

Ф - 809

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

13-84-507

ФОРЫЦКИ

Адам

**СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЭФФЕКТОВ КАНАЛИРОВАНИЯ
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В МОНОКРИСТАЛЛАХ**

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 1984

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук ЦЫГАНОВ
старший научный сотрудник, профессор Эдуард Николаевич

кандидат технических наук ГУЗИК
Збигнеф

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук АЖИРЕЙ
старший научный сотрудник Леонид Степанович

доктор технических наук КОПЯКОВ
старший научный сотрудник Игорь Филиппович

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ

Защита диссертации состоится "16" сеп. 1984 года в
"___" часов на заседании Специализированного совета Д-047.01.02
при Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных
исследований, г.Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ

Автореферат разослан "15" сеп. 1984 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета *М.Ф.Лихачев* М.Ф.ЛИХАЧЕВ

Целью настоящей работы являлось проектирование и создание системы сбора данных с экспериментальных установок для исследования эффектов каналирования заряженных частиц в монокристаллах. Для выполнения предъявленных к данной системе требований было необходимо разработать ряд новых методических решений и оригинальных электронных модулей.

Актуальность работы. При взаимодействии релятивистских заряженных частиц с монокристаллами возникают многочисленные новые физические явления, важные в научном и практическом отношении. Качественный скачок в области исследований этих явлений непосредственно связан с применением в экспериментах современной электронной методики физики высоких энергий. При этом важной задачей становится обеспечение высокой пропускной способности систем сбора данных, а также автоматизация калибровки и контроля регистрирующей аппаратуры. Это требует разработок новых методических решений и соответствующих электронных модулей.

Для достижения высокой эффективности экспериментальных исследований необходимым является вывод результатов "он-лайн" обработки непосредственно в экспериментальный домик. Это требует средств для сопряжения устройств визуализации данных как в алфавитно-цифровом, так и в графическом видах.

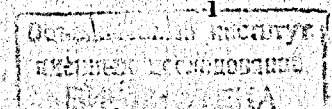
Несмотря на общий характер части требований к системе сбора данных, ее создание нуждается в индивидуальном для каждого эксперимента подходе. Это вызвано спецификой конкретных физических явлений и уникальностью создаваемых для их изучения установок. Учет специфики исследований особенно важен при решении задачи отбора полезных событий и имеет большое влияние на эффективность экспериментов и последующей обработки зарегистрированной информации.

Результаты физических экспериментов зависят не только от параметров пучка частиц и экспериментальной установки, но также от параметров и состояния системы сбора данных. В данных экспериментах ее создание и совершенствование являлось актуальной задачей, выполнение которой потребовало специальных исследований, методических решений и разработок аппаратуры, алгоритмов и программного обеспечения.

Научная новизна работы заключается в разработке оригинальных методических решений, электронных модулей, программного обеспечения и создании на их основе уникальной системы сбора данных для пионерских экспериментов в новой области исследований.

Разработана методика коррекции амплитудных измерений, калибровки и контроля трактов регистрации данных, а также контроля тракта выработки быстрого запуска установки в реальном масштабе времени.

Созданы оригинальные электронные модули для синхронизации и



управления запуском установки, позволяющие организовать двухуровневую систему отбора событий, формирование разных типов запусков и динамическую выборку критериев второго уровня отбора. Разработан оригинальный модуль для автоматизации процедуры калибровки трактов регистрации данных с дрейфовых камер.

Исследованы, определены и практически реализованы критерии второго уровня отбора, специфические для проводимых исследований.

Создан уникальный блок последовательной передачи данных, что позволило впервые стыковать терминал DZM I80KSR с магистралью КАМАК при максимальной скорости передачи. Впервые создана программа драйвера для вывода результатов обработки с ЭВМ ЕС-1040 на терминал DZM посредством аппаратуры КАМАК и ее системы связи с каналом ЭВМ.

Создано оригинальное устройство для сопряжения системы сбора данных с ЭВМ ЕС-1040, обеспечивающее высокую эффективность выработки команд КАМАК и передачи массивов данных, а также возможность сопряжения системы с другими ЭВМ.

Практическая ценность работы состоит в том, что с помощью разработанной системы сбора данных с участием автора были выполнены эксперименты по управлению траекториями заряженных частиц с помощью изогнутого монокристалла и по исследованию излучения каналированных электронов и позитронов высоких энергий. Данная система использовалась также для наладки и контроля электрон-позитронного пучка канала М4 ускорителя ИФБЭ.

