

ЗЯЗЮЛЯ

Федор Емельянович

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ
ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ
МНОГОДЕТЕКТОРНЫХ УСТАНОВОК
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РЕДКИХ ПРОЦЕССОВ
В ФИЗИКЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований и в Институте физики АН БССР.

Научный руководитель
доктор физико-математических наук С.М.Коренченко

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор А.Н.Синаев
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник Е.А.Мелешко

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Институт ядерной физики СО АН СССР (Новосибирск).

Защита диссертации состоится "____" _____ 1985 г.
в _____ час. на заседании Специализированного совета Д-047.01.03
при Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных
исследований, г.Дубна Московской области.

Автореферат разослан "____" _____ 1985 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Специализированного совета
доктор физико-математических наук Ю.А.Батусов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

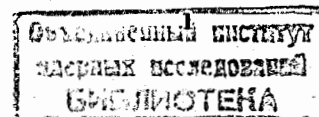
Актуальность работ. Развитие физики элементарных частиц во многом определяется существующими экспериментальными возможностями.

Такие задачи, как поиск редких или запрещенных распадов типа $\mu^+ \rightarrow e^+ e^- e^-$, $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu$, $2\beta^+$, $e^+ e^- \rightarrow 2,3\gamma$, $e^+ e^-$ взаимодействия побуждают создавать новые детекторы и сложные регистрирующие установки, подобные спектрометрам АРЕС, АРТУС, ДЕЛФИ. При осуществлении таких проектов возникает ряд трудностей, иногда непредвиденных, без разрешения которых невозможно создание или эффективное использование этих новых мощных систем.

При производстве и эксплуатации многопроволочных детекторов элементарных частиц — пропорциональных, дрейфовых, стримерных и т.д., все более напоминающих отрасль индустрии (десятки и сотни тысяч нитей в одной установке), возникает задача контроля натяжений сигнальных нитей — важнейшего элемента этих устройств. Эта задача до сих пор не имеет приемлемого во всех случаях решения. Так, при создании спектрометра АРЕС возникла необходимость надежного контроля натяжений нитей в условиях крайне ограниченного доступа к ним. Только разработка новых, оригинальных устройств контроля натяжений позволяет решить проблему оборки этой установки. Подобные проблемы возникают и при создании других установок с проволочными детекторами.

Серьезной проблемой, возникающей при эксплуатации установок, содержащих многопроволочные детекторы, является фильтрация потока поступающей от них информации. Это принципиально важно при регистрации редких процессов в интенсивных пучках частиц, поскольку в таких условиях даже высокие возможности современных ЭВМ не в состоянии обеспечить прием и обработку необходимой информации без быстрого предварительного отбора событий. Качество такого отбора решающим образом определяет достижимый при исследованиях конечный физический результат. Как правило, системы отбора имеют несколько иерархических уровней. Одной из необходимых ступеней в них являются быстрые специализированные процессоры того или иного типа, в зависимости от особенностей эксперимента.

Надежность и параметры многодетекторной установки полностью определяются качеством применяемых датчиков. Улучшение параметров отдельного датчика само по себе всегда является важной задачей техники



регистрации излучений. Для многодетекторных установок, особенно предназначенных для исследования редких событий, коллективный эффект от повышения качества применяемых датчиков придает установке новые свойства.

Актуальность подобных задач, широкое многообразие которых особенно характерно при создании установок для исследования редких процессов, определяется необходимостью развития современной экспериментальной базы исследований.

Целью работ являлась разработка и создание специализированной аппаратуры для изготовления и эксплуатации многодетекторных установок для исследования редких процессов, содержащих проволочные и сцинтилляционные детекторы, а именно:

- исследование возможности измерения натяжения нитей многопроволочных детекторов в реальных, затрудненных условиях измерений (отсутствие доступа к скотемам нитей, высокая плотность их размещения и др.), а также разработка методов и создание соответствующих высокопроизводительных устройств для этих целей;

- разработка критериев быстрой фильтрации потока событий по форме треков от многопроволочного цилиндрического магнитного детектора заряженных частиц при исследовании редких процессов на пучке ускорителя, а также создание быстрого специализированного процессора для предварительного (до записи в ЭВМ) отбора событий в спектрометре АРЕС;

- существенное улучшение предельных характеристик 32-канальной установки АРУС и других устройств, использующих большие серийные сцинтилляционные детекторы БДЭГ2-39^{12/} за счет достижения наилучших спектротрических и временных характеристик этих детекторов.

Научная новизна работы заключается в том, что:

1. Разработано и создано автоматизированное устройство для измерения натяжения нитей многопроволочных камер при отсутствии любого доступа к ним, кроме одностороннего контакта с их выводами, признанное изобретением /1/.

