

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄ ՆԱՍՏԻՆԱԿԱՆ ԿՈՄՄՈՒՆԻՍՏԻԿԱՆ ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ

ЕФИ—113(75)

Կ.Ա.ԱՄՐՅԱՆ, Դ.Շ.ԶԱԳՐԱԲՅԱՆ, Վ.Մ.ԿՐԻՇՅԱՆ,
Թ.Ն.ՇԱՊՈՇՆԻԿՈՎԱ

ՄԵԹՈԴ ՕՍՏԵՐԵՈՒՄ ԲՐՈՒՆԻՆԻՍԻՆԻՍԻՆԻՍ
ԿՈՐԴԻՆԱՏ ԿՐԱԿՏՈՐԻՆԻ, ԵՏԼԻ ԲԱԶԱ
ՏԵՐԵՈՍԱՐԻ ՆԵԻԶՎԵՏՆԱ



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Научное сообщение ЕФИ-113(75)

К.А.АМРОЯН, Д.Ш.ЗАГРАБЯН, В.М.КРИЩЯН,
Т.Н.ШАПОШНИКОВА

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ
КООРДИНАТ ТРАЕКТОРИИ, ЕСЛИ БАЗА СТЕРЕОПАРЫ
НЕ ИЗВЕСТНА

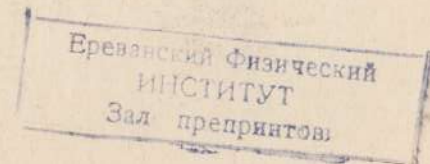
Ереван 1975

Ереванский Физический
ИНСТИТУТ
Зал препринтов

На высокогорной космической станции "Арагац" Ереванского физического института установлен вертикальный магнитный спектрометр.¹ В силу конструктивных особенностей установки и магнита фотографирование приходится делать в плоскости, перпендикулярной плоскости максимального магнитного отклонения. В такой ситуации для увеличения максимально измеримого импульса большое значение имеет увеличение точности измерения глубинной координаты.

Специально изготовленные фотоаппараты дают возможность определить глубинную координату с точностью 0,2 мм при стереобазе 1600 мм. Но для того, чтобы выдержать и сохранить эту базу в продолжении всего эксперимента, аппараты должны быть установлены на общем фундаменте, который не будет искажаться от температуры, времени и т.п.² Все это связано с большими техническими трудностями, поэтому было принято решение идти по совершенно иному пути.

На прижимном стекле фотоаппарата имеются 6 реперов, которые предназначены для определения усадки пленки. Имеются жестко закрепленные с фотоаппаратом специальные оптические устройства, дающие возможность установить плоскости прижимных стекол в стереопарах в одной плоскости с точностью не хуже 10 сек и известно положение оптического центра фотоаппарата относительно реперных меток на прижимном стекле с точностью 10 микрометров. Все это было использовано для восстановления пространственной картины.



Для связи фотоаппарата с установкой служат пространственные реперы. В качестве пространственных реперов служат 4 натяннутые нити, протянутые через отверстия, просверленные в двух толстых стальных плитах на координатном станке. Плиты размещаются над и под установкой на расстоянии 5 м и нити практически можно считать параллельными. Они перекрещиваются без касания четырьмя горизонтально протянутыми нитями, точки пересечения освещаются и фотографируются вместе со всей установкой. Эти реперные метки служат для увязки системы фотографирования и установки.

На рис.1 приводится общая схема установки.

На рис.2 изображен кадр, снятый одним объективом стереопары. В кружочки заключены реперы, нанесенные на прижимное стекло, сплошной линией — реперы, расположенные перед искровой камерой, пунктиром — реперы за искровой камерой. Как было сказано выше, смещение искровой камеры не влияет на положение реперов. Реперы перед искровой камерой расположены строго в одной плоскости, так как находятся на параллельных прямых. То же можно сказать и про задние реперы.

