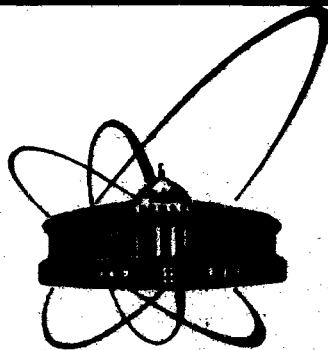


86 - 151



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-86-151

Ю.А.Яцененко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР

1986

Эффективное использование дрейфовых камер /ДК/ в физических установках требует надежного определения /и контроля/ параметров ДК, определяющих систему координат $x(z)$ / x - измеряемая координата, z - направление пучка регистрируемых частиц/ и точность измерения характеристик регистрируемых треков (A, B ; $x = Az + B$). К наиболее важным параметрам ДК можно отнести следующие: а/ скорость дрейфа электронов $-V$ б/ задержка старта $-T_0$ или порог времяцифрового преобразователя /ВЦП/; в/ направление дрейфа электронов $-s$ ($s = \pm 1$).

Параметры V, T_0, s определяют линейную передаточную функцию $x(t) = P + sV(t - T_0)$, /1/

t - измеренное время дрейфа, P - ордината сигнальной проволоки /СП/.

Традиционно эти параметры определяются на стендах^{/1/} или с помощью дополнительных трековых детекторов /например, пропорциональных камер^{/2/} / или в результате многопроходового анализа трековой информации эксперимента^{/3/}.

В данной работе рассматривается возможность относительно быстрого и простого определения параметров ДК, основанная на анализе регистрируемых t - дрейфа и на конструктивных особенностях ДК /нерегулярное по z расположение СП - типичное, в шахматном порядке/.

Основой предлагаемого способа является более подробный формализм хорошо известного метода наименьших квадратов: для набора экспериментальных точек x_n , $n = 1, 2, \dots, N$ нахождение аппроксимирующей прямой

$$x_n \approx Az_n + B \quad /2/$$

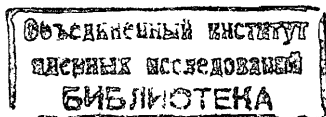
сводится к минимизации по A и B функционала Φ

$$\Phi(A, B) = \sum_{n=1}^N (Az_n + B - x_n)^2 W_n \quad /3/$$

$\sigma_n^2 = 1/W_n$ - точность определения x_n .

Параметры трека A и B линейно определяются набором x :

$$A = \sum_{n=1}^N a_n x_n, \quad B = \sum_{n=1}^N b_n x_n, \quad /4;5/$$



$$a_n \equiv \frac{z_n - \bar{z}}{QD} W_n, \quad b_n \equiv \frac{\bar{z}^2 - \bar{z}z_n}{QD} W_n, \quad /6;7/$$

$$Q \equiv \sum_{n=1}^N W_n, \quad D \equiv \bar{z}^2 - \bar{z}^2$$

/черта над переменными означает усреднение - $\bar{z} \equiv \frac{\sum_{n=1}^N z_n W_n}{Q}$

и т.п./ . Весьма полезным для дальнейшего оказывается аналитическое представление Φ в минимуме по A и B относительно x, z

$$\Phi(x, z) = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N x_n C_{nm} x_m, \quad /8/$$

где

$$C_{nm} = \sqrt{W_n W_m} \delta_{nm} - \frac{W_n W_m}{Q} - W_n W_m \frac{(z_n - \bar{z})(z_m - \bar{z})}{QD}, \quad /9/$$

матрица C_{nm} обладает свойствами:

$$C^T = C \quad /10a/$$

$$C C = -C \quad /10б/$$

$$C \cdot Z = 0 \text{ или } \sum_{n=1}^N C_{nm} z_m = 0, \quad n = 1, 2, \dots, N \quad /10в/$$

и имеет ранг $N-2$.

