

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



С 344.3м
А-329

24/II-75

P13 - 8367

678/2-75

Г.Т.Адылов, Ф.К.Алиев, А.С.Водопьянов, Э.Далли,
Д.Дрики, И.Иоан, Б.А.Кулаков, А.Либерман,
Т.С.Нигманов, В.А.Сутулин, Дж.Томпкинс,
М.Турала, Э.Н.Цыганов, П.Шепард

СИСТЕМА ЗАПУСКА СПЕКТРОМЕТРА
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО π -е РАССЕЯНИЮ
ПРИ ЭНЕРГИИ 50 ГЭВ

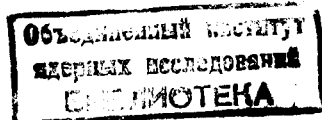
1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Г.Т.Адылов, Ф.К.Алиев, А.С.Водопьянов, Э.Далли*;
Д.Дрики*, И.Иоан, Б.А.Кулаков, А.Либерман,*
Т.С.Нигманов, В.А.Сутулин, Дж.Томпкинс*;
М.Турала, Э.Н.Цыганов, П.Шепард*

СИСТЕМА ЗАПУСКА СПЕКТРОМЕТРА
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО π -е РАССЕЯНИЮ
ПРИ ЭНЕРГИИ 50 ГЭВ

* Калифорнийский университет, Лос-Анжелес.



S U M M A R Y

The speed of data taking and data quality in the π^- - e scattering experiment at 50 GeV to a great extent depend on the operation quality of the triggering system of the spectrometer. It consists of scintillation counters, two lead glass Cherenkov spectrometers and a corresponding system of fast electronic logic. In this paper we describe main elements of the triggering system. Their parameters are given which permit a high detection efficiency of scattering events to be obtained at a sufficiently large coefficient of suppression of background events.

Введение

Для проведения эксперимента по измерению электромагнитного радиуса π^- -мезона ^{/1/} в опыте по π^- - e рассеянию при энергии 50 ГэВ был создан магнитный искровой спектрометр, работавший на линии с ЭВМ типа HP2116B ^{/2/}. Скорость получения и качество данных в эксперименте в большой степени зависели от качества работы системы запуска спектрометра.

Система запуска искровых камер, формирующая управляющий импульс для подачи высокого напряжения на электроды камер, должна удовлетворять двум основным физическим требованиям:

а/ эффективность запускающей системы к полезным событиям должна быть близкой к 100%;

б/ запускающая система должна обеспечивать возможно более полное подавление ложных запусков, обусловленных как неупругими взаимодействиями первичных π^- -мезонов с ядрами мишени, так и случайными совпадениями, возникающими из-за фоновой загрузки счетчиков.

Схема расположения экспериментального оборудования на канале № 12 ускорителя ИФВЭ/Серпухов/ показана на рис. 1.

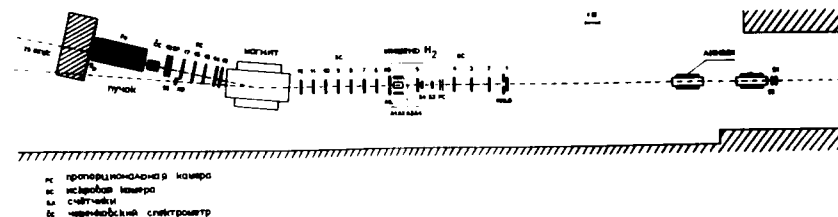


Рис. 1. Схема расположения экспериментальной аппаратуры на канале № 12 ускорителя ИФВЭ.

Система запуска в этом эксперименте включала сцинтилляционные счетчики, два черенковских спектрометра полного поглощения из свинцового стекла и соответствующую систему быстрой электронной логики.

В данном сообщении содержится описание основных элементов системы запуска установки, приводятся их параметры, позволившие получить высокую эффективность регистрации событий π - e рассеяния при достаточно большом коэффициенте подавления фоновых событий, описываются методы оперативного контроля за работоспособностью аппаратуры. Работа черенковских спектрометров была описана ранее ^{/3/}.

1. Конструкция сцинтилляционных счетчиков

Размеры всех сцинтилляционных счетчиков установки, приведенные в таблице, а также их позиции были выбраны на основе кинематического рассмотрения исследуемой реакции и моделирования эксперимента с использованием известных характеристик пучка ^{/4/}.