2. Предложен новый метод регистрации натяжения нитей по затухающим колебаниям, возникающим после удара. Разработан и создан электронный тензомер ударного действия, также признанный изобретением /3/, обладающий расширенной областью применения.

3. Впервые показана возможность безконтактного контроля натяжения нитей нового детектора элементарных частиц - стримерных трубок, для которых условия измерений отличаются крайней сложностью; предложена методика контроля нитей при массовом производстве модулей трубок.

4. Разработана ранее не применявшаяся для таких целей логика построения специализированного процессора для отбора событий от многопроволочного цилиндрического магнитного детектора заряженных частиц и создана его реальная конструкция.

5. Обнаружены закономерности поведения основных характеристик серийного сцинтилляционного NaJ(Tl)-детектора большого объема БДЭГ2-39 и предложены новые схемные решения, позволяющие достигнуть наилучших по сравнению с достигавшимися ранее значениями амплитудного и временного разрешений одновременно.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

1. Разработанные методы, устройства для контроля натяжений нитей в условиях ограниченного доступа к ним позволяют создавать многопроволочные детекторы с рядом уникальных свойств, например, цилиндрические камеры с малым количеством вещества для спектрометра АРЕС. Кроме того, такие устройства полезны и необходимы при создании и эксплуатации многих типов камер. Разработки автора нашли применение для контроля натяжений нитей при производстве камер в ИФВЭ, для установок АЛКС-СИГМА (ОИЯИ-ИФВЭ), ПРОЗА (ОИЯИ-ИФВЭ-ИФВЭ ТТУ- и др.), для производства детекторов адронного калориметра установки ДЕЛФИ, создаваемой международной коллаборацией для экспериментов на крупнейшем в мире ускорительно-накопительном комплексе встречных пучков ЛЕП в Европейском центре ядерных исследований ЦЕРН (Женева).

2. Специализированный процессор РАСТР при введении его в систему данных спектрометра АРЕС существенно снижает поток фоновой информации и позволяет использовать спектрометр для изучения и поиска редких событий в интенсивных пучках ускорителя. Разработанная логика распознавания треков может быть использована для подобных установок и может оказаться полезной при решении проблемы распознавания образов.

3. Достигнутые высокие спектротрические и временные характеристики детекторов БДЭГ2-39 повышают качество установок с их применением. В частности, предложенные рекомендации использованы в установке ГНЕИС (ЛИАФ АН СССР им. Б.П.Константинова)[§]; использовании улучшенных детекторов в многокристальном спектрометре АРУС (ИФ АН БССР) на порядок и более повысилась чувствительность этой установки при регистрации кратных совпадений.

Апробация работ и публикации. Основные результаты работ, положенных в основу диссертации, неоднократно докладывались на научно-методических семинарах ЛЯП ОИЯИ и Лаборатории ядерной спектроскопии ИФ АН БССР, на рабочих совещаниях по установке ДЕЛФИ, на II Всесоюзном семинаре по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях (Новосибирск, 1981 г.), на XI и XII Международных

[§] ПТЭ, 1981, № 2, с.80.

симпозиумах по ядерной электронике (Братислава, 1983 г., Дубна, 1985 г.), на XXXV Совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Ленинград, 1985 г.), на республиканских конференциях молодых ученых по физике, опубликованы в 10 работах в виде препринтов, сообщений ОИЯИ, статей в ПТЭ, в тезисах и трудах конференций, защищены 2 авторскими свидетельствами.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Она содержит 144 страницы, включая 5 таблиц и 43 рисунка. Список литературы содержит 103 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении сформулированы цели работы, приводятся общие сведения о работе, а также показана актуальность темы и ее связь с планами исследований, в том числе совместных ОИЯИ и ИФ АН БССР, международного сотрудничества в области физики высоких энергий.

Первая глава посвящена краткому обзору методов регистрации натяжений нитей многопроволочных камер (§ 1), принципу действия и устройству резонансного тензомера, разработанного автором, пригодного для затрудненных условий измерений (§ 2).

Постановка задачи и возникающие трудности рассмотрены на конкретном примере спектрометра АРЕС, создание которого принципиально невозможно без устройств для контроля натяжений. 18 пропорциональных цилиндрических камер этой установки (рис.1) содержат более 15 тысяч



Рис.1 Один из 18 модулей пропорциональных цилиндрических камер спектрометра АРЕС перед монтажом. Диаметр сигнального слоя 630 мм, высота 600 мм, число сигнальных нитей 960.

