

10-81-772

Д.Т.Бурилков*, В.И.Генчев*, М.Ф.Лихачев,
П.К.Марков*, Г.Г.Тахтамышев,
П.Т.Тодоров, Р.К.Траянов

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ТОЧНОСТЬ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ СОБЫТИЙ,
РЕГИСТРИРУЕМЫХ БИС-2,
С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ "Перун"

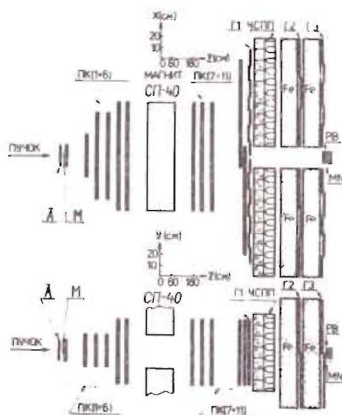
* Институт ядерных исследований
и ядерной энергетики БАН, София, НРБ.

ВВЕДЕНИЕ

В экспериментах по поиску новых частиц и узких барионных резонансов используется установка БИС-2^{1/1}, схема которой показана на рисунке. Установка работает на линии с ЭВМ ЕС-1040. Информация о каждом зарегистрированном событии записывается на магнитные ленты /МЛ/ для последующей обработки и анализа. На первом этапе обработки данных, записанных на МЛ, необходимо по координатам сработавших проволок в каждой пропорциональной камере /ПК/ восстановить траектории движения частиц, а также /для предварительного отбора событий/ вычислить некоторые их геометрические и кинематические характеристики. Такую реконструкцию событий осуществляет специальная программа "Перун" /2/.

В данной работе приводятся результаты исследования восстановленных с помощью программы "Перун", моделированных методом Монте-Карло событий с целью определения эффективности и точности реконструкции регистрируемых в эксперименте событий.

Схема расположения детекторов спектрометра БИС-2: А - сцинтилляционный счетчик; М - мишень; ПК /1,3÷11/ - двухкоординатные пропорциональные камеры; ПК2 - однокоординатная пропорциональная камера; Г1 - годоскоп из 14 сцинтилляционных счетчиков; ЧСПП - годоскоп из 140 черенковских счетчиков полного поглощения /детектор гамма-квантов и электронов/; Г2, Г3 - годоскопы из сцинтилляционных счетчиков детекторов мюонов; MN - телескоп из трех сцинтилляционных счетчиков для мониторинга потока нейтронов.



ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ

1. Теоретически рассчитанная эффективность

Эффективность восстановления треков частиц определяется в основном эффективностью ПК. Как показывает измерение^{1/}, эффективность ПК находится в интервале 95-99%. Она несколько меняется от камеры к камере, что связано с их характерными особенностями, расположением на пучке, уровнем фона и т.п.

Будем считать, что отсутствуют корреляции в эффективностях ПК и что эти эффективности одинаковы для всех ПК и равны ϵ . Тогда при выбранной нами логике восстановления трека^{2/} вероятность нахождения полутрека за магнитом СП-40 будет равна

$$Q = q_x \cdot q_y \cdot q_r,$$

где q_x - вероятность нахождения полутрека в X-проекции:

$$q_x = \epsilon^2 + 2\epsilon^2(1-\epsilon),$$

q_y - вероятность нахождения полутрека в Y-проекции:

$$q_y = q_x,$$

q_r - вероятность нахождения искры в повернутой ПК:

$$q_r = \epsilon^2 + 2\epsilon(1-\epsilon).$$

Для нахождения полутрека до магнита рассматривается три случая, когда для реконструкции используются 5, 4 и только 3 ПК. Для вероятности нахождения полутрека до магнита получим соответственно

$$P_n = p_{nx} \cdot p_{ny} \cdot p_r, \quad n = 5, 4, 3,$$

где

$$p_{5x} = \epsilon^4 + 4\epsilon^3(1-\epsilon) + 6\epsilon^2(1-\epsilon)^2,$$

$$p_{5y} = \epsilon^3 + 3\epsilon^2(1-\epsilon) + 3\epsilon(1-\epsilon)^2,$$

$$p_{4x} = \epsilon^3 + 3\epsilon^2(1-\epsilon),$$

$$p_{4y} = p_{5y},$$

$$p_{3x} = \epsilon^2,$$

$$p_{3y} = p_r = \epsilon^2 + 2\epsilon(1-\epsilon).$$

Вероятности восстановления полного трека будут равны

$$T_n = P_n \cdot Q, \quad \text{где } n = 5, 4, 3.$$

Если принято, что $\epsilon = 0,97$, то для теоретических вероятностей восстановления треков получим величины, показанные в табл.1.