Пучок π -мезонов, падающий на жидководородную мишень, регистрировался с помощью 4-х мониторных счетчиков $S_1 - S_4$, имеющих сцинтилляторы сравнительно небольшого размера. Счетчик A_{HALO} с отверстием для пучка диаметром 80 мм находился в начале первого блока камер. Он работал в схеме антисовпадений с остальными счетчиками монитора и применялся с целью ограничения крыльев пучка. Для подавления ложных запусков установки использовались два счетчика антисовпадений. Сцинтилляционный счетчик A_5 с латунным конвертором толщиной в две радиационные единицы и с отверстием диаметром 100 мм подавлял запуски от неупругих взаимодействий, происходивших в мишени. Для улучшения эффективности светосбора счетчик просматривался двумя фотоумножителями с противоположных сторон сцинтиллятора. Кроме высокой эффективности регистрации частиц, счетчик A_5 должен был обладать малыми шумами для того, чтобы случайные антисовпадения были минимальными.

Таблица

Счетчик	Размеры, мм	Толщина, мм
S1 -S2	150 x 150	5
S3 -S4	∅ 60	5
SE	180 x 240	10
SP	415 x 240	10
A HALO	400 x 400 (с отверстием ∅ 80)	10
AB	200 x 180	10
AI -A4	520 x 270	10
A5	400 x 400 (с отверстием ∅ 100)	10
A μ	500 x 250	5

импульсов не превышало 10^4 в секунду при чувствительности входных формирователей 100 мВ.

Питание всех фотоумножителей осуществлялось от выпрямителей ВС-28 /максимальный ток 25 мА/. Один выпрямитель обслуживал до семи фотоумножителей. Изменение напряжений на фотоумножителях, подключенных к одному выпрямителю, производилось с помощью размножителей высокого напряжения, которые были собраны на стабилитронах и позволяли изменять напряжение на ФЭУ в интервале 500 В с шагом 50 В. Напряжения на сцинтилляционных счетчиках измерялись с помощью сканирующего устройства /5/ и регистрировались цифровым вольтметром. Данные с цифрового вольтметра передавались в ЭВМ. Можно было также измерять напряжения на отдельных счетчиках установки с помощью ручного переключателя.

Предварительные измерения на пучке показали, что величина емкостей, шунтирующих три последних диода фотоумножителя, оказалась недостаточной для стабилизации коэффициента усиления ФЭУ в условиях большой загрузки. Включение подпитки на последние три диода всех счетчиков установки резко улучшило их загрузочные характеристики. Каждый междинодный промежуток запитывался от отдельного источника, напряжение на нем выбиралось равным напряжению, измеренному при малых загрузках без подпитки. Распределение потенциала на последних диодах ФЭУ при этом не являлось оптимальным для каждого отдельного счетчика, поскольку напряжения питания счетчиков были различными, а подпитка всех счетчиков производилась от одних и тех же выпрямителей. Однако анализ результатов предварительных измерений показал, что в этих условиях сохраняется независимость амплитуды сигнала от загрузки и включение подпитки обеспечивает надежную работу счетчиков при больших загрузках.

В кожухи ФЭУ, кроме магнитных экранов и делителей высокого напряжения, была вмонтирована система сигнализации о включении фотоумножителя. Кожухи антисовпадательных счетчиков окружения мишени были изготовлены во взрывобезопасном варианте, был предус-

мотрен продув герметичных кожухов азотом при избыточном давлении.

3. Быстрая электроника

Обработка сигналов сцинтилляционных и черенковских счетчиков, запуск установки, а также вывод информации о срабатывании счетчиков осуществлялись в соответствии с блок-схемами, показанными на рис. 3 и 4. Логическая обработка информации со счетчиков производилась системой быстрой электроники, в состав которой входили формирователи, размножители, сумматоры, схемы двойных совпадений и схемы пятикратных совпадений с каналом антисовпадений. Эти модули были согласованы по уровням сигналов в соответствии со стандартом NIM и работали в режиме по постоянному току.

Сигналы со сцинтилляционных счетчиков формировались по уровню и длительности с помощью формирователей фирмы "EGG" типа T120/N. Чувствительность формирователей была установлена на уровне 100 мВ.