20-микронных золоченых вольфрамовых сигнальных проволочек (нитей). Конструкция камер позволяет достичь минимального количества вещества на пути частиц. Однако связанная с этим

технология предполагает изменение натяжения камер в процессе сборки при окончательном монтаже в рабочий объем цилиндрического магнита. Это невозможно без непрерывного и тщательного контроля натяжения каждой нити, которое не должно превысить предельного (около 60 г) и в рабочем состоянии должно составлять $50 \pm (2+3)$ г. При этом суммарные усилия имеют значения в сотни килограммов. Обрыв одной нити чаще всего выводит из строя всю камеру. Механический и визуальный доступ к системе камер исключается. Более того, даже электрический контакт с выводами нитей возможен только с их одного конца.

Анализ известных методов и устройств показывает их непригодность для таких условий измерения. В работе предложены принцип действия и устройство резонансного тензомера, решающие поставленную задачу. Устройство защищено авторским свидетельством /1/. В основу способа измерения положена известная зависимость между частотой собственных механических колебаний струны ω_0 с ее длиной l , площадью поперечного сечения S , плотностью ρ и натяжением N :

$$\omega_0 = \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{N}{5\rho}} \quad (1)$$

Использование этой зависимости выгодно для разработки электронных методов измерения, в частности, по измерению резонансной частоты колебаний $\omega_{рез.}$, которая связана с ω_0 :

$$\omega_{рез.}^2 = \omega_0^2 + 2\delta^2 \quad (2)$$

где δ - затухание.

В предложенном устройстве электронными методами осуществляется возбуждение колебаний, поиск резонанса и определение его частоты. Способ измерения поясняется рис.2. Колебания возбуждаются электростатическим притяжением * нити к дополнительному электроду 1, для чего

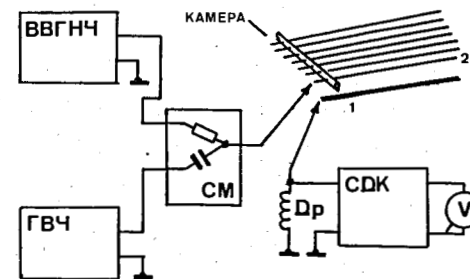


Рис.2 Схема, поясняющая принцип действия резонансного тензомера.

последний заземляют по низкой частоте дросселем ДР, а на измеряемую нить 2 подает напряжение от высоковольтного генератора низкой частоты

* Точнее - кулоновским воздействием.

(ВВГНЧ), частоту которого изменяют в необходимых пределах (от единиц до сотен герц). Для детектирования колебаний используют вспомогательное напряжение высокой частоты от ГВЧ, также поданного на измеряемую нить (простейший R-с смеситель СМ служит этой цели). Поскольку при колебаниях нити возникают колебания ее емкости относительно дополнительного электрода, напряжение высокой частоты на ДР модулируется с частотой колебаний, а глубина модуляции пропорциональна амплитуде. Схема детектирования колебаний СДК усиливает сигнал, выделяет огибающую и индицирует ее значение с помощью вольтметра V. Измерение натяжения состоит в перестройке ВВГНЧ, в нахождении резонанса по показаниям V и в измерении его частоты, являющейся аналогом натяжения. Обычно резонанс выражен четко, так как добротность колебаний нитей велика (как правило, более 100).

Далее описаны блок-схема и принцип действия реального прибора ^{12/} работающего в двух режимах: ручном и автоматическом (рис.3).

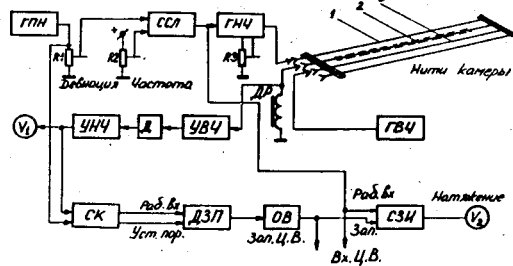


Рис.3 Блок-схема резонансного тензометра.

Описаны схемные особенности и работа с прибором. В зависимости от ситуации, дополнительным электродом для измерений служат: одиночный провод-

ник при измерении отдельной нити, катодная поверхность камеры при измерении сборки, две нити, соседние с измеряемой при контроле изолированного слоя нитей. В последнем случае сигналы ВВГНЧ и ГВЧ подаются на соседние, окружающие измеряемую нить, как на рис.3. Это необходимо для устранения неопределенности в измерениях, могущей возникнуть из-за того, что колебания возбуждаются как в измеряемой нити, так и в дополнительном электроде, который представляет собой такую же нить.