Таблица 1

Теоретические вероятности восстановления полутреков, треков и комбинаций при $\epsilon = 0,97$

Число камер до магнита	Q	P_n	T_n	V°	$V^{\circ h}$	$V^{\circ h h}$
5	0,938	0,999	0,937	0,878	0,823	0,771
4	0,938	0,996	0,934	0,874	0,818	0,764
3	0,938	0,939	0,881	0,777	0,685	0,603

2. Эффективность восстановления треков программой "Перун"

Для проверки эффективности и точности восстановления треков программой "Перун" использовались события, генерированные методом Монте-Карло. С помощью программы "ТВИСТ"^{3/} учитывались многократное кулоновское рассеяние заряженных частиц в веществе спектрометра, эффективности камер и их разрешающая способность.

Эффективность восстановления трека частицы программой "Перун" можно представить в виде отношения числа правильно восстановленных треков к числу моделированных треков, а мера качества работы программы - в виде отношения эффективности к теоретической вероятности восстановления трека.

Коэффициент размножения вычисляется как отношение числа найденных программой "Перун" треков к числу правильно восстановленных треков.

2.1. Эффективность восстановления трека частицы для случая $\epsilon = 1$

Были генерированы события $pC \rightarrow \Lambda^0 K^+ \pi^- C$, где все 4 заряженные частицы проходят через установку БИС-2. Результаты реконструкции треков и Λ^0 приведены в табл.2. Видно, что:

1/ эффективность восстановления трека близка к 100%, несмотря на то, что моделировался дифракционный процесс и все треки события до магнита имеют близкие геометрические характеристики;

2/ Λ^0 восстанавливаются надежно, несмотря на наличие еще двух других треков, которые можно рассматривать в качестве фоновых.

Таблица 2

Эффективности восстановления трека и Λ^0 -частицы при $\epsilon = 1$

	Трек	Λ^0
Эффективность восстановления	0,998	0,995
Коэффициент размножения	1,12	1,04

2.2. Эффективность восстановления трека частицы в случае $\epsilon=0,97$

Были генерированы трехлучевые события $pC \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ C'$ и четырехлучевые события $pC \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^- C'$. Чтобы "приблизить" эти события к реальным, было принято, что эффективности каждой отдельной плоскости ПК равны $\epsilon=0,97$. Эту величину можно рассматривать как среднюю эффективность ПК.

Результаты работы программы "Перун" приведены в табл. 3. Можно сформулировать следующие выводы:

1/ эффективность восстановления частиц близка к расчетной величине для всех случаев /с использованием 5, 4 или 3 ПК до магнита/. Это показывает, что примененный в программе "Перун" алгоритм хорошо восстанавливает треки, полученные в результате распада долгоживущих частиц /таких, как Λ^0 или K_s^0 / даже в том случае, когда распад произошел в зоне между ПК2 и ПК4 /см. рисунок/. Таким образом, можно использовать в качестве распадного объема не только пространство между мишенью и ПК2, но также и пространство между ПК2 и ПК4, что соответственно приводит к увеличению числа восстановленных долгоживущих частиц. Распределения зарегистрированных в эксперименте и восстановленных программой "Перун" частиц по зонам распада приведены в табл. 4. Расширение распадной зоны приводит к увеличению восстановленных K_s^0 на 6,4%, Λ^0 на 16,5% и \bar{E}^- на 38,9%;

2/ приведенные выше результаты показывают, что спектрометр БИС-2 может эффективно работать даже с минимальным набором из трех двухкоординатных ПК до магнита, что может потребоваться при решении некоторых задач, где существенным фактором является увеличение апертуры спектрометра путем приближения мишени к центру магнита и сокращения распадного объема;

3/ коэффициент размножения треков равен 1,11, а Λ^0 - 1,03.

