

Щелков Г. А.

№ 8406

2862/86

Б1-10-86-181



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б 1-10-86-181

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 19 86

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

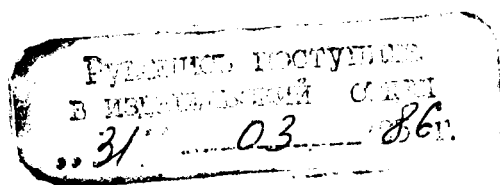
Лаборатория ядерных проблем

51-10-86-181

Шелков Г.А.

ПРОЦЕДУРА АНАЛИЗА ДАННЫХ О МИКРОСТРУКТУРЕ
ТРЕКОВ НА ФИЛЬМОВОМ МАТЕРИАЛЕ СПЕКТРОМЕТРА

РИСК



Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА
Дубна, 1985 г.

Аннотация

Описывается процедура обработки на ЭВМ данных, полученных на сканирующем полуавтомате на электроннолучевой трубке АЭЛТ-2/160, о микроструктуре треков на фнльмовой материале спектрометра РИСК. Вводится коррекция на искажения изображения, вносимые электронно-оптическим преобразователем. Предлагается процедура извлечения информации о стримерах, образующих стусток - блоб.

Фильмовый материал магнитного спектрометра на базе пятиметровой стримерной камеры (РИСК) служит источником кинематической (импульсные и угловые характеристики) и топологической (множественность) информации в основном с заряженных частицах, образующихся в адрон-ядерных взаимодействиях ^{/1/}. Для получения этой информации достаточно измерить на каждом треке по 10-20 точек. В то же время значительная часть информации как методического характера, так и характеризующей физические свойства частицы (удельные заряд и первичная ионизация) заключена в микроструктуре трека в стримерной камере. Для измерения этой структуры сегодня наиболее пригодны полуавтоматы на основе электронно-лучевых трубок типа полуавтомата АЭЛТ-2/160 ЛВТА-ОИЯИ ^{/2/}, позволяющие реализовать режим прецизионного сканирования трека.

Цель данной работы состояла в выработке процедуры и создании программ расшифровки, контроля, фильтрации и анализа данных, полученных в ходе прецизионного сканирования фильмового материала спектрометра РИСК на полуавтомате АЭЛТ-2/160.

Источником информации для описываемой программы служит магнитная лента результатов сканирования (МЛР). Для каждого просканированного трека на МЛР записываются следующие данные ^{/3/}:

- общая информация (номер эксперимента, номер кадра, номер вида, код оператора АЭЛТ, дата измерения),
- координаты центров реперных крестов данного вида,
- координаты нескольких опорных точек (≤ 30), принадлежащих исследуемому треку, которые оператор АЭЛТ измеряет в ручном режиме с помощью дисплея и светового карандаша. В пределах зоны заданного размера вокруг линии, проведенной через эти опорные точки, происходит автоматическое прецизионное сканирование трека.
- параметры прецизионного сканирования (шаг сканирования, координаты

начальной точки сканирования, направление и знак сканирования (вдоль какой из взаимоперпендикулярных осей системы координат АЭЛТ и в какую сторону происходит сканирование),

– массив данных обо всех "темных" объектах на фотопленке, попавших в зону прецизионного сканирования. Для каждого "темного" объекта, пересекаемого на пленке лучом АЭЛТ фиксируются две величины: координата центра объекта и

размер объекта в сечении его данной сканлинией, определяемый по превышению некоторого заданного уровня непрозрачности (порога регистрации).

Обработка МЛР производилась на ЭВМ ОИЯИ СДС-6500. Все программы написаны на ФОРТРАНе. Первый опыт работы с МЛР показал, что для повышения надежности получаемых результатов за счет исключения из анализа случаев сбоя полуавтомата или программы управления его работой, необходимо создать специальную программу анализа МЛР с расширенными контрольными функциями и перед окончательной обработкой контролировать все измерения с помощью этой программы. Блок-схема программы контроля (*ALTCONT*) приведена на рис. 1. Структура этой программы во многом определяется структурой записи данных на МЛР. Программа-1 (*RUDAN*) производит распаковку входной информации, записанной в *HEVAS* формате /3/. Подпрограммы 2-4 осуществляют чтение и расшифровку следующей информации: 2 (*DATABOX*) – общей информации и координат центров реперных крестов, 3 (*MASTERP*) – координат опорных точек трека, 4 (*ROAD*) – параметров режима и массива данных сканирования.

Подпрограмма 5 контролирует качество полученной информации и осуществляет печать выходных данных. Прежде всего контролируются: наличие всех элементов данных (2-4). Из-за ограниченного объема памяти ЭВМ БЭСМ-4, управляющей работой АЭЛТ, массив данных

сканирования поступает не целиком, а частями. Каждая часть содержит информацию о параметрах сканирования, поэтому программа следит за неизменностью всех этих параметров в пределах всего массива данных. Кроме того контролируется качество информации в пределах одной сканлинии: требуется, чтобы значения координат центров отдельных отсчетов последовательно возрастали и чтобы размеры отдельных объектов не перекрывались между собой.

