

СЗУЧ.1и  
А-329

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



16/12-74

1 - 8105

3690/2-74

Г.Т.Адылов, А.С.Водопьянов, В.Гаевски,  
Т.С.Нигманов, Э.Н.Цыганов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТЕКТОРОВ  
И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДРУГИХ ПАРАМЕТРОВ,  
НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ КОРРЕКТНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ СПЕКТРОМЕТРА  
В ОПЫТЕ ПО  $\pi$  - e -РАССЕЯНИЮ  
ПРИ ЭНЕРГИИ 50 ГЭВ

**1974**

**ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**

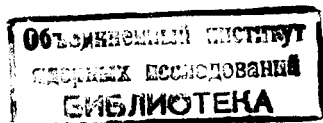
Г.Т.Адылов,<sup>1</sup> А.С.Водопьянов, В.Гаевски,<sup>2</sup>  
Т.С.Нигманов, Э.Н.Цыганов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТЕКТОРОВ  
И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДРУГИХ ПАРАМЕТРОВ,  
НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ КОРРЕКТНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ СПЕКТРОМЕТРА  
В ОПЫТЕ ПО  $\pi$  - e -РАССЕЯНИЮ  
ПРИ ЭНЕРГИИ 50 ГЭВ

---

<sup>1</sup> Ташкентский государственный университет.

<sup>2</sup> Институт ядерных исследований, Варшава.



## 1. ВВЕДЕНИЕ

Ниже обсуждаются некоторые вопросы работы координатных детекторов в реальных условиях опыта по  $\Pi$ -е рассеянию, выполненного в ИФВЭ (г.Серпухов) на пучке  $\Pi$ -мезонов с энергией 50 Гэв<sup>/1-3/</sup>, которые оказались существенными при определении абсолютной эффективности магнитного искрового спектрометра. Так как в эксперименте требовалось измерить абсолютное дифференциальное сечение упругого  $\Pi$ -е рассеяния, знание абсолютной эффективности спектрометра являлось обязательным. Необходимая для этого информация была получена на основании анализа событий, зарегистрированных в эксперименте.

Идея определения эффективности регистрации каких-либо событий методом независимых наблюдений не нова и впервые была сформулирована ещё Гайгером<sup>/4/</sup>. Для детектирующего устройства, имеющего, как в нашем случае, переопределение координатной информации, можно, восстановив траектории частиц, найти эффективность работы каждого детектора и, используя полученные данные, промоделировать работу устройства в целом.

Однако непосредственно воспользоваться таким подходом в нашем случае было нельзя, так как работа отдельных искровых камер не являлась полностью независимой. При проведении эксперимента существовало много причин, приводящих к корреляциям между срабатываниями камер, таких как прохождение за время памяти камер фоновых частиц, уменьшающих вероятность регистрации рабочих треков, падение эффективности регистрации в случае двух близких треков и т.д.

Выход был найден в разбиении зарегистрированных событий на различные группы в соответствии с внешними условиями, влиявшими на работу искровых камер. В этом случае можно определить эффективность камер для каждой группы, получив матрицу параметризованных эффективностей. В каждой такой группе, когда зафиксированы

все внешние условия, определяющие работу детекторов, срабатывания камер можно считать независимыми. Разыгрывая затем для каждого моделируемого события внешние условия в соответствии с их реальным спектром в эксперименте и используя параметризованные эффективности камер, оказалось возможным достаточно правильно промоделировать работу спектрометра, то есть получить информацию, необходимую для определения его эффективности. Конечно, весьма важной задачей в этом случае являлось правильное восстановление истинных условий эксперимента.

## II. Особенности условий работы реального спектрометра и эффективность искровых камер.

Существенную информацию о работе спектрометра удалось получить, сравнивая результаты обработки одного и того же первичного статистического материала двумя программами поиска и выделения событий, значительно различающимися по своей сложности /5,6/. Отношение числа событий, найденных двумя различающимися программами на одном и том же статистическом материале, равно отношению их эффективностей. Очевидно, что чем хуже работают искровые камеры спектрометра, тем сильнее будут различаться эффективности более совершенной и менее совершенной программы. Различие будет минимальным, когда эффективность даже менее совершенного варианта программы приближается к единице.