Электронные модули, созданные для данных экспериментов, нашли применение и в других исследованиях. Разработанный автором блок последовательной передачи данных передан в промышленное производство, выпускается фирмой ПОЛОН и широко применяется для стыковки терминалов, модемов и для высокоскоростной связи между крейтами КАМАК.

Основные материалы диссертации опубликованы в советской и зарубежной печати и в сообщениях ОИЯИ /I-10/.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и приложения. Работа содержит 126 страниц, включая 41 рисунок и библиографический список литературы из 93 наименований.

Автор защищает:

1. Анализ методов повышения эффективности и быстродействия систем сбора данных.

2. Создание системы сбора данных с экспериментальных установок для исследования эффектов каналирования заряженных частиц в монокристаллах.

3. Методику подавления потока фоновых событий с помощью второго

уровня отбора по специфическим для проводимых исследований критериям.

4. Методику коррекции амплитудных измерений, калибровки и контроля трактов регистрации данных, а также контроля тракта выработки быстрого запуска установки.

5. Методику уменьшения мертвого времени установки.

6. Создание электронных модулей для синхронизации, управления, калибровки и контроля аппаратуры установки.

7. Создание аппаратных средств для сопряжения устройств визуализации данных, управления проведением эксперимента, сопряжения системы сбора данных с ЭВМ и специализированного математического обеспечения.

В первой главе обсуждаются способы организации современных систем регистрации данных и их взаимодействия с ЭВМ, систематизируются и анализируются методы повышения их эффективности и быстродействия.

Выбор структуры системы сбора данных определяется условиями эксперимента, требованиями к быстродействию, количеством и географическим распределением точек регистрации данных и др. Важным фактором выбора является возможность использования имеющейся аппаратуры. В диссертации рассматриваются способы организации магистрально-модульных систем сбора данных, их достоинства, недостатки и применимость.

Сопряжение регистрирующей аппаратуры с ЭВМ обеспечивает контроллеры сопряжения. В данной главе классифицируются контроллеры по способу определения кода команды и обсуждаются способы взаимодействия с ЭВМ при сборе данных. В большинстве случаев оптимальным способом взаимодействия с ЭВМ по отношению к пропускной способности является прямой доступ в оперативную память. Для его реализации используют различные контроллеры КЦД и режимы блочного обмена данными. В диссертации обсуждается применимость и эффективность режимов обмена массивами информации, предусмотренных в стандарте КАМАК.

В общем случае время, затрачиваемое на регистрацию и передачу в ЭВМ физического события является суммой нескольких составляющих - времени неготовности к передаче, реакции ЭВМ на запрос типа "событие", передачи массива события, подготовки к регистрации и передачи очередного события. Повышения пропускной способности системы сбора данных можно достигнуть уменьшением этих времен и параллелизацией связанных с ними процессов. В диссертации обсуждаются природа составляющих мертвого времени, методы их уменьшения, а также другие факторы лимитирующие скорость набора данных, такие как объем буферов и скорость записи на магнитную ленту. На примере дубненской стадии наших экспериментов рассматривается вклад индивидуальных составляющих в мертвое время установки, равное ~1 мсек для скорости канала ЭВМ 1,25 Мбайта/сек и объема массива события 248 байтов.

В данной главе рассмотрена организация систем предварительного отбора событий. Результат применения второго уровня отбора отражают коэффициенты: полезной информации (определяет долю событий, в которых выполняются наложенные критерии второго уровня отбора), увеличения скорости накопления полезной информации (отражает сокращение времени, необходимого для выполнения эксперимента) и подавления объема регистрируемой информации (влияет на требования к объему буферов).

В конце главы обсуждаются вопросы контроля и калировки многоканальной регистрирующей аппаратуры.

Во второй главе представлены основные задачи выполненных нами экспериментов, а также экспериментальные установки. Рассматриваются основные требования к системе сбора данных с установок.

Целью эксперимента, проведенного на пучке ускорителя ИФВЭ, являлась проверка гипотезы Э.Н.Цыганова^{/*} о возможности управления траекториями заряженных частиц с помощью деформированных монокристаллов. Созданная для этой цели установка^{7/5/} запускалась телескопом спцинтиляционных счетчиков. Исследуемые образцы монокристаллов, выполненные в виде полупроводниковых детекторов, крепились в изгибающем устройстве, помещенном в дистанционно управляемом гониометре. Траектории частиц определялись с помощью трех блоков дрейфовых камер.

