

У 845 + У 8408

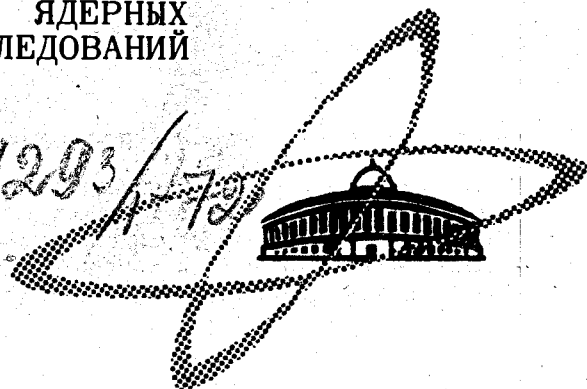
СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

К-926

Дубна

13 - 6275

1293/79



А.В.Купцов, С.В.Медведь, Г.Г.Мкртчян,
Е.Б.Озеров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин,
А.Г.Федунов, Д.М.Хазинс, Н.А.Чистов

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОМЕРНОГО
АМПЛИТУДНОГО АНАЛИЗА СОВМЕСТНО
С ЭВМ МИНСК-22 ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ОБРАТНОГО ЭЛЕКТРОРОЖДЕНИЯ ПИОНОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1972

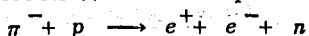
13 - 6275

А.В.Купцов, С.В.Медведь, Г.Г.Мкртчян,
Е.Б.Озеров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин,
А.Г.Федунов, Д.М.Хазинс, Н.А.Чистов

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОМЕРНОГО
АМПЛИТУДНОГО АНАЛИЗА СОВМЕСТНО
С ЭВМ МИНСК-22 ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ОБРАТНОГО ЭЛЕКТРОРОЖДЕНИЯ ПИОНОВ

БИБЛИОТЕКА
Физико-математического
института
Академии наук
БССР

Исследование обратного электророждения пионов /1/



требует измерения нескольких амплитуд импульсов и временных интервалов между ними при регистрации каждого события. Первоначально регистрация амплитудно-временной информации производилась с помощью пятилучевого осциллографа. В усовершенствованном варианте установки /2/ для этой цели применяется система многомерного анализа /3/, работающая совместно с ЭВМ Минск-22. В настоящей работе описывается электронная аппаратура, используемая для проведения шестимерного анализа, калибровка спектрометрических трактов и контрольная обработка информации во время эксперимента.

Электронная аппаратура

Экспериментальная установка /2/ для изучения указанной реакции изображена на рис. 1. Она состоит из 6-ти сцинтилляционных счетчиков ($C_1 + C_6$), двух черенковских счетчиков (\check{C}_1, \check{C}_2), двух черенковских спектрометров полного поглощения (\check{C}_3, \check{C}_4) и двух оптических искровых камер (ИК₁, ИК₂). Из электронной регистрирующей аппаратуры на рис. 1 представлена только система спектрометрических трактов. На эту систему поступают управляющие импульсы, вырабатываемые логической системой при совпадении импульсов от детекторов $C_1, C_2, C_5, C_6, \check{C}_1, \check{C}_2, \check{C}_3, \check{C}_4$ и отсутствии импульсов от детекторов \bar{C}_3 и \bar{C}_4 .

Управляющие импульсы, пройдя через нормально открытую схему пропускания АС, поступают на разветвитель Р. Импульсы с выхода разветвителя открывают на 60 ± 80 нсек линейные схемы пропускания СП₁ ± СП₅, стоящие в спектрометрических трактах.

В спектрометрических трактах измеряются амплитуды импульсов E_1 и E_2 от спектрометров полного поглощения \check{C}_3 и \check{C}_4 , амплитуды импульсов A_1 и A_2 от боковых сцинтилляционных счетчиков C_5 и C_6 и времени T_1 и T_2 поступления этих импульсов по отношению к импульсам мониторингового сцинтилляционного счетчика C_2 .

