

ХФТИ 84-7

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР  
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИНФОРМАЦИИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ПО АТОМНОЙ НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ  
ФИЛЬТРАЦИИ КООРДИНАТ ИСКР  
ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ТРЕКОВ ПРОТОНОВ  
В УГЛЕРОДНОМ ПОЛЯРИМЕТРЕ  
НА УСКОРИТЕЛЕ ЛУЭ-2000**

Москва-1984

УДК 681.3.006

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ КООРДИНАТ ИСКР ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ТРЕКОВ ПРОТОНОВ В УГЛЕРОДНОМ ПОЛЯРИМЕТРЕ НА УСКОРИТЕЛЕ ЛУЭ-2000: Препринт ХФТИ 84-7/ Р.И.Адушкина, С.П.Карасев, Г.Я.Льбарский, М.А.Хажмурадов. - М.: ЦНИИатоминформ, 1984. - 15 с.

Дается обзор и классификация различных методов выброса плохо измеренных точек прямолинейных треков, зарегистрированных с помощью проволочных искровых камер. Проводится сравнительная оценка качества отдельных алгоритмов и рекомендация по их использованию. Эти результаты получены методами моделирования и представлены в графической форме.

Рис. 5, табл. 2, список лит. - 9 назв.

© Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по атомной науке и технике (ЦНИИатоминформ), 1984.

## В В Е Д Е Н И Е

Экспериментальное исследование процессов  $\gamma N \rightarrow p\pi$  и  $\gamma D \rightarrow p\pi$  представляет значительный интерес, так как несет информацию о механизме образования промежуточных нуклонных резонансов, об электромагнитных константах связи и т.д. Имеющиеся в настоящее время модели [1], рассматривают образование промежуточных нуклонных и нуклон-нуклонных состояний как взаимодействие кварков в различных состояниях. Для проверки этих моделей необходимы систематические измерения поляризационных параметров  $\Sigma$ ,  $T$ ,  $P$  в широком интервале углов и энергий для изучаемых реакций. Параметр  $P$  определяется по асимметрии рассеяния вторичных протонов из этих реакций на ядрах анализатора поляризации. Эффективность используемых в настоящее время анализаторов составляет несколько процентов, т.е. для измерения параметра  $P$  с высокой точностью, необходим набор статистики порядка  $10^4 - 10^5$  событий. Обработка столь значительного объема информации невозможна без использования ЭВМ [2]. Наиболее полно ЭВМ используются в установках с полностью автоматизированным съемом и обработкой информации. Роль трековых детекторов в таких установках обычно выполняют проволочные искровые или пропорциональные камеры [3], наличие которых позволяет получать данные о траектории частицы в установке. Количество используемых камер зависит от их конструкции и конкретных экспериментальных условий, оно должно обеспечивать достаточность информации для геометрического восстановления исследуемого события.

В ХЭТИ АН УССР для проведения поляризационных измерений на ускорителе ДУЭ-2000 создан поляриметр, состоящий из магнитного спектрометра СП-103 [4] и углеродного поляриметра с проволочными искровыми камерами с магнитострикционным съемом информации [5]. Автоматизированный съем и обработка данных производится ЭВМ М-6000 и ЕС-1022. Конструктивно камеры выполнены так, что позволяют получать координату лишь одной из искр зарегистрированных в камере, это снижает трековую эффективность

камер при реально существующем фоне (появление двух треков, ложный искровой пробой,  $\delta$  электроны и т.д.) в отдельных случаях она падает до 65...70%. Используемые ранее блоки из пяти проволочных камер [6] при работе в таких условиях обеспечивают восстановление трека лишь в 85 случаях (на проекцию) от зарегистрированных событий, при этом ~10% полученных прямых имеют "тенево?" характер (не совпадают с истинными). Увеличение количества камер в блоке позволяет повысить трековую эффективность установки в целом и, как показала проверка, при существующих фоновых условиях ЛУЭ-2000, блок из 10 камер обеспечивает восстановление всех регистрируемых треков. С точки зрения программного обеспечения задачи восстановления прямой в блоке, состоящего из 10 и 5 камер, существенно отличаются. Применение ранее используемого нами алгоритма [6] для 10-камерного блока неразумно из-за увеличения времени счета задачи на несколько порядков.