На рисунках 1 и 2 приведены результаты такого сравнения для двух групп сеансов. По оси абсцисс отложена величина, пропорциональная интенсивности первичного пучка, по оси ординат - отношение числа событий  $\pi$ -е рассеяния, найденных двумя версиями программы поиска и выделения. Каждая точка соответствует приблизительно

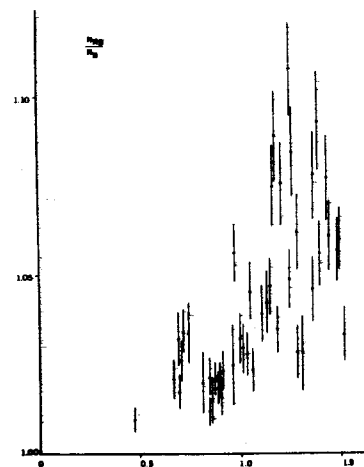


Рис.1. Зависимость отношения числа событий  $\pi$ -е рассеяния, найденных на одном и том же статистическом материале двумя программами различной степени сложности, от среднего числа фоновых треков на один запуск для первой группы сеансов. Видно, что одной из основных причин потерь событий менее сложной программой является наличие фоновых треков.

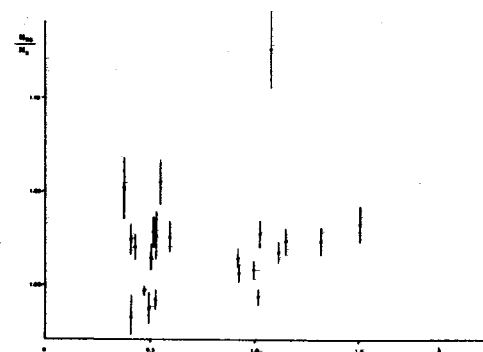


Рис.2. Зависимость отношения числа событий, найденных двумя различными программами на одном и том же статистическом материале, от среднего числа фоновых треков для второй группы сеансов.

двухчасовому сеансу набора статистики в эксперименте.

Из рисунков 1 и 2 видно, что основная причина ухудшения эффективности спектрометра связана с увеличением интенсивности первичного пучка. Анализ найденных событий показал, что основная фоновая загрузка связана с прохождением фоновых треков из первичного пучка, проходящих через весь спектрометр. В связи с этим в качестве одной из величин, по которым была параметризована эффективность искровых камер, было выбрано число фоновых пучковых треков, проходящих через спектрометр за время памяти искровых камер.

Вероятность регистрации искры в камере складывается из эффективности собственно искрового промежутка и вероятности регистрации получающегося сигнала съемными датчиками в X и Y -плоскостях. В рабочую статистику при определении этих величин включались найденные события П-е рассеяния, удовлетворяющие следующим критериям.

А. Данное событие может быть найдено без исследуемой камеры.

Б. На расстоянии до 6 мм от рабочего трека в данной проекции нет другой искры. Это условие было введено для исключения очевидного эффекта мертвого времени съемных магнитострикционных датчиков, который в дальнейшем учитывался отдельно.

В. На расстоянии до 6 мм от рабочего трека в обеих проекциях нет других треков.

На рисунках 3а и 3б приведены типичные эффективности промежутка и вероятности регистрации в X (или Y) - плоскости для камеры размером 250 x 250 мм<sup>2</sup>, в зависимости от числа фоновых треков в спектрометре. Для нахождения фоновых пучковых треков в событиях, содержащих события П-е рассеяния, была разработана специальная программа. Рисунки 3в и 3г иллюстрируют соответствующие характеристики камер размером 600 x 420 мм<sup>2</sup>. Данные свидетельст-

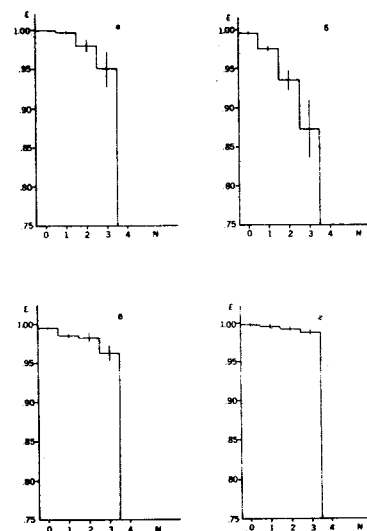


Рис.3. Эффективность искрового промежутка (а) и вероятность регистрации искры в проекции (б) в зависимости от числа фоновых треков для камер размером 250 x 250 мм<sup>2</sup>. На рис. (в) и (г) представлены аналогичные данные для камер размером 600 x 420 мм<sup>2</sup>.