Следующая программа — программа расшифровки, фильтрации, опознавания образов и анализа полученных результатов (*IONIX*) в начальной части имеет много общего с программой контроля (рис. 1 б, подпрограммы I-4), но дополнена рядом новых подпрограмм. После чтения в подпрограмме 2 (*DATABOX*) координат реперных крестов (X_R, Y_R) в подпрограмме 6 (*TRANSF*) на основании блока данных 7 (*KREST*) о координатах (X_P, Y_P) крестов в эталонной системе координат (рис. 2) определяются коэффициенты трансформации (угол поворота φ и величина сдвига ΔX и ΔY) из реально измеренной эталонную систему координат. Для определения коэффициентов трансформации использовалась следующая простая процедура. В системе координат пленки определяются углы наклона α_i относительно X-оси координат всех возможных диагоналей, соединяющих любую пару реально измеренных реперных крестов. По отличию этих углов от аналогичных углов (β_i), определенных в эталонной системе крестов, вычисляется средняя величина угла поворота реально измеренной реперной системы относительно эталонной. После этого координаты центров всех измеренных крестов трансформируются в повернутую на угол φ промежуточную систему координат (X_φ, Y_φ)

$$X_\varphi = X_R \cdot \cos \varphi + Y_R \cdot \sin \varphi ; \quad Y_\varphi = -X_R \sin \varphi + Y_R \cdot \cos \varphi$$

Усредненная разность значений координат центров крестов в этой промежуточной и эталонной системах координат, и есть величина

сдвига измеренной системы координат в эталонную систему координат.

На рис. 3 приведено распределение абсолютных величин отклонений от среднего значения X и Y координат реперных крестов, преобразованных в соответствии с описанной процедурой. Из рис. 3 видно, что эта процедура позволяет переходить в стандартную систему координат данного вида (что необходимо для введения последующих коррекций оптических искажений) с достаточной ≤ 10 мкм точностью. После определения в подпрограмме 3 (*MASTERP*) координат опорных точек трека с помощью библиотечной программы 8- *FUMILI* методом наименьших квадратов вычислялись значения параметров аппроксимирующей функции, проходящей через эти опорные точки. Вид функции задавался в программе-функции 9 (*FUNC (Z)*) и по выбору пользователя мог быть либо полиномом до пятой степени, либо окружностью.

Фильтрация данных, то есть выделение из входного массива данных, относящихся к исследуемому треку, и отбрасывание фоновых отсчетов, производилась по каждой отдельной сканлинии, в ходе работы подпрограммы 4 (*ROAD*). По окончании запоминания информации обо всех отсчетах на данной сканлинии и обнаружении признака конца сканлинии, вызывается подпрограмма 10 (*FILTR*). В этой подпрограмме, используя уже найденный вид функции, аппроксимирующей траекторию исследуемого трека на пленке, определяется предполагаемая "у" -координата трека, соответствующая "х"-координате данной сканлинии.

$$X = X_0 + ISOSC \cdot NSL \cdot ISTEP$$

где X - координата начальной точки сканирования, $ISOSC = \pm 1$ - указывает знак приращения X - координаты при переходе от данной сканлинии к другой, $ISTEP$ - величина шага сканирования. Затем, из всех зарегистрированных на данной сканлинии отсчетов

выбирается один, имеющий минимальное по абсолютной величине отклонение от предполагаемого значения. Такой способ эффективно отбрасывает "шумовые" отсчеты при наличии на данной сканлинии "истинного" отсчета от исследуемого трека, но неэффективен в зонах просветов между стримерами, где нет информации о треке. Для таких случаев предусмотрен второй этап фильтрации, при котором отбрасываются все отсчеты, имеющие слишком большое отклонение от ожидаемого. Максимально допустимый размер отклонения определяется пользователем. По завершению работы программ *ROAD* и *FILTR* возникает двумерный массив данных о треке $MX(2, NSL\ MAX)$. Длина массива определяется пользователем и должна быть не меньше максимально возможного числа сканлиний на треке. Обычно $NSL\ MAX = 1500$. Значение счетчика массива соответствует номеру сканлиний, первый элемент есть значение y -координаты центра объекта, а второй - ширина объекта на срезе данной сканлинией.

При анализе этих отфильтрованных данных было установлено, что в них встречаются некоторые очевидные дефекты (сбои), которые необходимо исправить, прежде чем переходить к детальному анализу. Замечено два вида сбоев - появление аномально большого значения ширины отсчета на данной сканлинии, резко отличающее данную линию от соседних (рис. 4 б), а также противоположный эффект - появление нулевой сканлинии среди сканлиний со значительными отсчетами (рис. 4 а).

Оба вида сбоев, причина которых кроется или в сбоях полуавтомата или микродефектах пленки, могут исказить информацию о треке, особенно при определении характеристик, связанных с поперечными размерами следа частиц - диаметров глобов и стримеров. Для выработки процедуры исправления (сглаживания) этих дефектов

были построены распределения следующих величин: тангенса угла наклона линии касательной в данной точке к кривой, огибающей края отсчетов (рис. 5 а)

$$TG_i = (D_{i+1} - D_i) / 2 \cdot STEP$$

где i - номер сканлинии, D_i - величина отсчета (ширина) на данной сканлинии, $STEP$ - величина шага сканирования АЭЛТ, для всех сканлиний трека. (рис. 5 в) - отклонения значения ширины отсчета на данной сканлинии от средней величины отсчета в соседних сканлиниях

$$\Delta D_i = D_i - 0.5 \cdot (D_{i-1} + D_{i+1})$$

Выбранные допустимые значения отклонения величин TG и ΔD от средних значений указаны на рис. 5 стрелками. В подпрограмме *SMOOTH*(II) вычисляются величины TG и ΔD последовательно для всех сканлиний и в случае, если значения какой-либо из них выходят за указанные пределы происходит поправление отсчета в "плохой" сканлинии.

$$D_{i+1} = D_i + IS \cdot K \quad \text{для случая } TG$$

$$D_{i+1} = 0.5 \cdot (D_{i-1} + D_{i+1}) \quad \text{для случая } \Delta D$$

где IS - знак величины TG , K - задаваемый параметр. Для K была выбрана величина, равная шагу сканирования АЭЛТ (обычно $K = 22$ мкм). Число "исправленных" таким образом сканлиний составляло ~4%, в случае использования только одной процедуры и ~5% в случае использования двух процедур сглаживания.