В эксперименте для большей надежности использовались два аналогичных набора блоков быстрой электроники. Один комплект состоял из коммерчески доступных модулей фирм "EGG", "LECROY", "CHRONETIC", другой - из блоков стандартной /на 100 МГц/ наносекундной логики, разработанной и изготовленной в ЛВЭ ОИЯИ/6/. Запуск установки в основном осуществлялся от первого комплекта электронной логики, в одном из сеансов в запуске использовались оба комплекта, объединенные по схеме "ИЛИ". Отсчеты с наиболее важных узлов обоих каналов быстрой логики отличались не более чем на 0,5%, что гарантировало эксперимент от существенных ошибок, связанных с электроникой запуска.

Поток частиц в канале определялся счетчиками S1 и S2, включенными на совпадение в схеме $C_0 = S1 \cdot S2$. Для выделения пучка π -мезонов, падающих на жидководородную мишень, использовались счетчики S3 и S4, включенные в схему "BEAM" на совпадения с сигналом C_0 . Длительности сигналов S1, S2, S3 и S4 составляли

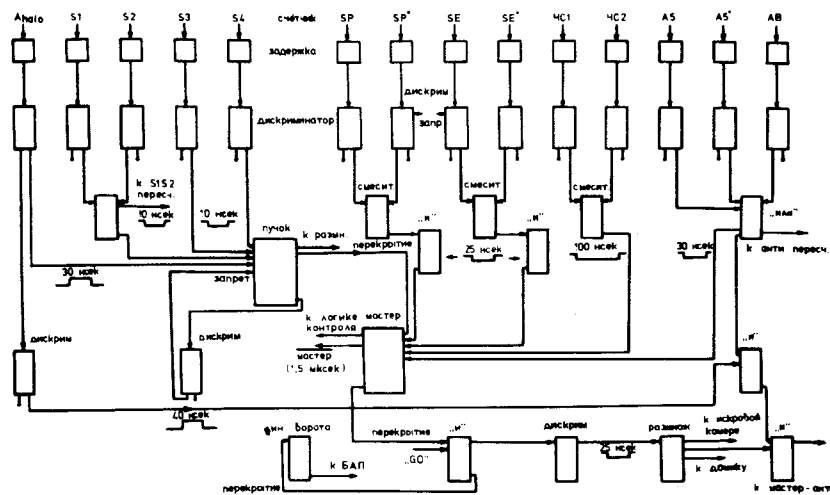


Рис. 3. Блок-схема электронной логики системы запуска.

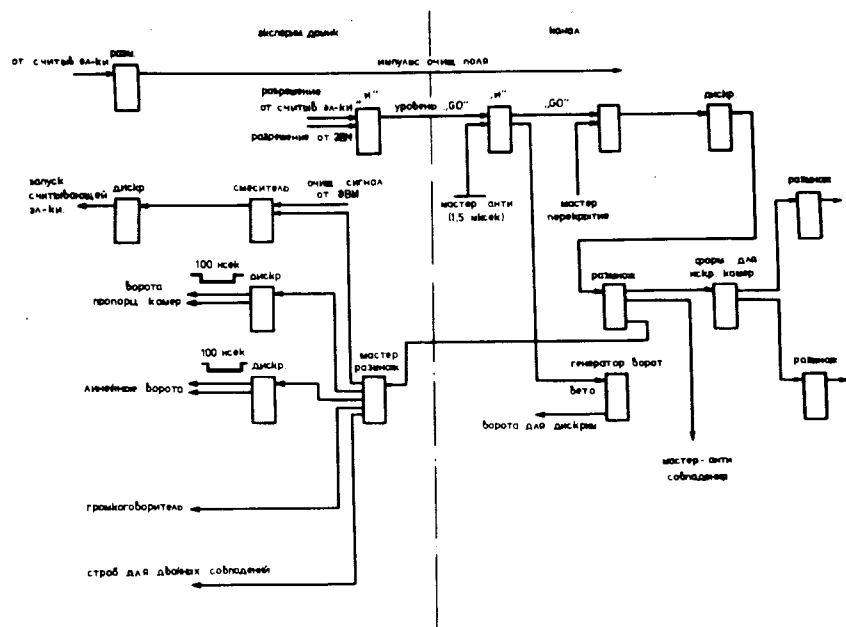


Рис. 4. Блок-схема управляющей логики установки.

