

К-19

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Р1 - 3487



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

Т. Канарек, Л.С. Охрименко, З.М. Косарева

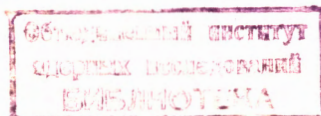
СПОСОБ И ПРОГРАММА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ
КООРДИНАТ ТОЧЕК ТРЕКОВ
В ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЕ

1967.

P1 - 3487

Т. Канарек, Л.С. Охрименко, Э.М. Косарева

СПОСОБ И ПРОГРАММА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ
КООРДИНАТ ТОЧЕК ТРЕКОВ
В ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЕ



5339/2 49.

Восстановление пространственной картины события в ксеноновой пузырьковой камере производится по методу, описанному в одной из опубликованных работ^{1/}.

Чтобы пользоваться этим методом, нужно знать параметры, характеризующие изменение масштаба фотографирования для плоскостей, ограничивающих камеру и перпендикулярных к оптическим осям фотоаппарата.

Масштаб фотографирования определен как отношение $M = \frac{R}{\rho}$ и $M_N = \frac{R_N}{\rho_N}$ в системе координат левого-правого объективов, R и R_N - расстояния реперной точки от оси левого и правого объектива, соответственно, в пространстве камеры, ρ и ρ_N - проекции этих расстояний на пленку.

Зависимости $M = f(\rho)$ и $M_N = f(\rho_N)$ для плоскости можно представить полиномами

$$M = a + b \rho^2 ; \quad \text{и} \quad M_N = a_N + b_N \rho_N^2 .$$

В настоящей работе описывается способ определения параметров a , b , a_N , b_N для двух плоскостей раздела - "стекло-ксенон" и "ксенон-дно" в камере.

На верхнее стекло и на дно камеры нанесено по 27 реперных точек в виде крестов.

Стереопара проекций этих реперных крестов на пленку показана на рис. 1.

Определение параметров сводится к нахождению зависимостей $M = f(\rho)$ и $M_N = f(\rho_N)$ для обеих плоскостей раздела по шестикратным измерениям проекций реперных крестов на одной и той же стереопаре.

Программа обработки измерений состоит из трех этапов:

1. Выброс точек, для которых плохо выполнены все шесть измерений, и выброс плохих измерений точек. Для этого вычисляются средние значения координат \bar{x}_1 и \bar{y}_1 и их стандартные отклонения σ_{x_1} и σ_{y_1} для каждой реперной точки на пленке.

Критерием выброса точки является:

$$\text{либо } \sigma_{x_1} \geq d, \quad \text{либо } \sigma_{y_1} \geq d.$$

Значение константы $d = 0,015$ мм взято из распределений измеряемых на пленке величин x_1, y_1, x_1^N, y_1^N по их стандартным отклонениям. На рис. 2 представлены такие распределения: 1), 2), 3), 4), 5). Распределения 1), и 5) сделаны по измерениям реперных точек одной и той же стереопары разными измерителями; 2), 3), 4) сделаны по измерениям реперных точек стереопар на разных пленках разными измерителями.

Критерием выброса плохого измерения является либо $(x_1 - \bar{x}_1) > 2 \sigma_{x_1}$; либо $(y_1 - \bar{y}_1) > 2 \sigma_{y_1}$. После выброса плохих измерений снова вычисляются величины \bar{x}_1, \bar{y}_1 для дальнейшего использования.

2. Вычисление координат реперных точек на верхнем стекле камеры и на дне, исключение из обработки точек, для которых не выполняется требование упорядоченного расположения реперных точек. По этому требованию реперные точки, координаты которых рассчитаны по их проекциям, должны располагаться вдоль прямых по горизонтали и вертикали.

По методу наименьших квадратов через реперные точки проводятся прямые по горизонталям и вертикалям, определяется коридор ошибок для каждой прямой σ_{np} и требуется выполнение условия $\sigma_{np} \leq t$.

