это влияние не столь велико, но часто именно оно бывает причиной выхода из строя целых подсистем.

Для всех этих параметров обычно используется приборный контроль, однако он недостаточно точен и периодичен, так как во многом зависит от добросовестности и квалификации сменного персонала. Поэтому существует стремление автоматизировать эту работу, предоставляя функции контроля ЭВМ. В ССД НД для этих целей используется 64-канальный контроллер системы измерения напряжений КСИ-3, выполненный в стандарте СУММА в блоке тройной ширины. Контроллер расположен в одном из каркасов, и работа с ним осуществляется как во время настройки аппаратуры, так и в промежутках между съемом данных.

Автоматический контроль основан на сравнении прочитанных из блока КСИ-3 значений V_i , где i — номер канала, с предварительно определенными эталонными величинами $V_i^c \pm \Delta_i$ (здесь V_i^c — среднее значение, а Δ_i — допустимое отклонение от среднего значения измеренной величины). Так как может быть задействована часть из 64 каналов, сравнение проводится только для специально помеченных (контролируемых) каналов. ПО включает задачи WRKVLT и AVTVLT.

Задача WRKVLT посредством набора команд в диалоговом режиме предоставляет следующие возможности:

- считать с диска заданные предварительно значения V_i^c, Δ_i и список контролируемых каналов;

- по заданной статистике получить для всех каналов новые значения V_i^c и среднеквадратичные отклонения σ_i^c ;
- определить или переопределить список контролируемых каналов;
- для любого канала откорректировать величины V_i^c , а также Δ_i , первоначально имеющие значения σ_i^c ;
- записать на диски новые значения V_i^c, Δ_i ;
- вывести на терминал или АЦПУ для заданных, контролируемых или всех каналов значения V_i^c, Δ_i ;
- загружать и удалять задачу автоматического контроля;
- задать управляющие параметры для задачи AVTVLT, к которым относятся:
 - периодичность контроля, т.е. через какое число сбросов он будет осуществляться;
 - выводить или нет на терминал (и на какой) список каналов, для которых $V_i^c - \Delta_i < V_i < V_i^c + \Delta_i$;
 - записывать на МЛ или нет информацию об отклонениях контролируемых параметров.

После загрузки в AVTVLTчитываются с диска все необходимые параметры, формируемые задачей WRKVLT, и она переходит в режим ожидания разрешения на запуск и чтение модуля КСИ-30. Это разрешение вырабатывается в задаче DISP во временном интервале от окончания считывания данных с ДК ИФВЭ, мониторной и пучковой информации, до начала следующего сброса, так как все эти процессы используют тот же контроллер КС-30, что и AVTVLT.

5. Получение данных о протонном пучке

Для обработки данных в режиме *off-line* необходимо знать об условиях проводки и параметрах протонного пучка от системы вывода У-70 до мишениной части 8-го канала. Эта информация поступает от системы управления пучком в канале [9] в блок ТР-24 [10] приблизительно через 2,5 с после начала каждого сброса. Выборка из этого блока необходимых данных, а именно: значения мониторов интенсивности, профилей протонного пучка, показаний датчиков потерь, числа банчей и процентное распределение протонов по банчам, осуществляется задачей RBEAM, которая формирует из них массив, предназначенный для записи на МЛ и одновременно выводит на терминал показания мониторов интенсивности и подтверждение о приеме информации с датчиков потерь.

Для оперативного контроля за состоянием протонного пучка в течение заданного интервала времени можно получить статистические распределения для некоторых из вышеперечисленных величин той же задачей RBEAM. В качестве вспомогательной используется задача BVSTAT, которая работает в режиме диалога и, взаимодействуя с RBEAM, позволяет :

- послать команды задаче RBEAM о начале или о прекращении набора статистики;

- обнулить заданные статистические распределения;
- вывести на печать указанные статистические распределения в виде гистограмм;
- окончить выполнение задачи BVSTAT и удалить ее из оперативной памяти.