Конструктивным оказывается анализ Φ в представлении /8/ по статистике - ν

$$\Phi = \sum_{\nu=1}^K \frac{1}{N_\nu - 2} \sum_{n,m} x_n(\nu) C_{nm}(\nu) x_m(\nu). \quad /11/$$

Статистика /т.е. набор регистрируемых треков/ может распространяться по фиксированному набору сигнальных проволок и /или/ по дрейфовой камере в целом / Φ в представлении /11/ характеризует статистическую фазовую площадь A, B треков/.

На основании представлений /2,8,9,11/ задача определения V, T_0, s сводится к минимизации Φ по этим неизвестным. Рассмотрим условия существования решений.

А. Общий случай - каждому дрейфовому промежутку приписываются индивидуальные скорость дрейфа V_n и задержка - T_n , так что

$$x_n = P_n + s_n t_n V_n + s_n F_n,$$

P_n - известная координата СП, s_n - известное направление дрейфа, $F_n \equiv -V_n T_n$ - определяемая "координатная" задержка.

Минимизируя /11/ для фиксированного набора СП по V_n, F_n , получаем систему $2 \cdot N$ линейных уравнений /черта над символами означает статистическое усреднение/:

$$\sum_{n=1}^N C_{\mu n} \overline{t_n} s_n V_n + \overline{t_n} \cdot \sum_{n=1}^N C_{\mu n} s_n F_n = -\overline{t_n} \sum_{n=1}^N C_{\mu n} P_n \quad /12a/$$

$$\sum_{n=1}^N C_{\mu n} \overline{s_n} V_n + \sum_{n=1}^N C_{\mu n} s_n F_n = -\sum_{n=1}^N C_{\mu n} P_n, \quad /12б/$$

$$\mu = 1, 2, \dots, N.$$

Из системы /12/ выделяются уравнения для V_n

$$\sum_{n=1}^N C_{\mu n} \overline{t_n} s_n V_n = 0$$

$$t \equiv \overline{t}, \quad \mu = 1, 2, \dots, N.$$

Задав одно значение V_n /например, V_N /, можно получить решения для остальных $N-1$ значений V_n , что подтверждается численным розыгрышем. Следует заметить, что при изучении ДК, например, на стендах, нельзя использовать сильноколлимированные пучки, т.е. нельзя допускать условия $\tau_n^2 = 0$. Так как ранг C_{nm} равен $N-2$, то из /12б/ можно определить только $N-2$ значений F_n , задав два из них.

На практике рассмотренная индивидуальность в V_n и T_n устраняется путем определения для каждой СП коэффициентов преобразования: время дрейфа - код ВЦП, так что для каждой СП измеряемая координата x зависит от точности задания двух величин V, T_0

$$x_n = P_n + V \cdot s_n t_n + s_n \cdot F, \quad F \equiv -V \cdot T_0. \quad /14/$$

Б. Определение V и F . Минимизируя функционал /11/ по V и F , получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} V \cdot \sum_{n,m} C_{nm} \overline{s_n s_m t_n t_m} + F \cdot \sum_{n,m} C_{nm} \overline{s_n s_m t_m} = -\sum_{n,m} C_{nm} \overline{s_n t_n P_m} \\ V \cdot \sum_{n,m} C_{nm} \overline{s_n s_m t_m} + F \cdot \sum_{n,m} C_{nm} \overline{s_n s_m} = -\sum_{n,m} C_{nm} \overline{s_n P_m} \end{cases} \quad /15a/$$

Анализ этой системы уравнений показывает, что решения / V и F / существуют в следующих случаях:

а/ для набора из N СП $(N \geq 4)$ статистика может не превышать одного трека, но:

$$\sum_{m=1}^N C_{nm} P_m \neq 0 \quad \text{— для каждого } n \quad /16/$$

/все P_n не должны лежать на одной прямой/;

$$\sum_{m=1}^N C_{nm} s_m \neq 0 \quad /17/$$

/все направления дрейфа должны отличаться друг от друга/;

б/ для $N = 3$ достаточно двух различных треков, но надо, чтобы хоть на одной СП был зарегистрирован дрейф как "вверх" $/s = +1/$, так и вниз $/s = -1/$; кроме того, чтобы хоть для одного из треков выполнялось условие /16/.