Значение $t = 0,5$ мм взято из распределения величины X_1 по $\Delta X = |X_{\text{расчет}} - X_{\text{изм}}|$ для реперных точек каждой прямой (X_1 координата реперной точки в камере) (рис. 3).

Если требование $\sigma_{np} \leq t$ не выполняется, то из ансамбля точек, через которые проведена прямая, выбрасывается точка, для которой $\Delta X_1 > 2 \sigma_{np}$. Через оставшиеся точки снова проводится прямая, определяется σ_{np} и сравнивается с "t". Выброс точек происходит до тех пор, пока не будет выполнено условие $\sigma_{np} \leq t$.

3. Определение параметров

$a^{СТ}$, $b^{СТ}$, $a_N^{СТ}$, $b_N^{СТ}$ стекла камеры

$a^{ДН}$, $b^{ДН}$, $a_N^{ДН}$, $b_N^{ДН}$ дна камеры.

Для каждой оставшейся реперной точки составляются равенства:

$$\frac{R_i}{\rho_i} = a^{СТ} + b^{СТ} \rho_i^2; \quad \frac{R_{N_i}}{\rho_{N_i}} = a_N^{СТ} + b_N^{СТ} \rho_{N_i}^2;$$

$$\frac{R_i}{\rho_i} = a^{ДН} + b^{ДН} \rho_i^2; \quad \frac{R_{N_i}}{\rho_{N_i}} = a_N^{ДН} + b_N^{ДН} \rho_{N_i}^2$$

и при помощи метода наименьших квадратов определяются указанные параметры.

Проверка правильности обработки данных измерений производится следующим образом: вычисляются координаты реперных точек по формулам, в которые входят найденные параметры; для них повторяются 2) и 3) этапы обработки.

Новые параметры

$a^{СТ}$, $b^{СТ}$, $a_N^{СТ}$, $b_N^{СТ}$
 $a^{ДН}$, $b^{ДН}$, $a_N^{ДН}$, $b_N^{ДН}$

сравниваются с полученными ранее.

В пределах допустимых погрешностей они должны совпадать.

II .

Краткое описание работы программы

Программа состоит из 2-х частей. В первой части производятся следующие действия:

1) пересчет координат точки x_{ij} , y_{ij} , заданных в системе координат микроскопа, в систему координат на пленке x'_{ij} , y'_{ij} по формулам (1); [см. Приложение 1] ;

2) вычисляются средние значения координат точки \bar{x}_{ij} , \bar{y}_{ij} и их средние отклонения $\sigma_{x_{ij}}$, $\sigma_{y_{ij}}$ по формулам (2) и выдаются на печать;

3) производится выброс точки (с левого и правого кадра одновременно), если σ_{j1}^x , либо $\sigma_{j1}^y \geq a$;

4) происходит выброс плохих измерений координат точки, если $(x'_{j1} - \bar{x}'_{j1}) \geq 2\sigma_{j1}^x$, либо $(y'_{j1} - \bar{y}'_{j1}) \geq 2\sigma_{j1}^y$;

5) считаются и выдаются на печать величины

$$\frac{\bar{x}^N}{\bar{x}}; \frac{\bar{y}^N}{\bar{y}^N}; \frac{\bar{x}^N}{\bar{x}} \times \frac{\bar{y}^N}{\bar{y}^N}.$$

При выбросе измерения на печать выдается 4 числа:

	A_1	A_2	A_3
Стекло	0001	либо 0	0
дно	0002		
Левое	0	0001	либо 0
правое		0002	
	j	i	0 № р.т.
	0	0	№ измерения

Меткой числа (единица в 45 разряде) метятся x'_{j1} и y'_{j1} выброшенно-го измерения.

При выбросе точки (с левого и правого кадра одновременно) меткой снабжается x'_{j1} во всех 6-ти измерениях и \bar{x}_{j1} выброшенной точки.

На печать выдаются 3 числа:

Стекло	0001	либо 0	0
дно	0002		
	0	0001	либо 0 лев. кадр
		0002	прав. кадр
	j	i	0 № р.т.