В настоящей работе рассмотрены различные алгоритмы восстановления прямой в блоке, состоящем из 10 камер, и проведена аттестация их работоспособности.

Задача проведения прямой по исходному массиву координат сводится к двум подзадам:

- выбросить (отфильтровать) все ошибочные координаты;
- по оставшимся точкам найти уравнение траектории частицы в блоке.

Вторая часть задачи решается методами, являющимися вариантами метода наименьших квадратов. Прямая выбирается таким образом, что сумма квадратов расстояний исходных точек до нее минимальна. Для первой же подзадачи нет общих методов решения, поэтому выбор его может быть различным, что порождает обилие алгоритмов. Основной недостаток таких алгоритмов - сравнительно большой процент случаев, когда алгоритмы дают неудовлетворительные результаты. Поэтому каждый новый алгоритм должен проходить аттестацию на большом количестве псевдоэкспериментальных данных, получаемых при моделировании эксперимента с учетом всех факторов, вносящих заметные случайные искажения в первичные экспериментальные данные. Принципиальным достоинством таких псевдоэкспериментальных данных является то, что имеется возможность сравнить результат работы алгоритма с теми данными, которые были заложены при моделировании. Использование датчиков псевдослучайных чисел значительно уменьшает вероятность того, что алгоритм не будет испытан на всех сколько-нибудь часто встречающихся вариантах наборов экспериментальных данных [7].

В настоящей работе рассматривается только одна задача указанного типа - фильтрация координат прямых треков в предположении, что при каждой посылке ускорителя образуется не более одного трека.

### КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА РАБОТЫ АЛГОРИТМА ВЫБРОСА

При сравнении нескольких алгоритмов выброса обычно интересуются следующими характеристиками их работы (они получаются в процессе работы с экспериментальными и псевдо-экспериментальными данными):

- время работы ЭВМ;
- доля "пропущенных" плохих точек (т.е. ошибочно принятых за хорошие);
- доля ошибочно выброшенных хороших точек (т.е. измеренных с требуемой точностью);
- величина погрешности в определении параметров прямого трека;
- доля выброшенных треков;
- доля оставленных треков, у которых ошибка определения параметров превосходит принятый контрольный уровень.

По-видимому, с точки зрения эксперимента в целом именно последние два критерия являются важнейшими [9].

Для конкретного алгоритма значения всех этих критериев существенно зависят от качества работы камер, точнее, от распределения ошибок в массиве экспериментальных данных. Это означает, что выбор рабочего алгоритма следует производить с учетом качества работы камер.

### ОБЩАЯ СТРУКТУРА АЛГОРИТМОВ ВЫБРОСА

Исходным экспериментальным материалом является набор координат  $S$  точек ( $S \approx n$ ,  $n$  - число камер)

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_s, y_s), \quad (I)$$

причем, координаты  $x_i$  считаются точно определенными, а координаты  $y_i$  - приближенными.

Обозначим через  $p$  вероятность того, что в процессе измерения координаты  $y$  в данной камере не вмешались факторы, сильно искажающие результат. В этих случаях измерения характеризуются удовлетворительной дисперсией  $\sigma$ , в противоположном случае - значительно большей дисперсией  $\sigma_1$ . В первом случае будем называть результат измерения хорошей точкой, во втором - плохой.

Требуется распознать и удалить из массива (I) плохие точки. Соответствующие алгоритмы (алгоритмы выброса) при всем их разнообразии имеют один общий элемент: все они предусматривают определение прямой (базовая прямая) по массиву точек (I).

После того, как базовая прямая найдена, вопрос о выбросе каждой отдельной точки решается в зависимости от ее положения относительно этой прямой или по данным, накопленным в процессе построения базовой прямой. В результате получается прореженный массив точек

$$(x'_1, y'_1), (x'_2, y'_2), \dots, (x'_s, y'_s). \quad (2)$$

Эту процедуру можно повторить, взяв за исходный массив (2).

Одной из характеристик алгоритма выброса является число предусматриваемых им циклических повторений указанной процедуры (или правило остановки). При этом метод проведения базовой прямой и алгоритм отбраковки могут меняться от цикла к циклу.