Массив сглаженных данных $MX(2, NSLMAX)$ анализируется программой I2 (*BLOB GAP*), которая опознает в нем "темные" объекты (блобы) и "светлые" (просветы). Опознавание этих образов происходит путем последовательного просмотра двух соседних сканлиний. При этом используются следующие правила:

I. Для возникновения любого объекта необходимо появление

как минимум двух подряд идущих признаков данного объекта. Признак просвета – нулевая сканлиния, признак блоба – сканлиния содержащая информацию.

2. Для уничтожения уже имеющегося объекта необходимо появление как минимум двух подряд идущих признаков другого объекта.

3. Область трека, в которой одиночные разноименные признаки чередуются друг с другом более двух раз (например: боб, просвет, боб, просвет), объявляется серой и выделяется в отдельный третий класс объектов ("серая" область).

Программа *BLOBCAP* формирует трехмерный массив *IBLOBS* ($3, NBLMAX$) длина которого определяется пользователем из максимально возможного числа бобов на треке. Обычно $NBLMAX = 160$. Значение счетчика массива соответствует номеру боба, первый элемент есть номер сканлинии с которой начинается боб, второй элемент – диаметр боба (максимальный размер боба в поперечном к треку направлении), третий – длина боба (в числе сканлиний). Этот объем информации, извлеченный из структуры трека, однако неполон, что особенно очевидно при большой плотности стримеров на треке, то есть в случае, когда $\bar{D} \cdot n \geq 1$, где \bar{D} – средний диаметр, а n – плотность стримеров на треке. При этом значительная доля стримеров сливается в бобы, общее число которых на треке становится малым. Вследствие этого уменьшается статистическая обеспеченность оценки такого важного параметра, как средний диаметр боба, а сама величина оценки диаметра, оказывается смещенной в область больших диаметров. Для уменьшения влияния эффекта объединения нескольких стримеров в бобы был предложен простой алгоритм выделения стримеров из боба, реализованный в подпрограмме *I3(BLOB CUT)*. Эта подпрограмма вызывается после обнаружения конца очередного боба

в программе *BLOBGAP*. Действие алгоритма иллюстрирует рис. 6. Прежде всего определяется максимальный размер (диаметр) блоба в поперечном направлении ($D1$) и координата этого диаметра вдоль длины блоба ($X1$), то есть положение и диаметр максимального в данном блобе стримера (рис. 6 а). Область блоба, равная по длине $D1$ и расположенная симметрично относительно центра выделенного стримера убирается из дальнейшего рассмотрения, для чего в исходном массиве данных $MX(2, NSTRMAX)$ приравниваются нулю все элементы, X- координаты которых удовлетворяют неравенству (рис. 6 б)

$$X1 - 0,5 \cdot D1 < X \leq X1 + 0,5 \cdot D1$$

Затем оставшаяся информация о блобе с помощью подпрограммы $I4(CHIPS)$ очищается от "обрезков", то есть обнуляются все ^{не}нулевые отсчеты в виде единичных изолированных сканлиний. Эта процедура делает невозможным возникновение лишних стримеров из нескольких единичных отсчетов, разбросанных вдоль длины исследуемого объекта.

Вслед за этим проверяется не пуст ли массив MX в пределах длины "разрезаемого" блоба. Если массив пуст, то данный блок есть одиночный стример и программа переходит к "разрезанию" следующего блоба, если не пуст (содержит более двух ненулевых сканлиний), то процедура повторяется до тех пор, (рис. 6 в) пока из блоба не будут "вырезаны" все отделяемые стримера. В результате работы программ *BLOBGAP* и *BLOBCVT* возникает еще один двумерный массив $MSTR(2, NSTRMAX)$, длина которого определяется по оценке максимально возможного числа стримеров на треке (обычно $NSTRMAX = 250$). Значение счетчика массива соответствует номеру стримера, первый элемент равен X-координате (в числе сканлиний) центра стримера, а второй диаметру

стримера. По окончании извлечения из массива исходных данных от АЭЛТ перечисленной выше информации происходит коррекция дисторсии вдоль оси X (вдоль трека) всех зарегистрированных величин в подпрограмме I5(CORR). Эта дисторсия определяется, в основном, дисторсией изображения на экране электронно-оптического преобразователя (ЭОПа) с помощью которого фотографируется объем стримерной камеры. В связи с тем, что все методические работы по исследованию микроструктуры треков проводились с практически прямолинейными треками направление которых близко к направлению оси - X стримерной камеры, в описываемой программе используется только одномерная коррекция вдоль оси-X в области, где располагаются пучковые треки. Механизм такой локальной одномерной коррекции значительно проще полной процедуры коррекции по всему полю изображения, которая используется в программе геометрической реконструкции событий РИСКА.

Для определения дисторсии использовались данные измерений координат узловых точек прямоугольной реперной сетки, расположенной над стримерной камерой РИСК /4/. Из 10 продольных линий выбиралась ближайшая к изображению исследуемого трека на данном виде. На рис. 7 приведена зависимость величины искажений

$$G = \Delta x / \Delta x_0$$

где $\Delta x_0 = h/K$, h - шаг сетки в реальной пространстве (10 см), K - коэффициент уменьшения оптической системы РИСК ($K \approx 62$) для исходных данных..

Для выбора необходимой степени полинома кривая "а" аппроксимировалась полиномиальной функцией вплоть до пятой степени.

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^5 a_i x^i$$

В таблице I приведены значения коэффициентов полинома, прове-

денного через 10 измеренных пересечений сетки вдоль трека первичной частицы и величина функции χ^2 для этой аппроксимации. Из таблицы и рис. 7-2 видно, что аппроксимация полиномом третьей степени позволяет компенсировать дисторсию ЭОПа с точностью превышающей 1%. Данные о микроструктуре трека могут быть проанализированы непосредственно в ходе программы *IONIZ* с помощью библиотечной программы *HBOOK*, представляющей широкие возможности построения гистограмм. Однако несмотря на эти возможности, при исследовании особенностей микроструктуры треков невозможно ответить на все вопросы сразу требуется, как правило, многократный анализ трека по разным критериям, особенно в период выработки этих критериев. Поэтому для экономии времени ЭВМ за счет исключения многократного повторения всего пакета подпрограмм (расшифровки, фильтрации, опознания) работы программы *IONIZ* завершается подпрограммой (I6) *DST*, в которой происходит формирование и запись на магнитную ленту основных результатов работы программы *IONIZ*.