Целью экспериментов, проведенных на пучке синхротрона ИФВЭ, являлось исследование характеристик излучения, возникающего при прохождении релятивистских электронов и позитронов через монокристаллы. Экспериментальная установка (рис.1)^{7/8/} была создана на основе дубенской установки, существенно модифицированной и дополненной.

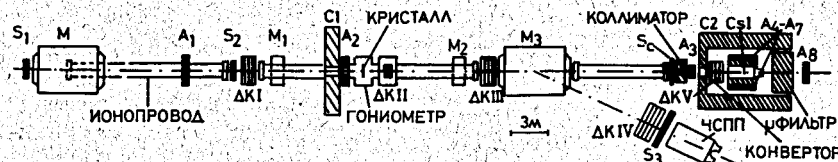


Рис.1. Схема экспериментальной установки, созданной на пучке ускорителя ИФВЭ. S, A – спцинтиляционные счетчики; ДК – дрейфовые камеры; ГСП – гамма-спектрометр; ЧСПП – черенковские счетчики полного поглощения; М – магниты и корректоры.

Пучок частиц падал на монокристаллическую мишень, установленную в гониометре. Для определения траекторий частиц до и после мишени использовалась система дрейфовых камер ДК1, ДК2, ДК3. Вторичный

^{/*} Tsyganov E.N., Fermilab Report TM-682, 1976.

импульс частиц после взаимодействия с кристаллом определялся по их отклонению в анализирующем магните, для чего служил четвертый блок дрейфовых камер. Для идентификации вторичных частиц использовались черенковские счетчики полного поглощения. Гамма-кванты, испускаемые в мишени, регистрировались детектором на основе спцинтилирующего кристалла CsI(Tl). Углы вылета гамма-квантов измерялись с помощью блока дрейфовых камер ДК5 со встроенным конвертором.

Требования к системе сбора данных определялись типом и параметрами детекторов установок, спецификой исследований, общими требованиями к регистрирующим системам, внешними условиями экспериментов и др. Для автоматизации экспериментов была доступна лишь удаленная вычислительная система ЕС-1040. Помимо всех достоинств ЕС-1040, ее применение в эксперименте как единственной ЭВМ имеет ряд недостатков, таких как непригодность штатных периферийных устройств для дистанционного управления ходом программ и выдачи результатов обработки данных в экспериментальный домик. Малая пригодность системы ввода-вывода ЕС-1040 для работы в реальном масштабе времени была особенно критичной на серпуховской стадии экспериментов, когда для сопряжения установки с ЭВМ был доступен лишь сравнительно медленный канал, лишенный при этом микропрограммного контроллера. Для эффективного проведения экспериментов требовалось скомпенсирование этих недостатков.

Характер исследуемых явлений требовал обеспечения высокой точности и большого динамического диапазона измерений в условиях значительного уровня фоновых событий. С этим была связана необходимость регистрации дополнительной информации для калировки и контроля аппаратуры, а одной с важнейших задач являлось подавление потока фоновых событий.

В третьей главе представляется структура системы сбора данных, рассматривается подсистема синхронизации и управления запуском, типы запусков, их назначение и схемы первичного запуска установки^{7/2,10/}.

Блок-схема конечного варианта системы сбора данных представлена на рис.2.^{7/8/} Ее основная часть помещалась в 7 крейтах NIM и КАМАК. Камаковская часть системы была организована в параллельную ветвь Универсальным драйвером ветви^{/*}. Для дальнейшего рассмотрения система подразделяется на подсистемы: синхронизации, управления и первичного запуска; регистрации данных, калировки и контроля; второго уровня отбора событий; сопряжения с ЭВМ, управления экспериментом и визуализации данных.

Подсистема синхронизации и управления запуском была создана на основе специально разработанных модулей. Модуль синхронизации выделя-

^{/*} Нгуен Фук, Смирнов В.А., ПТЭ, №3, 1976, с.67.