Второй характеристикой является правило выброса массива (I) в целом, как необеспечивающего требуемой точности определения искомой прямой. Обычно выбрасывают те массивы, у которых число обнаруженных плохих точек превышает заданное число. Этот критерий можно сделать более глубоким, если учесть расположение оставшихся точек. Естественный способ учесть их расположение — это вычислить дисперсию параметров базовой прямой, построенной с помощью оставшихся точек, и в зависимости от ее величины оставить или выбросить целиком массив (I).

Подведем итоги. Для описания алгоритма следует указать следующее:

- как строится базовая прямая на каждом цикле расчета;
- как на каждом цикле расчета производится выброс плохих точек после определения базовой прямой;
- как решается вопрос о проведении очередного цикла;
- как решается вопрос о выбросе исходного массива целиком.

Заметим, что применительно к выброшенным исходным массивам все описанное можно рассматривать, как первый этап. На втором этапе возвращаются к исходному массиву (I) и обрабатывают его другим алгоритмом выброса в надежде, что второй алгоритм сумеет извлечь из этого массива более точную информацию об искомой прямой.

Заметим, что четыре перечисленных пункта относятся к четырем независимым частям алгоритма (и, следовательно, к почти независимым частям программы, реализующей этот алгоритм). Поэтому, располагая

несколькими вариантами каждой части алгоритма выброса, можно их произвольным образом компоновать. В соответствии с этим классификация всех алгоритмов выброса сводится к классификации каждой из описанных четырех частей.

## МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ БАЗОВОЙ ПРЯМОЙ

Большинство методов – варианты метода наименьших квадратов. Базовая прямая выбирается так, чтобы минимизировать сумму квадратов расстояний (по оси  $Y$ ) по всем используемым точкам. Обычно производится перебор по различным подмножествам массива ( $I$ ). Рассматриваемые методы отличаются друг от друга выбором этих подмножеств.

Наиболее употребительные варианты:

- используется только одно множество – исходное;
- перебор по всем подмножествам, содержащим не менее заданного числа точек;
- перебор по всем множествам, содержащим данное количество точек;
- перебор по заданному (небольшому) числу фиксированных подмножеств точек.

После окончания перебора выбирает в качестве базовой прямую с минимальной средней дисперсией. Можно также прекратить перебор в тот момент, когда получится прямая с достаточно малой средней дисперсией. Недостаток первого варианта – сравнительно плохое качество базовой прямой и вследствие этого высокий процент отброшенных исходных массивов. Недостатком вариантов с перебором большого числа множеств является большой объем необходимых расчетов в тех случаях, когда число точек больше десяти.

Альтернативой указанных методов являются методы упорядоченного среднего. Простейшим вариантом методов этой группы является следующий:

С помощью исходного массива ( $I$ ) составляем набор угловых коэффициентов

$$k_j = \frac{(y_{j+1} - y_j)}{x_{j+1} - x_j}, \quad j=1, 2, \dots, n-1$$

и располагаем эти коэффициенты в порядке возрастания:

$$k_1 \leq k_2 \leq k_3 \leq \dots \leq k_{n-1}. \quad (3)$$

Если в этой строке нечетное число элементов, то берем в качестве  $k$  среднее по порядку в этой строке число, т.е.  $k_{n/2}$ , если же это

число четно, то в качестве  $k$  берем среднее арифметическое двух средних чисел строки (2):

$$k = \frac{k_\ell + k_{\ell+1}}{2}; \quad \ell = \frac{n-1}{2}.$$

Теперь составляем разности  $B_j = y_j - kx_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , располагаем их в порядке возрастания и определяем число  $B$  как среднее порядковое в этой строке, если  $n$  - нечетно, или как полусумму средней пары, если  $n$  - четно.

Прямую  $y = kx + B$  принимаем в качестве базовой.

Достоинством метода является малый объем вычислений. Недостаток - не столь высокое качество базовой прямой, как в вариантах с обширным перебором.

### МЕТОДЫ ВЫБРОСА ТОЧЕК

Эти методы можно также разбить на две группы: А - по расположению точек относительно базовой прямой; В - с учетом состава того подмножества точек, по которому была построена базовая прямая.

