

94-496



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P1-94-496

В.Г.Одинцов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ТРЕКОВ
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ
МЮОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ УСТАНОВКИ ATLAS

1994

В настоящей работе предлагается методика для определения пространственного положения мюонных детекторов установки ATLAS^{1/1} с использованием прямых треков вторичных мюонов. Корректное определение геометрических констант является необходимым условием обеспечения высоких разрешающих способностей по кинематическим параметрам вторичных частиц, регистрируемых спектрометром.

Мюонный спектрометр представляет собой тороид с внутренним радиусом 5 м, внешним – 10 м, длиной 26 м, состоящий, предположительно, из 8 или 12 сверхпроводящих обмоток^{1/1} (рис.1). В качестве мюонных детекторов установки предполагается использовать дрейфовые трубки высокого давления (НРДТ)^{2/2}, спрессованные в матрицы. Каждый такой супермодуль состоит из трех регистрирующих плоскостей и имеет толщину 0,4 м. Предлагается разместить 3 слоя мюонных детекторов в объеме спектрометра (внутренний, средний и внешний), состоящих из сегментов супермодулей с размерами поверхностей – 2,2×2 м, 3,7×2 м и 5,5×2 м для каждого из перечисленных слоев, соответственно (рис.2).

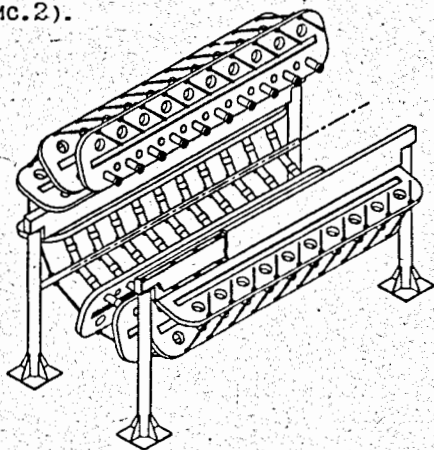


Рис.1. Тороидальный сверхпроводящий магнит в изометрическом изображении

Определение пространственного положения мюонных детекторов

Описываемая ниже методика позволяет учесть как координатные поправки к пространственному положению трековых детекторов относительно геодезических осей установки, так и угловые.

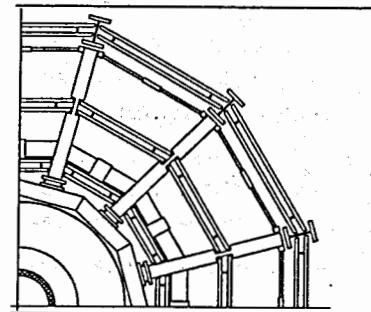


Рис.2. Возможный способ размещения суперплоскостей в тороиде. Поперечный срез

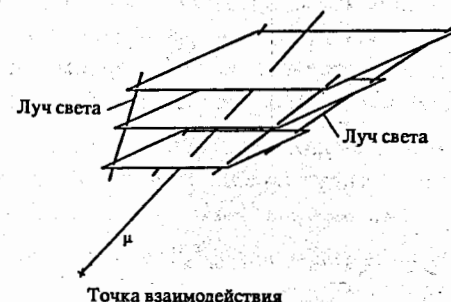


Рис.3. Схематическое изображение трехслойного сегмента мюонного детектора

Определим систему координат, связанную с установкой. Это цилиндрическая система $R\varphi Z$. Начало системы находится в центре симметрии тороида, ось Z направлена по оси пучка. Мюонные детекторы расположены по радиусу магнита. На рис.3 схематически представлен трехслойный сегмент мюонного детектора установки. Каждый из слоев регистрирует 3 точки трека. Предположим, что нам известны геодезические координаты центра симметрии каждого k -го регистрирующего слоя: R_k^c – радиус, φ_k^c – полярный угол, на который сегмент повернут относительно оси OZ , и Z_k – z -координаты начала системы отсчета k -го слоя. Положим, что магнитное поле в тороиде отсутствует. Тогда треки вторичных мюонов будут представлять собой прямые линии. Координаты точек трека в системе XYZ запишутся в виде:

$$\begin{aligned} x_k &= x_0 + (z_k - z_0) \operatorname{tg} \theta \cos \varphi = a_x z_k + b_x, \\ y_k &= y_0 + (z_k - z_0) \operatorname{tg} \theta \sin \varphi = a_y z_k + b_y. \end{aligned} \quad (1)$$