Таблица 3

Эффективности восстановления частиц, не содержащих фона при $\epsilon = 0,97$

Число камер до магнита	5	4	3
Λ^0 теоретическая	0,878	0,874	0,777
Λ^0 действительная ¹	0,866	0,836	0,742
$\Lambda^0_{\pi^+}$ теоретическая	0,823	0,818	0,685
$\Lambda^0_{\pi^+}$ действительная ¹	0,836	0,816	0,679
$\Lambda^0_{\pi^+\pi^-}$ теоретическая	0,771	0,764	0,603
$\Lambda^0_{\pi^+\pi^-}$ действительная ¹	0,755	0,749	0,591

¹Примечание: "действительная" - эффективность восстановления трека частицы программой "Перун".

Таблица 4

Распределение зарегистрированных в эксперименте V^0 частиц по длине распадной зоны

Частица	Мишень - ПК2	ПК2 - ПК3	ПК3 - ПК4
Λ^0	83,5%	11,9%	4,6%
K_s^0	93,6%	6,4%	очень слабый сигнал
Λ^0 от \bar{E}^-	61,1%	23,7%	15,2%

2.3. Восстановление событий, имеющих фоновые искры и треки для случая $\epsilon=0,97$

Качество работы программы "Перун" проверено при восстановлении событий, содержащих фон. Так как моделировать реалистичный фон - довольно сложная задача, то мы добавляли к каждому экспериментально зарегистрированному событию, содержащему, естественно, и фон, моделированное событие типа $\Lambda^0 \pi^+$ и следили за правильностью восстановления треков, полученных в результате распада Λ^0 . Тем самым мы поставили программе "Перун" задачу, более сложную, чем предстояло ей решать в эксперименте. Результаты таких испытаний приведены в табл. 5. Видно, что в этих условиях программа "Перун" правильно восстанавливает 92% тех Λ^0 , которые были найдены без фона. Коэффициент размножения Λ^0 в этом случае составляет 1,12.

Таблица 5

Эффективность восстановленных событий, содержащих фон, при $\epsilon=0,97$			
	Без фона /а/	С фоном /б/	Отношение б/а
Эффективность восстановления	0,866	0,797	0,92
Коэффициент размножения Λ°	1,03	1,12	1,09

Проведенные испытания программы "Перун" показывают, что эффективность восстановления V° -событий, зарегистрированных в эксперименте, должна быть достаточно высокой даже при большой фоновой загрузке ПК.

ТОЧНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ

Как показано в работе ^{1/2/} для нахождения параметров треков используется метод наименьших квадратов /МНК/. При этом для ускорения работы программы проведена линеаризация уравнений с использованием итерационной процедуры.

Для проверки точности этой процедуры мы провели сравнение истинных значений параметров трека /вилки/ с восстановленными для случая $\epsilon=0,97$. Точность восстановления определялась в двух предположениях: а/ треки до и после магнита рассматривались как независимые линии /треки без связи/; б/ считалось, что эти два трека являются двумя компонентами трека частицы, прошедшей магнитное поле /треки со связью/. Среднеквадратичное отклонение восстановленных значений параметров от истинных принято за меру точности восстановления; в табл.6 приведены результаты для трека и в табл.7 - для вилки. Отсюда следует, что:

1/ использование связей существенно улучшает точность восстановления параметров трека и особенно вилки;

2/ уменьшение точностей при переходе от 5 к 3 ПК несущественно, что демонстрирует возможности хорошего восстановления событий с небольшим числом ПК до магнита;

3/ сравнение стандартных отклонений в спектрах эффективных масс $P\pi^-$ в районе Λ° , полученных при анализе моделированных событий, и реальных, зарегистрированных БИС-2, - /1,75±0,03/ МэВ/с² показывает, что условия моделирования в основном правильно отражают особенности эксперимента.

