

4193 / 2-77

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



17/x-77

Ц 845  
Д-458

P10 - 10798

Н.Д.Дикусар, В.И.Мороз

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ  
СКАНИРУЮЩИМ АВТОМАТОМ НРД  
РЕПЕРНЫХ КРЕСТОВ НА СНИМКАХ С МИС ОИЯИ

**1977**

P10 - 10798

Н.Д.Дикусар, В.И.Мороз

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ  
СКАНИРУЮЩИМ АВТОМАТОМ НРД  
РЕПЕРНЫХ КРЕСТОВ НА СНИМКАХ С МИС ОИЯИ

Общество с ограниченной  
ответственностью  
«БИБЛИОТЕКА»

Дикусар Н.Д., Мороз В.И.

P10 - 10798

Экспериментальное исследование точности измерения сканирующим автоматом HPD реперных крестов на снимках с МИС ОИЯИ

Проведенное исследование показало, что искажение пленок МИС в процессе фотографирования и измерений носит достаточно простой характер и может быть легко учтено.

После математической компенсации искажений наложение друг на друга 1500 измерений кадров одной пленки дает разброс реперов  $\sigma_x \approx \sigma_y \leq 3$  мкм.

В исследовании использовалось 40 реперов, равномерно размещенных на всем поле кадра.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Dicusar N.D., Moroz V.I.

P10 - 10798

Experimental Investigation of FSD - Precision in the Processes of Measuring of MIS (JINR) Fiducials

The investigation demonstrated, that the distortions of the MIS JINR film in photo and measuring (FSD) processes are simple enough and it is easy to take it into account.

After a mathematical compensation of distortions, the dispersion of fiducials is  $\sigma_x \approx \sigma_y \leq 3$  microns (~1500 measured projections, 40 fiducials on each).

The investigations has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

Использование фотопленки как носителя аналоговой информации /изображения/ требует исследования факторов, вносящих искажения, и применения специальных мер, направленных как на уменьшение, так и на компенсацию искажений.

Применительно к измерению фотографий с трековых камер на сканирующем автомате HPD эти проблемы обсуждались в работах <sup>/1+5/</sup>. Отмечалось <sup>/3/</sup>, что:

1. Пленка может быть деформирована /упруго/ в फिल्मовом канале фотоаппарата;
2. Возможна неупругая деформация пленки при проявлении и сушке;
3. Пленка может деформироваться в फिल्मовом канале измерительного прибора.

Эти замечания носят общий характер. Конструкция прибора HPD / MARK-2 , SOGENIQUE / позволяет конкретизировать (3). Деформация пленки в फिल्मовом канале HPD связана со следующими факторами:

- а/ перекосом ведущих кабестанов (CAPSTAN) и роликов <sup>/1/</sup>;
  - б/ рассогласованием во времени между работой механизма фиксации пленки и ее протяжкой кабестанами <sup>/1/</sup>;
  - в/ неоднородностью подложки фильма <sup>/5/</sup>.
- В дополнение к а/ и б/ отмечается
- г/ частичное проскальзывание пленки около краев призмы в процессе измерений /проскальзывание приводит к неравномерному растяжению кадра/;
  - д/ деформация пленки при ее выравнивании.

Общепринятая методика анализа искажений на снимке состоит в сравнении измеренных координат реперных

крестов на данном снимке с эталонным набором. При этом производится подгонка МНК измеренного набора к эталонному с использованием линейного преобразования с шестью коэффициентами. Опыт показывает, что в большинстве случаев даже после тщательного устранения погрешностей, отмеченных в а/ и б/, остается общая деформация кадра /искривление/, значение которой может быть оценено по величине стрелы прогиба /сагитта/ на измеряемой длине кадра /120 ± 150 мм/.

В различных экспериментальных условиях сагитта оказывалась равной:

- 12 мкм, НРД 2, ЦЕРН /пленка на основе майлара/ <sup>1/4</sup>;
- 21 мкм, НРД 2, ЦЕРН /пленка на ацетатной основе/ <sup>1,3/</sup>;
- /5-15/ мкм, НРД, ЦЕРН;
- /10-20/ мкм, НРД <sup>5/</sup>;
- 2 мкм /после изменения системы фиксации и выравнивания пленки на призме/, НРД, ВНИ <sup>4/</sup>.