Первая часть программы занимает в МОЗУ ячейки с [0450] по [1143], в том числе выброс измерений и точек - с [1000] по [1143].

Во второй части программы через найденные средние значения \bar{x}_{j1} , \bar{y}_{j1} координат считаются координаты реперных крестов X_{j1} , Y_{j1} по формулам (3) на стекле и дне камеры и выдаются на печать.

Затем на стекле и дне проводятся прямые:

1) по вертикали вида $X = a_1 + b_1 Y$ и 2) по горизонтали вида $Y = c_j + d_j X$. На печать выдаются коэффициенты прямых a_1 , b_1 , c_j , d_j , определяемые по по формулам (4). (См. приложение).

При отклонении точки от своей прямой на величину $\delta \geq 2 \bar{\sigma}_{\text{н.р}}$ происходит выброс точки. На печать при этом выдается 3 числа:

A_1	A_2	A_3	
0004 либо 0005	0	0	
0	0001 либо 0002	0	стекло дно
j	i	0	№ р.т.

0004 - означает выброс точек с прямой, проведенной по вертикали,

0005 - означает выброс точки с прямой, проведенной по горизонтали.

По оставшимся после выброса точкам определяются по формулам (5) значения коэффициентов $a^{\text{ст}}$, $b^{\text{ст}}$, $a^{\text{дно}}$, $b^{\text{дно}}$ и выдаются на печать.

С учетом найденных значений коэффициентов по формулам (6) считаются X_{j1} , Y_{j1} , Z_{j1} и выдаются на печать. На этом первичная обработка кончается.

Затем найденные по формулам (6) значения используются при вторичной обработке, которая начинается с проведения прямых по вертикалям и горизонталям.

Повторная обработка кончается выдачей на печать

$a^{СТ}$; $b^{СТ}$; $a^{ДНО}$; $b^{ДНО}$;

$a_{N}^{СТ}$; $b_{N}^{СТ}$; $a_{N}^{ДНО}$; $b_{N}^{ДНО}$.

Инструкция для работы с программой

1. Комплектование программы. Распределение памяти (МОЗУ).

Программа состоит из 3-х массивов:

массив № 1 – программа (часть I и часть II) с яч. 0450 по 2277, снабженная КΣ ;

массив № 2 – числовой материал с яч. 1620 по 5260, снабженный КΣ ;

массив № 3 – выброс точек I части, с яч. 1000 по 1143, со своей КΣ .

Поскольку числовой материал, подвергаемый обработке, велик, пришлось разбить программу на 2 части и использовать для хранения II части программы МБ-1. Программа (массив № 1) укомплектовывается в режиме работы II части программы и записывается на МБ-1. Работа I части программы начинается с ввода числового материала (массив № 2) и выброса точек I части (массив № 3).

После того, как часть I программы проведет обработку, с МБ-1 считывается II часть программы и продолжает обработку. Рабочее поле ИС-2 взято с 6000 яч.; в программе используются СП-0042 и СП-0027.

Распределение МОЗУ

1. Исходные константы программы – с яч. 0030 по 0217.
2. РЯ выброса I части программы – с яч. 0220 по 0250.
3. РЯ I части программы – с яч. 0250 по 0431.
4. РЯ выброса I части программы – с яч. 0433 по 0447.
5. I часть программы – с яч. 0450 по 1143.
6. σ_{j1}^x σ_{j1}^y – с яч. 1145 по 1511.
7. \bar{x}_{j1} \bar{y}_{j1} – с яч. 5265 по 5631.

8. РЯ пункта 3^0 - с яч. 3665 по 4140.
 9. II часть программы - с яч. 1000 по 2277.
 10. РЯ II части программы - с яч. 3600 по 4350.
 11. ρ_{j1} - с 3000, M_{j1} - с яч. 3300 по 3530.
 12. X_{j1} ; Y_{j1} ; Z_{j1} - с яч. 4605 по 5130.