Импульсы от перечисленных детекторов поступают на линейные схемы пропускания СП₁ ± СП₅, пьедесталы которых были увеличены так, чтобы при отсутствии входных сигналов они регистрировались в одном из первых каналов анализатора.

Импульсы со спектрометрических выходов схем пропускания СП₁, СП₂, СП₄, СП₅ поступают на амплитудные преобразователи БАП-5, а импульсы с быстрых выходов схем пропускания СП₂, СП₃ и СП₄ - на время-амплитудные конверторы В-А₁ и В-А₂. С выхода конверторов импульсы также поступают на амплитудные преобразователи БАП-5.

Всего использовалось 6 амплитудных преобразователей, которые включались в систему многомерного анализа /3/. Запуск системы осуществлялся управляющим импульсом. Запись информации с преобразователей в системе производилась на три арифметических регистра, два из которых имеют по 18, а третий - 12 двоичных разрядов. В эксперименте каждый регистр разбивался на две равные части, а именно, для измерения энерговыделения в спектрометрах E_1 и E_2 и времени поступления импульсов от боковых счетчиков T_1 и T_2 отводилось по 9 двоичных разрядов (512 каналов), а для измерения амплитуд импульсов боковых счетчиков A_1 и A_2 - по 6 двоичных разрядов (64 канала).

На систему многомерного анализа также подавался номер события, который определялся счетчиком управляющих импульсов /4/. Этот же номер в виде десятичных цифр фотографировался на фотопленку вместе с треками искровых камер, что давало возможность осуществлять идентификацию всей информации, относящейся к одному событию.

Каждое событие вместе с номером занимает в накопительном устройстве анализатора четыре 18-разрядных числа. После заполнения накопительного устройства (1024 события) информация автоматически передавалась в буферное накопительное устройство центра накопления и обработки информации, и набор данных продолжался /5/.

Массив информации из буферного накопительного устройства по системе прямой связи передавался на расстояние 1 км на ЭВМ Минск-22/5/, где он записывался на магнитную ленту и затем обрабатывался. Результаты обработки автоматически передавались по системе обратной связи в буферное накопительное устройство. Полученный массив может быть отпечатан, выведен на графопостроитель или экран осциллографа.

Все команды, необходимые для обмена информацией, организуются программным путем на ЭВМ. Это позволяет легко перестраивать процесс обмена. Как при прямой, так и при обратной связи световые и звуковые сигналы на пульте управления, расположенном рядом с буферным накопительным устройством, позволяют следить за процессами передачи информации. При прямой связи цикл передачи, контроля и записи массива из 4096 чисел занимают около 9 сек, а при обратной - около 6 сек.

Калибровка спектрометрических трактов

Калибровка амплитудных спектрометрических трактов E_1 , E_2 , A_1 и A_2 и подбор коэффициентов усиления амплитудных преобразователей производились с помощью генератора наносекундных импульсов постоянной амплитуды Г, ослабителя ОЛ и счетчика на 80 импульсов (рис. 1). Ослабитель ОЛ с помощью переключателя на 11 положений позволяет получать коэффициент передачи импульса от 0 до 1 с шагом 0,1. Счетчик блокирует схему пропускания АС после отсчета 80 импульсов. При калибровке переключаются переключатели $P_1 + P_7$, и в режиме многомерного анализа производится последовательный набор по 80 "событий" для всех 11 положений переключателя в ослабителе ОЛ.

Для калибровки временных спектрометрических трактов T_1 и T_2 вместо изменения коэффициента передачи ослабителя ОЛ проводилось переключение задержки в цепи импульса "старт" в диапазоне ± 20 нсек с шагом 4 нсек.