Таким образом, описанное устройство требует для осуществления измерений только одностороннего электрического контакта с выводами нитей и пригодно для контроля натяжений как отдельных сигнальных слоев (например, при изготовлении камеры), так и собранных модулей, в том числе и при их монтаже. Диапазон рабочих частот прибора соответствует натяжениям от 0,5 г до 200 г для 20-микронных вольфрамовых нитей длиной 40+60 см. Погрешность в ручном режиме I+I,5%, а в автоматическом ~ 2% (5%) при скорости измерения ≤ 9 с на нить (≤ 3 с). Предусмотрен вывод данных на цифровой вольтметр.

Вторая глава посвящена другим методам и устройствам для контроля натяжений нитей, необходимость в разработке которых возникла вследствие иных, еще более жестких условий измерения.

Первый параграф содержит описание основанного на новом методе измерений тензометра ударного действия, также защищенного авторским свидетельством ^{13/}. Его разработка вызвана необходимостью измерений натяжений нитей в ситуации, когда присоединение к их выводам возможно только через сверхминиатюрные ленточные кабели, в рабочем состоянии соединяющие нити с регистрирующей электроникой спектрометра АРЕС. Применение описанного ранее резонансного тензометра в этом случае ограничивается заметным снижением точности из-за различного сорта помех. В то же время такие измерения совершенно обязательны в ряде ситуаций при сборке и особенно при эксплуатации детектора на ускорителе.

Принцип действия ударного тензометра основан на том физическом факте, что при отклонении натянутой нити, струны от положения равновесия и последующем ее отпускании, возникают затухающие колебания нити, описываемые уравнениями:

$$x = A e^{-\delta t} \cos(\omega_{зат} t - \alpha) \quad (3)$$

$$\omega_{зат} = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} \quad (4)$$

где x - смещение; A и α - константы, зависящие от начальных условий; δ - коэффициент затухания. Условный период T_{зат} = 2π/ω_{зат} колебаний нити, вызванных кратковременным ударом, близок к периоду собственных колебаний и может быть использован в качестве аналога натяжения как и ω_{рез}. Ударное возбуждение колебаний с их последующей регистрацией положено в основу предложенного устройства.

Блок-схема тензометра ударного действия ^{14/} приведена на рис.4. "Удар" по измеряемой нити наносится кратковременным снятием высокого напряжения источника ВС с помощью замыкания высоковольтного ключа ВЕК. Через несколько миллисекунд высокое напряжение восстанавливается и колебания нитей происходят в постоянном электрическом поле. Вследствие этого на резисторе R_{нх} возникает сигнал, частота которого равна частоте колебаний нити. Низкая частота этого сигнала (не более нескольких сотен Гц) позволяет принимать его по кабелям с большими значениями емкости без ущерба для работоспособности устройства.

Процедура измерений состоит в присоединении щупа к выводу нужной нити и считывании показаний. Измерения производятся автоматически каждые 1,5 с по сигналу тактового генератора ТГ, а результат отображается на 4-значном десятичном цифровом индикаторе ИН. С целью повы-

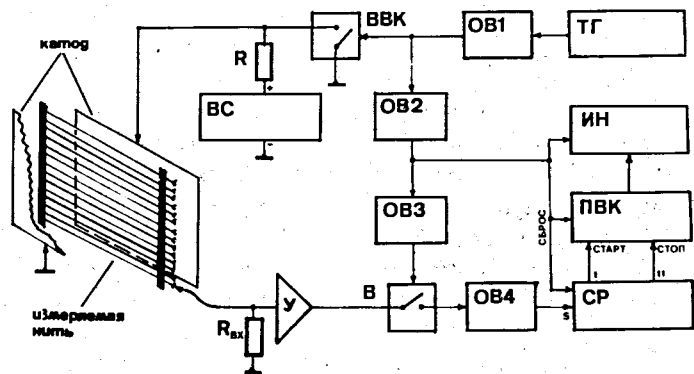


Рис.4 Блок-схема тензомера ударного действия.

шения точности, в приборе измеряется интервал между 10 последовательными периодами колебаний, т.е. $10T_{\text{зат}}$. Для этих целей служит II-разрядный сдвиговой регистр СР и кварцованный преобразователь время-код ПВК. Одновибраторы ОВ1+ОВ4 и ворота В служат для формирования, задержки, выработки служебных сигналов. Устройство выполнено преимущественно на ТТЛ ИС 155 серии. В работе приводится реальная схема устройства и отмечены схемные особенности.

Диапазон измеряемых прибором натяжений вольфрамовых золоченых нитей длиной 60 см и диаметром 20 мкм - $0,5+70$ г. Относительная погрешность измерений $\sim 2\%$. Предусмотрена передача данных в ЭВМ. При расстоянии анод-катод в камере 2 см напряжение высоковольтного источника ВС составляет ~ 2 кВ, при этом обеспечиваются необходимые значения амплитуды колебания нити ($0,2+0,3$ мм) и сигнала с нее.