В заключение считаю своим приятным долгом поблагодарить А.В.Банникова за помощь при написании части подпрограмм, К.Шафарика, Б.А.Хоменко, И.Фараго и Г.Г. Тахтамышева за ценные консультации по поводу особенностей языка ФОРТРАН-IV и операционной системы ЭВМ СДС-6500, С. Куняева за полезные советы по принципам определения параметров преобразования систем координат, Ю.П.Меркова и Л.С.Вертоградова за продуктивные советы при отладке программы, полезные замечания и за продолжительные дискуссии по целому ряду вопросов, связанных с данной работой, а также С.Пластинину за помощь при оформлении работы.



Таблица I.

i	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	χ^2
1	27081 ± 1,5	1,023 ± 10 ⁻³	-	-	-	-	34 000
2	27160	1,027	-0,213 · 10 ⁻⁵	-	-	-	31 300
3	27067	1,119	0,191 · 10 ⁻⁵	-0,132 · 10 ⁻⁸	-	-	31,28
4	27072	1,120	0,146 · 10 ⁻⁵	-0,134 · 10 ⁻⁸	0,460 · 10 ⁻¹⁴	-	2106
5	27068	1,124	0,191 · 10 ⁻⁵	-0,148 · 10 ⁻⁸	-0,139 · 10 ⁻¹⁴	0,119 · 10 ⁻¹⁷	5,42

Литература

1. Бом Г., Беттхер Г., Гальм И., и др. ЯФ, 1982, т.35, вып.3,700.
2. Баранчук М.К. и др. ОИЯИ, Р10-8861, Дубна, 1975.
3. Roloff O.H. HEVAS DATA STRUCTURE PHE 81-2, BERLIN-ZEUTHEN, DDR, 1981
4. Степаненко В.А. ОИЯИ, Б1-10-81-593, Дубна, 1981.

Подписи к рисункам

- Рис. 1. Блок-схемы программ а - предварительного контроля результатов сканирования на полуавтомате АЭЛТ-2/160 (*ALTCONT*), б - полной обработки данных (*TONIZ*) (см. текст).
- Рис. 2. Расположение реперных крестов фльмового материала спектрометра РИСК (виды I-4) в системе координат АЭЛТ-2/160 (X,Y). (X_i Y_i) - i = I-4 - системы координат данного вида. Стрелками показано направление первичного пучка частиц.
- Рис. 3. Распределение абсолютных величин отклонений от среднего значения координат реперных крестов в системах координат, связанных с данным видом.
- Рис. 4. Изображение микроструктуры части трека, просканированного с помощью АЭЛТ-2/160 с примерами возможных дефектов. а - потеря информации о данной сканлинии, б - аномально большой поперечный размер на данной сканлинии.
- Рис. 5. Распределения а - величины тангенса угла наклона касательной в данной точке к огибающей форму трека кривой (см. рис. 4), б - отклонения значения ширины отсчета на данной сканлинии от величины среднего значения отсчетов в двух соседних сканлиниях.
- Рис. 6. Схематическое изображение принципа работы процедуры "разрезания" глоба на стримера. а, б, в - последовательные этапы.
- Рис. 7. Зависимости величины искажений вдоль направления пучкового трека (ось X) от координаты на фотопленке для исходных данных (1) и после введения коррекций полиномом третьей степени (2) (см. текст).