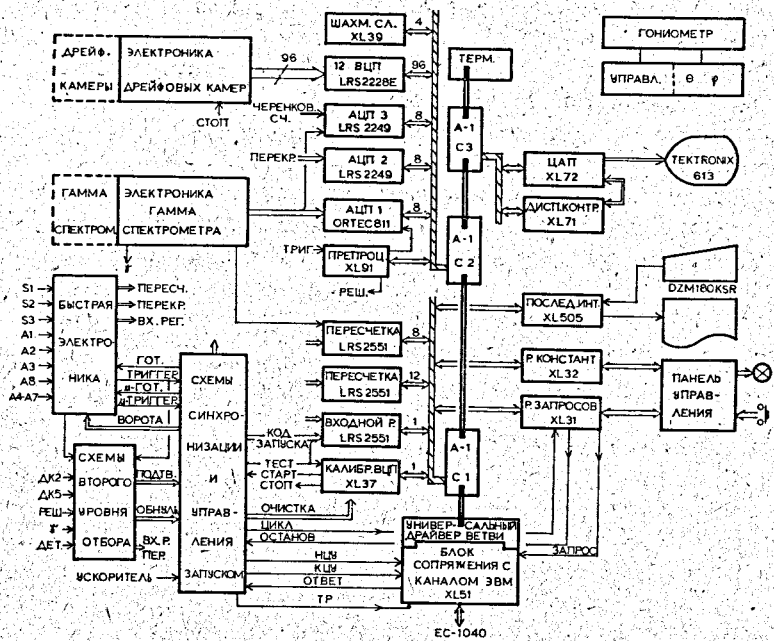


Рис.2. Блок-схема системы сбора данных в экспериментах по исследованию эффектов каналирования заряженных частиц.

ет активное время установки, синхронизирует работу с ЭВМ, разрешает формирование запусков и определяет готовность системы к передаче зарегистрированного события, а также выполняет ряд дополнительных функций. Регистрация события инициировалась запуском первого уровня и продолжалась только тогда, когда выполнены были все заданные для данного типа запуска критерии второго уровня отбора. В противоположном случае модуль переводил систему в режим ожидания следующего запуска данного типа.

Основной тип запуска был предназначен для регистрации событий, в которых первичная частица излучила гамма-квант с энергией, превышающей пороговое значение. В этом типе запуска использовались два уровня отбора с количеством критериев, достигающим шести. Для регистрации дополнительной информации были введены вспомогательные запуски. В "лучковом" типе запуска регистрировалась информация о падающем пучке, и применялись только один критерий второго уровня. Запуски: "мезонный", "случайный" и "от светодиода" использовались для калибровки и

контроля гамма-спектрометра. После цикла ускорителя производился тестовый запуск (для контроля и калибровки электроники дрейфовых камер).

Типы запусков чередовались определенным образом. Для управления их последовательностью и динамической выборки критериев второго уровня, применяемых в данном типе запуска, был разработан специальный блок КАМАК.

В конце главы рассматривается первичный (быстрый) запуск установки. Он формировался от телескопа сцинтилляционных счетчиков с помощью каскада дискриминаторов, схем совпадения и сложения и линий задержки. Для избежания роста случайных совпадений из-за каскадирования схем совпадения они работали в режиме перекрытия.

Четвертая глава посвящена регистрации информации с установки.

Формат массива события, состоящего из 150 16-разрядных слов, определялся последовательностью регистрирующих модулей (рис.2.). Для уменьшения мертвого времени установки эта последовательность была подобрана таким образом, чтобы передачу данных можно было начинать, не дожидаясь завершения конверсии в преобразователях.

Блок-схема электроники дрейфовых камер показана на рис.3 /10/.

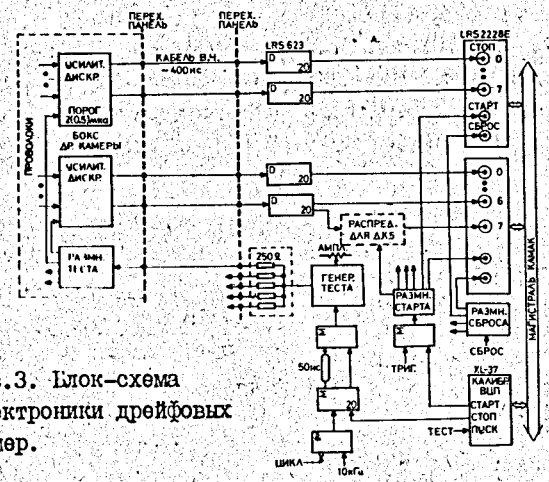


Рис.3. Блок-схема электроники дрейфовых камер.

Для повышения временной точности регистрации импульсы от усилителей-дискриминаторов ДК подавались на стоповые входы время-цифровых преобразователей после регенерации. Стартовый сигнал ВЦП формировался от быстрого запуска установки, который дополнительно стробировался коротким импульсом от счетчика s2 (рис.1), формируемым в непосред-

твенной близости от ФЭУ-счетчика. Для регистрации двух импульсов с одной проволоочки ДКБ ($\mu \rightarrow e^+ e^-$) в соответствующие тракты регистрации были введены специальные схемы распределителей.