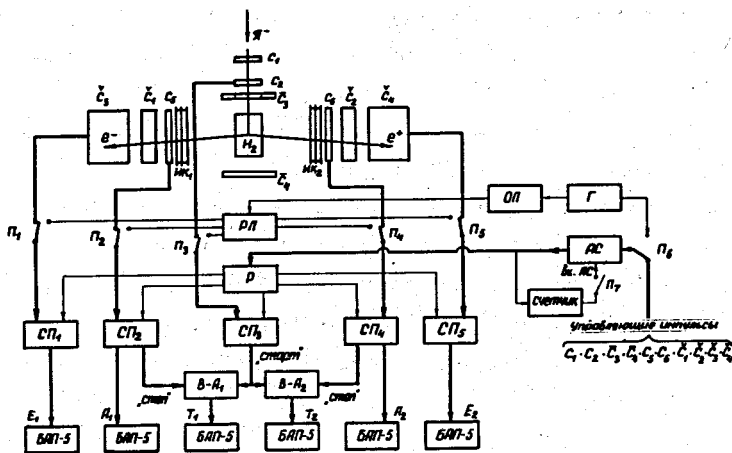


Рис. 1. Схема съема амплитудно-временной информации в эксперименте по исследованию обратного электророждения пионов. $C_1 + C_6$ - сцинтиляционные счетчики; C_1, C_2 - пороговые черенковские счетчики; C_3, C_4 - черенковские спектрометры полного поглощения; $ИК_1, ИК_2$ - искровые камеры; $СП_1 + СП_5$ - линейные схемы пропускания; $ВА_1, ВА_2$ - время-амплитудные преобразователи; $БАП-5$ - преобразователь амплитуда-серия; $АС$ - схема пропускания; $Р$ - разветвитель; $Г$ - генератор наносекундных импульсов; $ОЛ$ - ослабитель; $РЛ$ - линейный разветвитель.

После передачи информации в ЭВМ производилась ее обработка по программе "Калибровка", блок-схема которой показана на рис. 2. Программа последовательно производит расшифровку информации, относящейся к каждому событию, и строит распределения для всех шести параметров P_i ($E_1, E_2, T_1, T_2, A_1, A_2$), соответствующих определенному значению переключателя.

При каждом положении переключателя основная масса событий в распределении сосредотачивается в одном или двух соседних каналах. Поэтому номера каналов, соответствующие максимальному числу событий в гистограмме, принимались за значения параметров. Такая процедура оценки среднего значения более устойчива по отношению к сбоям, чем вычисление центра тяжести распределения.

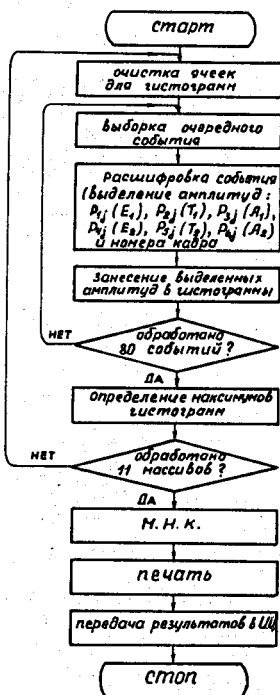


Рис. 2. Блок-схема программы "Калибровка".

Процедура построения гистограмм и определения их максимумов для каждого параметра повторялась 11 раз по числу положений переключателя. После этого методом наименьших квадратов по 11 точкам проводилась кривая второго порядка, которая использовалась для определения коэффициентов преобразования, порогов и линейности спектрометрических трактов.

Результаты обработки печатались на АЦПУ и передавались в буферное накопительное устройство, на экране которого можно было наблюдать графики линейности. Кроме того основные результаты из накопительного устройства выводились на цифropечать.

3. Контрольная обработка информации

Во время эксперимента каждый передаваемый в ЭВМ массив обрабатывался по программе "Контрольная обработка". Работу программы условно можно разделить на три этапа (рис. 3). На первом этапе происходит расшифровка информации, относящейся к каждому событию, и накопление сумм первого и второго моментов распределения параметров P_{ij} :

$$M_i = \sum_j P_{ij} ; \quad S_i = \sum_j P_{ij}^2 \quad (1)$$

(здесь i - номер параметра, а j - номер события).

