

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

4548/2-80

22/9-80

13-80-443

В.В.Вишняков, А.Г.Гальперин, И.Л.Писарев

ОБ УЧЕТЕ ОПТИЧЕСКИХ ДИСТОРСИЙ
СПЕКТРОМЕТРА МИС ОИЯИ

1980

Вишняков В.В., Гальперин А.Г., Писарев И.Л.

13-80-443

Об учете оптических дисторсий спектрометра МИС ОИЯИ

Рассмотрено влияние оптических дисторсий искровых камер на точностные характеристики спектрометра МИС ОИЯИ. Показано, что учет оптических дисторсий искровых камер уменьшает величину систематических смещений координат искр в камерах спектрометра, а также величину ошибки при определении глубинного угла. Отношения соответствующих величин после и до учета оптических дисторсий составляют примерно 0,5 для пространственных координат и 0,75 для глубинного угла, а отношения величин систематических ошибок к статистическим при этом примерно равны 0,25 для y -координаты и 0,5 для z -координаты. Проведенное разделение вклада в оставшиеся величины систематических смещений неточностей, связанных с восстановлением в пространстве реперных меток и неполным учетом оптических дисторсий, позволяет в принципе дополнительно уменьшить величины систематических смещений и ошибки глубинного угла для треков частиц, проходящих в центральной области спектрометра.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1980

Vishnyakov V.V., Galperin A.G., Pisarev I.L.

13-80-443

On the Effect of Optical Distortions of JINR Magnetic Spark Spectrometer

The effect of optical distortions of spark chambers on the

Вопросы оценок точностных характеристик магнитного искрового спектрометра МИС ОИЯИ^{1/} были рассмотрены в ряде работ^{2,3/}. Основным детектирующим элементом спектрометра является оптическая искровая камера /ОИК/. Из результатов работы^{2/} следует, что учет оптических дисторсий искровых камер позволил бы уменьшить систематические ошибки при определении положения искр.

В настоящей работе рассматривается влияние учета оптических дисторсий ОИК и некоторого уточнения в восстановлении реперных меток в пространстве на величину систематических ошибок спектрометра. Для анализа была использована часть экспериментальных данных, рассматривавшихся в работах^{2,3/}. Геометрическая реконструкция треков проводилась по программе МОГМ1^{4/}, в которую была введена подпрограмма, учитывающая оптические дисторсии ОИК; для статистического анализа использовались программы из работ^{2,3/}.

В оптических искровых камерах спектрометра стенки, через которые производилось фотографирование искр, были выполнены из стекла. Стекла могут иметь оптические дисторсии, наличие которых указывают полученные ранее^{2,3/} результаты изучения систематических ошибок при определении положения искр в пространстве. В данной работе оптическими дисторсиями называются углы непараллельности поверхностей стекол смотровых стенок оптических искровых камер.

Измерения оптических дисторсий стекол камер были выполнены авторами^{5/}. Точность измерений составила $\delta_\alpha \approx 0,12$ мрад. Угол непараллельности α изменялся в пределах от -3 до $+3$ мрад. Измерения проводились вдоль стекла камеры /длина стекла ~ 1 м/ с шагом $s = 1$ см. Всего было проведено около 4000 измерений для всех камер спектрометра. Результаты были использованы при составлении таблицы дисторсий для программы геометрической реконструкции событий МОГМ1.

На рис.1 показан ход световых лучей от искры до объективов через стекла искровых камер. Здесь S_1^* - реальное положение искры в камере, S_2^* - восстановленное положение искры без учета поправок на непараллельность поверхностей стекол.

Поворот луча света, идущего от искры к объективу, из-за непараллельности поверхностей стекла может быть описан формулой

$$\beta = (n - 1) \alpha,$$

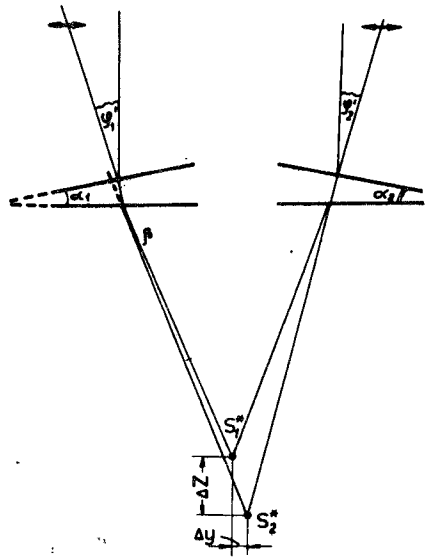


Рис.1. Ход световых лучей от искры до объективов.