Рассмотрим варианты этих методов:

- для каждой точки вычисляется ее расстояние до базовой прямой;
- выбрасывается одна точка - та, у которой это расстояние максимально;
- выбрасываются все точки, у которых это расстояние превышает заданную величину (метод коридора);
- выбрасываются все точки, у которых расстояния  $d_j$  ( $j$  - номер точки) превышают величину расширяющегося коридора, т.е. выполняется условие  $d_j > \alpha + \beta |x_j - \bar{x}|$ , где  $\bar{x}$  - средняя координата  $x$  (метод расширяющегося коридора);
- выбрасываются все точки кроме тех, которые использованы при построении базовой прямой по методу наименьших квадратов.

### ПРАВИЛА ОСТАНОВКИ

После определения базовой прямой и выброса части точек из исходного массива точек следует решить вопрос, считать ли эти результаты окончательными или только исходным материалом для следующего цикла (отыскание базовой прямой, выброс плохих точек).



Т а б л и ц а I

Алгоритмы, реализующие методику выброса  
плохо измеренных точек при работе с проволочными искровыми камерами

Номер цикла	Метод проведения базовой прямой	Правило выброса точек	Критерий остановки	Правило выброса всего массива
I	2	3	4	5
<p>I</p> <p>2 и все остальные циклы</p>	<p>Алгоритм I</p> <p>Параметры базовой прямой определяются методом МНК на базе имеющегося к началу цикла массива</p> <p>Рассматривается подмассив, получаемый условным выбросом <math>i</math>-точки. Для каждого подмассива проводится метод МНК пробная базовая прямая и вычисляется дисперсия <math>G_i</math> координат точек подмассива. Находится номер выброшенной точки <math>i_0</math>, для которой <math>G_i</math> минимально. Соответствующая пробная базовая прямая принимается в качестве базовой</p>	<p>Точки не выбрасываются</p> <p>Выбрасывается точка с номером <math>i_0</math> (<math>G_{i_0} = \min</math>)</p>	<p>Все точки оказались внутри коридора, содержащего базовую прямую</p> <p>Все точки оставшегося после выброса массива оказались внутри коридора, содержащего базовую прямую</p>	<p>Массив не выбрасывается</p> <p>Число точек массива в начале цикла равно заданному числу <math>N_0</math>, а критерий остановки не выполняется</p>

1	2	3	4	5
1 и все нечетные циклы	<p style="text-align: center;">Алгоритм 2</p> <p>МНК на базе имеющегося к началу цикла массива точек</p>	Точки не выбрасываются	Все точки массива оказались внутри коридора	Массив не выбрасывается
2 и все четные циклы	В качестве базовой берется прямая, определенная в предыдущем цикле	Выбрасывается одна точка, максимально удаленная от базовой прямой	Такой же, как и в цикле 1	Число оставшихся в массиве точек меньше $N$
1.	<p style="text-align: center;">Алгоритм 3</p> <p>Через каждые две точки имеющегося в начале цикла массива проводится прямая. Для каждой прямой определяется число точек массива, попавших в заданный коридор вокруг этой прямой. В качестве базовой берется та прямая, для которой число таких точек максимально</p>	Выбрасываются все точки, не попавшие в указанный коридор	Нет остановки	Выброс массива не произойдет
2.	По оставшемуся после выброса на первом цикле массиву точек методом МНК проводится прямая, принимаемая в качестве базовой	Выбрасываются все точки исходного массива, не попавшие в коридор вокруг базовой прямой	Остановка	Число оставшихся после выброса точек меньше $N$

I	2	3	4	5
1.	<p style="text-align: center;">Алгоритм 4</p> <p>По методу упорядоченного среднего (см. цикл I алгоритма 3)</p>	<p>Выбрасываются точки, не попавшие в расширяющийся коридор</p>	<p>Нет остановки</p>	<p>Выброс массива производится, если осталось меньше четырех точек</p>
2.	<p>По методу МК на базе массива оставшихся точек</p>	<p>Возвращаемся к исходному массиву и выбрасываем из него все точки, которые не попали в коридор вокруг новой базовой прямой</p>	<p>Остановка</p>	<p>Осталось меньше четырех точек</p>

Алгоритм 5. Каждый массив искр направляет на обработку по алгоритму упорядоченного среднего, отбракованные массивы направляются на обработку алгоритмом перебора по парам точек.