10 нсек. Для обрезания крыльев пучка в канал антисовпадений схемы "BEAM" был включен счетчик A_{HALO} , расположенный на расстоянии около 6,5 м перед мишенью. Ширина импульса с этого счетчика составляла 30 нсек. Таким образом, первичный пучок мониторился схемой

$$BEAM = S1 \cdot S2 \cdot S3 \cdot S4 \cdot \bar{A}_{HALO}$$

Выходной сигнал перекрытия импульсов длительностью около 8 нсек, соответствующий времени совпадений сигналов $S1, S2, S3, S4$:

1. Поступал на соответствующие пересчетные схемы регистрирующей электроники для передачи в ЭВМ информации об интенсивности первичного потока p -мезонов.

2. Поступал на вход схемы "MASTER", выходной сигнал с которой свидетельствовал о необходимости запуска установки для последующего анализа данного события.

3. Формировал сигнал фиксированной длительности τ , который запирает схему "BEAM" сразу после получения выходного сигнала для предохранения от просчетов пересчетных схем и уменьшения количества запусков, сопровождающихся прохождением фоновых пучковых частиц /для большей части сеанса использовалось $\tau = 100$ нсек/.

Для срабатывания схемы "MASTER" было необходимо наличие сигналов со счетчиков SE и SP, расположенных в конце установки. Для частицы, проходящей вдоль оси канала, счетчик SE перекрывал импульсный диапазон от 40 ГэВ/с до 25 ГэВ/с, счетчик SP - от 25 ГэВ/с до 10 ГэВ/с. Так как углы вылета вторичных частиц в процессе упругого π -e рассеяния в изучаемой области передач импульса весьма малы, требование одновременного срабатывания счетчиков SE и SP позволяло регистрировать рабочие события с высокой геометрической эффективностью и получить в то же время достаточно большой коэффициент отбора. Сигналы с обоих фотоумножителей каждого из этих счетчиков поступали в систему запуска по схеме "ИЛИ". Кроме того, что это позволяло поднять эффективность счетчиков, такое включение

давало возможность непрерывного контроля работы фотоумножителей. Длительности сигналов со счетчиков SE и SP были выбраны равными 25 нсек.

На схему MASTER поступал запрет от счетчиков A5 и AB. Как уже указывалось, счетчик A5 с отверстием, расположенный непосредственно после мишени и подавляющий неупругие взаимодействия, просматривался двумя фотоумножителями, сигналы с которых суммировались по схеме "ИЛИ". Счетчик AB, расположенный в конце установки на пучке первичных частиц, подавлял запуски от взаимодействия с веществом установки. Длительности сигналов включенных на антисовпадения счетчиков были выбраны равными 30 нсек.

Кроме того, для срабатывания схемы "MASTER" требовался сигнал с черенковских счетчиков полного поглощения /на рис. 3 обозначены как ЧС1 и ЧС2/, свидетельствующий о наличии импульса большой амплитуды, то есть вероятного электрона, хотя бы в одном из этих счетчиков.

Использование высокоинтенсивного пучка в эксперименте приводило к возможности подавления полезных запусков случайными отсчетами счетчиков антисовпадений A5 и AB. Для непрерывного мониторинга этого эффекта в каждом запуске регистрировались задержанные совпадения логической суммы сигналов с этих счетчиков с импульсом запуска установки. При этом, в соответствии со схемой запуска, из отсчетов A5 и AB логически вычитались отсчеты счетчика AHALO.

Как уже отмечалось, для контроля за работой аппаратуры срабатывания всех фотоумножителей в момент запуска установки регистрировались и передавались в ЭВМ. Для этого использовалась 40-канальная схема пропускания-запоминания ^{6/}, управляемая по одному входу сигналом мастерной схемы совпадений.