вуют о том, что эффективности малых камер существенно падают при наличии фоновых треков. Для камер большого размера эффективности зависят от числа фоновых треков в меньшей степени.

Как уже отмечалось выше, было обнаружено, что вероятность регистрации одновременно двух искр в камере существенно уменьшается, когда расстояние между треками в какой-либо проекции меньше 6 мм. На рисунке 4а представлена вероятность регистрации одновременно двух искр в камере как функция расстояния между двумя вторичными треками события П-е рассеяния в плоскости камеры в одной из проекций. Аналогичная зависимость для комбинации рабочего трека с фоновым приведена на рисунке 4б. Для обоих случаев характерно падение вероятности одновременной регистрации двух близких искр приблизительно на 30% при уменьшении расстояния между треками до 2-3 мм. Указанные зависимости были учтены при параметризации эффективности искровых камер.

Из рисунков 1 и 2 следует, что даже при одинаковой интенсивности пучка средняя эффективность спектрометра не является постоянной величиной. Это связано с изменениями условий работы искровых камер, такими как состав используемой газовой смеси, непостоянство напряжения высоковольтного питания и т.д. Для учета этих нестабильностей эффективность искровых камер была параметризована также в соответствии с отношением эффективностей двух версий программы поиска. Экспериментальный материал по своему качеству, в соответствии с данными, представленными на рисунках 1 и 2, был разбит на несколько групп, внутри каждой из которых условия можно было считать достаточно стабильными.

К сожалению, многие внешние условия, существенно влияющие на эффективность камер, такие как время прохождения фоновой частицы,

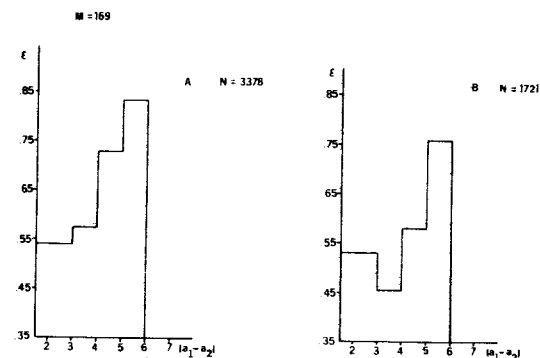


Рис. 4. Эффективность регистрации двух искр в камере в зависимости от проекции расстояния между треками:  
а) оба трека принадлежат П-е - событию;  
б) один из треков является фоновым.

время между настоящим и предыдущим срабатыванием установки и другие, в нашем случае не могли быть представлены явным образом, вследствие отсутствия соответствующей информации. Учет корреляций, вызываемых такими незафиксированными изменениями внешних условий, в дальнейшем был выполнен эмпирически. Необходимая степень корреляций была определена подбором максимального соответствия характеристик реальных и генерированных событий.

### III. Восстановление реальных фоновых условий в рабочих сеансах эксперимента.

Как уже отмечалось выше, загрузка спектрометра фоновыми пучковыми треками являлась одной из основных причин потерь событий  $\Pi$ -е рассеяния. В связи с этим фоновая загрузка в найденных событиях  $\Pi$ -е рассеяния ниже, чем реальная фоновая загрузка в эксперименте. Поэтому, кроме данных по числу фоновых треков в найденных событиях  $\Pi$ -е рассеяния, для оценки фоновых условий были использованы также другие источники информации.

Относительная величина фоновой загрузки мониторировалась с помощью счета задержанных совпадений сцинтилляционных счетчиков, использовавшихся в эксперименте. Однако эти счетчики не перекрывали весь падающий пучок, а их позиция и режимы работы несколько раз менялись в течение эксперимента.