В данной главе приведены также варианты реализации резонансного и ударного тензометров (§ 2), максимально использующие стандартную аппаратуру с целью облегчения их повторения ^{15/}.

В завершение данной главы (§ 3) приводится еще один способ измерения, разработанный специально для контрольных испытаний модулей стримерных трубок адронного калориметра установки ДЕЛФИ (ЛЕП, ЦЕРН) при их производстве и перед сборкой ^{16/}. Конструктивные особенности этих новых многопроволочных детекторов таковы, что на первый взгляд измерение натяжения нитей собранных модулей не представляется возможным. Доступ к нитям модулей отсутствует. Раздельный контакт с выводами нитей неосуществим, так как они соединены в параллель внутри модуля. Все нити экранированы симметричной катодной поверхностью.

В то же время требования к надежности стримерных трубок чрезвычайно высоки, так как неисправный элемент из собранной установки ДЕЛФИ, опускаемой в глубоководную шахту, извлечен быть не может.

Однако при исследовании модулей автором обнаружены возможности для бесконтактных измерений натяжения (также по частоте колебаний) каждого из участка нити (в модуле длиной 7,2 м из 8 ячеек таких участков II2). Суть методики состоит в возбуждении колебаний механическим воздействием на корпус модуля громкоговорителем или специальным ударником. При этом регистрацию колебаний производят чувствительным емкостным датчиком перемещений с высокой рабочей частотой, для которой проводящая поверхность модулей оказалась частично "прозрачной". Предложены автоматизированные варианты устройства, работающего в линии с ЭВМ и предназначенного для контроля модулей при их поточном изготовлении, обеспечивающие необходимую производительность (30+50 измерений в минуту).

Третья глава диссертации посвящена специализированному процессору РАСТР (устройство распознавания треков) ^{17/}, предназначенному для фильтрации в режиме реального времени потока информации, поступающей от многопроволочных цилиндрических камер детектора заряженных частиц спектрометра АРЕС ^{18/}. При изучении редких процессов немислимо регистрировать все события, поскольку их поток огромен и на много порядков ($10^{10}+10^{12}$ и более) может превышать интенсивность исследуемого процесса. Поэтому для таких исследований необходима мощная система отбора регистрируемых взаимодействий, как правило, многоуровневая. Специализированный процессор РАСТР является "триггером" второго уровня в установке АРЕС, фильтрующим события после наносекундной системы запуска, но перед предварительной обработкой на ЭВМ (рис.5). Он использует критерии формы и положения треков в пространстве детектора. Однако, как известно, решение таких задач, тесно связанных с проблемой распознавания образов, требует сложных в логическом и схемотехническом отношении устройств для достижения приемлемого сочетания скорости действия с точностью. Поэтому созданию реальной конструкции процессора предшествовало создание его математической модели и модели спектрометра в ЭВМ с имитацией возможных физических процессов ^{19/}. При этом последовательно разрабатывалась схема устройства, испытывались различные варианты логики, осуществлялась проверка и оптимизация конструкции.

В основу логики работы специализированного процессора, максимально учитывающей преимущества цилиндрической геометрии спектрометра, положено "фотографирование" события и "просмотр" его с помощью набора масок - "шаблонов" при вращении "фотографии" ^{19/}. Разумеется, эти операции производятся с помощью электронных устройств (рис.6). При обнаружении заданного количества нужных треков событие признается годным для дальнейшей передачи в ЭВМ с целью последующей обработки.

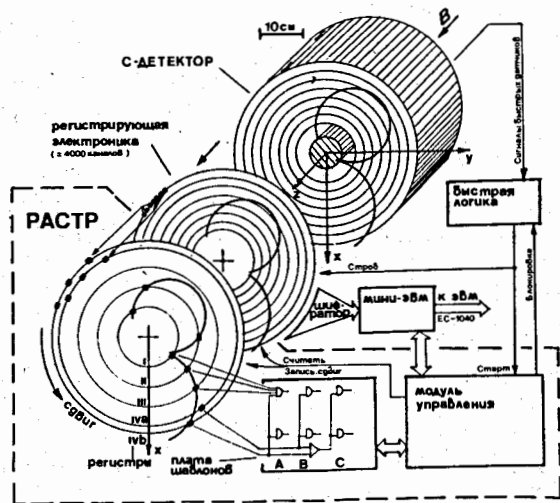
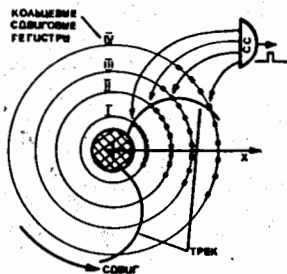


Рис.5 Схема включения системы фильтрации событий второго уровня - специализированного процессора РАСТР в детектор заряженных частиц спектрометра АРЕС.