В (1) нам известны z_k – координаты точек трека и, с помощью некоторой системы целеуказания, углы вылета вторичного мюона из точки взаимодействия: θ – азимутальный с осью OZ и φ – полярный с плоскостью HOZ . При этом $z_k = Z_k + z'_k$, где z'_k – z -координата в системе отсчета k -го слоя, $k = 1, \dots, N_k$. Неизвестны параметры (x_0, y_0, z_0) – точки взаимодействия мюона и a_x, b_x, a_y, b_y , с помощью

которых аппроксимируется прямолинейный трек. Определим неизвестные параметры способом, описанным в приложении I.

Теперь, когда нам известна вся недостающая информация о треке вторичного мюона, перейдем к описанию методики определения поправок к пространственному положению трековых детекторов. При геодезических измерениях координат $\{R_k^c, Z_k^N\}_{k=1}^N$ мюонных детекторов присутствуют ошибки измерений ΔR_k и Δz_k для каждого k -го слоя. Поэтому более точные значения координат плоскостей запишутся так: $\{R_k^c + \Delta R_k, Z_k + \Delta z_k\}_{k=1}^N$, а (1), соответственно, примет следующий вид:

$$\begin{aligned} x_k &= x_0 + (z_k - z_0 + \Delta z_k) \operatorname{tg} \theta \cos \varphi + \Delta R_k \cos \varphi = a_x (z_k + \Delta z_k) + b_x, \\ y_k &= y_0 + (z_k - z_0 + \Delta z_k) \operatorname{tg} \theta \sin \varphi + \Delta R_k \sin \varphi = a_y (z_k + \Delta z_k) + b_y. \end{aligned} \quad (2)$$

Для определения поправок $\{\Delta z_k, \Delta R_k\}_{k=1}^N$ нам потребуется набор из некоего числа N_1 треков, для каждого из которых известны координаты точек трека $\{z_{ki}\}_{k=1, i=1}^{N_k, N_1}$ и углы $\{\theta_i, \varphi_i\}_{i=1}^{N_1}$ вылета вторичного мюона из мишени. Для каждого из N_1 треков определим набор неизвестных параметров: $\{a_i^x, b_i^x, a_i^y, b_i^y, x_{0i}, y_{0i}, z_{0i}\}_{i=1}^{N_1}$. Составим следующие функционалы:

$$\begin{aligned} \chi_k^2 &= \sum_{i=1}^{N_1} [\Delta X_{ki} + \cos \varphi_i \Delta R_k + (\operatorname{tg} \theta_i \cos \varphi_{ki} - a_i^x) \Delta z_k]^2, \\ \chi_k^2 &= \sum_{i=1}^{N_1} [\Delta Y_{ki} + \sin \varphi_i \Delta R_k + (\operatorname{tg} \theta_i \sin \varphi_{ki} - a_i^y) \Delta z_k]^2, \end{aligned} \quad (3)$$

где введены обозначения:

$$\begin{aligned} \Delta X_{ki} &= x_{0i} + (z_{ki} - z_{0i}) \operatorname{tg} \theta_i \cos \varphi_i - a_i^x z_{ki} - b_i^x, \\ \Delta Y_{ki} &= y_{0i} + (z_{ki} - z_{0i}) \operatorname{tg} \theta_i \sin \varphi_i - a_i^y z_{ki} - b_i^y. \end{aligned} \quad (4)$$

Дифференцируя (3) по параметрам Δz_k и ΔR_k и приравняв результаты дифференцирования к нулю, получим систему из $2N_k$ уравнений, где N_k - количество суперплоскостей. Разрешим эту систему относительно Δz_k и ΔR_k , учитывая обозначения (4). Окончательно будем иметь:

$$\begin{aligned} \Delta z_k &= \left[\sum_{i=1}^{N_1} \Delta X_{ki} \cos \varphi_i \sum_{i=1}^{N_1} \cos \varphi_i (\operatorname{tg} \theta_i \cos \varphi_i - a_i^x) - \sum_{i=1}^{N_1} \Delta X_{ki} (\operatorname{tg} \theta_i \cos \varphi_i - a_i^x) \sum_{i=1}^{N_1} \cos^2 \varphi_i \right] / D, \\ \Delta R_k &= \left[\sum_{i=1}^{N_1} \Delta X_{ki} (\operatorname{tg} \theta_i \cos \varphi_i - a_i^x) \sum_{i=1}^{N_1} \cos \varphi_i (\operatorname{tg} \theta_i \cos \varphi_i - a_i^x) - \sum_{i=1}^{N_1} \Delta X_{ki} \cos \varphi_i \sum_{i=1}^{N_1} (\operatorname{tg} \theta_i \cos \varphi_i - a_i^x)^2 \right] / D, \end{aligned} \quad (5)$$