В последнем случае нужно указать, какой из вариантов алгоритма привлекается для проведения очередного цикла. Перечислим наиболее употребительные варианты решения указанного вопроса:

- число итерационных циклов жестко определяется заранее, так же задаются варианты алгоритмов проведения базовой прямой и выброса в каждом цикле;

- выход из цикла наступает, когда на этапе "выброс" ни одна новая точка не выбрасывается;

- выход из цикла производится тогда, когда среднеквадратичный разброс  $y$  - координат оставленных точек относительно базовой прямой меньше заданной величины;

- выход из цикла производится, когда все оставшиеся точки оказываются внутри коридора, проведенного с помощью базовой прямой.

#### ПРАВИЛА ВЫБРОСА ВСЕГО МАССИВА КООРДИНАТ ТОЧЕК

Укажем следующие правила выброса треков:

- если в результате выброса число оставленных точек оказалось меньше заданного;

- если условия выхода из цикла не реализуются на заданном числе первых циклов.

#### ОПИСАНИЕ ВЫБРАННЫХ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ МЕТОДОВ ВЫБРОСА

В табл. I приведены алгоритмы, реализующие изложенную выше методику выброса плохо измеренных точек при работе с проволочными искровыми камерами и определение параметров трека.

#### АТТЕСТАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ВЫБРОСА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОЕКЦИИ ТРЕКА

Для аттестации было произведено моделирование тысячи треков при заданной эффективности камер (эффективность камер - процент хороших искр к числу треков, пронизавших данную камеру), которая варьировалась от 35 до 100%. Число камер в блоке взято равным 10. При каждом значении определяются четыре показателя качества выброса плохих точек. Вычисляется процент треков:

- у которых выброшены все плохие точки и оставлены все хорошие, (если у трека только две хорошие точки, то трек рассматривается как не имеющий ни одной хорошей точки);

- у которых выброшены все плохие точки и выброшена хотя бы одна хорошая точка;
- у которых выброшены не все плохие точки и не выброшена ни одна хорошая точка;
- у которых составлены плохие точки и выброшена хотя бы одна хорошая точка.

Каждый раз процент вычисляется к общему числу смоделированных треков.

Результаты аттестации качества выброса исследованных пяти алгоритмов (1 - алгоритм конкурса базовых прямых; 2 - алгоритм пошагового выброса наилучшей точки; 3 - алгоритм перебора по парам точек; 4 - алгоритм упорядоченного среднего; 5 - комбинированный алгоритм) приведены на рис. 1-5.

Качество восстановления параметров проекции трека оценивается следующими двумя показателями:

- эффективностью, т.е. отношением числа проекций треков, восстановленных с нужной точностью к общему числу смоделированных проекций;
- уровнем шума, т.е. отношением числа проекций, восстановленных с недостаточной точностью к общему числу смоделированных проекций.

Проекция трека считается восстановленной с нужной точностью, если ошибка в угле не превышает одного градуса, а ошибка в координате средней точки трека не более 1,5 мм.

В табл. 2 приведены времена обработки (средние) одной проекции трека на ЭВМ ЕС-1022 по программам, реализующим описанные четыре алгоритма.

Т а б л и ц а 2

Длительность фильтрации на ЕС ЭВМ одной проекции трека для десяти проволочных искровых камер по алгоритмам, описанным в табл. 1.

Номер алгоритма	1	2	3	4
Длительность обработки (с)	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-2}$