6. Система мониторирования нейтринного пучка

Для настройки и оптимизации нейтринного пучка используется система мониторирования [11]. Это автономный программно-аппаратный комплекс со своей ССД, который обеспечивает также постоянный контроль параметров пучка через набор дельта-камер в разрезах мюонной защиты. Эта информация необходима для определения направления и интенсивности нейтринного потока при анализе данных в режиме *off-line*. Однако во время набора статистики на НД важно знать профиль пучка вторичных мюонов, чтобы вовремя отследить возможные отклонения от оптимальной траектории и заданной интенсивности. Это достигается посредством включения в аппаратный комплекс TV-монитора, куда выводятся гистограммы профиля пучка вторичных мюонов и некоторые числовые параметры, возобновляемые после каждого сброса. Помимо этого, часть данных передается непосредственно в ЦЭВМ с последующей записью на МЛ. Линия связи ЦЭВМ с ЭВМ системы мониторирования организована аналогично связи с ЭВМ контроля пучка в канале. Прием данных осуществляется задачей RMONIT, в которую, помимо передачи считанных данных в задачу WRITMT, включена возможность вывода (по ключу) числовых значений интенсивности протонного пучка.

7. Хранение, накопление и вывод параметров, характеризующих RUN

К параметрам, характеризующим работу НД, а также ПО ССД относятся показатели их эффективности по отношению к наличию нейтринного пучка в канале. Если N_s — число сбросов протонного пучка на мишень, то для НД величинами, характеризующими его эффективность будут $N_{cc}, N_{dc_1}, N_{dc_2}, N_{de}$ — число срабатываний соответственно систем СС; ДК ИФВЭ; ДК ОИЯИ; ДЭ (под системой здесь понимается совокупность детекторов и электроники, а под срабатыванием — прием в ЭРД и преобразование физической информации), а также N_{sum} — число одновременных срабатываний всех этих систем в сбросе. Для ПО ССД, состоящей из четырех ЛССД и УПК, это аналогичные значения $N'_{cc}, N'_{dc_1}, N'_{dc_2}, N'_{de}$, но относящиеся к реакции на сброс ПО соответствующих ЛССД и N'_{sum} — к ПО УПК. Бестриггерный съем данных и большой временной интервал между сбросами позволяет использовать следующие соотношения:

$$N'_{cc} \simeq N_{cc}, \quad N'_{dc_1} \simeq N_{dc_1}, \quad N'_{dc_2} \simeq N_{dc_2}, \quad N'_{de} \simeq N_{de}.$$

Как было сказано ранее, НД и ПО ССД в сеансе могут находиться в одном из двух состояний — RUN, т.е. набора статистики с записью (или временной

приостановки записи ее на МЛ) и NO RUN, связанный либо с внешними причинами (неустойчивость или отсутствием нейтринного или протонного пучка; переход на другой режим работы и т.д.), либо с внутренними (длительный выход из строя ЭВМ, НМЛ, МД, интерфейсов межмашинных связей, контроллеров связей с ЭРД и т.п.). Поэтому очень сложно получить оценки реальной эффективности для всего сеанса, однако это можно сделать на подвыборке состояний RUN, когда все потоки данных с ЛССД контролируются ПО УПК ССД. Кроме того, в 6-ом каркасе (ЭРД ДК ИФВЭ) в блоке С-60 суммируется число выводов протонного пучка на мишень канала. Обнулив содержимое С-60 в момент изменения состояния NO RUN \Rightarrow RUN и считав его при переходе RUN \Rightarrow NO RUN, получаем значение N_s . В дополнение к N'_{cc} , N'_{dc_1} , N'_{dc_2} , N'_{de} для последующего анализа работы ПО ССД и получения экспресс-информации о качестве протонного пучка желательно иметь N_{wr} — число сбросов, записанных на МЛ и $\sum F_1, \sum F_2, \sum F_3$ — суммарное число протонов в трех контролируемых разрезах тракта канала протонного пучка.

Так как единицей обработки статистики на МЛ в режиме *off-line* является RUN, то, чтобы проследить за процессом изменения вышеописанных характеристик в течение сеанса, удобно соотнести их с этой единицей (RUN).

Вся информация о закончившихся RUN для обеспечения надежности хранится в двух идентичных файлах на разных НМД. Изменяемая информация о текущем RUN хранится в ОЗУ в неудаляемой разделяемой области (REGION REGPAR) и двух временных файлах (также на разных НМД), где она обновляется через заданное число сбросов N переносом содержимого REGPAR. В состоянии ПО ССД RUN при аварийном перезапуске ЭВМ содержимое вновь созданного REGPAR будет восстановлено из временного файла, поэтому возможна потеря накопленной информации о последних $1 \div (N - 1)$ сбросах.