В паспорте каждого фотоаппарата указано точное положение оптического центра относительно реперов, нанесенных на прижимное стекло. На кадре эти реперы фотографируются вместе с пространственными реперами. Координатной системой отсчета для всей установки служит система координат, связанная с реперами 1 и 2 для стереопары над магнитным полем и 1' и 2' для стереопары под магнитным полем. Расстояние между этими реперами измерено с точностью 0,1 мм в натуре. Замерив это же расстояние на пленке, получаем масштаб фотографирования для плоскости, проходящей параллельно плоскости пленки через прямую, соединяющую центры реперов 1 и 2. Эту плоскость в дальнейшем будем называть реперной.

Система координат выбирается следующим образом: начало координат размещается в центре репера 1, ось X направлена по линии, соединяющей центры 1 и 2 реперов, ось Y лежит в реперной плоскости перпендикулярно оси X, ось Z перпендикулярна этой плоскости. Направления осей выбраны так, чтобы составить праввинтовую систему.

Зная положение оптического центра фотоаппарата относительно реперов прижимного стекла и имея на кадре реперы прижимного стекла с координатными реперами, не представляло особого труда вычислить координаты оптического центра каждого из аппаратов относительно выбранной системы координат.

Известно, что оптическая ось пересекает плоскость пленки в точке A, расположенной на линии, соединяющей реперы 3, 4 на расстоянии 20 мм.

После несложных геометрических преобразований получаем координаты точки пересечения оптической оси фотоаппарата с плоскостью реперов.

$$X_{опт.} = (X_4 \pm \frac{l}{\sqrt{1+k^2}}) \omega,$$

$$Y_{опт.} = (Y_4 \pm \frac{lh}{\sqrt{1+k^2}}) \omega,$$

где

$$k = \left(\frac{y_3 - y_4}{x_3 - x_4} \right),$$

ω — масштаб фотографирования,

x_3, y_3, x_4, y_4 — координаты центров реперов 3 и 4 соответственно (см. рис.2) в системе координат, связанной с установочными реперами.

Как было сказано выше, в паспортных данных фотоаппаратов приводятся расстояния оптических центров фотоаппаратов от плоскости пленки. Зная масштаб фото-

графирования для плоскости реперов, можем получить расстояние от оптического центра фотоаппарата до плоскости реперов, это расстояние является третьей координатой оптического центра фотоаппарата.

Все измерения, необходимые для определения координат оптического центра фотоаппаратов, занимают мало времени и могут быть повторены в любой момент во время серийных измерений, т.е. в любое время можно проверить, насколько изменилось положение оптического центра фотоаппарата относительно системы реперов.

Имея координаты оптического центра двух фотоаппаратов стереопары в одной и той же системе координат и две центральные проекции траектории на плоскость реперов, восстанавливаем пространственную картину прохождения частицы в искровой камере.

На рис.3 представлена схема пространственного восстановления. На этой схеме $A_1 B_1$ - центральная проекция трека на плоскость реперов с центром в точке Φ_1 , где находится оптический центр первого фотоаппарата, $A_2 B_2$ - центральная проекция того же трека на плоскость реперов с центром уже в точке Φ_2 /оптический центр второго фотоаппарата стереопары/.

Плоскости $M_1 N_1 \Phi_1$ и $M_2 N_2 \Phi_2$ являются плоскостями фотографирования трека первым и вторым фотоаппаратами соответственно. На пленке для каждого фотоаппарата имеем изображение пересечения этих плоскостей с плоскостью пленки и изображение двух реперных меток 1 и 2.

На сканирующем полуавтомате измеряются точки на реперных метках и на изображении трека. По вычисленным координатам центров реперов создается система координат с началом в центре 1 репера с осью X, направленной от репера 1 к 2. Вычисляется уравнение проекции траектории. Те же измерения делаются и для проекции 2.

Затем проводятся плоскости через оптический центр фотоаппарата и соответствующую проекцию трека на плос-

кость реперов.

Прямая пересечения этих двух плоскостей является действительным пространственным положением трека.