Рис.6 Основной принцип поиска трека заданной конфигурации.



Прямое осуществление такого принципа нереально из-за огромного количества возможных конфигураций событий в объеме детектора. Однако применение различных специальных приемов, повышающих производительность отбора (введение манипуляций сдвигами в регистрах, объединение некоторых шаблонов в последней камере по ИЛИ), а также введение ряда не-

избежных в таких случаях компромиссов (использование только проекций треков на $X-Y$ плоскость спектрометра, обработка данных лишь с 4 информационных слоев, объединение проволочек в группы по ИЛИ и др.) позволили разработать при моделировании схему устройства, с помощью 126 схем совпадений различающую приблизительно 60000 конфигураций на $X-Y$ плоскости спектрометра.

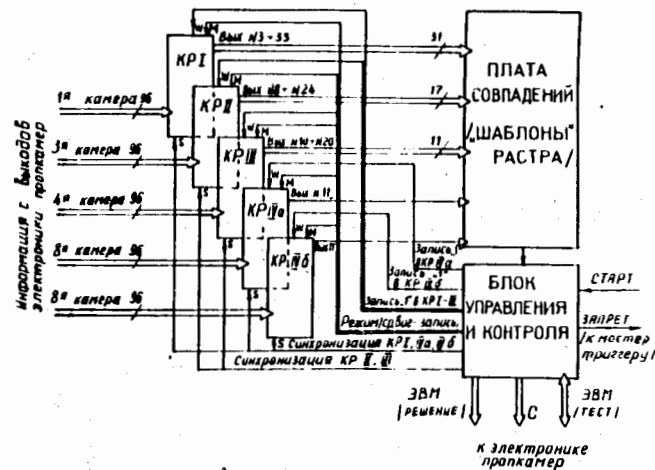


Рис.7 Блок-схема специализированного процессора РАСТР.

Блок-схема реального устройства /10/ приведена на рис.7. Процессор принимает информацию с цилиндрических камер спектрометра в 5 96-разрядных кольцевых сдвиговых регистрах, осуществляет ее вращение (с т.н. "манипуляциями") и просмотр. В зависимости от количества найденных полезных треков (в данном варианте, рассчитанном на исследование процессов, подобных распаду $\mu^+ \rightarrow e^+ e^- e^-$, осуществляется поиск треков электронов) устройство разрешает или запрещает считывание события и его дальнейшую обработку.

В данной главе кратко описаны отдельные узлы процессора, организация контрольного тестирования от ЭВМ. Конструктивно РАСТР представляет собой самостоятельный узел, выполнен преимущественно на доступных ИС ТТЛ I55 серии (~ 250 корпусов).

Оценка коэффициента отбора подавления фоновых событий, проведенная на реальных треках, полученных в ходе отладочных экспозиций спектрометра АРЕС на синхроциклотроне ЛЯП ОИЯИ, имеет значение ~ 9, а эффективность распознавания полезных событий составила 0,96. При этом время обработки одного события не более 30 мкс. Включение специализированного процессора РАСТР в систему съема информации спектрометра АРЕС позволяет понизить скорость поступления событий до значений, приемлемых для работы третьей ступени фильтрации событий - быстрого алгоритма фильтрации на ЭВМ.

Тема четвертой главы диссертации связана с разработкой и созданием многокристального низкофонового спектрометра гамма-совпадений с большим рабочим объемом АРГЭС-32 (автоматизированная регистрирующая

гамма-установка совпадений /II/), также предназначенного для регистрации редких, малоинтенсивных ядерно-физических процессов, преимущественно гамма-излучений высокой кратности. Качество такой установки, например, минимально измеряемая активность, резко зависит от свойств применяемых датчиков, особенно от их амплитудного, временного разрешений и эффективности. Скорость счета случайных совпадений, например, ограничивающая чувствительность установки, обладает, как известно, степенной зависимостью от разрешающего времени τ :

$$n_{\Sigma}^m = C_N^m n_1^m \tau^{m-1} m, \quad (5)$$

где m - кратность совпадений, n_1 - скорость счета отдельного датчика, N - число датчиков. Для амплитудного разрешения $\Delta E/E$ имеет место подобная зависимость. А качество установки в целом определяется сочетанием этих факторов. Ясно, что даже небольшие изменения качества каждого датчика приносят существенный коллективный эффект.