После завершения RUN содержимое REGPAR дописывается в конец файлов с информацией обо всех закончившихся RUN, а затем обнуляется.

В состав ПО входят задачи RUNPAR, TPR, CPR. Задача RUNPAR на основании данных, поступающих от других задач, в автоматическом режиме осуществляет организацию, хранение, накопление, а в диалоговом — вывод в табличном виде на указанные внешние устройства накопленной информации как о закончившихся, так и о текущем RUN.

Вспомогательные задачи TPR и CPR служат для посылки в RUNPAR команд на переход в диалоговый режим (TPR) и удаления из временных файлов информации о закончившемся RUN (CPR).

8. Использование ПЭВМ в ССД НД

Для решения более сложных задач по контролю работы всех систем НД в режиме *on-line* в состав вычислительного комплекса входит ПЭВМ типа IBM PC/XT. Выполнение всех операций по передаче данных в ПЭВМ выполняется специальной задачей SDPC, входящей в состав УПК ССД. Она также обеспечивает временную

синхронизацию между ПО в ЦЭВМ и в ПЭВМ, а также поддержку протокола межмашинной связи.

Как было сказано выше, единственная задача, через которую проходит весь поток данных с НД, — это WRITMT. Поэтому именно в нее включен дополнительный программный модуль, обеспечивающий одновременно с записью данных на МЛ, посылку этих же данных в задачу SDPC.

Загружаемое ПО в ПЭВМ [12] включает две задачи:

- резидентную TCOMI, обеспечивающую связь с ЦЭВМ и прием данных в один или в несколько буферов, доступные для общего пользования (размер буферов в байтах задается при загрузке TCOMI);
- EMAIN, осуществляющую непосредственно обработку данных.

После приема данных со всего сброса производится их распаковка и заполнение в динамической памяти соответствующих структур, аналогичных банкам ZBOOK [13]. Предварительно проводится анализ временных отсчетов со сцинтилляционных счетчиков в мишени части, где определяется число событий (events) n и временное смещение ΔT_i ($i = 1, \dots, n$) каждого из событий относительно начала сброса T_0 в предположении что ΔT кратно временному интервалу между банчами, равному 165 нс. Событием считается срабатывание не менее заданного числа расположенных рядом счетчиков. Это используется для корректного последовательного визуального представления каждого из событий i в сбросе, при котором отсчеты V_j^i с сигнальных проволок ДК преобразуются по формуле $V_j^i = V_j^i - \Delta T_i$, где j — абсолютный номер проволоки в общей системе ДК ИФВЭ и ОИЯИ. Восстановление отрезков треков (стрингов) в ДК выполняется для каждого события, так как часть отсчетов после преобразования не попадает в дрейфовый объем камер.

Основным методом контроля работы аппаратуры и детекторов в ПЭВМ является набор статистических характеристик в виде гистограмм как по отдельным элементам, так и по полным системам в течение определенного времени (обычно это RUN), после окончания которого дежурный персонал выводит на устройство печати набранную статистику. Все гистограммы разбиты на группы, основные из которых следующие:

- для жидкостных сцинтилляционных счетчиков;
- для сцинтилляционных счетчиков мюонного спектрометра;
- для детектора электромагнитных ливней;
- координатные и угловые разрешения для дрейфовых камер;
- эффективности ДК;
- распределения для временных отсчетов с дрейфовых камер.

Управление работой всего ПО осуществляется через меню. Кроме посылки данных, в протокол взаимодействия SBPC и WRITMT введены еще две команды — “Начало сброса” и “Конец сброса”, необходимые для их синхронизации. По команде “Начало сброса” SBPC пытается установить связь с резидентной задачей в ПЭВМ. Это возможно только по окончанию обработки там последнего принятого события, в противном случае данные из WRITMT для текущего события посыпятся

не будут. По команде “Конец сброса” в ПЭВМ посыпается специальный код, который разрешает начало работы с принятыми данными, одновременно блокируя возможность посылки новых.

Заключение

Длительная эксплуатация многомашинного комплекса и программного обеспечения ССД с НД позволила обеспечить набор и сохранение для последующей обработки данных как с нейтринными взаимодействиями, так и с космическими мюонами.