Если координаты оптического центра первого фотоаппарата обозначить X_{onm1} , Y_{onm1} , Z_{onm1} , а второго X_{onm2} , Y_{onm2} , Z_{onm2} уравнение трека на первой проекции

$$Y = h_1 X + a_1 ; Z = 0 ,$$

уравнение трека на второй проекции

$$Y = h_2 X + a_2 ; Z = 0 ,$$

тогда уравнение плоскости, проходящей через оптический центр первого фотоаппарата и первую проекцию трека будет:

$$h_1 Z_{onm1} X - Z_{onm1} Y + \omega_1 Z + a_1 Z_{onm1} = 0$$

и соответственно, уравнение плоскости, проходящей через оптический центр второго фотоаппарата и вторую проекцию трека:

$$h_2 Z_{onm2} X - Z_{onm2} Y + \omega_2 Z + a_2 Z_{onm2} = 0 ,$$

где

$$\omega_1 = h_1 X_{onm1} - Y_{onm1} + a_1$$

$$\omega_2 = h_2 X_{onm2} - Y_{onm2} + a_2 .$$

Тогда уравнение трека в выбранной нами системе координат будет:

$$Z = [(k_2 - k_1)X + (a_2 - a_1)] \frac{Z_{01m1} \cdot Z_{01m2}}{\eta}$$

$$y = \frac{k_2 Z_{01m2} \omega_1 - k_1 Z_{01m1} \omega_2}{\eta} X + \frac{a_2 Z_{01m2} \omega_1 - a_1 Z_{01m1} \omega_2}{\eta}$$

где

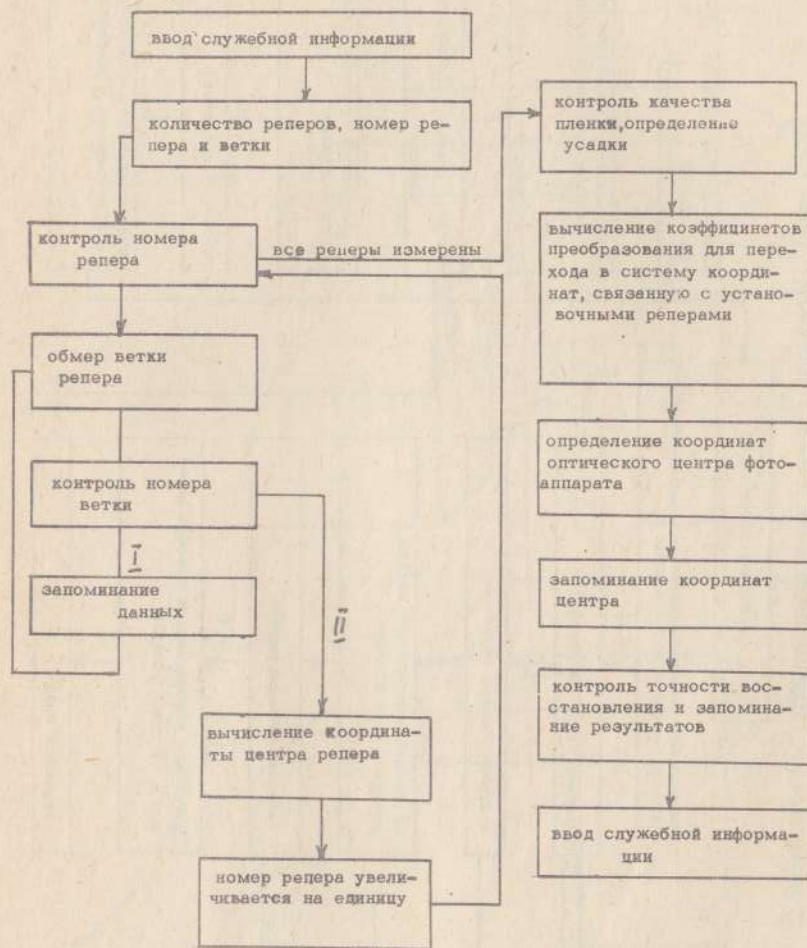
$$\eta = \omega_1 Z_{01m2} - \omega_2 Z_{01m1}$$

Настоящий метод удобен тем, что во время измерений кадра достаточно обмерить 2 репера и интересующий нас трек на каждой проекции. А известно, что процесс обмера реперов на полуавтоматах самый трудоемкий процесс.