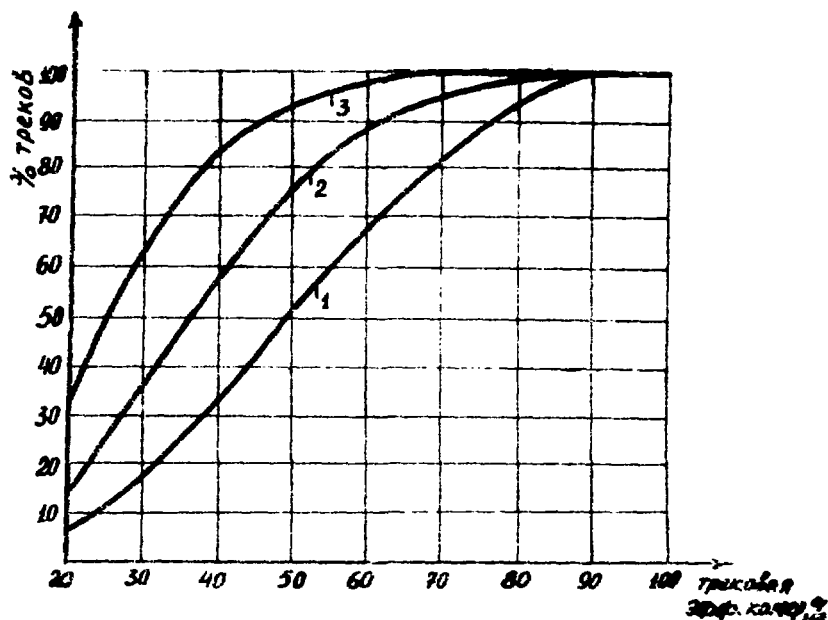


Рис. 1. Средний процент треков, имеющих не менее трех хороших точек в зависимости от трековой эффективности камер: 1 - блок из 5 камер; 2 - 7 камер; 3 - 10 камер

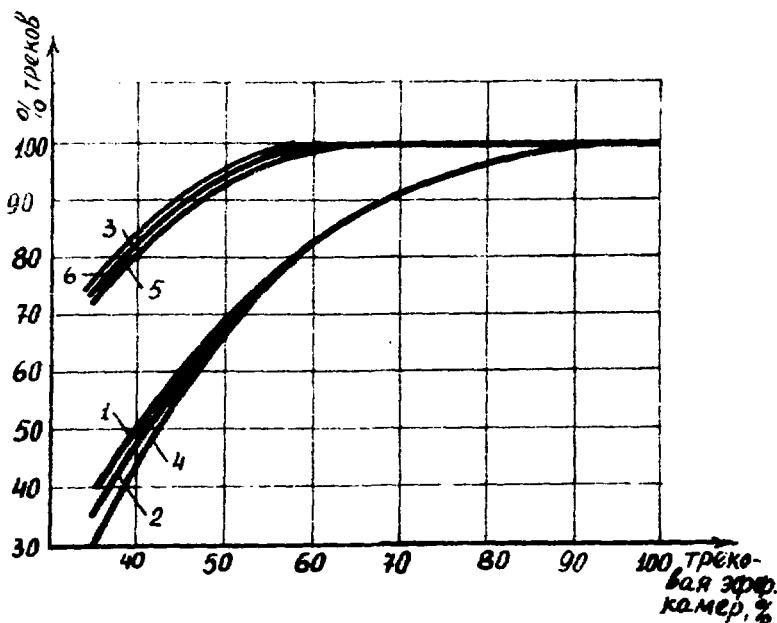


Рис. 2. Процент правильно восстановленных (ошибка в угле  $\leq 1^\circ$ , смещение  $\leq 1,5$  мм) проекций трека при обработке различными алгоритмами в зависимости от трековой эффективности камер: 1 - алгоритм конкурса базовых прямых; 2 - пошагового выброса наихудшей точки; 3 - перебор по парам точек; 4 - упорядоченного среднего; 5 - комбинированный алгоритм; 6 - теоретически возможный максимум