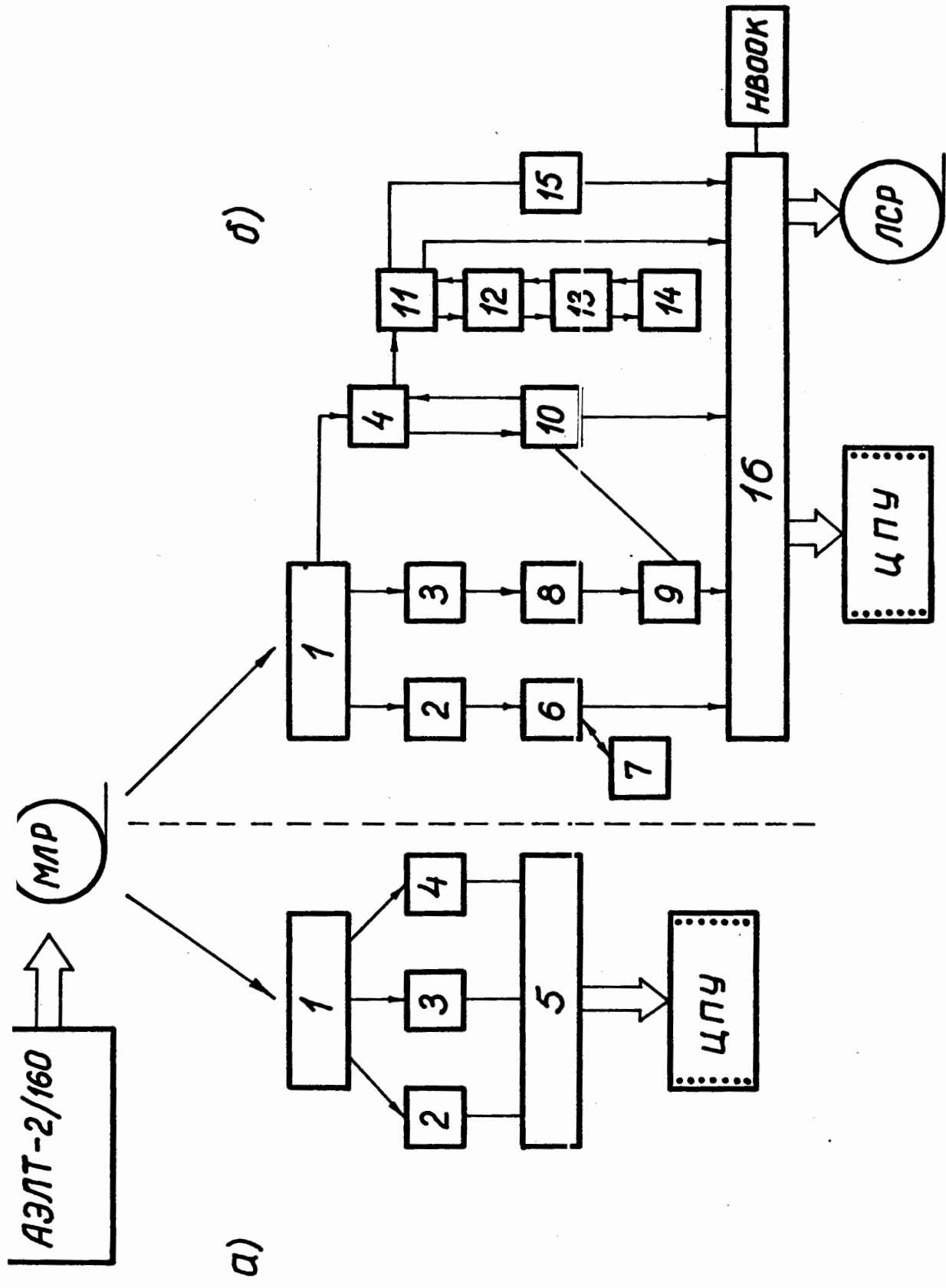


Рис 1

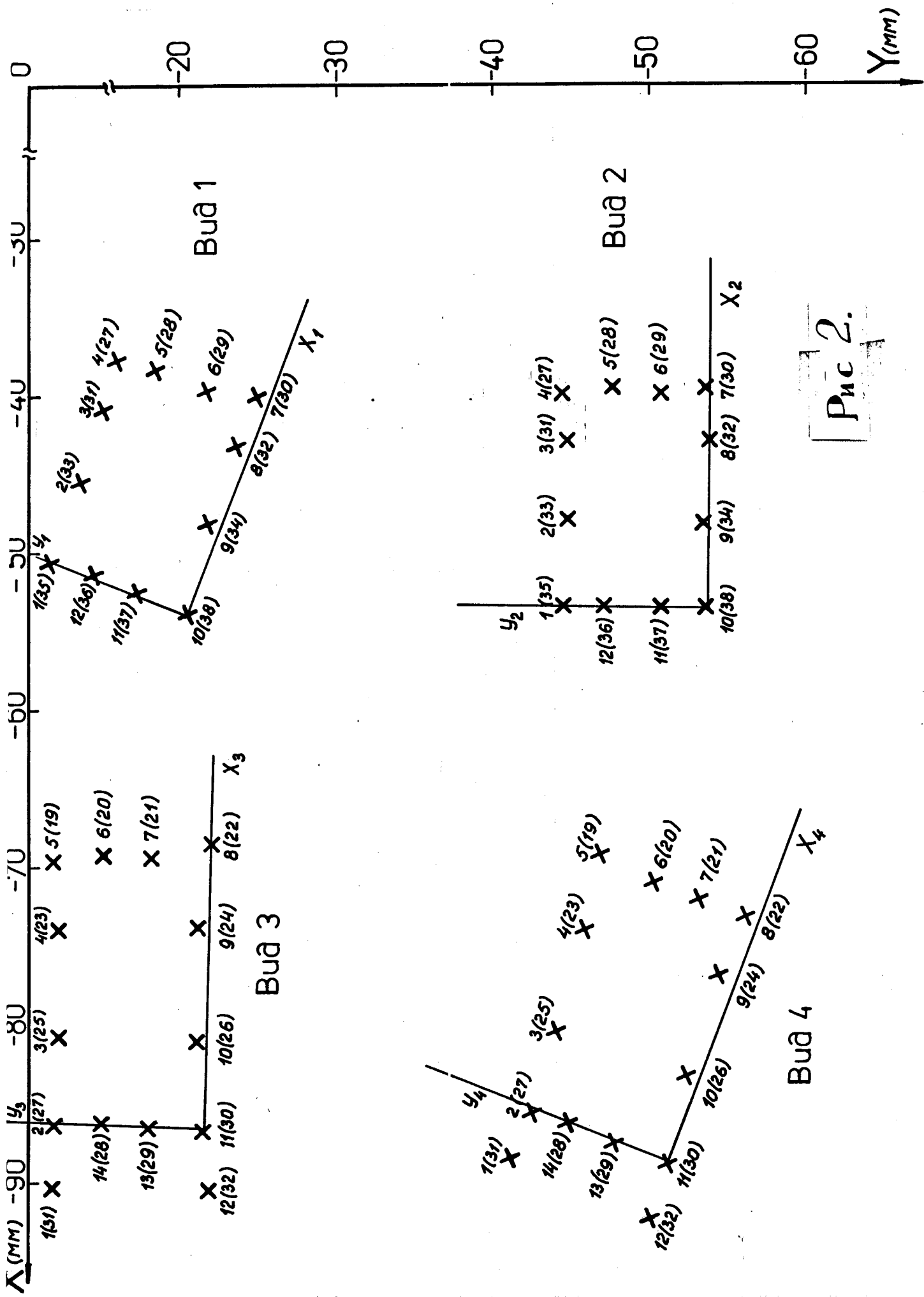


Рис 2.