Остальные реперные метки используются для контроля программ и качества обработки. Через каждую пару реперов, неиспользуемых как координатные проводится прямая. Восстанавливается пространственное положение этой прямой по всей программе пространственного восстановления и сравнивается с известными параметрами подвешенной струны. Повторив многократно эти измерения, можно периодически проверять работу программы и точность используемых параметров.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить свою благодарность Матевосяну Э.М. за постоянный интерес к работе, а также коллективу ВЦ за содействие при работе на ЭВМ.

Рукопись поступила 30-го января 1975г.



ПРОГРАММЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ ТРАЕКТОРИИ
БЛОК-СХЕМА

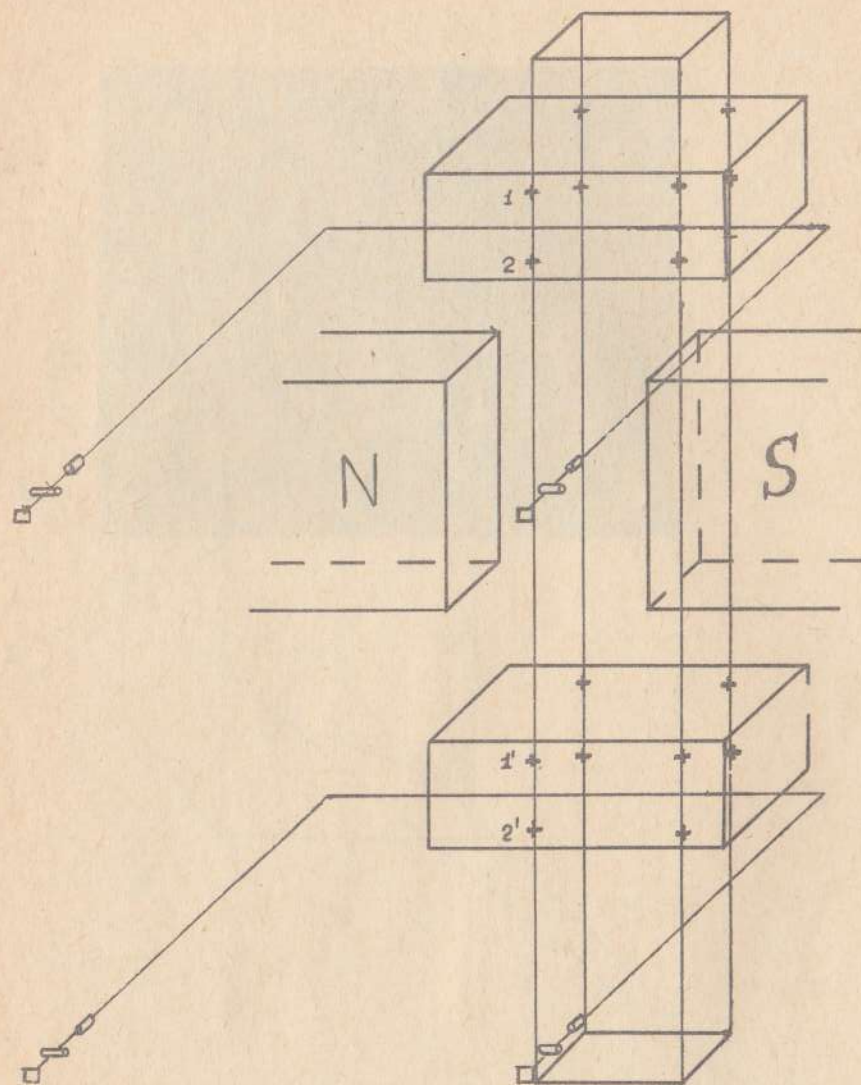
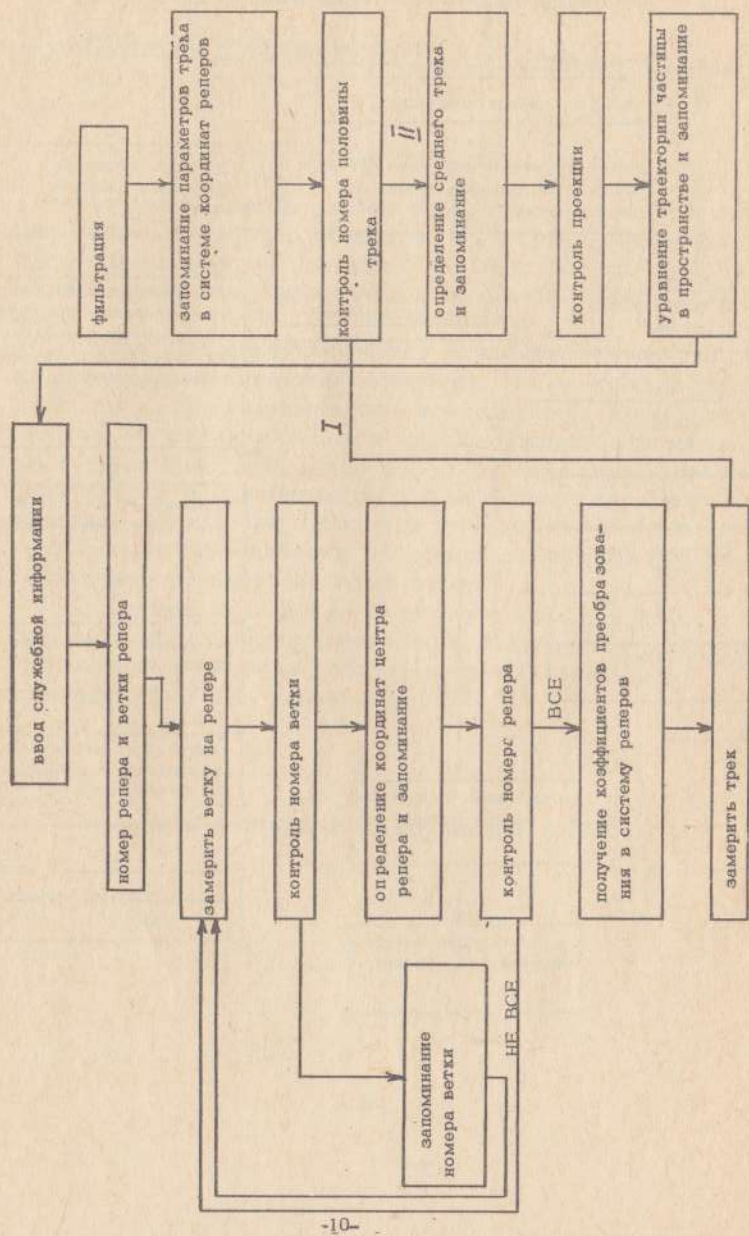