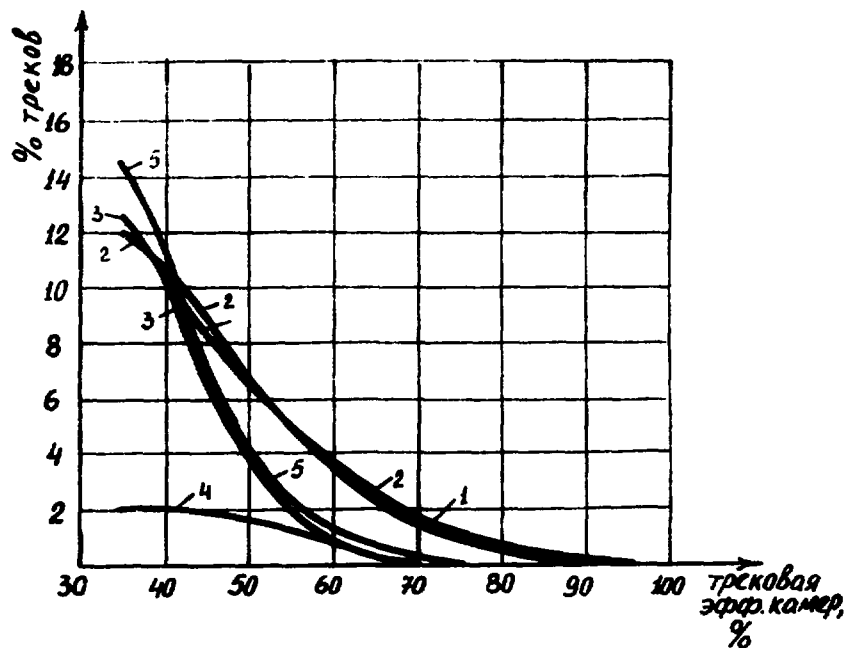


Рис. 3. Процент неправильно восстановленных треков (ошибка в угле  $> 1^\circ$  или сдвиг  $> 1,5$  мм) в зависимости от трековой эффективности камер при различных алгоритмах обработки: 1 - алгоритм конкурса базовых прямых; 2 - пошагового выброса наилучшей точки; 3 - перебор по парам точек; 4 - упорядоченного среднего; 5 - комбинированный алгоритм

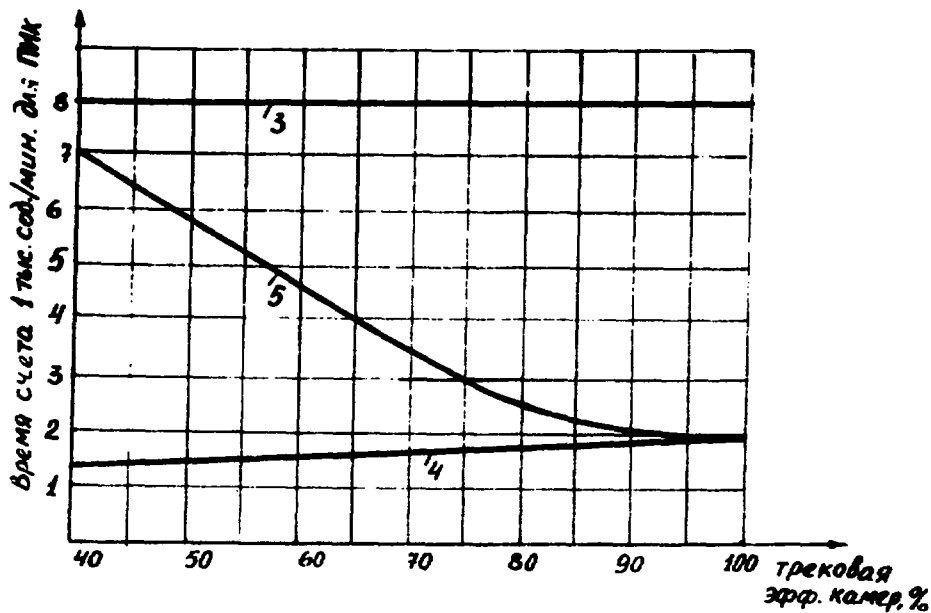


Рис. 4. Время, затрачиваемое различными алгоритмами для обработки 1000 событий в зависимости от трековой эффективности камер: 3 - алгоритм перебора по парам точек; 4 - упорядоченного среднего; 5 - комбинированный алгоритм

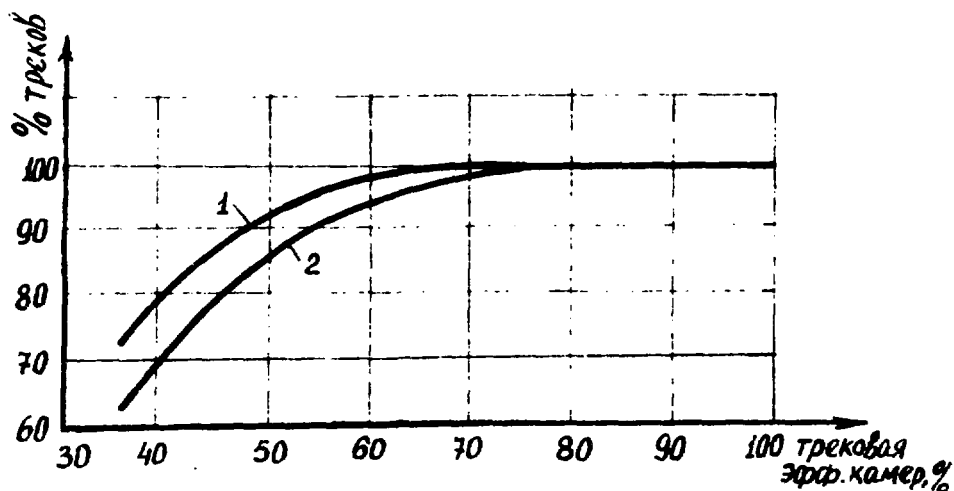


Рис. 5. Процент трекоразобранности, правильно обработанных комбинированным алгоритмом в зависимости от эффективности камер при различных уровнях ошибок: 1 — с учетом только ошибок округления; 2 — с учетом реального разброса искр