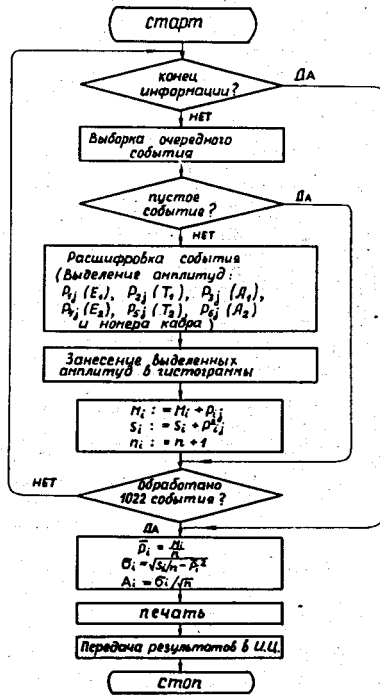


Рис. 3. Блок-схема программы "Контрольная обработка".

Эта процедура продолжается до конца переданного массива, либо до участка, соответствующего четырем последовательным событиям, все разряды которого содержат нули, что принимается за конец записанной информации. Программа отбрасывает отдельные события, если все разряды, соответствующие этим событиям, содержат нули. Одновременно с накоплением сумм M_i и S_i происходит засылка единиц в гистограммы, соответствующие распределениям параметров P_i .

На втором этапе вычисляются средние значения, дисперсии и ошибки средних значений параметров P_i по формулам

$$\bar{P}_i = \frac{M_i}{n}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{S_i}{n} - (\bar{P}_i)^2}; \quad \Delta_i = \frac{\sigma_i}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

где n - число событий в данном массиве.

Третий этап состоит из печати результатов обработки и гистограмм и передачи информации в буферное накопительное устройство.

Таким образом, программа позволяет контролировать набор экспериментальных данных по положению средних значений и дисперсий распределений параметров амплитудно-временной информации, а также по внешнему виду распределений, которые изображаются на экране осциллографа в буферном накопительном устройстве.

В тех случаях, когда распределение некоторой величины представляет собой пик, даже при небольшом уровне фона первый и второй моменты всего распределения являются плохими характеристиками распределения событий, составляющих пик, так как эти моменты сильно зависят от распределения фона. Такая ситуация имела место во временных распределениях T_1 и T_2 , каждое из которых состоит из пика коррелированных событий, близкого по форме к нормальному распределению, и фона случайных совпадений, уровень которого составлял $\approx 2\%$ от высоты пика коррелированных событий (рис. 4). В связи с этим для определения параметров временных распределений коррелированных событий использовалась аппроксимация точек спектра, лежащих заведомо выше уровня фона, кривой

Гаусса

$$y = A e^{-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2}}. \quad (3)$$

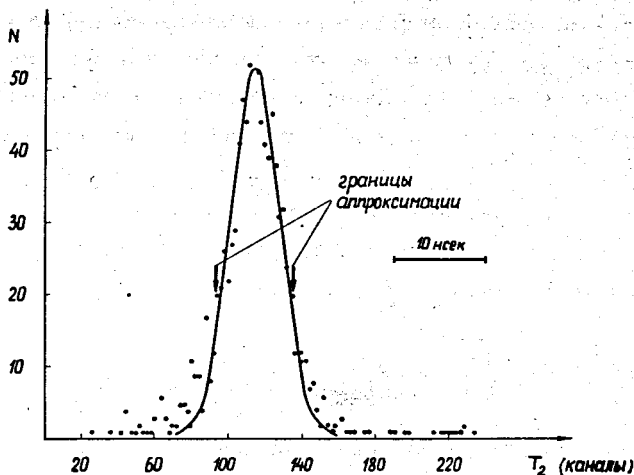


Рис. 4. Кривая распределений временных интервалов T_1 и T_2 .