где $z_{ст.}$ - расстояние до поверхности стекла ОИК от центра камеры /при выводе этих формул предполагалось, что $\beta \ll \phi$ и $\cos \phi \sim 1$ /. Например, принимая $\alpha_1 = 1$ мрад, $\alpha_2 = 0$, $z_{ст.} = 50$ см, получим $\Delta y = 0,13$ мм и $\Delta z = 0,9$ мм.

Измеренные значения углов непараллельности поверхностей стекол ОИК составили массив из 4060 чисел. Для экономии памяти ЭВМ этот массив был упакован: в одну ячейку машины было помещено 5 чисел. Необходимый для хранения таблицы объем памяти ЭВМ уменьшается, таким образом, примерно на 3000 ячеек, что существенно при работе программ, использующих почти всю доступную программисту память ЭВМ.

При реконструкции искр в пространстве по данным измерений на двух стереопроекциях требуемое значение угла непараллельности поверхностей стекла выбирается из таблицы в соответствии с номером камеры и координатой искры, а следовательно, координатой точки пересечения линии реконструкции с поверхностью стекла. Для промежуточных /относительно таблицы/ значений координат указанной точки величина угла непараллельности находится линейной интерполяцией:

$$\alpha_x = \alpha_i + \frac{(\alpha_{i+1} - \alpha_i)(x - x_i)}{s},$$

где β - угол поворота луча, n - коэффициент преломления и α - угол непараллельности поверхностей стекла на рассматриваемом участке. В нашем случае $n = 1,52$.

Исправленные значения углов

$$\phi = \phi' - \beta$$

использовались в дальнейшем для построения линий реконструкции и нахождения пространственных координат искры. Для точек, находящихся в центре камер, смещения Δy и Δz из-за клиновидности стекол равны

$$\Delta y = \frac{(n-1)(\alpha_1 + \alpha_2)z_{ст.}}{2},$$

$$\Delta z = \frac{(n-1)(\alpha_1 - \alpha_2)z_{ст.}}{2 \sin \phi},$$

где α_x - искомое значение угла непараллельности в точке x , x - координата точки пересечения линии реконструкции с поверхностью стекла, x_i - ближайшее снизу значение координаты точки на стекле, для которой существует измеренное /данное в таблице/ значение угла непараллельности α_i .

На рис.2-6 показаны зависимости систематических отклонений Δy и Δz от номера камеры до /2/ и после учета оптических дисторсий ОИК. Анализировались треки частиц пучка /использованы пленки №649 и №953 /2,3/, экспонированные при выключенном магнитном поле спектрометра, и пленка №954 /2,3/, экспонированная при включенном магнитном поле/. Среднеквадратичные величины $\sigma_{\Delta y}$ и $\sigma_{\Delta z}$ уменьшаются после введения поправок на оптические дисторсии ОИК соответственно с 0,16 мм до 0,08 мм и с 0,80 мм до 0,33 ± 0,40 мм, т.е. в два раза, а в случае с магнитным полем $\sigma_{\Delta z}$ уменьшается с 0,90 до 0,52 мм. Полученные значения величин $\sigma_{\Delta y}$ и $\sigma_{\Delta z}$ зависят от неполного учета оптических дисторсий ОИК и неточности восстановления реперных меток спектрометра. Для разделения этих двух эффектов была использована следующая процедура. В каждом блоке спектрометра /блок состоит из десяти камер/ по найденным значениям Δy_i и Δz_i проводилась подгонка прямой линией /эти линии показаны на рис.2-5/. Далее вычислялись отклонения $\Delta y'_i$ и $\Delta z'_i$ от найденных отрезков прямой линии и эти отклонения приписывались неучтенным оптическим дисторсиям /величины $\sigma'_{\Delta y}$ и $\sigma'_{\Delta z}$ /.