II . 1. Числовой материал составляет массив № 2, который состоит из 6-ти измерений, снабженных указанными ниже кодами адресов и общей К Σ ;

- КА-1620 - 1-е измерение
- КА-2300 - 2-е измерение
- КА-2760 - 3-е измерение
- КА-3440 - 4-е измерение
- КА-4120 - 5-е измерение
- КА-4660 - 6-е измерение

Внутри измерения первым числом ставится число - признак: № пленки и № кадра, затем $x_{гтк}$, $У_{гтк}$ левого кадра, $x_{гтк}$, $У_{гтк}$ правого кадра, а затем парами без пропусков идут x_{j1} , y_{j1} точек по столбцам левого-правого стекла, левого - правого дна.

2. Количество строк и столбцов стекла и дна, а также постоянные величины d , B , h в программе задаются на 80 п/к массива № 1:

- | | |
|--------------|--|
| 1) d | } в 10-м виде |
| 2) B | |
| 3) h | |
| 4) 0 | |
| 5) 0 | |
| 6) 10^{11} | |
| 7) 0 | |
| 8) 6 | |
| 9) i | } в 8 виде число столбцов стекла,
-"- дна,
число строк стекла,
-"- дна. |
| 10) i' | |
| 11) j | |
| 12) j' | |

Число столбцов и строк стекла не должно превышать соответственно 3 и 7, а у дна - 5 и 9.

3. При работе программы МБ-1 ставится в режим ВЗ, пуском программа включается в работу.

Работа программы завершается остановом в яч. 1727. К программе прилагается контрольный вариант.

Если измерения выполнены с плохой точностью, то выброс точек будет слишком велик. Тогда возможен "аварийный останов" в яч. 1224, в яч. 1614. Это значит, что числовой материал плохой, его следует забраковать.

4. Таблица условных обозначений выдач результатов на печать:

Выдача № 1 - печать $\bar{x}_{j1}, \bar{y}_{j1}, \sigma_{j1}^x, \sigma_{j1}^y;$
 $\frac{\bar{x}}{\bar{x}_N}, \frac{\bar{y}}{\bar{y}_N}; \frac{\bar{x}}{\bar{x}}, \frac{\bar{y}}{\bar{y}_N};$

Выдача № 3 - печать $X_{j1}, Y_{j1};$

Выдача № 4 - печать a_t, b_t прямых, проводимых через столбцы на стекле;

Выдача № 5 - печать a_t, b_t - столбцы на дне;

Выдача № 6 - печать c_j, d_j прямых, проводимых через строки на стекле;

Выдача № 7 - печать c_j, d_j - на дне

Выдача № 8 - печать $\left. \begin{array}{cc} a_{ст} & b_{ст} \\ a_{дн} & b_{дн} \end{array} \right\} \begin{array}{l} a_{ст} & b_{ст} \\ a_{дн} & b_{дн} \end{array}$ конечных и $\sigma_a \sigma_b \sigma \dots$

Выдача № 9 - печать X_{j1}, Y_{j1}, Z_{j1}

Выдача № 10 } аналог. выдач при повторной обработке;

Выдача № 11 } -"-

Выдача № 12 } аналог выдач при повторной обработке;

Выдача № 13 }

Выдача № 14 аналог. 8 выдачи.

Поскольку при проведении прямых по вертикалям из обработки исключаются прямые, на которых остается две или меньше точек, а при проведении прямых через строки исключаются прямые, на которых меньше двух точек, то в выдачах

№№ 4 и 5, 6 и 7, 10 и 11, 12 и 13 коэффициенты таких выброшенных прямых - меченные нули.

В выдаче № 1 для \bar{x}_{j1} , \bar{y}_{j1} , №№ 3 и 9 координаты выброшенных точек печатаются тоже как меченые нули.

Так как рабочее поле под выдачи №№ 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13 каждый раз не чистится, то при разборе этих выдач для стекла, либо дна надо отсчитывать в них под коэффициенты количество ячеек, соответствующее числу столбцов или строк стекла, либо дна.