Сигнал мастерной схемы совпадений использовался для запуска искровых камер, для управления электронной пропорциональных камер и электроникой спектрометрического канала черенковских счетчиков полного поглощения. Этот сигнал открывал также 40-канальную схему пропускания-запоминания, запускал системы счи-

тывания и передачи информации, использовался для звукового контроля. Кроме этого, он применялся для быстрого блокирования выходов всех формирователей-дискриминаторов на время 1,5 мксек /дальнейшее блокирование на время передачи данных в ЭВМ производила система считывания информации/. В свою очередь, выработка этих управляющих сигналов была возможна лишь в случае наличия разрешения от ЭВМ и системы считывания информации.

Контроль за работой системы запуска осуществлялся с помощью "он-лайн"-программ ^{7,8/} на ЭВМ HP2116B. Система запуска спектрометра для этого эксперимента была предложена в работе ^{4/} на основании моделирования исследуемой реакции и теоретической оценки фоновых условий. Однако в реальных условиях предложенная система не обеспечила необходимого коэффициента подавления. В процессе наладки аппаратуры система запуска была дополнена счетчиком AB, позволившим увеличить коэффициент подавления приблизительно в 6 раз. Тщательный подбор порогов на счетчиках ЧС1 и ЧС2 дал возможность еще примерно в 5 раз уменьшить скорость запусков. Неоптимальным вначале оказалось взаимное расположение черенковских счетчиков и счетчиков SE-SP. Контроль за топологией событий с помощью дисплея показал, что запуски часто происходят от частиц, попадающих в счетчик ЧС1 и дающих вторичную частицу, вылетающую назад. После разнесения счетчиков ЧС1, ЧС2 и SE-SP на расстояние до двух метров количество ложных запусков упало примерно в два раза.

После настройки системы скорость запусков составила около $0,8 \times 10^{-4}$, что при интенсивности пучка π -мезонов до 4×10^5 давало примерно 30 срабатываний установки в течение растяжки $\approx 1,2$ сек/. Максимальное количество запусков, которое можно было регистрировать за один цикл ускорителя, определялось возможностями ЭВМ и составляло 120.

Для уменьшения задержки запуска искровых камер вся быстрая электроника была расположена в непосредственной близости от экспериментальной аппаратуры.

Максимальная задержка между прохождением рабочей частицы и подачей высоковольтного импульса на камеры составляла около 400 нсек, из них около 100 нсек уходило на предварительный амплитудный анализ сигналов с черенковских счетчиков.

Заключение

Описанная в настоящей работе аппаратура проработала на пучке ускорителя в эксперименте по π - e рассеянию около 1000 часов, из них примерно 500 часов было затрачено на набор статистики. Всего в процессе эксперимента было зарегистрировано $2,5 \times 10^6$ событий. При дальнейшем анализе около 98% полученных экспериментальных данных было пригодно для обработки, что свидетельствует о высокой надежности аппаратуры и хорошем качестве оперативного контроля.

В заключение авторы пользуются случаем поблагодарить сотрудников ОННР ЛВЭ, принимавших участие в настройке и отладке блоков быстрой электронной логики. Авторы благодарны коллективу ускорителя ИФВЭ за обеспечение хороших условий при выполнении эксперимента.

Литература

1. G.T.Adylov et al. *The Pion Radius*, JINR, E1-8047, Dubna, 1974.
2. G.T.Adylov et al. *Experimental Setup in a π - e Scattering Experiment at 50 GeV/c*, JINR, E13-6749, Dubna, 1972.
3. G.T.Adylov et al. *A Cerenkov Total Absorption Shower Counter*. JINR, E1-6976, Dubna, 1973.
4. D.Yu.Bardin et al. *Investigation of the Electromagnetic Structure of π -Meson Using the IHEP (Institute of High Energy Physics) Accelerator*, JINR, E1-4786, Dubna, 1969.
5. Z.Gusik et al. *Readout Electronics for the π - e Experiment at 50 GeV/c*, JINR, E1-5818, Dubna, 1971.
6. В.А.Арефьев и др. *ОИЯИ*, 13-5447, Дубна, 1970.

7. G.T.Adylov et al. *Real Time On-Line Programs for the π - e Scattering Experiment Using an HP2116B Computer. 1.* JINR, E1-6907, Dubna, 1973.
8. G.T.Adylov et al. *Real Time On-Line Programs for the π - e Scattering Experiment Using an HP2116B Computer. 2.* JINR, E1-6908, Dubna, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 ноября 1974 года.