где

$$D = \sum_{i=1}^{N_1} (\operatorname{tg} \theta_i \cos \varphi_i - a_i^x)^2 \sum_{i=1}^{N_1} \cos^2 \varphi_i - \left[\sum_{i=1}^{N_1} (\operatorname{tg} \theta_i \cos \varphi_i - a_i^x) \cos \varphi_i \right]^2.$$

Заменяя в (5) ΔX_{ki} на ΔY_{ki} ; a_i^x, b_i^x на a_i^y, b_i^y ; $\cos \varphi_i$ на $\sin \varphi_i$, получим решения линейных уравнений для второго функционала в (3).

Процесс определения поправок носит итерационный характер. На $(l+1)$ -й итерации

$$(z_k^i)^{l+1} = (z_k^i)^l + \Delta z_k^l, \quad (R_k^c)^{l+1} = (R_k^c)^l + \Delta R_k^l \quad (6)$$

и заканчивается, когда

$$|\Delta z_k^{l+1} - \Delta z_k^l| \leq c_1, \quad |\Delta R_k^{l+1} - \Delta R_k^l| \leq c_2, \quad (7)$$

где c_1 и c_2 наперед заданные константы. На первой итерации поправки Δz_k^0 и ΔR_k^0 полагаются равными нулю, а координаты z_k и R_k^c равными геодезически измеренным величинам.

Следует отметить также, что аналогичным способом можно вычислять поправки и к другим не точно определяемым величинам, например, азимутальному углу θ и полярному - φ . Вообще, набор поправок определяется точностью, с которой необходимо рассчитать искомые величины.

Учет углов поворотов суперплоскостей вокруг их центра симметрии

Определим углы поворотов суперплоскостей вокруг осей: $OZ - \Delta \alpha$, $OY - \Delta \beta$, $OX - \Delta \gamma$. Пусть x_c, y_c, z_c - координаты центра симметрии суперплоскости, известные из геодезических измерений. Тогда погрешности в определении x, y - координат трека, связанные с поворотами суперплоскости на малые углы в XYZ - системе установок, запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} \Delta x_k &= (y_k - y_k^c) \Delta \alpha_k + (z_k - z_k^c) \Delta \beta_k, \\ \Delta y_k &= \Delta x_k \Delta \alpha_k + (z_k - z_k^c) \Delta \gamma_k. \end{aligned} \quad (8)$$

Заменяя z_k на $z_k + \Delta z_k$ и пренебрегая членами второго порядка малости, содержащими произведения $\Delta z_k \Delta \alpha_k$, $\Delta \alpha_k \Delta \beta_k$ и т.п., а также, учитывая, что $y_k - y_k^c = (z_k - z_k^c) \operatorname{tg} \theta_1 \sin \varphi_1$, запишем добавочные члены в (4) в виде:

$$\begin{aligned} \Delta x_k &= (z_k - z_k^c) \operatorname{tg} \theta_1 \sin \varphi_1 \Delta \alpha_k + (z_k - z_k^c) \Delta \beta_k, \\ \Delta y_k &= (z_k - z_k^c) \Delta \gamma_k. \end{aligned} \quad (9)$$

Способ определения параметров $\Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \gamma$ и уточнение, в связи с этим, значений поправок Δz и ΔR приведены в приложении II.