Перед выдачей № 1 (в виде двух строк) печатается № пленки и № кадра, подвергаемых обработке.

Авторы благодарят Г.А. Ососкова за полезные обсуждения и интерес к работе, лаборантов В. Каргину, Л.И. Маслову, И.А. Миролюбову, А.Г. Чекменеву, выполнивших необходимые измерения.

Л и т е р а т у р а

1. Т. Канарек, Л. Охрименко. "Восстановление пространственной картины события в ксеноновой пузырьковой камере". Препринт ОИЯИ Р-2178, Дубна 1985, г.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 августа 1987 г.

Приложение

(1) $x'_{j1} = x_{j1} - x_{гтк}$ где $x_{гтк}, y_{гтк}$ - координаты главной точки кадра

$$y'_{j1} = y_{j1} - y_{гтк}$$

$$(2) \bar{x}_{j1} = \frac{\sum_{n=1}^6 x'_{j1}}{6}; \quad \sigma_{j1}^x = \sqrt{\frac{\sum_1^6 (y'_{j1} - \bar{y}_{j1})^2}{5}};$$

$$\bar{y}_{j1} = \frac{\sum_{n=1}^6 y'_{j1}}{6}; \quad \sigma_{j1}^y = \sqrt{\frac{\sum_1^6 (y'_{j1} - \bar{y}_{j1})^2}{5}};$$

$$(3) X_{j1} = \frac{B \bar{x}_{j1}}{\left(\frac{\bar{x}_{j1}}{\bar{y}_{j1}} - \frac{\bar{x}_{j1}^N}{\bar{y}_{j1}^N}\right) \bar{y}_{j1}}; \quad Y_{j1} = \frac{B}{\left(\frac{\bar{x}_{j1}}{\bar{y}_{j1}} - \frac{\bar{x}_{j1}^N}{\bar{y}_{j1}^N}\right)}$$

$$(4) a_1 = \frac{\sum_k X_k \sum_k Y_k^2 - \sum Y_k \sum_k X_k Y_k}{D} \quad D = K_1 \sum_k Y_k^2 - \left(\sum_k Y_k\right)^2$$

$$b_1 = \frac{k_1 \sum_k X_k Y_k - \sum_k X_k \sum_k Y_k}{D} \quad k_1 - \text{число точек в } i - \text{м столбце}$$

$$c_j = \frac{\sum_k Y_k \sum_k X_k^2 - \sum_k X_k \sum_k X_k Y_k}{D}, \text{ где } D = \rho_1 \sum_k X_k^2 - \left(\sum_k X_k\right)^2$$

$$d_j = \frac{\rho_1 \sum_k X_k Y_k - \sum_k X_k \sum_k Y_k}{D} \quad \rho_j - \text{число точек в } j - \text{ строке}$$

$$(5) a_{\text{ст, дна}} = \frac{\sum_k M_k \sum_k \rho_k^4 - \sum_k \rho_k^2 \sum_k M_k \rho_k^2}{D};$$

$$b_{\text{ст, дна}} = \frac{k \sum_k M_k \rho_k^2 - \sum_k \rho_k^2 \sum_k M_k}{D};$$

где $D = k \sum_k \rho_k^4 - \left(\sum_k \rho_k^2\right)^2$, k - число реперных точек на стекле,

либо на дне камеры.

$$(6) \quad X_{j1} = \left[\frac{Z_{j1}}{h} (M_{j1}^{\text{ДНО}} - M_{j1}^{\text{СТ}}) + M_{j1}^{\text{СТ}} \right] \bar{x}_{j1};$$

$$Y_{j1} = \left[\frac{Z_{j1}}{h} (M_{j1}^{\text{ДНО}} - M_{j1}^{\text{СТ}}) + M_{j1}^{\text{СТ}} \right] \bar{y}_{j1};$$

$$Z_{j1} = \frac{B + M_{j1}^{\text{СТ}} \times \bar{x}_{j1} - M_{j1}^{\text{СТ}} \times \bar{y}_{j1}}{(M_{j1}^{\text{ДНО}} - M_{j1}^{\text{СТ}}) \times \frac{\bar{x}_{j1}}{h} - (M_{j1}^{\text{ДНО}} - M_{j1}^{\text{СТ}}) \frac{\bar{y}_{j1}}{h}};$$

h - высота камеры,

"N" - означает выбор точки с правого кадра.