Приведенные выше величины сагитты на пленке нужно сравнивать с величиной погрешности определения координат реперных крестов, которая оценивается как 3 мкм <sup>2,3/</sup>.

Конструкция НРД такова, что искажения, вносимые оптическим каналом, компенсируются. Проверки, проводившиеся на репликах с точных оптических сеток, нанесенных на стекло <sup>1/</sup>, или с самими сетками на стекле <sup>4/</sup>, показывали, что оптический канал НРД (MARK-2) не вносит ложной кривизны в измерения; соответственно отсутствует вклад в сагитту, связанный с оптическим каналом НРД.

В ОИЯИ основным измерительным прибором для снимков с пятиметрового магнитного искрового спектрометра /МИС/ <sup>6/</sup> является сканирующий автомат /MARK-2, SOGENIQUE/, для которого проведено экспериментальное исследование повторяемости измерений реперных крестов на снимках МИС.

Рабочий объем спектрометра фотографируется на фотопленку шириной 35 мм с лавсановой подложкой толщиной 65 мкм. Длина отдельного кадра составляет 150 мм, и еще 20 мм занимают стоп-метки Бреннера вместе с блоком служебной информации /см. рис. 1/.

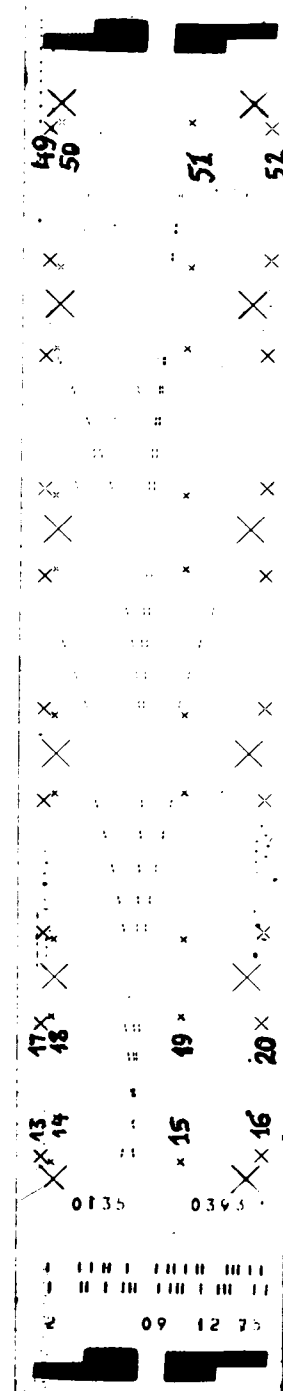


Рис. 1. Снимок с магнитного искрового спектрометра ОИЯИ. /Числами отмечена нумерация реперных крестов/.

На снимке ясно видно три типа реперных крестов. 12 самых больших /по размерам/ реперных крестов нанесены на прижимное стекло фотоаппарата. Эти реперные кресты не используются в программе геометрической реконструкции. Внешнее ориентирование стереофотоаппарата осуществляется по 20 средним и 20 малым реперным крестам. Эти кресты расположены на верхней и нижней плоскостях, ограничивающих рабочий объем спектрометра<sup>/6/</sup>. Соотношение длин плеч реперных крестов на снимке составляет 2:1:0,4.

При исследовании точности НРД использовался /в основном/ набор реперных крестов внешнего ориентирования.

Алгоритмы процедуры опознавания реперных крестов по измерениям на НРД изложены в работах<sup>/8,9/</sup>.

Дисперсия ( $\sigma^2$ ) координаты восстановленного центра реперного креста обратно пропорциональна числу отсчетов НРД на плече реперного креста, поэтому во всех расчетных формулах веса реперных крестов были приняты  $W = 1$  /для средних крестов/ и  $W = 0,4$  /для малых крестов/.