Оценки точности определения пространственного положения мюонной системы

Оценим точности, с которыми необходимо знать координаты z_k плоскостей и углы их поворотов $\Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \gamma$ вокруг осей OZ, OY, OX . Будем исходить из того, что требуемая точность определения импульсов вторичных мюонов составляет 0,5-1%, а погрешности в определении геометрических констант не должны приносить в эту величину вклад больший, чем 0,15-0,3%. Оценку точности сделаем на основе алгоритма определения импульса мюона в условиях однородного магнитного поля. В этом случае импульс P определяется формулой:

$$P = c/\theta, \quad \Delta P/P = \Delta \theta/\theta, \quad (10)$$

где $c = 0,03 \int n a l$; $\int n a l = 4000$ кГс·м - отклоняющая сила тороидального магнита при средней величине магнитного поля $n = 20$ кГс и средней длине пролета частицы в поле $L = 20$ м; θ - угол поворота частицы после прохождения ею магнитного поля; $\Delta \theta$ - погрешность в определении угла θ , обусловленная неточным определением пространственного положения трековых детекторов. Учитывая вышесказанное, оценки для погрешностей Δz и ΔR будут иметь следующий вид:

$$\Delta z \approx L \Delta \theta, \quad \Delta R \approx L (\Delta \theta)^2. \quad (11)$$

Приведем следующие соотношения:

$$\begin{aligned} \Delta Y/\Delta X &= \operatorname{tg}(\Delta \alpha/2) \approx \Delta \alpha/2, \quad 2\Delta X/l_x \leq \operatorname{tg} \Delta \alpha \approx \Delta \alpha, \quad \Delta Y \leq \Delta R, \\ \Delta Z/\Delta X &= \operatorname{tg}(\Delta \beta/2) \approx \Delta \beta/2, \quad 2\Delta X/l_z \leq \operatorname{tg} \Delta \beta \approx \Delta \beta, \quad \Delta \gamma = \Delta Y/\Delta Z, \end{aligned} \quad (12)$$

откуда вытекает, что выражения для оценок погрешностей в определении углов поворотов α, β, γ супермодуля вокруг осей OZ, OY, OX представятся так:

$$\begin{aligned} \Delta \alpha &\leq 2\sqrt{\Delta Y/l_x} \leq 2\sqrt{\Delta R/l_x} \approx 2\Delta \theta \sqrt{L/l_x}, \\ \Delta \beta &\leq 2\sqrt{\Delta Z/l_z} \approx 2\sqrt{\Delta \theta L/l_z}, \quad \Delta \gamma \approx \Delta \theta, \end{aligned} \quad (13)$$

где взят максимальный размер поверхности супермодуля, равный $l_x \times l_z = 5,5 \times 2$ м.

Учитывая вышеприведенные значения необходимых для расчетов величин, а также выражения (11)-(13), приведем оценки погрешностей $\Delta z, \Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \gamma$ для диапазона импульсов вторичных мюонов $P = (100 \div 3000)$ ГэВ/с. Они представлены в таблице 1.

Таблица 1

P ГэВ/с	100	500	1000	2000	3000
оценки					
Δz (мм)	72,0	14,4	7,2	3,6	2,4
$\Delta \alpha$ (мрад)	13,7	2,8	1,4	0,7	0,5
$\Delta \beta$ (мрад)	12,0	5,4	3,8	2,7	2,2
$\Delta \gamma$ (мрад)	3,6	0,7	0,4	0,2	0,1

Расчеты проведены для значения $\Delta P/P = 0,3\%$ (погрешность при определении импульса частицы, обусловленная точностью измерения или вычисления геометрических констант). Из таблицы следует, что для определения импульса высокоэнергетичных мюонов углы поворотов детектора в пространстве необходимо знать с очень высокой точностью. Координатные же сдвиги достаточно контролировать с точностью до нескольких миллиметров. Однако при этом надо учитывать, что в таблице приведены исключительно оценочные результаты.

В заключение следует отметить, что основные принципы, заложенные в предлагаемую выше методику определения пространственного положения мюонной системы установки ATLAS, уже были ранее использованы на других установках^{/3/}. Для каждой из них применялась своя, отличная от других, процедура расчета

констант, учитывающая специфику данной установки. При этом алгоритмы, разработанные на основе общей концепции, обеспечили решение главной задачи - достижение высоких разрешающих способностей физического прибора по кинематическим параметрам изучаемых процессов.

Автор благодарит А.П.Чеплакова за прочтение настоящей работы и ценные советы.