П р и л о ж е н и е 2

В таблице приведены результаты расчетов шестикратных измерений стереопроекции реперных точек на стекле и дне камеры для пленок 853-341 (№ 2) и 1289-2120 (№ 1), выполненных разными измерителями.

№ 1 (1289-2120)

	Первоначальная обработка	Окончательная обработка
I этап	По критерию $d = 0,015$ мм <u>выброшены</u> стереопроекции 7 реперных точек; <u>выброшено</u> одно измерение стереопроекций реперной точки "7,4"	
II этап	По критерию $t = 0,500$ мм выброшено 9 реперных точек. Коридор ошибок для прямых, проведенных через реперные точки на стекле $\sigma_{\text{нр}} = 0,119$; на дне $\sigma_{\text{нр}} = 0,294$.	При повторной обработке выброшена одна точка. Коридор ошибок для прямых на стекле $\sigma_{\text{нр}} = 0,020$ мм; на дне $\sigma_{\text{нр}} = 0,213$ мм.
III этап	Для стекла $a = 10,196$ $b = -0,000605$ $a_N = 10,166$ $b_N = -0,000552$ для дна $a = 13,620$ $b = -0,00109$ $a_N = 13,549$ $b_N = -0,00086$	для стекла $a = 10,193$ $b = -0,000594$ $a_N = 10,170$ $b_N = -0,000564$ для дна $a = 13,618$ $b = -0,00102$ $a_N = 13,556$ $b_N = -0,00091$

Первоначальная обработка

Окончательная обработка

По критерию $d = 0,015$ мм выброшены
стереопроекции 5 реперных точек;
выброшены:

одно измерение стереопроекций реперной
точки "3,4", одно - измерение - "1,4"

По критерию $t = 0,500$ мм выброшено
4 реперных точки

Коридор ошибок для прямых, проведен-
ных через реперные точки
на стекле $\sigma_{np} = 0,318$ мм
на дне $\sigma_{np} = 0,389$ мм

При повторной обработке выбро-
шено 3 точки

Коридор ошибок для прямых на
стекле $\sigma_{np} = 0,021$ мм
на дне $\sigma_{np} = 0,054$ мм