*1. Среднеквадратичная ошибка определения координат центра реперного креста /среднего по размеру/ при многократном измерении одного и того же кадра*

Для определения этой величины был проделан следующий эксперимент. Один из кадров, без видимых искажений, был многократно просканирован на НРД в условиях постоянной нормальной фиксации на измерительной призме НРД. По результатам каждого  $j$ -го сканирования /  $j \leq 80$  / определялся набор координат реперных крестов  $(x, y)_{ij}$ ,  $i = 1, 2, \dots, 40$ . Для каждого набора вычислялись 6 коэффициентов линейного преобразования и 3 коэффициента квадратичного преобразования по оси  $y$ , которые дают в смысле МНК наилучшее согласование с некоторым исходным эталоном. Полученные после преобразования координаты набора усреднялись по всем  $j$ ,

в результате чего получался эталон данного кадра. Затем снова вычислялись 6+3 коэффициента для каждого сканирования и среднеквадратичное отклонение от эталона кадра, которое оказывалось равным 3,0 мкм по оси  $x$  и 3,1 мкм по оси  $y^*$ , /Величины приведены для отдельного измерения. При их вычислении внесена поправка на количество коэффициентов, использованных при подгонке/.

Для проверки повторяемости полученных результатов этот же кадр был еще раз многократно просканирован в другой день. Сравнение двух эталонов кадра показало, что они отличаются меньше чем на 1 мкм на всех реперных крестах.

*2. Процедура математической компенсации деформации пленки*

Если в описанной выше процедуре ограничиться только линейными преобразованиями /6 коэффициентов/ и применить ее для выработки эталона по серии измерений различных кадров, то среднеквадратичная ошибка резко увеличивается до /7÷15/ мкм и становится непостоянной на поле кадра, что указывает на наличие нелинейных искажений фильма.

Эти эффекты уменьшаются после тщательной юстировки кабестанов и роликов фильмового канала НРД, но остаются на уровне, значительно превышающем 3 мкм.

Далее излагается процедура, позволяющая определить и математически компенсировать деформацию пленки. Эта процедура распадается на определение эталона по НРД-измерениям  $\{X_E, Y_E\}$ , на определение искривления каждого измеряемого кадра и внесение поправок.

*2.1. Определение эталона НРД*

Для определения набора координат реперных крестов, который в дальнейшем мы будем называть эталоном

\*Эти величины зависят от качества кадра; в данном случае они определялись для кадра №398 на пленке №649.

HPD  $\{X_E, Y_E\}$ , исходным является набор координат реперных крестов на снимке  $\{X_{\text{ПУОС}}, Y_{\text{ПУОС}}\}$ , удовлетворяющий требованиям программы геометрической реконструкции, и координаты всех реперов на всех измеренных на HPD кадрах данной пленки. Непосредственное использование набора  $\{X_{\text{ПУОС}}, Y_{\text{ПУОС}}\}$  вместо  $\{X_E, Y_E\}$  может привести к увеличению среднего "шума"  $\sigma_x, \sigma_y$  реперных крестов, т.к. само определение центра реперного креста, вообще говоря, отличается для различных приборов. Эта разница обычно оценивается в 1/10 ширины тонкого реперного креста на пленке, что составляет  $\sim 2,5 \text{ мкм} / 27$ .

Эталон  $\{X_E, Y_E\}$  определяем следующим образом.

**Шаг 1.** Для каждого  $j$ -ого измеренного кадра определяются 6 коэффициентов /  $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$  /, обращающих в минимум величину

$$\Phi_{ij}^2 = \sum_{i=1}^{40} W_i \{ (X_{\text{ПУОС}} - x'_{ij})^2 + (Y_{\text{ПУОС}} - y'_{ij})^2 \}_i, \quad /1/$$

где

$$x'_{ij} = a_1 x_{ij} + a_2 y_{ij} + a_3, \quad /2/$$

$$y'_{ij} = b_1 x_{ij} + b_2 y_{ij} + b_3,$$

а суммирование по индексу  $i$  означает суммирование по реперным крестам на  $j$ -м кадре /  $x_{ij}, y_{ij}$  - HPD-координаты  $i$ -го реперного креста на  $j$ -м кадре/.