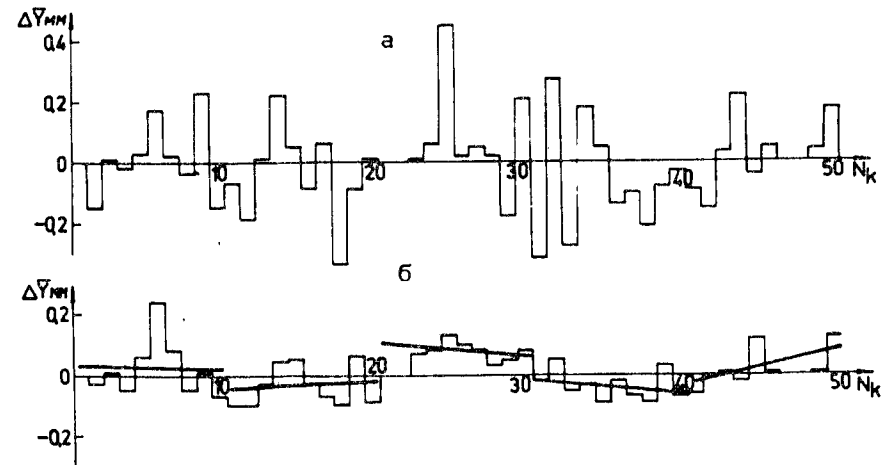


Рис.2. Зависимость систематических отклонений Δy от номера камеры до /а/ и после /б/ учета оптических дисторсий /пленка №649/.

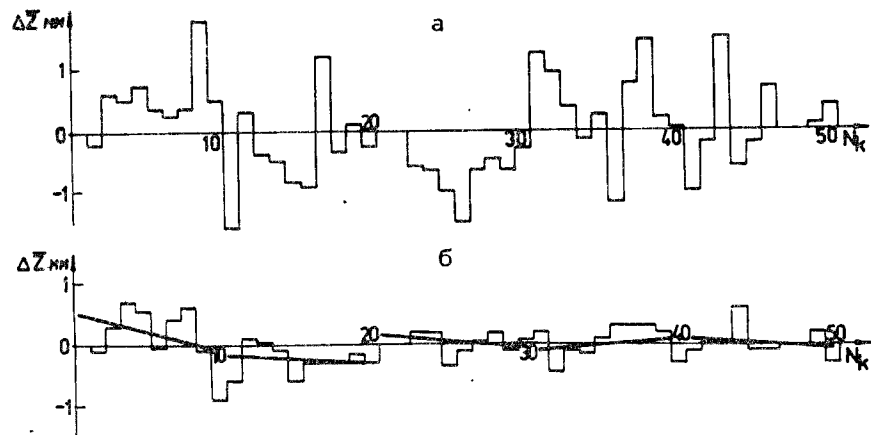


Рис.3. Зависимость систематических отклонений $\overline{\Delta z}$ от номера камеры до /а/ и после /б/ учета оптических дисторсий /пленка №649/.