В качестве иллюстрации можно привести результаты определения V и двух "задержек" F_1 и F_2 для дрейфовой камеры, имеющей шахматное расположение СП и большое пролетное расстояние между первыми двумя дрейфовыми плоскостями и последней парой, так что для каждой пары следовало определять свою задержку.

Данной задаче соответствует система из трех уравнений для V , F_1 и F_2 , аналогичная /15/, разрешимая на минимальной статистике из двух треков. В результате последовательного перебора около 6000 событий по паре треков было получено гауссоподобное распределение для V ; среднее $V = 49,3 \pm 0,1$ мкм/нс; расчетное значение $-V_p = 50$ мкм/нс.

Скорость дрейфа и задержки определяются специальным анализом трековой информации эксперимента, направления дрейфа $/s = \pm 1/$ — конструкцией камер, однако могут существовать треки, неоднозначно соответствующие конструкции ДК /в смысле установления знака дрейфа/. Информация в таких случаях может искажаться или теряться. Самый простой путь определения подобных s_n — искать минимальное значение Φ /8/, перебирая каждое s_n /путь — наилучший: для N СП требуется 2^N вычислений $\Phi/$, однако существует возможность прямого вычисления s_n для каждого трека, если знать V, T_0, P_n и измеренные t_n .

в. Будем искать минимальное значение Φ /8/

$$\Phi = \sum_{n,m} x_n C_{nm} x_m,$$

$$x_n = P_n + s_n \cdot y_n, \quad y_n = V \cdot (t_n - T_0)$$

как функцию s_n , считая s_n непрерывными /нас интересует знак $s_n/$, последнее предположение позволяет записать условие минимума Φ в обычной форме $d\Phi/ds_\mu = 0$, что дает $N-2$ линейных уравнений для s_n ;

$$\sum_{n=1}^N s_n y_n C_{n\mu} = - \sum_{n=1}^N P_n \cdot C_{n\mu}, \quad /18a/$$

$$\mu = 1, 2, \dots, N-2.$$

Кроме того, можно наложить еще N условий:

$$|s_\mu| = 1, \quad \mu = 1, 2, \dots, N. \quad /18б/$$

Условия /18а/ и /18б/ рассматриваются как система уравнений. К настоящему времени не найдено общего решения /в аналитическом виде/ для s_n при произвольном N, но для практических значений $N = 3, N = 4$ получены решения, имеющие в 2-3 раза меньшее число арифметических операций по сравнению с упомянутым способом перебора.

Для $N = 4$:

$$s_1 = \frac{u^2 + u_1^2 - u_2^2 - w_1^2}{2(u \cdot u_1 + w_1 \cdot u_2)},$$

$$s_2 = \frac{u^2 + u_2^2 - u_1^2 - w_1^2}{2(u \cdot u_2 + w_2 \cdot u_1)}, \quad /19/$$

$$s_3 = \frac{u^2 + u_3^2 - u_4^2 - w_2^2}{2(u \cdot u_3 + w_2 \cdot u_4)},$$

$$s_4 = \frac{u^2 + u_4^2 - u_3^2 - w_2^2}{2(u \cdot u_4 + w_2 \cdot u_3)},$$

где $u = F(\vec{K}, \vec{L}), \vec{K} \equiv \{y_n \cdot C_{n1}\}, \vec{L} \equiv \{y_n \cdot C_{n2}\}$

$$F(\vec{K}, \vec{L}) = K_1 K_2 L_3 L_4 - L_1 L_2 K_3 K_4$$

$$u_n = F(K_n \rightarrow Q, L_n \rightarrow R), \quad n = 1, 2;$$

$$u_n = F(L_n \rightarrow R, K_n \rightarrow Q), \quad n = 3, 4;$$

$$Q \equiv - \sum_{n=1}^N P_n \cdot C_{n1} \quad R \equiv - \sum_{n=1}^N P_n \cdot C_{n2}; \quad /20/$$