Тракты регистрации данных с ДК калибровались и контролировались в реальном масштабе времени - параллельно с набором статистики. Для этого был введен специальный тип запуска - тестовый, в котором на специальный вход усилителей-дискриминаторов ДК подавался тестовый сигнал. Во время калибровки коэффициент преобразования определялся индивидуально для каждого канала по отсчетам ВПЧ для пяти интервалов времени, перекрывающих всю рабочую зону ВПЧ. В режиме нормального набора статистики в тестовом запуске регистрировался зафиксированный временной интервал, что позволяло следить за стабильностью работы индивидуальных трактов с помощью ЭВМ.

Для калибровки ВПЧ был разработан специальный блок КАМАК/1/, задающий точные интервалы времени. Длительность интервала может задаваться от ЭВМ командой КАМАК, что позволяет полностью автоматизировать процесс измерения калибровочных точек. В диссертации приводится алгоритм такой процедуры.

Измерение энергий гамма-квантов, регистрируемых гамма-спектрометром, производилось одновременно в трех диапазонах: до 200 МэВ, до 1 ГэВ и до 10 ГэВ. Для этого были созданы тракты регистрации сигналов с анода и динода ФЭУ спектрометра (рис. 4.) /8/. Определение нестабильностей и калибровка гамма-спектрометра проводились с помощью вспомогательных типов запусков /10/. Определение "нуля" энергии

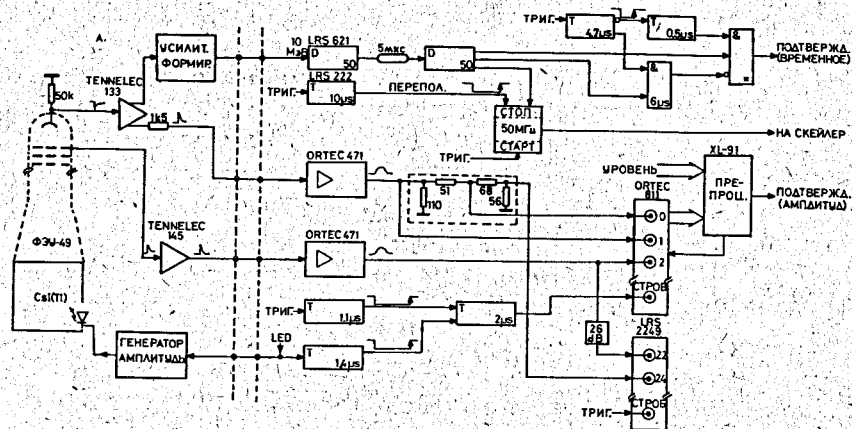


Рис. 4. Блок-схема электроники гамма-спектрометра.

производилось в запуске, не синхронизированном с прохождением частицы. Определение нестабильностей гамма-спектрометра во время цикла ускорителя осуществлялось с помощью реперного импульса от светодиода в запуске, который производился во всем диапазоне растяжки ускорителя. Регистрация времени от начала цикла позволяла определить временные корреляции этих нестабильностей и последующую коррекцию рабочих событий. Долговременная стабильность спектрометрических трактов проверялась в "мезонном" типе запуска путем регистрации ионизационных потерь фоновых μ -мезонов в радиаторе спектрометра.

Из-за больших загрузок гамма-спектрометра сигналы, вызванные исследуемым гамма-квантом, могли искажаться сигналами от других частиц. Для коррекции и отбора неискаженных событий был принят ряд мер.

С помощью специально модифицированных АПЧ типа LRS 2249 (рис. 4) измерялся уровень спектрометрических сигналов за 2 мксек до рабочего сигнала. В зависимости от величины его отклонения от "нуля" данное событие отбрасывалось или соответственно корректировались отсчеты основных АПЧ типа ORTEC 811. На рис. 5 показаны спектры: скорректированный и нескорректированный, регистрируемый в запуске "от светодиода".

Для анализа временных корреляций гамма-квантов был создан "временной" тракт гамма-спектрометра (рис. 4). С помощью специально разработанных усилителя-формирователя и двухканального преобразователя время-число импульсов, а также с помощью пересчетных устройств, регистрировалось время попадания гамма-квантов в спектрометр в диапазоне ± 5 мксек относительно запуска установки.