В то же время характеристики 32 применяемых в детектирующей части установки (рис.8) серийных сцинтилляционных датчиков БДЭГ2-39 на основе больших ($\varnothing 150 \times 100$ мм) кристаллов NaJ(Tl) и ФЭУ-49Б при использовании в паспортном режиме далеки от идеальных. Их амплитудное разрешение $\Delta E/E$ нередко превышает 10-12% (по ^{137}Cs), а длительность переднего фронта анодного импульса τ_{Φ} , прямо связанная с временным

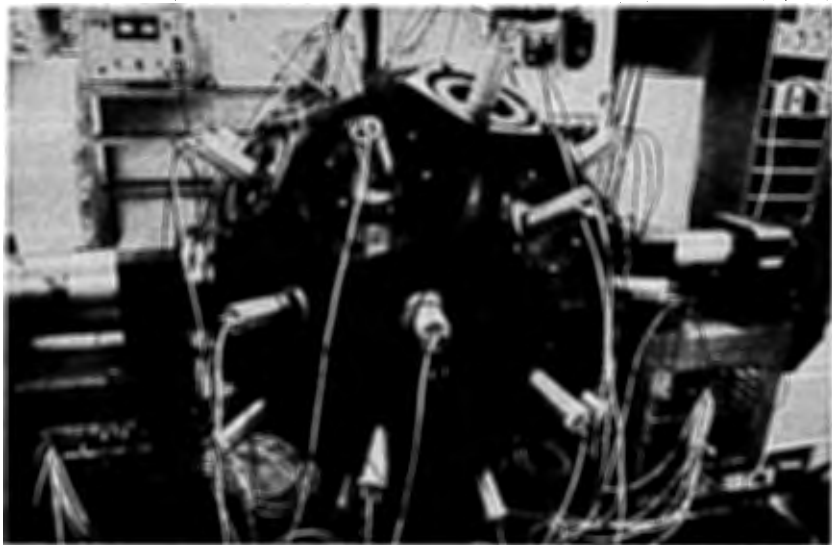


Рис.8 Детектирующая часть спектрометра АРГУС.

разрешением, составляет 100-120 нс. При этом многочисленные известные рекомендации по их применению весьма противоречивы.

В § I настоящей главы анализируются причины, влияющие на качество такого датчика, и показано, что его временные и амплитудные характеристики заметно ухудшаются за счет ФЭУ и сильно связаны с процессами фокусировки и сбора фотоэлектронов во входной камере.

В § 2 приведены результаты экспериментальных исследований детектора, состоявших в измерениях зависимости амплитудного и временного разрешений при различных, широко варьируемых распределениях потенциалов на первых электродах ФЭУ и четырех возможных способах включения детектора. При этом были обнаружены явные закономерности для величин $\Delta E/E$ и τ_{Φ} , достигающих минимальных значений при не встречавшихся ранее комбинациях потенциалов.

На основании этих данных, подтвержденных при исследованиях ряда экземпляров из многих партий, разработаны простые рекомендации для использования детекторов БДЭГ2-39, улучшающие, по сравнению с паспортными, $\Delta E/E$ на 5+20% и τ_{Φ} в 2+3,5 раза ^{/12/}.

Суть этих рекомендаций касается в первую очередь делителя для ФЭУ и сводится, в основном, к следующему: фокусирующий электрод и первый диод следует "закорачивать" между собой, сопротивление между модулятором и первым диодом должно составлять $5+6 R_0$, сопротивление между фотокатодом и модулятором должно составлять $0,2+1,5 R_0$, и его подбор важен для достижения минимального $\Delta E/E$.

Использование детекторов БДЭГ2-39 с улучшенными параметрами позволило на 1+2 порядка и более (в зависимости от множественности регистрируемых гамма-излучений) поднять чувствительность многокристального спектрометра АРГУС-32 и может быть полезно при любых спектрметрических применениях этого серийного детектора.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Предложена методика измерения натяжения нитей проволочных камер при условиях отсутствия любого доступа к ним, кроме электрического контакта с выводами нитей, и создано автоматизированное устройство для этих целей - резонансный тензометр, пригодный для камер различных конструкций.

2. Предложен новый электронный метод измерения натяжения нитей с помощью электростатического удара и создано устройство автоматического тензометра ударного действия, обладающего расширенной областью применения.

3. Предложен способ измерения натяжения нитей пластиковых стримерных трубок и методика таких измерений при их поточном изготовлении.

4. Разработана логика распознавания событий по форме трека в магнитном цилиндрическом спектрометре заряженных частиц и создан специализированный процессор РАСТР для быстрой фильтрации потока событий при исследовании редких процессов на пучке частиц с помощью установки АРЕС.