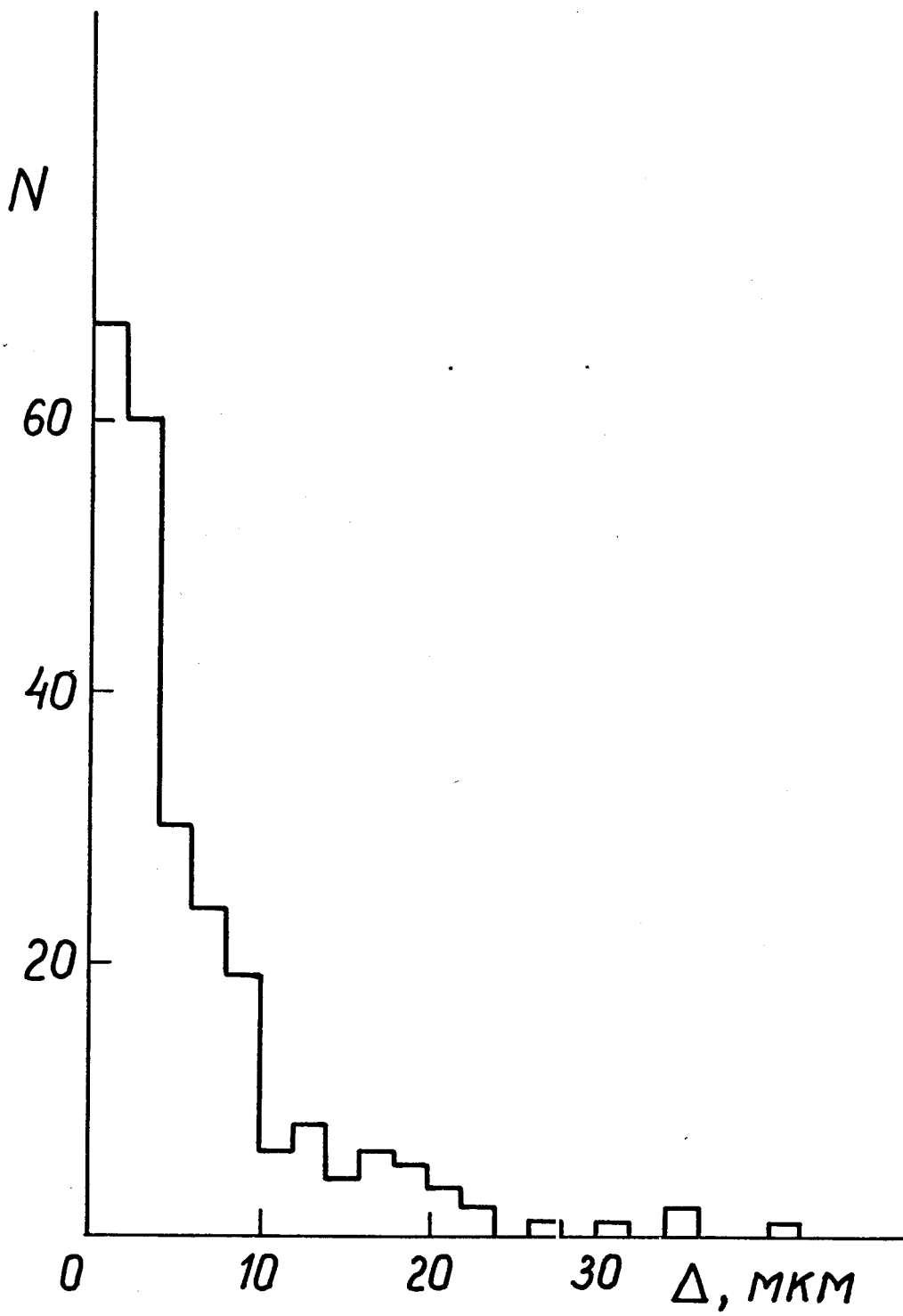


Рис 3.