В заключение авторы приносят благодарность А.С.Вовенко за постоянное внимание и помошь при решении организационных проблем; О.Ю.Денисову, Е.А.Ладыгину, С.Н.Прахову за полезные дискуссии, а также всем тем, кто принимал участие в сеансах по набору статистики на НД и своими замечаниями способствовал модернизации и совершенствованию программного обеспечения.

Список литературы

- [1] Божко Н.И., Борисов А.А., Булгаков Н.К. и др. Система дрейфовых камер ИФВЭ нейтринного детектора ИФВЭ-ОИЯИ: Препринт ИФВЭ 87-93. Серпухов, 1987.
- [2] Борисов А.А., Горячев В.Н., Кожин А.С., Липаев В.В. Организация и программное обеспечение системы сбора данных для дрейфовых камер ИФВЭ нейтринного детектора ИФВЭ-ОИЯИ: Препринт ИФВЭ 96-71. Протвино, 1996.
- [3] Горячев В.Н., Зудин Ю.А., Саломатин Ю.И., Щукин Г.Л. Организация и программное обеспечение двухуровневого комплекса для приема и on-line обработки информации с жидкокристаллических счетчиков нейтринного детектора ИФВЭ-ОИЯИ: Препринт ИФВЭ 88-193. Серпухов, 1988.
- [4] Гейслер Ш., Хардер У., Костка П. и др. Детектор электромагнитных ливней для нейтринного калориметра. В кн.: Материалы VII Рабочего совещания по нейтринному детектору ИФВЭ-ОИЯИ, ОИЯИ Р1,2,13-8-508, Дубна, 1986, с.68-82.
- [5] Система передачи информации СПИ-15А. Руководство по эксплуатации. 2ПИ.949.170РЭ, - ЛНПО, Электронмаш, 1986.
- [6] Вовенко А.А., Горбунов Н.В. Ладыгин Е.А. Контроллер связи IEEE-488 для персональных ЭВМ типа IBM/PC/XT/AT: Препринт ОИЯИ Р11-91-540, Дубна, 1991.
- [7] Горбунов Н.В. и др. Модульный комплекс средств связи аппаратуры Вектор/СУММА с ЭВМ серии СМ: Препринт ИФВЭ 88-54. Серпухов, 1988.

- [8] Бушнин Ю.Б., Исаев А.Н., Коноплянников А.К. и др. Электронная аппаратура для регистрации сигналов с дрейфовых камер нейтринного детектора. // ПТЭ. 1984, №6. с.80.
- [9] Ветров П.Б., Кузнецов В.С., Любимова Е.Н. и др. Специализированная сеть ЭВМ в системе управления каналами пучков частиц У-70: Препринт ИФВЭ 91-24. Протвино, 1991.
- [10] Лебедев А.А. и др. Модуль быстрой последовательной связи: Препринт ИФВЭ 88-28. Серпухов, 1988.
- [11] Бугорский А.П., Волков А.А., Глебов В.Ю., Общая схема обработки в линию экспериментальных данных на установке НЕЙТРИНО: Препринт ИФВЭ 78-04. Серпухов, 1978.
- [12] Денисов О.Ю., Казаринов М.Ю., Карев А.Г., Прахов С.Н. Программа on-line обработки информации с установки “Нейтринный детектор”. В кн.: Материалы XI Рабочего совещания по нейтринному детектору ИФВЭ-ОИЯИ, ОИЯИ Д1-90-144. Дубна, 1990, с.61-71.
- [13] Прахов С.Н. Пакет программ динамического распределения памяти и гистограммирования для ПЭВМ типа IBM PC/XT(AT). В кн.: Материалы XI Рабочего совещания по нейтринному детектору ИФВЭ-ОИЯИ, ОИЯИ Д1- 90-144. Дубна, 1990, с.72-77.

Рукопись поступила 29 августа 1996 г.

Н.И.Божко и др.

Управляющий программный комплекс системы сбора данных нейтринного
детектора ИФВЭ-ОИЯИ.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы L_AT_EX.

Редактор Н.В.Ежела.

Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 04.09.96. Формат 60 × 84/8. Офсетная печать.
Печ.л. 2.12. Уч.-изд.л. 1.63. Тираж 240. Заказ 828. Индекс 3649.
ЛР №020498 17.04.97.

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

Индекс 3649

П Р Е П Р И Н Т 96-72, И Ф В Э, 1996