Наиболее удобной для относительного мониторирования загрузки оказалась информация с пропорциональных камер, перекрывающих весь первичный пучок. Специальной программой обрабатывались все магнитные ленты с записью первичной информации (около 2,5 миллионов событий) и для каждого сеанса, представленного одной магнитной лентой, находилось среднее значение числа фоновых отсчетов в пропорциональной камере. Число шумовых отсчетов и эффект

$\delta$ -электронов определялись фитированием этих данных к нулевой интенсивности. На рисунках 5 и 6 представлены зависимости скорости счета задержанных совпадений антисовпадательных счетчиков (AD) и задержанных самосовпадений сцинтилляционного телескопа, регистрирующего первичный пучок (BDB), от величины  $I$ , характеризующей среднее число фоновых отсчетов в пропорциональной камере. Наличие линейной зависимости  $I$  от AD и BDB свидетельствует о том, что эффективность пропорциональной камеры не падает с ростом фоновой загрузки. Величина  $I$  достаточно хорошо характеризует относительную величину интенсивности. Разброс части точек объясняется, по-видимому, некоторой нестабильностью временной структуры первичного пучка и изменением его геометрического положения.

Как уже было отмечено, события, в которых были найдены акты  $\Pi$ -е рассеяния, анализировались вновь по программе поиска фоновых треков. Критерии поиска фоновых треков были подобраны на основе просмотра нескольких сотен реальных  $\Pi$ -е событий, изображенных с помощью графопостроителя ЭВМ. Качество работы программы поиска фоновых треков можно оценить по таблице I, где приведены результаты визуального просмотра событий и работы программы.

Таблица I

Число фоновых треков	Визуально	Программа
0	238 - 39,1%	216 - 40,2%
1	250 - 41,0%	233 - 43,4%
2	93 - 15,3%	79 - 14,7%
3 и более	28 - 4,6%	9 - 1,7%
	609 событий	537 событий

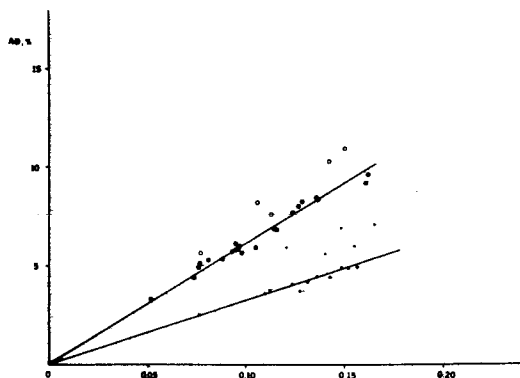


Рис.5 Скорость счета задержанных совпадений антисовпадательных счетчиков в зависимости от величины фоновых отсчетов в пропорциональной камере. Нижняя прямая получена при пониженном напряжении на счетчиках.

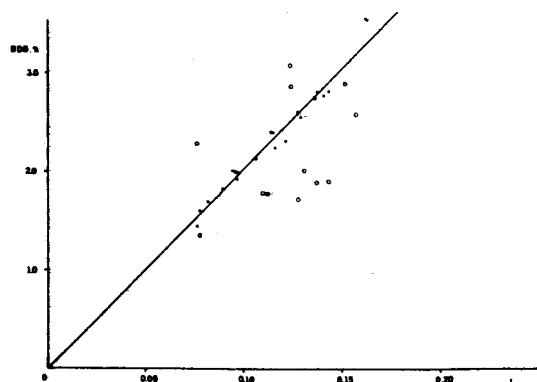


Рис.6. Скорость счета задержанных самосовпадений мониторингового сцинтилляционного телескопа в зависимости от величины фоновых отсчетов в пропорциональной камере. Разброс некоторых точек объясняется, по-видимому, некоторой нестабильностью геометрического положения пучка.

Из этой таблицы следует, что программа поиска фоновых треков достаточно хорошо их восстанавливала. Распределение событий по числу фоновых треков соответствует приблизительно пуассоновскому. В этом случае удобно вычислить среднее число фоновых треков в одном запуске установки как  $\lambda = N_1/N_0$ , где  $N_1$  есть число событий с одним фоновым треком,  $N_0$  — число событий без них. Такой метод свободен от возможных потерь фоновых треков при поиске их в событиях с большим фоном.