**Шаг 2.** Для тех же измерений определяются коэффициенты  $A, B, C$ , обращающие в минимум величину

$$\Phi_{ij}^2 = \sum_{i=1}^{40} W_i \{ Y_{\text{ПУОС}} - y''_{ij} \}_i^2, \quad /3/$$

$$y''_{ij} = y'_{ij} + \epsilon_y, \quad x''_{ij} = x'_{ij} + \epsilon_x, \quad /4/$$

где

$$\epsilon_y = A(x'_{ij} - \bar{x}'_j)^2 + B(x'_{ij} - \bar{x}'_j) + C, \quad \epsilon_x = -(2A(x'_{ij} - \bar{x}'_j)(y'_{ij} - \bar{y}'_j)), \quad /5/$$

$$\bar{x}'_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} x'_{ij}, \quad \bar{y}'_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} y'_{ij}. \quad /6/$$

Здесь  $n_j$  - число измеренных реперных крестов на  $j$ -м кадре с весом  $W_i > 0$ .

**Шаг 3.** Вырабатывается промежуточный эталон:

$$\{X_E^{(0)}\}_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^N W_j} \frac{\sum_{i=1}^{40} W_{ij} x''_{ij}}{\sum_{i=1}^{40} W_{ij}}, \quad \{Y_E^{(0)}\}_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^N W_j} \frac{\sum_{i=1}^{40} W_{ij} y''_{ij}}{\sum_{i=1}^{40} W_{ij}}, \quad /7/$$

где  $(x''_{ij}, y''_{ij})$  получены по /4/ - /6/.

**Шаг 4.** Получение окончательного эталона выполняется по шагам 1-3 с заменой  $\{X_{\text{ПУОС}}, Y_{\text{ПУОС}}\}$  на  $\{X_E^{(0)}, Y_E^{(0)}\}$ ,

полученный в первой итерации. В результате по формулам /7/ получается искомый эталон  $\{X_E, Y_E\}$ .

При выработке эталона HPD в функционалы /1/ и /3/ входят только те результаты сканирования кадра в целом и опознавания реперных крестов, которые удовлетворяют заранее обусловленным допускам, равным 100 мкм на начальной итерации и 20 мкм на окончательной. На каждом кадре проверяется, лежит ли значение сагитты  $S$  /см. ниже/ в допустимых пределах, в противном случае измерение бракуется.

## 2.2. Математическая компенсация деформации пленки

Математическая компенсация деформации искажений пленки осуществляется преобразованием измеренных координат реперных крестов и искр по формулам /2/ и /4/,

входящие в эти формулы коэффициенты вычисляются с использованием эталона  $\{X_E, Y_E\}$ .

Координаты реперов после внесения поправок обозначим  $(x_{ij}^*, y_{ij}^*)$ , отклонение от эталона HPD - через  $\Delta x_{ij}$ ,  $\Delta y_{ij}$ , где

$$\Delta x_{ij} = x_{ij}^* - X_{Eij}, \quad \Delta y_{ij} = y_{ij}^* - Y_{Eij}. \quad /8/$$

### 3. Экспериментальное определение искажений

#### 3.1. Анализ измерений на HPD

Для оценки искажений на каждом кадре вычислялись следующие величины: сагитта и среднеквадратичные отклонения  $(\sigma_x, \sigma_y)$  измеренных реперных крестов от эталона  $\{X_E, Y_E\}$ , среднеквадратичное отклонение  $\sigma_s$  сагитты относительно среднего и среднеквадратичные ошибки измерения каждого  $i$ -го реперного креста  $(\delta x_i, \delta y_i)$  по формулам /9/ - /12/.

$$S = \frac{1}{2} (\epsilon_{y_{\min}} + \epsilon_{y_{\max}}) - C,$$

где  $\epsilon_{y_{\min}}, \epsilon_{y_{\max}}$  вычислены по /5/ для  $x = \min\{x'_{ij}\}$  и  $x = \max\{x'_{ij}\}$  соответственно.