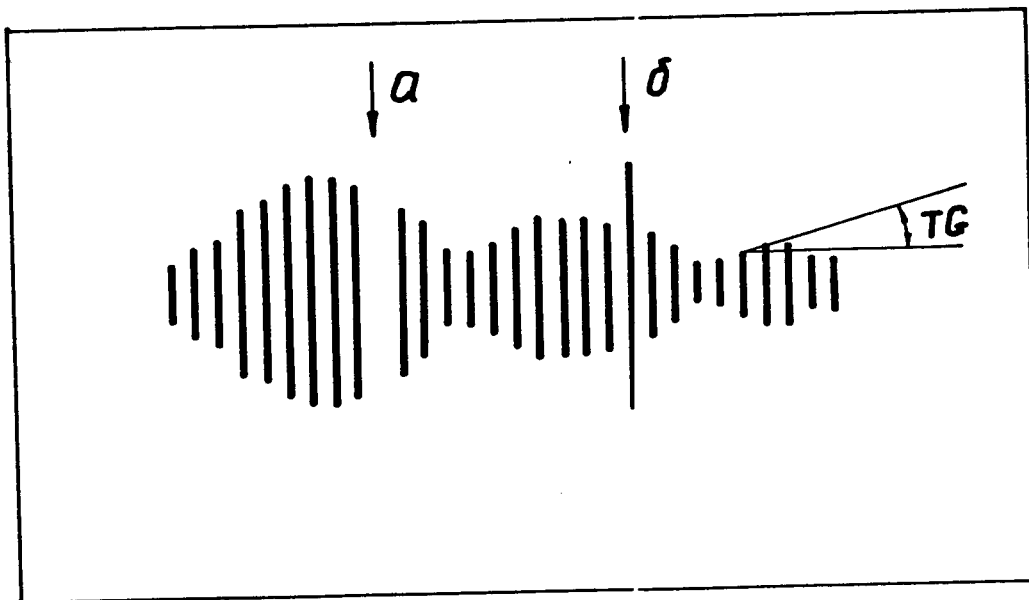
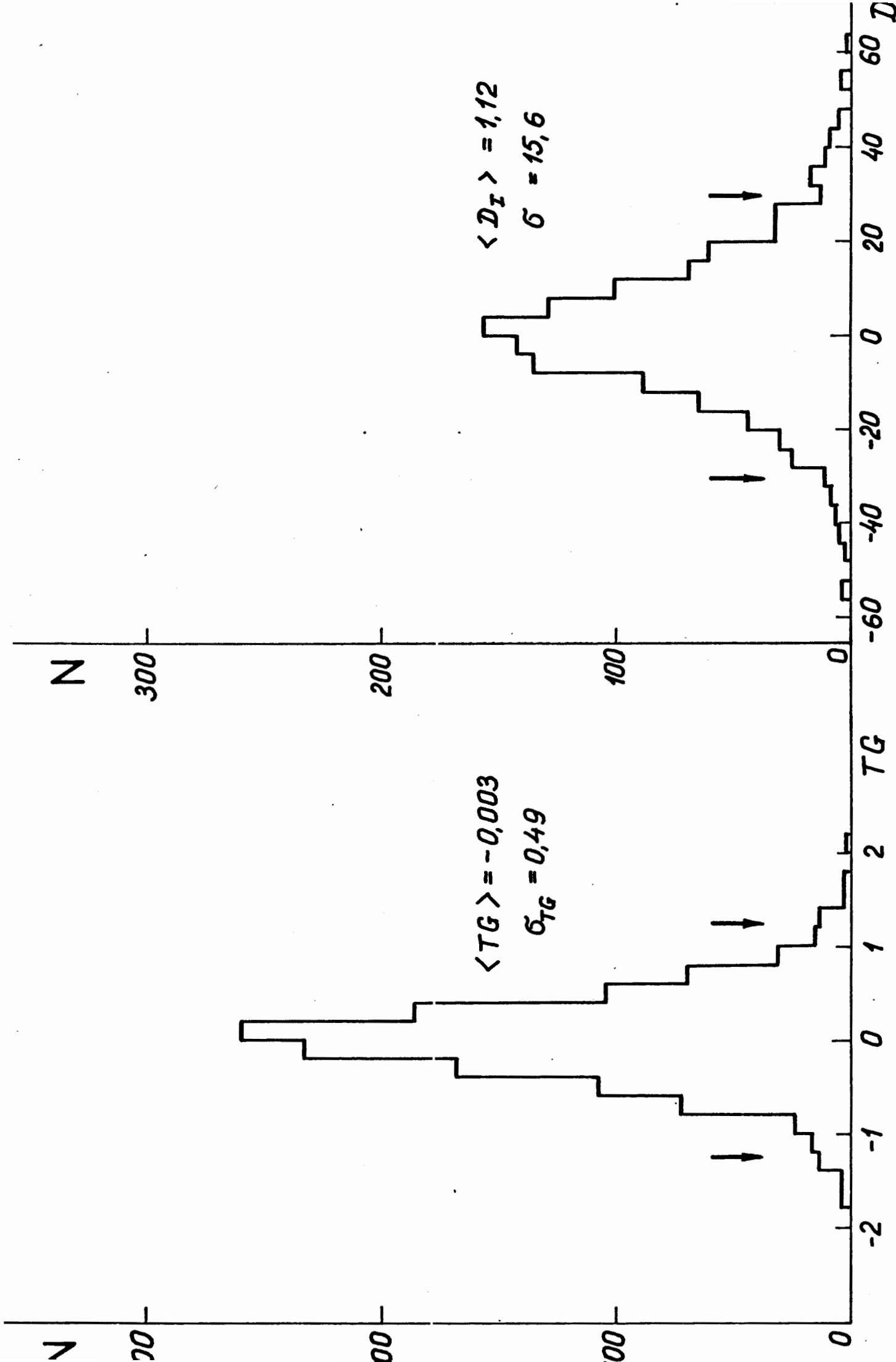
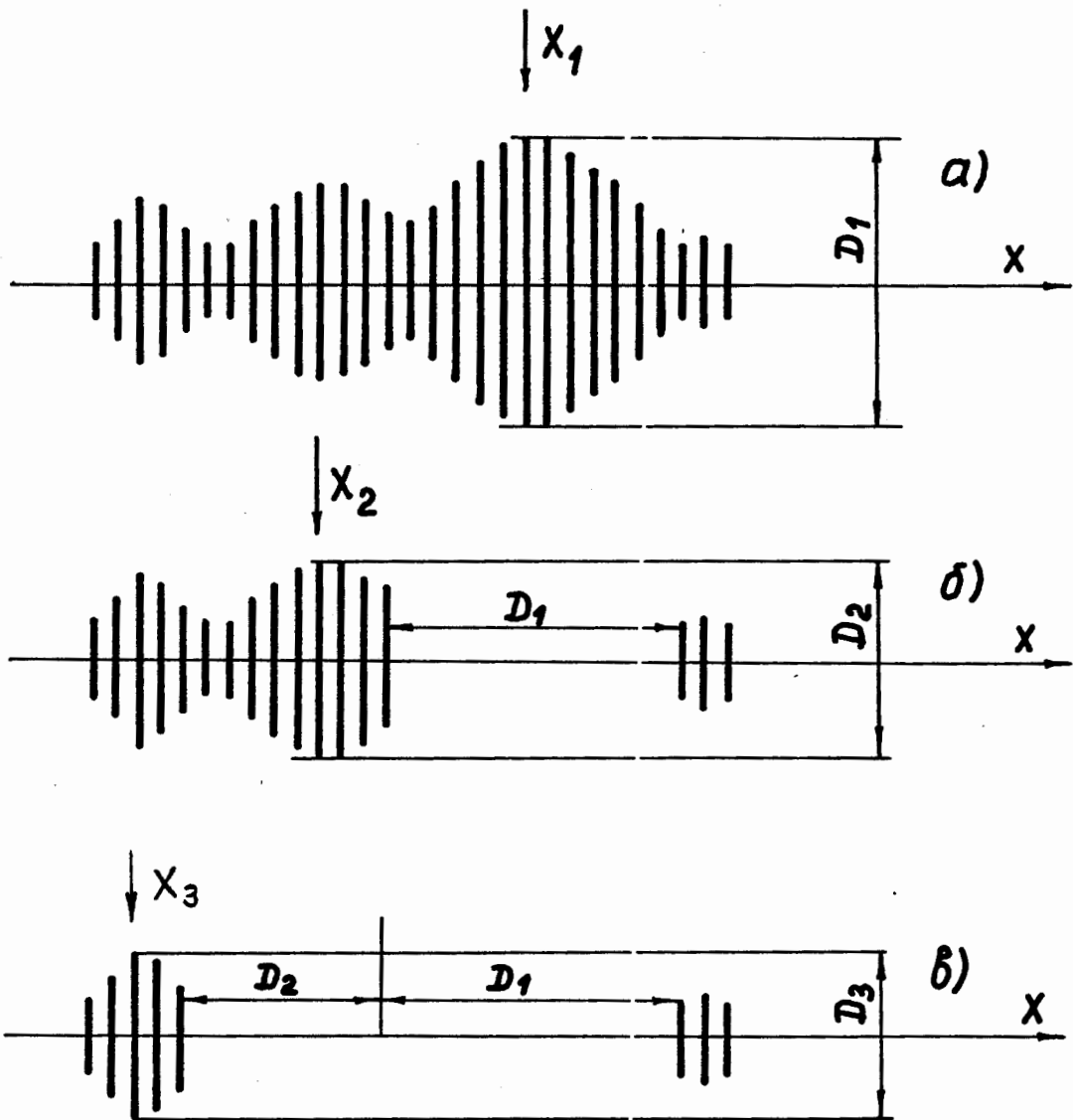