Рис.1

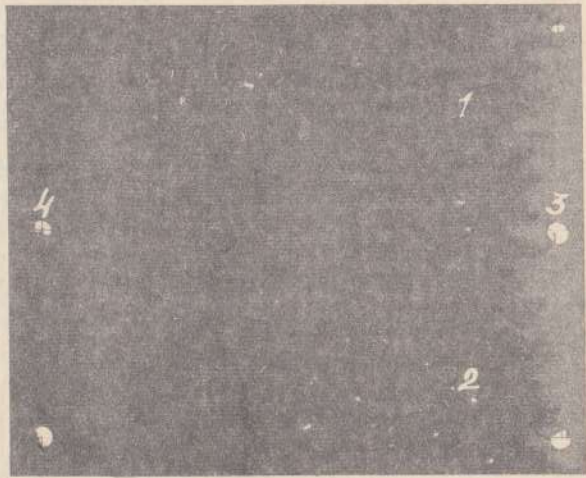
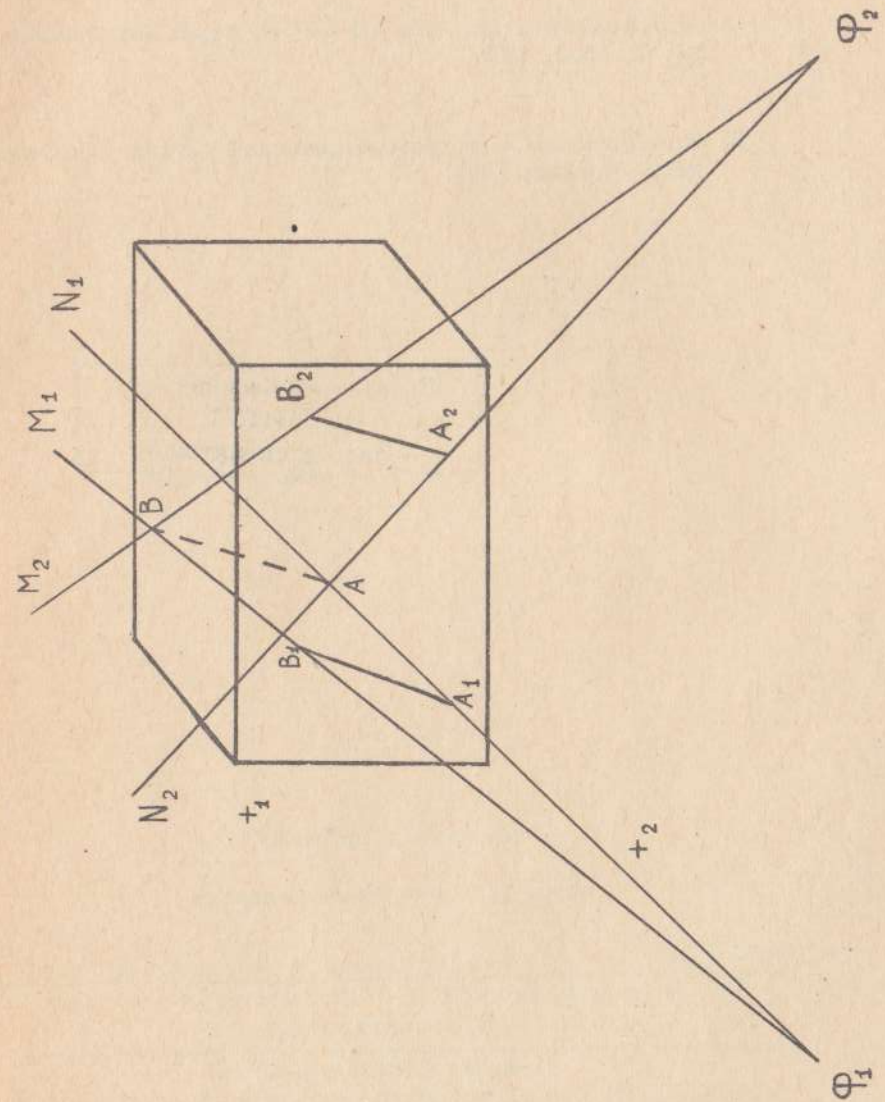


Рис. 2



ЛИТЕРАТУРА

1. В.В.Авакян и др. Изв. АН СССР, серия физическая, 37, 7, 1503, 1973.
2. М.М.Русинов. Фотограмметрическая оптика. Геодезиздат, Москва, 1962.

Ереванский Физический
ИНСТИТУТ
Зал преприатов

Редактор Л.П.Мукаян

технич.редактор А.С.Абрамян

Заказ 130 ВФ- 03307 Тираж 299
Подписано к печати 28/1У-75г. Формат издания 30х40
1,0 уч.изд.л. Ц. 7 к.

Отпечатано на ротапринте
Ереванского физического института, Ереван-36, пер. Маркяна 2