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (S - \bar{S})^2}, \quad /9/$$

$$D_x = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^{40} W_{ij}} \sum_{i=1}^{40} W_{ij} \Delta x_{ij}^2}, \quad D_y = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^{40} W_{ij}} \sum_{i=1}^{40} W_{ij} \Delta y_{ij}^2}, \quad /10/$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N-4} \sum_{j=1}^N D x_j^2}, \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{1}{N-7} \sum_{j=1}^N D y_j^2}, \quad /11/$$

$$\delta x_i = \sqrt{\frac{W_i}{N-4} \sum_{j=1}^N \Delta x_{ij}^2}, \quad \delta y_i = \sqrt{\frac{W_i}{N-7} \sum_{j=1}^N \Delta y_{ij}^2}. \quad /12/$$

Величина сагитты  $S_j$  и дисперсия  $\sigma_s^2$  /9/ позволяют судить о наличии или отсутствии anomalно больших искажений, связанных с грубыми нарушениями работы фильмопротяжного механизма.

Величины  $Dx_j$ ,  $Dy_j$  и  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  /10,11/ характеризуют среднеквадратичное отклонение измеренных реперов от эталона на кадре  $j$  и среднеквадратичное отклонение от эталона во всем эксперименте.

Величины  $\delta x_i$ ,  $\delta y_i$  характеризуют среднеквадратичную ошибку в измерениях креста  $i$ .

В табл. 1 приведены результаты эксперимента, которые были получены при обработке двух образцов пленки, экспонированных в разных сеансах на МИС, измеренных на HPD в различные дни при различных условиях, включая регламентную переборку фильмового канала HPD.

Таблица 1  
Результаты исследования точности измерения реперных крестов на снимках с МИС ОИЯИ сканирующим автоматом /25, 26, 28 января 1977 года/.

№ пленки	Дата	Проекция	$\sigma_x$ , мкм	$\sigma_y$ , мкм	$\sigma_s$ , мкм	такт $N_j$
649	26.01.77 г.	1	6,8	3,4	3,2	92
		2	4,8	3,3	3,2	48
	Перестройка канала 28.01.77 г.	1	6,3	3,2	2,8	86
		2	5,5	3,7	3,5	83
	28.01.77 г. статика	2	1,5	3,0	3,1	42
			26 на 28"	1	6,6	3,5
393	28 на 26"	2	5,3	4,0	3,5	92
		25.01.77 г.	1	7,7	3,7	3,7

Результаты сравнений по различным дням /в табл. 1 /26 на 28" // показывают, что определенный по изложенной выше процедуре эталон действительно характеризует распределение крестов на данной пленке и в определенных пределах не зависит от конкретной ситуации на НРД или в फिल्मовом канале.

Анализ значений  $\sigma_s$  в таблице показывает, что величина  $\sigma_s$  заметно больше "шума" отдельного измерения, поэтому процедура по применению усредненной поправки, используемая в работе /3/, приведет к потере точности. В нашем случае нужно опознать не менее 75% крестов на каждом из 5 блоков на кадре, что вполне достаточно для определения А, В и С по /3/, а следовательно, и сагитты S. Разброс значений сагитты  $\sigma_s$  соответствует ожидаемому по нашим оценкам, сделанным с учетом условия монтажа и юстировки फिल्मового канала НРД.

Разброс сагитт, полученный при обработке неподвижного кадра /статика, 28.01.77 г./ составляет 1,5 мкм, что находится в пределах, обусловленных точностью самих измерений\*. Абсолютная величина самой сагитты в данном случае незначительна, т.к. в качестве исходного эталона брался некоторый промежуточный результат, не являющийся базовым набором крестов для геометрической программы.

Можно также заметить, что при контроле за качеством измерения в процессе сканирования на НРД величина сагитты S не должна заметно отличаться от  $(\bar{S} \pm \sigma_s)$ .

Величины среднеквадратичных ошибок  $\sigma_x, \sigma_y$  /формулы /11/, табл. 1/ практически не превышают достижимой точности измерения отдельного реперного креста /сравнение с неподвижным кадром/ и примерно равны ( $\sigma_x \approx \sigma_y$ ), что указывает на отсутствие искажений по какой-либо из осей.

\* Отсюда следует, что погрешность обсуждаемой процедуры компенсации деформации пленки соответствует ложной кривизне  $5,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1}$  /на пленке/.