Аппроксимация производилась по методу наименьших квадратов, причем для линейризации задачи находился минимум функционала

$$U = \sum [\ln y_i - (a + \beta x_i + \gamma x_i^2)]^2 W_i. \quad (4)$$

Легко видеть, что параметры (a , β , γ) функционала (4) связаны с параметрами распределения (3) соотношениями:

$$A = e^{-\frac{\beta^2}{4\gamma}}; \quad \bar{x} = -\frac{\beta}{2\gamma}; \quad \sigma^2 = -\frac{1}{2\gamma}, \quad (5)$$

где W_i - статистический вес величины $\ln y_i$, равный $W_i = y_i$.

Аппроксимация по формуле (3) не учитывает фона. Вследствие этого оценки величин \bar{x} и σ оказываются смещенными. Можно показать, однако, что при небольшом уровне фона вида $y = a + bx$, и если при этом область, в которой производится аппроксимация, лежит в пределах $\pm(0,5 + 2)\sigma$, то смещения оценок \bar{x} и σ приблизительно равны:

$$\Delta\sigma \approx \frac{a}{A}\sigma; \quad \Delta\bar{x} \approx \frac{b}{A}\sigma. \quad (6)$$

Для временных распределений T_1 и T_2 эти смещения составляют:

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} \approx 0,02; \quad \frac{\Delta\bar{x}}{\sigma} \approx 0,002.$$

Границы аппроксимации определялись в два этапа. Сначала методом перебора находилось положение максимума спектра. При его поиске производилось параболическое сглаживание спектра по пяти точкам, т.е. определялся номер канала i_{max} , соответствующий максимальному значению величины

$$\tilde{y}_i = \frac{1}{70} (-6y_{i-2} + 24y_{i-1} + 34y_i + 24y_{i+1} - 6y_{i+2}), \quad (7)$$

где y_i - количество событий в i канале. Затем последовательно сравнивались значения y_i с величиной $0,3 (\tilde{y}_i)_{max}$ влево и вправо от канала i_{max} . За границу аппроксимации принималась первая из трех последовательных точек, для которых $y_i \leq 0,3 (\tilde{y}_i)_{max}$. Коэффициент 0,3 был выбран экспериментально и соответствует области аппроксимации $\approx \pm 1,6 \sigma$. Требование, чтобы указанное неравенство выполнялось для трех последовательных точек, связано с тем, что при небольшой статистике отдельные точки, удовлетворяющие неравенству, могут оказаться и вблизи максимума спектра.

Блок-схема программы аппроксимации временных распределений кривой Гаусса показана на рис. 5.

Литература

1. Ю.К. Акимов, Л.С. Вертоградов, А.В. Демьянов и др. Ядерная физика, 13, 748, 1971.
2. С.Ф. Бережнев, А.В. Демьянов, А.В. Купцов и др. Препринт ОИЯИ, 13-8192, Дубна, 1971.
3. А.Н. Синаев, А.А. Стахин, Н.А. Чистов. Сообщение ОИЯИ, 13-4835, Дубна, 1969.
4. А.Н. Синаев, А.А. Стахин, Сообщение ОИЯИ, 13-4859, Дубна, 1969.
5. С.В. Медведь, В.В. Моисеева, А.Н. Синаев и др. ПТЭ, №4, 109, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 февраля 1972 года.

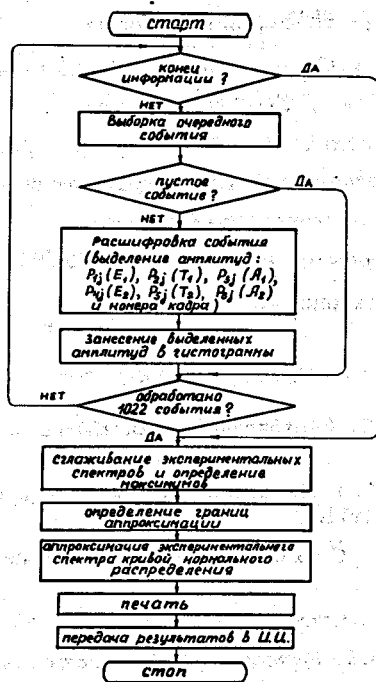


Рис. 5. Блок-схема программы аппроксимации временных распределений кривой Гаусса.