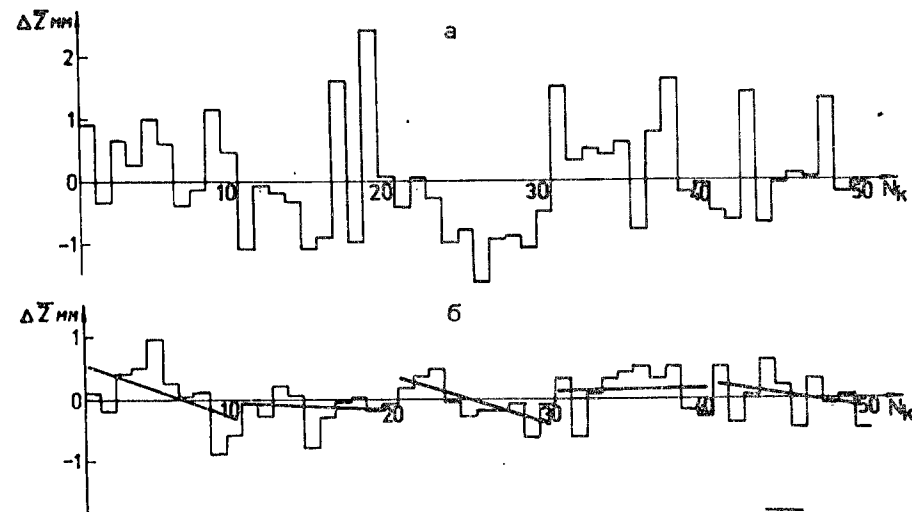


Рис.5. Зависимость систематических отклонений $\overline{\Delta z}$ от номера камеры до /а/ и после /б/ учета оптических дисторсий /пленка №953/.

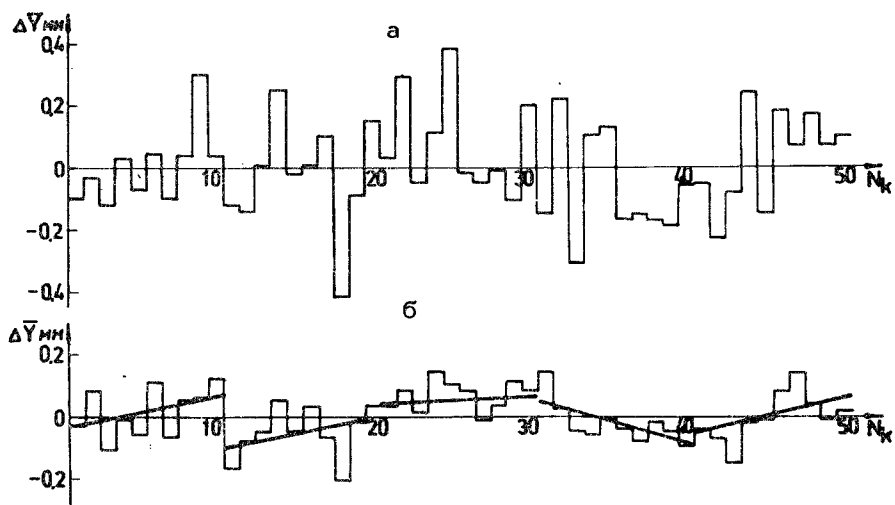


Рис.4. Зависимость систематических отклонений $\overline{\Delta y}$ от номера камеры до /а/ и после /б/ учета оптических дисторсий /пленка №953/.

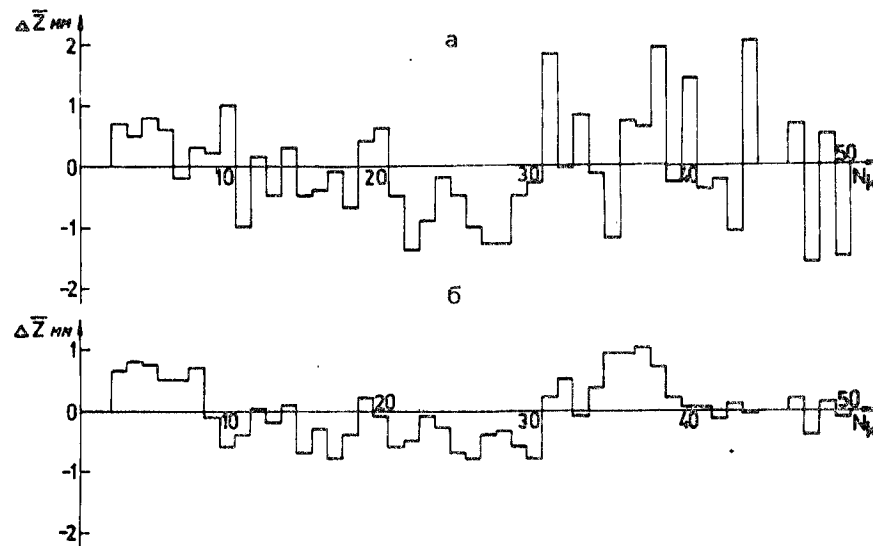


Рис.6. Зависимость систематических отклонений $\overline{\Delta z}$ от номера камеры до /а/ и после /б/ учета оптических дисторсий /пленка №954/.