Из анализа  $\delta x_i$  и  $\delta y_i$  /табл. 2/ следует, что  
 а/ отсутствуют некомпенсированные систематические искажения по всему полю кадра,  
 б/ статистическая точность постоянна для всего кадра.

Таблица 2  
 Среднеквадратичные отклонения реперов от эталона /данные получены по 563 кадрам пленки №567, проекции №1/

i	10	11	15	16	17	18	19	20	21	22
$\delta x_i$ мкм	2,2	1,8	2,4	2,4	2,6	1,3	1,7	4,5	1,7	1,4
$\delta y_i$ мкм	3,1	3,6	1,6	1,6	2,5	1,9	1,5	2,4	2,0	2,0
$W_i$	1,0	0,4	0,4	1,0	1,0	0,4	0,4	1,0	1,0	0,4

i	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
$\delta x_i$ мкм	3,2	1,4	3,1	1,3	2,2	3,7	1,6	1,4	1,9	1,7
$\delta y_i$ мкм	3,7	1,4	2,1	2,2	1,4	2,1	2,5	1,7	2,1	2,1
$W_i$	0,4	1,0	1,0	0,4	0,4	1,0	1,0	0,4	0,4	1,0

i	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
$\delta x_i$ мкм	2,2	7,0	2,7	2,8	2,0	2,8	1,8	2,0	3,6	1,5
$\delta y_i$ мкм	2,5	4,1	1,8	2,3	2,0	1,8	1,4	2,0	2,1	2,2
$W_i$	1,0	0,4	0,4	1,0	1,0	0,4	0,4	1,0	1,0	0,4

i	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
$\delta x_i$ мкм	4,2	3,7	2,3	1,5	1,8	1,5	2,0	2,0	2,3	2,0
$\delta y_i$ мкм	1,8	2,2	1,4	1,6	2,2	1,6	1,5	2,1	1,6	1,5
$W_i$	0,4	1,0	1,0	0,4	0,4	1,0	1,0	0,4	0,4	1,0



Распределения величин  $S_j$ ,  $Dx_j$  и  $Dy_j$  /формулы /9/-/10/, рис. 2/ компактные и могут служить критериями для оценки качества работы НРД при измерении данного кадра.

### 3.2. Сопоставление измерений на НРД и ПУОСах

Для сравнения одна и та же группа кадров, взятых подряд на двух проекциях пленки №649, была измерена на НРД и ПУОСе.

Фильмовый канал ПУОСа представляет собой два плоских стекла, между которыми зажимается фильм. Фильм перед фиксацией лежит свободно, без натяжения.

Данные измерений на ПУОСе обрабатывались аналогично данным измерений на НРД, отличие состояло только в том, что все веса реперов были положены равными  $1/W=1/$ . Результаты измерений на ПУОСе и на НРД приведены в табл. 3 и на рис. 3.

Таблица 3

Сравнение измерений одних и тех же кадров на ПУОСе и НРД.

пленка 649

№ пр. прибор	проекция 1		проекция 2	
	ПУОС	$\bar{S} = -14$ $\sigma_x = 6.2$	$\sigma_s = 13.9$ $\sigma_y = 5.2$	$\bar{S} = -6.5$ $\sigma_x = 8.9$
НРД	$\bar{S} = -11.$	$\sigma_s = 6.4$ $\sigma_y = 4.4$	$\bar{S} = 4.1$ $\sigma_x = 3.9$	$\sigma_s = 5.4$ $\sigma_y = 4.7$