В конце главы рассматривается методика регистрации информации, позволяющей контролировать в реальном масштабе времени работу всего тракта выработки быстрого запуска установки. С помощью преобразователей заряд-цифра регистрировались площади выходных импульсов схем совпадения, а с помощью пересчетных устройств - срабатывания очередных уровней каскада схем быстрого запуска.

В пятой главе рассматриваются критерии второго уровня отбора событий и их аппаратная реализация /9/.

Для подавления потока фоновых собы-

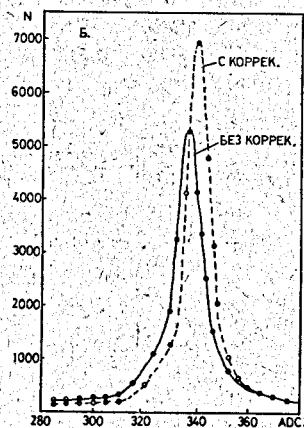


Рис. 5. Спектры: скорректированный и нескорректированный, регистрируемый в запуске "от светодиода".

тий был введен второй уровень отбора, который подтверждал прохождение быстрого запуска в случае выполнения всех заданных для данного типа запуска критериев.

Для канализованных частиц характерно уменьшение ионизационных потерь по отношению к неканализованным частицам. Это явление использовалось в дубненском эксперименте для подавления регистрации событий, в которых частицы не были захвачены в процесс канализования. Критерий был реализован с помощью двух одноканальных анализаторов.

В экспериментах по исследованию излучения канализованных частиц, на втором уровне отбора событий применялись разные комбинации 7 критериев. Критерий по эффективности дрейфовой камеры низкого давления использовался для подавления регистрации событий, для которых восстановление трека частицы было невозможно. Отбор однострековых событий производился при помощи критерия, в котором требовалось отсутствие второй частицы после быстрого запуска установки в диапазоне времени, равном максимальному времени дрейфа.

Для отбора событий, в которых частица канализовала, а испущенный гамма-квант попал в гамма-спектрометр, использовался критерий по энергии гамма-кванта. Для этого был разработан цифровой препроцессор (см. рис.4), который выдавал решение (подтверждение) в зависимости от регистрируемой гамма-спектрометром энергии. В диссертации приводятся энергетические спектры гамма-квантов, регистрируемых без отбора и с отбором, представляется структурная схема препроцессора и метод уменьшения времени решения.

Временные критерии отбора использовались для подавления регистрации событий, удовлетворяющих критерию по энергии из-за случайных совпадений или искаженных другой частицей. Использовались два критерия: наличия импульса от гамма-спектрометра, совпадающего по времени с пролетевшей частицей, и отсутствия импульса от гамма-спектрометра в диапазоне времени, опережающем рабочий запуск на $5 \pm 0,25$ мксек. Результат применения этих критериев иллюстрируется временными распределениями гамма-квантов, регистрируемыми без отбора и с отбором.

Когда требовалась регистрация большого количества конвертируемых гамма-квантов, применялся критерий по срабатыванию всех плоскостей дрейфовой камеры ДК5. Для центровки монокристаллов относительно оси пучка использовался критерий, в котором требовалось срабатывание полупроводникового детектора, окружающего монокристалл.

В диссертации рассматривается методика анализа и контроля работ второго уровня отбора событий. Регистрация определенной части запусков независимо от вырабатываемых решений позволила сравнивать значения решений с результатом подробного анализа события и измерять

величины коэффициентов полезной информации индивидуальных критериев. Величина суммарного коэффициента полезной информации регистрировалась с помощью пересчетных устройств.

В конце главы обсуждаются результаты применения второго уровня отбора событий. Суммарный коэффициент полезной информации для комбинации критериев, использованной в большинстве сеансов набора статистики, равнялся $\sim 0,02$. Количество записанных магнитных лент уменьшилось пропорционально этой величине, т.е. в ~ 50 раз. Мертвое время установки в случае отрицательного решения схем второго уровня отбора не превышало 2% от мертвого времени при считывании данных в ЭМ. Коэффициенты подавления количества регистрируемой информации и увеличения скорости набора полезной информации равнялись 0,04 и 2,2 соответственно. Так как без применения второго уровня отбора требования к объему памяти ЭМ, необходимому для буферизации данных, превышали бы имеющиеся возможности в 2-3 раза, реальный коэффициент увеличения скорости набора полезной информации составлял 6 (см. рис.6). Во столько уменьшилось время работы на пучке, необходимое для выполнения задач экспериментов.