/стрелка означает замену компонента K_n, L_n на Q и R соответственно в алгебраической функции /20//;

$$2W_1 = K_3 K_4 \cdot (R^2 + L^2 - 2L_3^2 - 2L_4^2) - L_1 L_2 \cdot (Q^2 + K^2 - 2K_3^2 - 2K_4^2)$$

$$\text{и} \quad 2W_2 = K_1 K_2 \cdot (R^2 + L^2 - 2L_1^2 - 2L_2^2) - L_3 L_4 \cdot (Q^2 + K^2 - 2K_1^2 - 2K_2^2)$$

Анализ решений /19/ показывает, что s_n не определены, когда $Q = R = 0$ /все СП лежат на одной прямой/.

Для $N = 3$ решения существуют, если $\Phi \neq 0$;

$$s_n = \frac{a_n^2 - b_n^2 + Q^2 K_n^2}{2a_n K_n Q}, \quad n = 1, 2, 3, \quad /21/$$

где $a_n = \frac{Q^2 - K^2}{2} + K_n^2$ и $b_n = \frac{K_1 K_2 K_3}{K_n}$.

Численное моделирование /и обработка экспериментальной информации/ подтверждают справедливость решений /19/ и /21/ - для идеальных треков знаки s_n совпадают с задаваемыми /все $|s_n| = 1$ /; для треков с "ошибками" в y_n , $|s_n| \neq 1$ и характеризуют отклонение y_n от идеальных значений; знаки s_n совпадают с "действительными" направлениями, если значения y_n превосходят величину ошибки измерений.

Для $N > 4$ можно все же указать некоторые рецепты определения направлений дрейфа:

а/ "Ортогональность" матрицы C к прямой линии /10в/ /аналог 18а/ или

$$\sum_{m=1}^N C_{nm} x_m = 0, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

эквивалентна известной связи трех координат, лежащих на одной прямой:

$$x_n = a_n \cdot x_1 + (1 - a_n) \cdot x_N, \quad a_n = \frac{z_N - z_n}{z_N - z_1}$$

Тем самым задача сводится к решениям типа /21/, однако следует контролировать постоянство знаков "опорных" s_1 и s_N для различных троек.

б/ Исходная система /18/ разбивается на "клетки", и решения ищутся указанными способами /19,21/.

В заключение автор выражает благодарность Л.С.Золину и В.А.Свиридову за поддержку данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов В.К. и др. Препринт ИЯИ АН СССР, П-0103, 1978.
2. Герген Э. и др. ОИЯИ, 10-11210, Дубна, 1978.
3. Fiřatova N.A. et al. Nucl.Instr. and Meth. 1977, 143, p.17.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 марта 1986 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам, аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Яцуненко Ю.А.

P1-86-151

Определение координатных параметров дрейфовых камер

Предложен метод определения параметров дрейфовых камер: скорость дрейфа - V , задержка старта - T , направление дрейфа - S . Метод основан на аналитическом представлении "хи-квадрата": V , T определяются из систем линейных уравнений, S - нелинейных уравнений. Приведены условия разрешимости систем. Методы проверены при анализе по Monte-Carlo и экспериментальной информации.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Yatsunenکو Yu.A.

P1-86-151

Determination of Drift Chamber Coordinate Parameters of Drift Chambers

A method for determining the drift chamber parameters (drift velocity - V , start signal delay - T and drift direction - S) are presented. The method is based on analytical form of chi-square for the straight line: V , T may be determined from the system of linear equations and S - from nonlinear system. Conditions for resolving these systems are described. The methods have been successfully tested by Monte-Carlo and experimental data analysis.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986