Рис 4





Объединенный институт
высших исследований
БИБЛИОТЕКА

Рис 6.

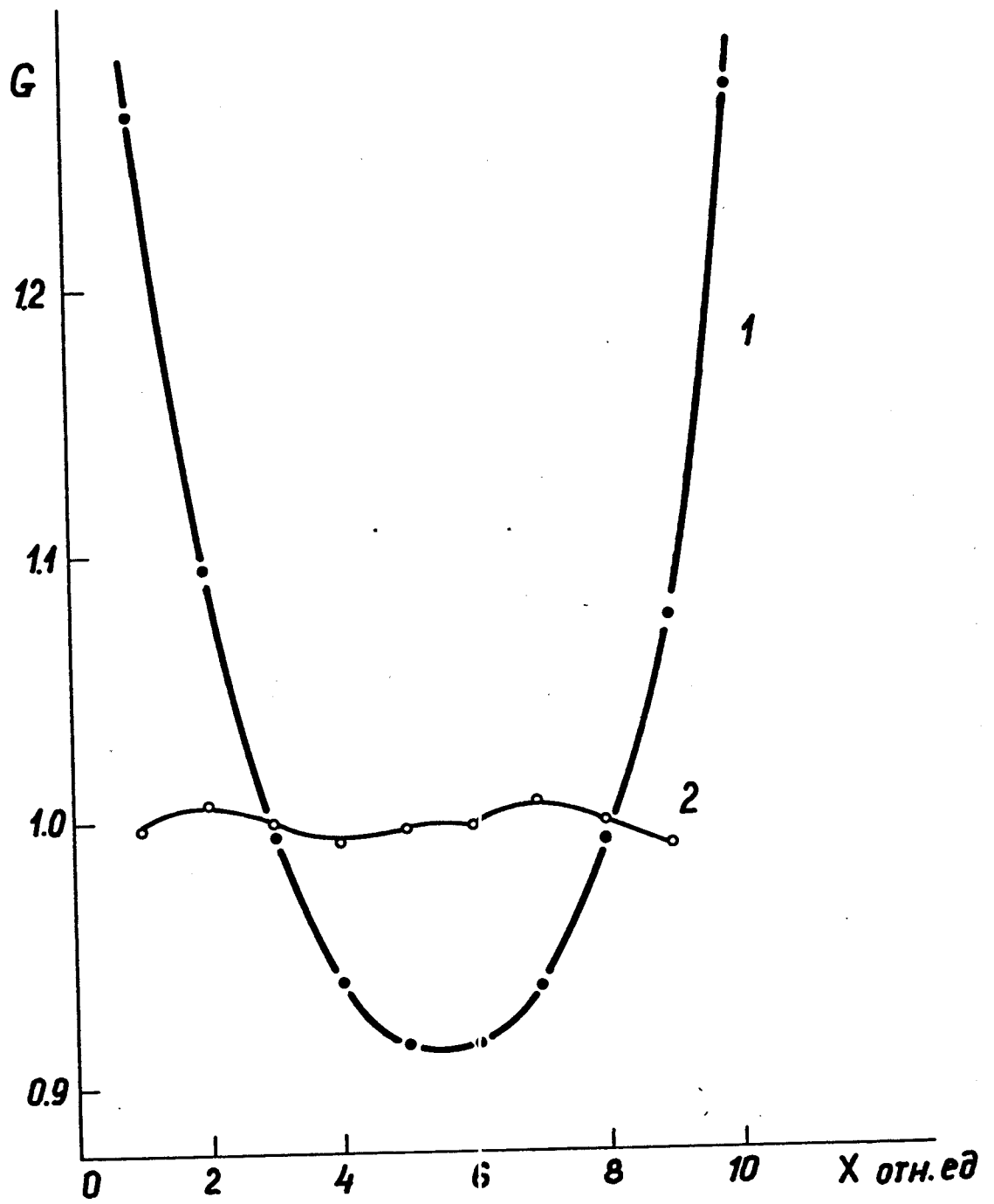


Рис 7