Таблица

	№649		№953		№954	
	а	б	а	б	а	б
$\sigma_{\Delta y}$, мм	0,16	0,08	0,16	0,08		
$\sigma'_{\Delta y}$, мм		0,06		0,06		
$\sigma''_{\Delta y}$, мм		0,05		0,05		
$\sigma_{\Delta z}$, мм	0,80	0,33	0,79	0,40	0,90	0,52
$\sigma'_{\Delta z}$, мм		0,28		0,35		
$\sigma''_{\Delta z}$, мм		0,19		0,20		
δ_{λ} , мрад	0,12	0,09	0,13	0,10	0,13	0,10
δ_{ϕ} , мрад	0,15	0,14	0,19	0,18		
σ_y , мм	0,28	0,28	0,40	0,40	0,19	0,19
σ_z , мм	0,57	0,57	0,71	0,71	0,65	0,64

а отклонения отрезков прямой линии от подгоночной прямой по всему спектрометру / $\sigma_{\Delta y}$ и $\sigma_{\Delta z}$ / были связаны с неточностью восстановления реперных меток. Величины $\sigma'_{\Delta y}$, $\sigma''_{\Delta y}$, $\sigma'_{\Delta z}$, $\sigma''_{\Delta z}$ приведены в таблице / а - до введения поправок, б - после введения поправок на оптические дисторсии стекол/. Здесь же показаны средние величины ошибок измерения глубинного и азимутального углов δ_{λ} , δ_{ϕ} и статистические ошибки σ_y и σ_z . Как видно из таблицы, влияние оптических дисторсий ОИК на величину систематических отклонений Δy и Δz характеризуется соответственно значениями $\sigma'_{\Delta y} = 0,06$ мм и $\sigma'_{\Delta z} = 0,28 \pm 0,35$ мм, а вклад эффекта, связанного с неточным восстановлением реперных меток в пространстве, составил $\sigma''_{\Delta y} = 0,05$ мм и $\sigma''_{\Delta z} = 0,20$ мм.

На рис. 7 показаны распределения ошибок при измерении глубинного угла λ до /б/ и после /а/ введения поправок на дисторсии. Заметно значительное уменьшение величины ошибки глубинного угла δ_{λ} .

Проведенные измерения показали, что учет оптических дисторсий стекол ОИК привел к уменьшению систематических ошибок при определении y- и z-координат искр в пространстве примерно в два раза. При этом отношения величины систематических ошибок к статистическим составили

$$\sigma_{\Delta y} / \sigma_y \sim 1/4 \quad \text{и} \quad \sigma_{\Delta z} / \sigma_z \sim 1/2.$$

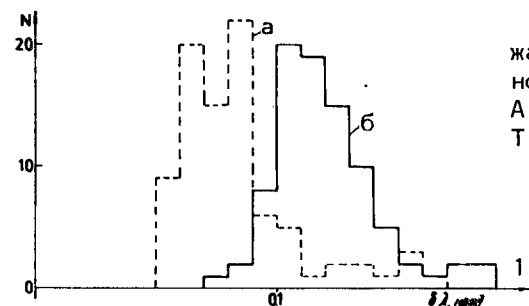


Рис. 7. Распределение ошибки при измерении глубинного угла δ_{λ} до /б/ и после /а/ учета оптических дисторсий.

В заключение авторы выражают благодарность В.Г.Иванову, Л.К.Лыткину, П.Луптаку, А.Ф.Писареву, Я.Ружичке и Т.А.Стриж.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анджеяк Р. и др. ОИЯИ, 13-3588, Дубна, 1967.
2. Вишняков В.В. и др. ОИЯИ, Р1-11321, Дубна, 1978.
3. Вишняков В.В. и др. ОИЯИ, Р1-11538, Дубна, 1978.
4. Вишняков В.В. и др. ОИЯИ, Р10-12094, Дубна, 1979.
5. Журавик А. и др. ОИЯИ, Р13-11016, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 июня 1980 года.

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