Таблица 6

Точность восстановления параметров трека

Число камер	5		4		3	
	МНК со связ.	МНК без св.	МНК со св.	МНК без св.	МНК со св.	МНК без св.
σ_x [%]	1,81±0,05	2,26±0,06	1,88±0,05	2,59±0,07	2,05±0,06	3,04±0,08
σ_y [%]	5,60±0,15	9,95±0,26	5,59±0,15	9,69±0,25	5,61±0,15	11,3±0,30
σ_{P_z} [%]	1,55±0,04	1,47±0,04	1,63±0,04	1,67±0,04	1,73±0,04	1,85±0,05

$P_x P_y P_z$ - импульсы частицы.

Таблица 7

Точность восстановления параметров вилки

Число камер	5		4		3	
	МНК со связ.	МНК без св.	МНК со св.	МНК без св.	МНК со св.	МНК без св.
σ_x [см]	0,28±0,01	0,64±0,03	0,28±0,01	0,64±0,03	0,31±0,01	0,68±0,03
σ_y [см]	0,27±0,01	0,59±0,03	0,27±0,01	0,59±0,03	0,30±0,01	0,61±0,03
σ_z [%]	2,16±0,10	5,26±0,23	2,19±0,09	5,34±0,23	2,26±0,09	5,37±0,23
d [см]	0,21±0,01	0,52±0,03	0,22±0,01	0,66±0,03	0,24±0,01	0,64±0,03
m [МэВ]	1,72±0,07	2,13±0,09	1,95±0,08	2,05±0,09	1,96±0,08	2,42±0,11

x, y, z - координаты точки распада; m - масса Λ° ; d - минимальное расстояние между треками частиц, возникших в результате распада.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ моделированных событий показал, что программа геометрической реконструкции "Перун" правильно, с хорошей точностью и высокой эффективностью восстанавливает сложные многочастичные события. В дальнейшем это подтвердилось в результате успешного применения этой программы при восстановлении экспериментальных событий, регистрируемых с помощью спектрометра БИС-2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 1-80-644, Дубна, 1980.
2. Бурилков Д.Т. и др. ОИЯИ, 10-80-656, Дубна, 1980.
3. Тахтамышев Г.Г. ОИЯИ, 1-80-640, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 декабря 1981 года.

Бурилков Д.Т. и др. Эффективность и точность восстановления событий, регистрируемых БИС-2, с помощью программы геометрической реконструкции "Перун" 10-81-772

Приводятся результаты исследования эффективности и точности реконструкции треков и событий с помощью геометрической программы "Перун", используемой в экспериментах, проводимых на БИС-2. Методом Монте-Карло были моделированы взаимодействия нейтронов с веществом: $nC-A^0K^+\pi^-C'$; $nC-A^0\pi^+C'$; $nC-A^0\pi^+\pi^-C'$, которые рассматривались при двух эффективностях пропорциональных камер: $\epsilon=1$ и $\epsilon=0,97$. Качество работы программы проверено при восстановлении событий, содержащих фон, при использовании 5,4 и 3 пропорциональных камер до магнита. Анализ событий показал, что эффективность восстановления событий близка к расчетной величине для всех случаев, а использование связей существенно улучшает точность восстановления параметров трека и вилки, что особенно важно для решаемых на установке БИС-2 задач.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1981

Burilkov D.T. et al. Efficiency and Precision of Event Reconstruction Detected by the BIS-2 Installation Using the "Perun" Pattern Recognition Program 10-81-772

Results of the study of efficiency and precision of event and track reconstruction with the "Perun" pattern recognition program used in the experiments carried out by the BIS-2 collaboration are presented. By the Monte-Carlo method neutrons with $nC-A^0K^+\pi^-C'$, $nC-A^0\pi^+C'$, $nC-A^0\pi^+\pi^-C'$ substance were generated; two cases were analysed in dependence of the efficiency of the proportional chambers $\epsilon=1$ and $\epsilon=0,97$. The program was revised at event reconstruction, including the background and using the proportional chambers 5,4 and 3 before the magnet. The analysis of event demonstrated that the efficiency of particle reconstruction was near the calculated value for all the cases and the use of links improved the precision of reconstruction of the track and track pair parameters. It is very important for problems studied by the BIS-2 installation.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1981

Перевод О.С.Виноградовой.