Приложение I. Определение параметров трека вторичного мюона

Неизвестные в (1) параметры $(x_{0i}, y_{0i}, z_{0i}, a_i^x, b_i^x, a_i^y, b_i^y)$ для каждого i -го мюонного трека определим путем минимизации функционалов:

$$x\chi_i^2 = \sum_{k=1}^{N_k} (a_i^x z_{ki} + b_i^x - x_{0i} + z_{0i} \operatorname{tg}\theta_i \cos\varphi_i - z_{ki} \operatorname{tg}\theta_i \cos\varphi_i)^2, \quad (П1)$$

$$y\chi_i^2 = \sum_{k=1}^{N_k} (a_i^y z_{ki} + b_i^y - y_{0i} + z_{0i} \operatorname{tg}\theta_i \sin\varphi_i - z_{ki} \operatorname{tg}\theta_i \sin\varphi_i)^2,$$

где N_k - число точек, измеренных на треке; $i = 1, \dots, N_1$; N_1 - количество зарегистрированных треков (всего $2N_1$ функционалов). В (П1) известны переменные z_{ki}, θ_i и φ_i . Дифференцируя (П1) по параметрам $(a_i^x, b_i^x, a_i^y, b_i^y, x_{0i}, y_{0i}, z_{0i})$ и приравнявая результаты дифференцирования к нулю, получим систему из $2N_1$ линейных уравнений. Для первого в (П1) функционала будем иметь:

$$\begin{bmatrix} \sum_k z_{ki}^2 & \sum_k z_{ki} & -\sum_k z_{ki} & \sum_k z_{ki}^2 \\ \sum_k z_{ki} & N_k & -N_k & N_k c_1^x \\ -\sum_k z_{ki} & -N_k & N_k & -N_k c_1^x \\ \sum_k c_1^x z_{ki} & N_k c_1^x & -N_k c_1^x & \sum_k (c_1^x)^2 z_{ki} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_1^x \\ b_1^x \\ x_{0i} \\ z_{0i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_k c_1^x z_{ki}^2 \\ \sum_k c_1^x z_{ki} \\ \sum_k c_1^x z_{ki} \\ \sum_k (c_1^x)^2 z_{ki} \end{bmatrix}, \quad (П2)$$

где $c_1^x = \operatorname{tg}\theta_i \cos\varphi_i$, а суммирование по k ведется от 1 до N_k . Заменяя в (П2) x_{0i} на y_{0i} ; a_i^x, b_i^x на a_i^y, b_i^y ; $\cos\varphi_i$ на $\sin\varphi_i$ и, соответственно, c_1^x на c_1^y , получим для второго функционала в (П1) аналогичную систему линейных уравнений. Разрешая обе системы относительно искомых параметров, мы вычислим координаты точек вылета вторичных мюонов в i -м событии (x_{0i}, y_{0i}, z_{0i}) и параметры их прямолинейных треков в x - и y -проекциях.

Приложение II. Нахождение поправок к углам поворотов суперплоскостей вокруг их центра симметрии

Определение параметров $\Delta\alpha_k, \Delta\beta_k, \Delta\gamma_k$ и уточнение поправок Δz_k и ΔR_k осуществим следующим образом. Как и в случае определения Δz_k и ΔR_k , выполним ту же процедуру с набором статистики из N_1 событий и нахождением неизвестных параметров для каждого i -го прямолинейного трека. Это параметры $[a_i^x, b_i^x, a_i^y, b_i^y, x_{0i}, y_{0i}, z_{0i}]_{i=1}^{N_1}$. Затем, учитывая (7), перепишем функционалы (3) в виде:

$$x\chi_k^2 = \sum_{i=1}^{N_1} [\Delta X_{ki} + \cos\varphi_i \Delta R_k + (\operatorname{tg}\theta_i \cos\varphi_i - a_i^x) \Delta z_k + (z_{ki} - z_k^c) \operatorname{tg}\theta_i \sin\varphi_i \Delta\alpha_k + (z_{ki} + z_k^c) \Delta\beta_k]^2, \quad (П3)$$

$$y\chi_k^2 = \sum_{i=1}^{N_1} [\Delta Y_{ki} + \sin\varphi_i \Delta R_k + (\operatorname{tg}\theta_i \sin\varphi_i - a_i^y) \Delta z_k + (z_{ki} - z_k^c) \Delta\gamma_k]^2.$$