По программе поиска фоновых треков были обработаны все найденные события  $\Pi$ -е рассеяния, и для каждого сеанса определено среднее число фоновых треков. На рисунке 7 приведены полученные значения  $\lambda$  в зависимости от величины  $I$ , характеризующей фоновую загрузку пропорциональной камеры. Наблюдается удовлетворительная линейная зависимость между двумя этими величинами. Их отношение, равное  $9,1$ , достаточно хорошо согласуется с отношением времени памяти искровых камер ( $\sim 1$  мксек) и разрешающим временем пропорциональной камеры ( $\sim 100$  нсек). На рисунке 7 приведены данные для тех сеансов, в которых  $I < 0,11$ . При больших значениях интенсивности зависимость  $\lambda$  от  $I$  становится нелинейной (насыщается), что связано, по-видимому, с некоторым падением эффективности искровых камер в условиях большого числа срабатываний установки за один цикл ускорителя. В связи с этим, для определения среднего числа фоновых треков в запуске для каждого сеанса использовалась величина  $I$  и отношение  $\lambda/I$ , полученное при невысоких нагрузках ( $\lambda = 9,1 \times I$ ).

#### IV. Результаты

Проведенные исследования позволили сформулировать следующие



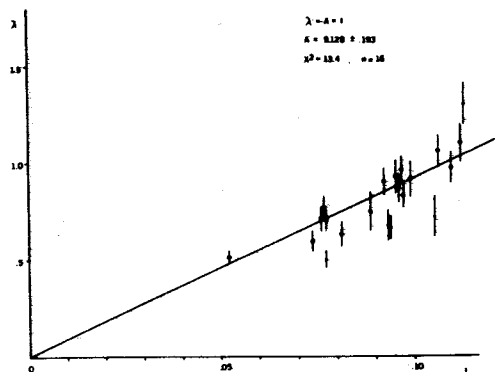


Рис.7. Зависимость среднего числа фоновых треков в одном запуске от величины фоновых отсчетов в пропорциональной камере.

щие выводы, использованные в дальнейшем при моделировании работы спектрометра:

1. Эффективность искрового промежутка и вероятность регистрации магнитострикционного сигнала зависят от числа фоновых треков, прошедших через камеру. Особенно сильно эта зависимость проявляется в искровых камерах малого размера ( $250 \times 250 \text{ мм}^2$ ).

2. Эффективность искровой камеры по отношению к одновременной регистрации двух близких треков существенно падает с уменьшением расстояния между ними в одной из проекций. Это может быть связано с временными флуктуациями пробоя искр.

3. Для учета корреляций, связанных с изменениями условий работы искровых камер, такими как изменение качества рабочей газовой смеси, напряжения высоковольтного питания искровых камер и т.д. можно разбить рабочую статистику на отдельные группы в соответствии с отношением эффективностей поиска событий двумя программами различной степени сложности. В дальнейшем при моделировании работы спектрометра было использовано II таких групп.

4. По данным о фоновой загрузке пропорциональных камер удастся аккуратно восстановить реальную интенсивность и среднее число фоновых треков на один запуск в каждом отдельном сеансе. Распределение числа фоновых треков близко к пуассоновскому.

В заключение авторы выражают благодарность коллективу операторов ЭМ ЛВГА за большую помощь при выполнении этой работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. G.T.Adylov et al. "Experimental setup in a  $\pi$ -e scattering experiment at 50 GeV/c". JINR report E13-6749 (1972).
2. G.T.Adylov et al. "Magnetostrictive spark chamber system on-line with a computer in a  $\pi$ -e experiment at 50 GeV/c". JINR report E13-6638 (1972).
3. Yu.V.Zanevsky et al. "Multiwire proportional chambers in a  $\pi$ -e experiment at 50 GeV/c". Nucl. Instr. and Meth. 100, 481 (1972).
4. E.Rutherford, J.Chadwick and C.D.Ellis "Radiations from Radiactive Substances, p. 548 (1930).
5. Г.Т.Адильов и др. "Программа поиска и восстановления событий в эксперименте по  $\pi$ -e - рассеянию при энергии 50 Гэв" Часть I. Сообщение ОИЯИ, I-8011, (1974)
6. Г.Т.Адильов и др. "Программа поиска и восстановления событий в эксперименте по  $\pi$ -e - рассеянию при энергии 50 Гэв" Часть 2. Сообщение ОИЯИ, I-8012 (1974).

Рукопись поступила в издательский отдел  
16 июля 1974 года.