5. Исследованы амплитудные и временные характеристики серийного сцинтилляционного детектора на основе кристалла NaJ(Tl) большого размера БДЭГ2-39, обнаружены возможности их улучшения и существенно повышено качество 32-кристального низкофонового спектрометра гамма-совпадений АРГУС.

Работы, опубликованные по теме диссертации:

- I. А.с. № 690342 (СССР). Устройство для измерения натяжения нитей многонитяных искровых и пропорциональных камер/Зязюля Ф.Е. - Оpubл. в Бюлл. ОИПОТЗ, 1979, № 37, с.140.
2. Зязюля Ф.Е., Коренченко С.М., Некрасов К.Г. Измеритель натяжений нитей многопроволочных камер. - Дубна, 1979. - 12 с. (Препринт/Объед. ин-т ядерн. исслед.: I3-I2244); ПТЭ, 1980, № 5, с.45-49.
3. А.с. № 1076781 (СССР). Устройство для измерения натяжения нити/Зязюля Ф.Е., Коренченко С.М., Смирнов В.С. - Оpubл. в Бюлл. ОИ, 1984, № 4, с.137.
4. Зязюля Ф.Е., Коренченко С.М., Смирнов В.С. Тензомер ударного действия для многопроволочных камер. - Дубна, 1984. - 12 с. (Препринт/Объед. ин-т ядерн. исслед.: P13-84-249).
5. Зязюля Ф.Е., Коренченко С.М., Смирнов В.С. Устройства для измерения натяжения нитей многопроволочных камер. - В кн.: XI Междунар. симп. по ядерн. электронике. Братислава, 6-12 сент. 1983 г., ОИЯИ, ДПЗ-84-53, Дубна, 1984, с.100-103.
6. Алексеев Г.Д., Зязюля Ф.Е., Круглов В.В., Кулинич П.А., Мицельмахер Г.В., Ольшевский А.Г. Методика контрольных испытаний стримерных трубок адронного калориметра установки DELPHI (LEP). - Дубна, 1984. - 10 с. (Препринт/Объед. ин-т ядерн. исслед.: ДПЗ-84-259); SERN, DELPHI 84-44 CAL-3, 1984, 14 p.
7. Зязюля Ф.Е., Коренченко С.М., Мицельмахер Г.В. Распознающий треки процессор реального времени для многопроволочного детектора. - В кн.: Тезисы докл. II Всесоюзн. семинара по автоматизации научн. исслед. в ядерн. физике и смежн. областях. Изд. СО АН СССР, Новосибирск, 1982, с.67-68.
8. Баранов В.А., Евтухович П.Г., Зязюля Ф.Е., Иленбург Р., Комаров В.И., Коренченко А.С., Коренченко С.М., Косарев Г.Е., Костин Б.Ф., Кравчук Н.П., Кучинский Н.А., Мжавия Д.А., Мицельмахер Г.В., Моисеен-

ко А.С., Некрасов К.Г., Смирнов В.С., Филиппов А.И., Фурсов А.П., Русакович Н.Л., Хомутов Н.В. Детектор заряженных частиц спектрометра АРЕС. - Дубна, 1981. - 12 с. (Сообщение/Объед. ин-т ядерн. исслед.: I3-81-381).

9. Баранов В.А., Евтухович П.Г., Зязюля Ф.Е., Иленбург Р., Коренченко С.М., Мицельмахер Г.В., Сергеева Н.В. Логика построения и моделирование специализированного процессора РАСТР для С-детектора спектрометра АРЕС. - Дубна, 1982. - 6 с. (Сообщение/Объед. ин-т ядерн. исслед.: I3-82-769).
10. Евтухович П.Г., Зязюля Ф.Е., Коренченко С.М., Мицельмахер Г.В. Устройство специализированного процессора РАСТР. - Дубна, 1982, 10 с. (Сообщение/Объед. ин-т ядерн. исслед.: I3-82-768).
11. Андрухович С.К., Берестов А.В., Зязюля Ф.Е., Марцынкевич Б.А., Рудак Э.А., Хильманович А.М. Многокристальный низкофоновый 4 π спектрометр гамма-совпадений с большим рабочим объемом. - В кн.: Тезисы докл. XXXV совещ. по ядерн. спектроскопии и структуре атомного ядра. - Л.: "Наука", 1985, с.467.
12. Берестов А.В., Зязюля Ф.Е. О возможности улучшения амплитудно-временных характеристик сцинтиллок БДЭГ2-39. ПТЭ, 1983, № 5, с.47-49.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 ноября 1985 года.