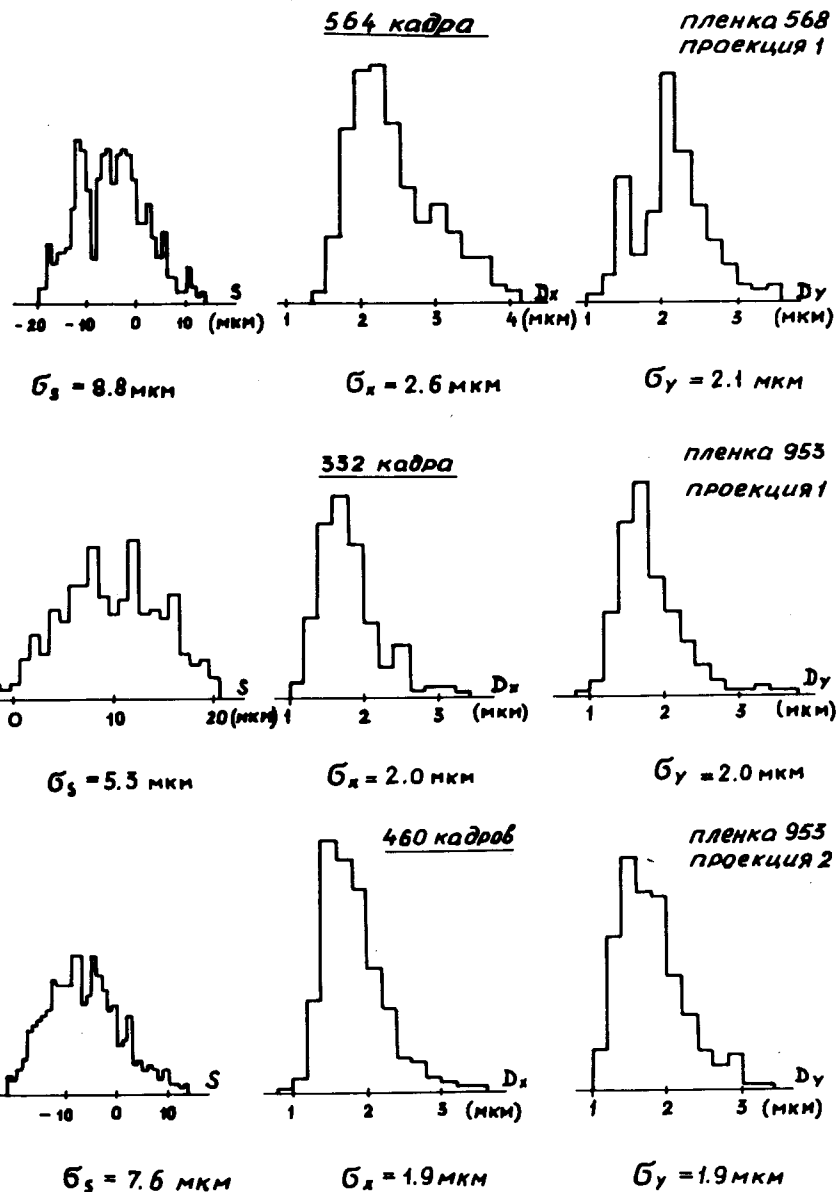


Рис. 2. Распределение измерений по величинам  $S_j, Dx_j, Dy_j$ .