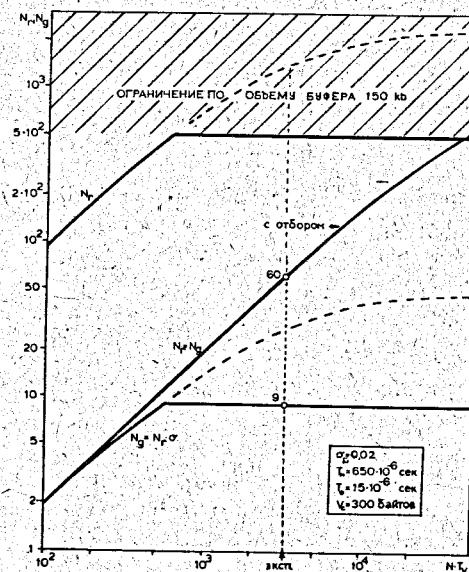


Рис.6. Зависимость количества всех событий N_T и полезных событий N_G , регистрируемых в одном цикле ускорителя, от количества запусков для случаев без отбора и с отбором второго уровня. (объем события 300 байтов, объем буфера 150 кбайтов, коэффициент полезной информации $\sigma = 0,02$).

Шестая глава посвящена подсистеме сопряжения с ЭВМ, управления проведением набора, статистики и визуализации данных.

С целью компенсации недостатков, связанных с удаленностью "он-лайн" ЭВМ, был разработан ряд аппаратных и программных средств.

Для дистанционного управления ходом программ и проведением набора статистики был использован специально разработанный модуль запросов от оператора ^{12/}. Он позволяет аппаратно формировать запросы, соответствующие 16 основным командам, управляющим программой сбора и анализа данных. Для ввода полного состава команд и для выдачи результатов "он-лайн" обработки непосредственно в экспериментальный домик использовался терминал DZMI8CKSR. Из-за отсутствия в данное время стандартных средств для связи ЭВМ ЕС-1040 с удаленными терминалами, наш терминал был сопряжен с ЭВМ посредством системы сбора данных.

На дубненской стадии экспериментов нами была разработана программа драйвера ^{14/} для связи терминала с ЭВМ. Она состоит из двух подзадач. Подзадача LINK организует два независимых логических канала передачи данных: односторонний - для вывода результатов обработки и двухсторонний - для работы в диалоговом режиме. Подзадача DP согласует структуру данных, выводимых с задачи, использующей драйвер, со структурой данных подзадачи LINK. Программа драйвера работала в режиме разделения времени с программой приема данных с установки.

Для стыковки терминала с магистралью КАМАК с сохранением всех его возможностей был разработан блок последовательной передачи данных ^{13/}. Данный блок снабжен тремя типами линейных интерфейсов (в том числе с оптоизоляцией). Это позволяет использовать блок для стыковки с различными терминалами, модемами, а также для быстрой передачи данных между крейтами КАМАК. Максимальная скорость передачи равна 1,25 Мбит/сек.

В качестве средства графического изображения информации был использован дисплей TEKTRONIX 613. Для его сопряжения с системой сбора данных были разработаны блок цифроаналоговых преобразователей и блок дисплейного контроллера ^{17/}. Блок ЦАП позволяет выводить на экран дисплея любые изображения точка за точкой. Координатная информация может вводиться во входные регистры блока из магистрали КАМАК или по внешней магистрали от дисплейного контроллера. Блок дисплейного контроллера генерирует элементарные составляющие изображений: вертикальные и горизонтальные векторы, алфавитно-цифровые символы и точки, координаты которых можно задавать в абсолютном или относительном видах. Любые изображения можно вывести на экран путем передачи в контроллер массива информации, что упрощает программу обслуживания дисплея.

Инициализация блочного обмена данными между системой сбора данных и ЭВМ требует программного определения кода команды КАМАК, режима ее выполнения, диапазона адресного пространства КАМАК, адреса буфера, длины массива и др. Завершение выполнения групповой команды обычно индицируется запросом на обслуживание, который также требует программной обработки. Все это снижает эффективную пропускную способность сопряжения с ЭВМ и усложняет математическое обеспечение. Во многих случаях можно избежать этого недостатка путем автономного выполнения блоком сопряжения серии групповых команд "в петле". Тогда передаваемый массив состоит из многих блоков данных, считываемых или записываемых этой серией. Такой "мультиблочный" режим передачи реализован в блоке сопряжения ^{16/} Универсального драйвера ветви с каналом ЕС-1040, созданном для серпуховской стадии наших экспериментов.