Для стекла: $a = 10,150$
 $b = -0,000555$
 $a_N = 10,135$
 $b_N = -0,000539$

для дна: $a = 13,538$
 $b = -0,000966$
 $a_N = 13,523$
 $b_N = 0,001028$

Для стекла: $a = 10,139$
 $b = -0,000527$
 $a_N = 10,133$
 $b_N = -0,000523$

для дна: $a = 13,544$
 $b = -0,000975$
 $a_N = 13,536$
 $b_N = -0,00105$

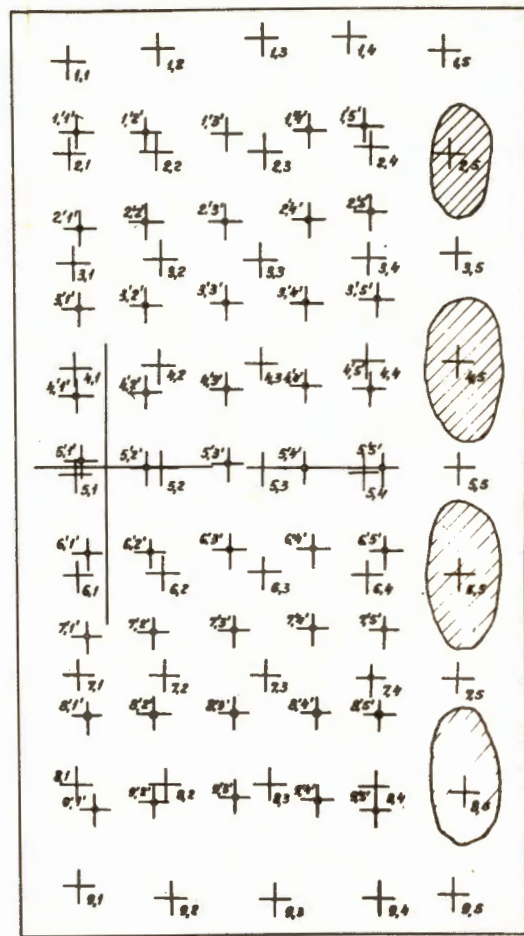
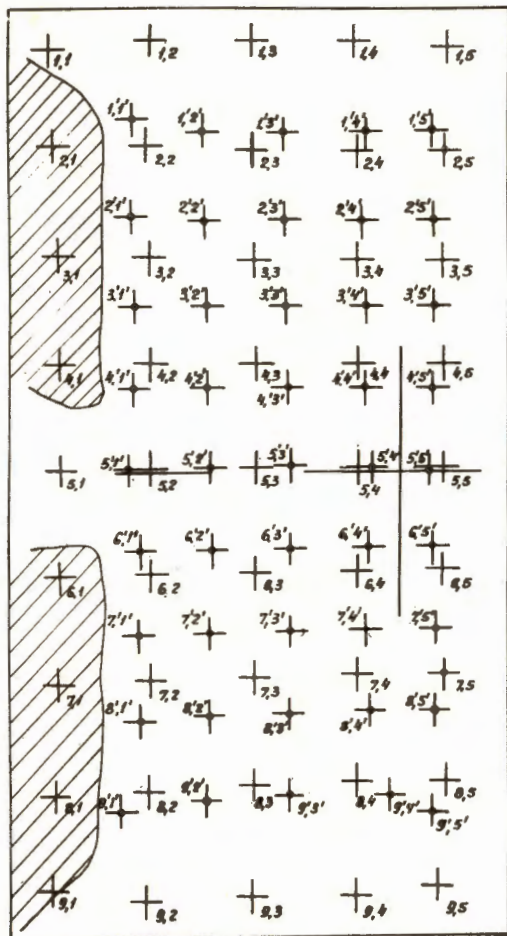


Рис. 1.

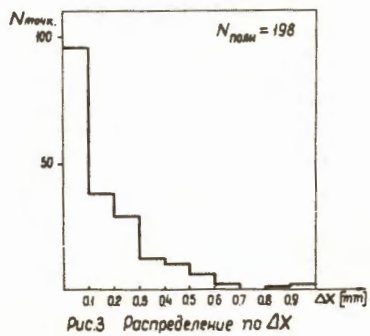
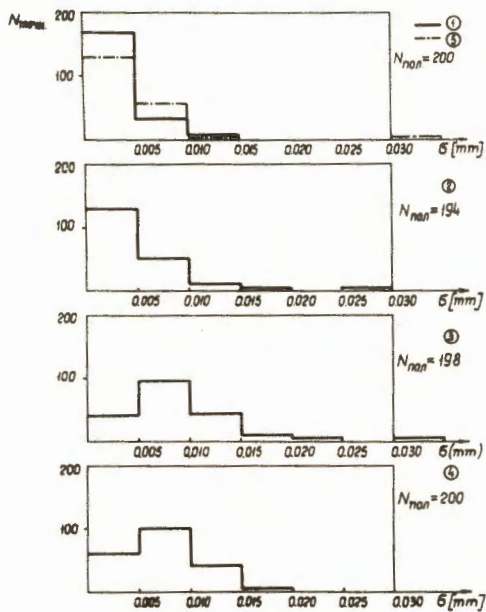


Рис.3 Распределение по ΔX

Рис. 2.