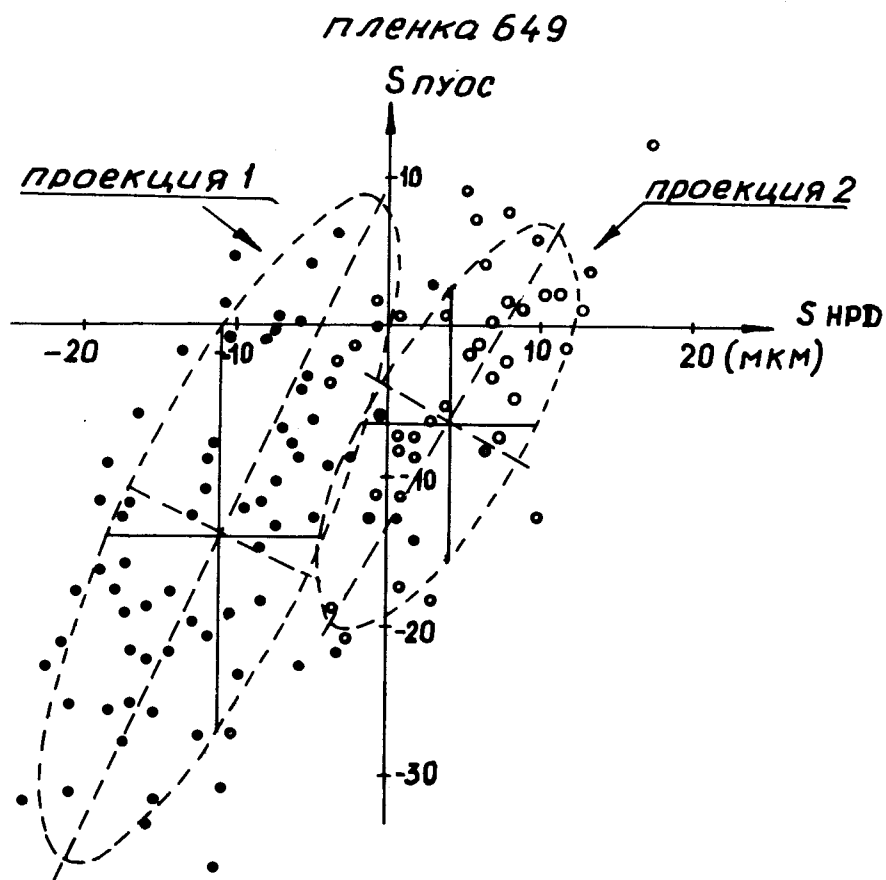


Рис. 3. Сравнение сагитт для измерений одних и тех же кадров на ПУОСе и НРД.

Из сопоставления измерений на ПУОСе и НРД одних и тех же кадров следует, что существует заметная положительная корреляция между сагиттами в этих двух измерениях; следовательно, сагитта частично связана с самой пленкой, которая была деформирована на этапе фотографирования - химическая обработка.

Как и ожидалось, сопоставление эталонов НРД  $\{X_E, Y_E\}_{НРД}$  и ПУОС  $\{X_E, Y_E\}_{ПУОС}$  показывает на их разницу в преде-

лах 2-3 мкм, что объясняется разными процедурами определения середины реперного креста.

Следует отметить, что точность измерения на ПУОСе несколько хуже, чем на НРД.

#### Заключение

Определенные в этом исследовании величины  $\sigma_x, \sigma_y$  включают в себя всю совокупность погрешностей, связанных а/ с работой фотоаппарата, б/ с проявлением и хранением пленки, в/ свойствами измерительного прибора НРД, и могут служить основой для оценки влияния этих факторов на точность измерения  $x$  - и  $y$  - координат искр на снимках с МИС.

Указанная процедура определения эталона НРД и внесения поправок на искривление кадра может быть рекомендована для подготовки результатов измерения на НРД снимков с МИС к геометрической реконструкции.

Для оценки качества измерения кадра на НРД можно использовать величины  $S_j, D_{x_j}, D_{y_j}$ .

Авторы выражают благодарность Н.Н.Говоруну, О.А.Займидороге, Л.К.Лыткину за постоянный интерес к работе и сотрудникам сектора НРД за проведение измерений.

#### Литература

1. Messerli R. HPD Curvature, HPD-121, 24.4.1971, CERN; Masetti.M. The HPD System at Bologna..., CERN, D/73/12, pp. 7-9.
2. Berge J.P. Titles for Experiment 28, Turbulent FLOW OF Fiducials and Other Passing Fancies, D. PH II/L.S.D. 71-56, 18.5.71.
3. Berge J.P., Kellner G. Fiducial Measurements on CERN HPD, CERN/D.PH II/200, 71-3.
4. Crennell D.J., Strand R.C. A Non-Distorting Film Clamp for the Mark II HPD Platen, RCS: SLS 1/6/72.

5. *Messerli R. HPD Status Report, CERN /D.PH II/ HPD-221; Messerli R. Measuring Film from FNAL 100 GeV/c. Experiment on the CERN HPD, CERN, /D.PH. II/HPD 222.*
6. Анджеяк Р. и др. ОИЯИ, 13-3588, Дубна, 1967.
7. Алмазов В.Я. и др. ОИЯИ, 10-4513, Дубна, 1969.
8. Дикусар Н.Д. ОИЯИ, 10-6626, Дубна, 1972.
9. Говорун Н.Н., Дикусар Н.Д. ОИЯИ, 10-10331, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел  
29 июня 1977 года.