#### ВЫВОДЫ

1. По приведенным данным (рис. 1-5) можно судить о пригодности рассмотренных алгоритмов в режиме реального времени при различных интенсивностях появления трекоразобранности в камере.

2. При эффективности камер выше 80% все методы работают достаточно хорошо и предпочтение следует отдать алгоритму 4, как наиболее быстрому.

3. Представляется целесообразным в широком интервале трековой эффективности пользоваться комбинированным алгоритмом. Такая обработка обеспечивает достаточно высокую эффективность восстановления событий и в то же время среднее время обработки событий достаточно мало.

4. Можно считать, что использование IO-камерных блоков дает удовлетворительные результаты при трековой эффективности камер, начиная с 60...65%. При меньшей эффективности следует увеличивать число камер в блоке.

5. При разработке математического обеспечения физических экспериментов целесообразно использовать методы математического моделирования для поиска наиболее эффективных алгоритмов обработки физической информации.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kajikawa R. Recent pion photoproduction and deuteron photodissociation experiments. Conference Baryan 1980, July 14-17, 1980, Toronto.
2. Адушкина Р.И., Любарский Г.Я., Слабоспицкий Р.П., Хажмуралов М.А. Методика моделирования работы многомашинного комплекса АСУ ФЭ ХФТИ. Препринт ХФТИ АН УССР, ХФТИ 83-31, Харьков, 1983.
3. Заневский Ю.В. Проволочные детекторы элементарных частиц. М.: Атомиздат, 1978.
4. Афанасьев Н.Г., Гольдштейн В.А., Дементий С.В. и др. Магнитный спектрометр СП-103. - ПТЭ, 1967, № 5, с. 146.
5. Зыбалов А.А., Коновалов О.Г., Скусинец В.Н. и др. Магнитоотрицательные искровые камеры для поляризационных измерений на ЛУЭ-2000. Препринт ХФТИ АН УССР, ХФТИ 81-13, Харьков, 1981.
6. Браташевский А.С., Зыбалов А.А., Карасев С.П. и др. Система контроля работы проволочных искровых камер на пучке ускорителя ЛУЭ-2000 ХФТИ с использованием многомашинного комплекса. Препринт ХФТИ АН УССР, ХФТИ 83-28, Харьков, 1983.
7. Тихонов А.Н. Математическое моделирование и автоматизация обработки наблюдений. - В кн.: Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях, Дубна, 1982, с. 4-12.
8. Тихонов А.Н. О методах автоматизации обработки наблюдений. - Вестник АН СССР, 1983, № 1, с. 14-18.
9. Говорун Н.Н. Программа распознавания прямолинейных треков, регистрируемых посредством искровых камер. Препринт ОМЛН А541676, Дубна, 1973.

Раиса Ивановна Алушкина, Сергей Петрович Карасев,  
Тригорий Яковлевич Любарский, Манат Ахматович Хажмуратов  
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ КООРДИНАТ ИСКР  
ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ТРЕКОВ ПРОТОНОВ В УГЛЕРОДНОМ ПОЛЯРИМЕТРЕ  
НА УСКОРИТЕЛЕ ДУО-2000

Редактор, корректор Е.Г. Белоусова

---

Подписано в печать 03.02.84. Т-06427. Формат 60x84 1/16.

Офсетная печать. Усл.п.л. 1,2. Уч.-изд.л. 0,8. Тираж 295.

Заказ № 186. Цена 12 коп. Индекс 3624.

---

Отпечатано в Харьковском орлена Ленина

и орлена Октябрьско\* Революции физико-техническом институте.

310108. Харьков, ул. Академическая, 1

12 коп

Индекс 3624

Препринт, 1984, 1-15.