Дифференцируя (П3) по параметрам $\Delta R_k, \Delta z_k, \Delta\alpha_k, \Delta\beta_k$ и $\Delta\gamma_k$ и приравнявая результаты дифференцирования к нулю, получим систему из $2N_k$ линейных уравнений в матричном виде. Решим полученную систему относительно указанных выше параметров, опустив при этом члены второго порядка малости, включающие в себя произведения $\Delta R_k \Delta z_k, \Delta z_k \Delta\alpha_k, \Delta\beta_k \Delta\gamma_k$ и т.п. В результате получим следующие выражения для искомых параметров:

$$\begin{bmatrix} \Delta R_k \\ \Delta z_k \\ \Delta\alpha_k \\ \Delta\beta_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i (c_i^x)^2 & \sum_i d_i^x c_i^x & \sum_i c_i^x e_{ki} & \sum_i c_i^x \varepsilon_{ki} \\ \sum_i c_i^x d_i^x & \sum_i (d_i^x)^2 & \sum_i d_i^x e_{ki} & \sum_i d_i^x \varepsilon_{ki} \\ \sum_i c_i^x e_{ki} & \sum_i d_i^x e_{ki} & \sum_i (e_{ki})^2 & \sum_i e_{ki} \varepsilon_{ki} \\ \sum_i c_i^x \varepsilon_{ki} & \sum_i d_i^x \varepsilon_{ki} & \sum_i e_{ki} \varepsilon_{ki} & \sum_i (\varepsilon_{ki})^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\sum_i c_i^x \Delta X_{ki} \\ -\sum_i d_i^x \Delta X_{ki} \\ -\sum_i e_{ki} \Delta X_{ki} \\ -\sum_i \varepsilon_{ki} \Delta X_{ki} \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} \Delta R_k \\ \Delta z_k \\ \Delta\gamma_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i (c_i^y)^2 & \sum_i d_i^y c_i^y & \sum_i c_i^y \varepsilon_{ki} \\ \sum_i d_i^y c_i^y & \sum_i (c_i^y)^2 & \sum_i d_i^y \varepsilon_{ki} \\ \sum_i c_i^y \varepsilon_{ki} & \sum_i d_i^y \varepsilon_{ki} & \sum_i (\varepsilon_{ki})^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\sum_i c_i^y \Delta Y_{ki} \\ -\sum_i d_i^y \Delta Y_{ki} \\ -\sum_i \varepsilon_{ki} \Delta Y_{ki} \end{bmatrix}, \quad (П4)$$

где $c_i^x = \cos\varphi_i$, $c_i^y = \sin\varphi_i$, $d_i^x = \operatorname{tg}\theta_i \cos\varphi_i - a_i^x$, $d_i^y = \operatorname{tg}\theta_i \sin\varphi_i - a_i^y$, $e_{ki} = (z_{ki} - z_k^c) \operatorname{tg}\theta_i \sin\varphi_i$, $\varepsilon_{ki} = z_{ki} - z_k^c$.

Вычисление угловых поправок $\Delta\alpha, \Delta\beta$ и $\Delta\gamma$, как и в случае

определения поправок к пространственным координатам, также осуществляется с помощью итерационных процедур.

Литература

1. ATLAS Letter of Intent, CERN/LHCC/92-4, LHCC/I2 (1992).
2. P.Aurenche et. al. Proceedings of Large Hadron Collider Workshop, edited by G.Jarlskog and D.Rein (Aachen, 4-9 October 1990) CERN 90-10/ESFA, vol.II, p.83.
3. В.А.Антюхов и др. Сообщение ОИЯИ Р13-84-562, Дубна, 1984.
В.Б.Виноградов и др. Сообщение ОИЯИ 13-84-805, Дубна, 1984.
В.Б.Виноградов и др. Сообщение ОИЯИ Р10-85-77, Дубна, 1985.
Ц.А.Аматуни и др. Препринт ИФВЭ 82-142, Серпухов, 1982.
Р.И.Джелядин и др. Препринт ИФВЭ 84-70, Серпухов, 1984.

Одинцов В.Г.

P1-94-496

Использование прямолинейных треков заряженных частиц для определения пространственного положения мюонных детекторов установки ATLAS

Описана методика и алгоритмы определения параметров пространственного и углового положения мюонной системы установки ATLAS. Параметры определяются методом наименьших квадратов на основе совокупности зарегистрированных прямолинейных треков вторичных мюонов с использованием итерационных процедур.

Работа выполнена в Лаборатории сверхвысоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1994

Перевод автора

Odintsov V.G.

P1-94-496

Rectangular Tracks of Charged Particles for Alignment Determination of ATLAS Muon System

Methods and algorithms determining space and angle position parameters of the ATLAS spectrometer muon system are described. Parameters are found with the least square method using a set of the registered rectangular tracks of secondary muons with iteration procedures.

The investigation has been performed at the Laboratory of Particle Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1994