Блок сопряжения взаимодействует с ЭВМ в двух режимах - запись и чтение. Информацию, необходимую для идентификации и разделения внутренних команд, команд КАМАК и сопровождающих их данных блок извлекает непосредственно из формата передаваемых по каналу байтов. Команды КАМАК могут выполняться в одиночном, групповых или групповых "мультиблочных" режимах. В зависимости от режима выполнения команды один, два или все байты информации, передаваемой данной командой канала после кода камаковской команды записи, воспринимаются блоком как данные. Такой принцип работы обеспечивает максимальное быстродействие и значительно упрощает программирование, а простота и типичность внешнего интерфейса блока позволяют использовать блок для сопряжения драйвера ветви также и с другими ЭВМ посредством штатных контроллеров ввода-вывода.

Для считывания данных с установки использовался режим "мультиблочной" передачи. Подготовка аппаратуры к регистрации и считыванию отдельных событий, а также инициирование считывания производились блоком сопряжения. В таком случае канальная программа приема данных упрощается до серии канальных команд чтения, каждая из которых считывает массив длиной до 64 байтов, состоящий из многих событий.

Примененный способ считывания событий устраняет такие составляющие мертвого времени установки, как время реакции на запрос типа "событие" и время подготовки к регистрации и передаче очередного события. В главе I показано, что эти составляющие являлись главными на дубненской стадии экспериментов. Благодаря принятому способу считывания время, затрачиваемое на регистрацию и передачу в ЭВМ одного события, составляло примерно 650 мксек для объема события 300 байтов и сравнительно низкой скорости канала ЭВМ 0,5 Мбайта/сек.

Если учесть одинаковые условия (объем события и скорость канала), применение описанной организации считывания уменьшает мертвое время установки в ~4 раза.

В заключении сформулированы основные результаты работы:

1. Рассмотрены способы организации систем сбора данных и их взаимодействия с ЭВМ, выполнен анализ методов повышения их эффективности и пропускной способности.

2. Создана система сбора данных с экспериментальных установок для исследования эффектов каналирования заряженных частиц в монокристаллах.

3. Предложена и реализована методика подавления потока фоновых событий с помощью второго уровня отбора по специфическим для проводимых исследований критериям.

4. Обоснована и разработана методика коррекции амплитудных измерений, калибровки и контроля трактов регистрации данных, а также контроля тракта выработки быстрого запуска установки параллельно с набором статистики.

5. Обоснована и разработана методика уменьшения мертвого времени установки.

6. Созданы электронные модули для реализации разработанных методических решений.

7. Разработаны аппаратные средства для сопряжения устройств визуализации данных, управления проведением эксперимента и сопряжения системы сбора данных с ЭВМ, а также математическое обеспечение для вывода результатов "он-лайн" обработки непосредственно в экспериментальный домик.

8. Созданная система сбора данных позволила быстро и эффективно выполнить задачи экспериментов, проведенных с участием автора на ускорителях ЛВЭ ОИЯИ и ИФВЭ с целью обнаружения и исследования новых физических явлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гузик З., Форыцки А. и др., ОИЯИ, I3-I295I, Дубна, 1980.
2. Гузик З., Сутулин В.А., Форыцки А., ОИЯИ, I3-I2952, Дубна, 1980.
3. Гузик З., Форыцки А., ОИЯИ, I3-I3010, Дубна, 1980.
4. Гузик З., Фелпс Дж., Форыцки А., ОИЯИ, I3-80-195, Дубна, 1980.
5. Водопьянов А.С., Форыцки А. и др., ПТЭ, №2, 1981, с.36; ОИЯИ, P13-80-255, Дубна, 1980.
6. Гузик З., Форыцки А., ОИЯИ, I3-81-45I, Дубна, 1981.
7. Гузик З., Форыцки А., ОИЯИ, I-81-29, Дубна, 1981.

8. Водопьянов А.С., Форыцки А. и др., ОИЯИ, P13-82-547, Дубна, 1982; Nucl. Instr. and Meth. v.211(1983), p.353-362.
9. Гузик З., Форыцки А. и др.; ОИЯИ, I-82-865, Дубна, 1982.
10. Булгаков Н.К., Форыцки А. и др., ОИЯИ, I3-83-757, Дубна, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 июля 1984 года.