

Препринт ЕФИ-856(7)-86

**ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ**  
**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

---

---

А.С.АРТЕНЯН, С.Г.БАДАЛЯН, Р.С.ЕГИКЯН

**СИСТЕМА ПРОГРАММ НВООК**

**РУКОВОДСТВО ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ**

**ЦНИИатоминформ**

**ЕРЕВАН-1986**

© **Центральный научно-исследовательский институт информации  
и технико-экономических исследований по атомной науке  
и технике (ЦНИИатоминформ) 1985г.**

Система программ НВООК предназначена для наглядного представления массивов данных, получаемых в результате экспериментальных исследований или в ходе обработки исходного материала по программам пользователей.

Программы, составляющие систему НВООК, [1,2] позволяют определять, заполнять и редактировать гистограммы, двумерные диаграммы рассеяния и таблицы, а также выводить их на внешние устройства ЭВМ в соответствующей форме. Сами эти программы написаны в основном на языке ФОРТРАН-4 и таким образом могут быть реализованы на всех вычислительных машинах, на которых имеется транслятор с этого алгоритмического языка.

Вход в систему НВООК всегда осуществляется с помощью фортранного оператора вызова подпрограмм

```
CALL H... (PAR1, PAR2, ..., PARN),
```

где H... - имя соответствующей подпрограммы, начинающееся обязательно с буквы "H", а PAR1, PAR2, ..., PARN являются входными параметрами (почти всегда PAR1-ID, где ID - идентификатор гистограммы, указываемый при вызове).

Результаты счета по программам пользователей, использующих подпрограммы из системы НВООК, представляют собой одно-

мерные гистограммы, диаграммы рассеяния (двумерные гистограммы) или таблицы, сформированные на файле внешнего устройства (устройство широкой печати, дисплей, графопостроитель и т.п.).

Если при обращении к подпрограммам из системы НВООК использованные для этого фортранные операторы неприменимы или несогласованны, то печатаются сообщения об ошибках.

Система НВООК в основном предназначена для накопления данных в процессе последовательной обработки событий одного и того же типа. Кроме того, эта система может быть также использована для представления функций одной или двух вещественных переменных.

В числе важнейших особенностей системы НВООК следует указать следующие:

- это подчиненная система - в том смысле, что может быть вызвана лишь тогда, когда это нужно;
- инструкциями для вызова системы, как уже указывалось ранее, являются обычные фортранные операторы, и не требуется совершенно никаких карт с данными в специальном формате;
- если используется только некоторая часть возможностей, представляемых системой, то только соответствующая часть подпрограмм этой системы и будет загружена в память вычислительной машины.

В стандартной версии системы НВООК выдача результатов организуется для представления на устройстве широкой печати, но имеются также средства для их представления и на экране графического дисплея.

В системе также предусмотрен простой механизм для выборочного заполнения гистограмм. При этом логика для решения того,

заполнять гистограмму или нет, должна быть реализована самим пользователем программным путем, на ФОРТРАНе.

## I. Основные понятия о системе

Основными шагами при создании гистограмм, диаграмм рассеяния или таблиц являются последовательно их заказ, заполнение, редактирование и вывод результатов.

### I. Заказ гистограмм

Память для размещения гистограмм резервируется посредством следующих стандартных операторов вызова программы:

для одномерных гистограмм - CALL HBOOK1,

для двумерных гистограмм - CALL HBOOK2,

для таблиц - CALL HTABLE.

При этом в качестве списка фактических параметров в каж. и конкретном случае указывается идентификатор гистограммы, титульное название гистографируемой величины, число каналов гистограммы, а также пределы, внутри которых и будут регистрироваться различные значения исследуемой величины, так называемые события. Для всех заказанных гистограмм и таблиц создается таблица адресов, элементы которой упорядочиваются в порядке возрастания идентификаторов гистограмм.

В таблице адресов каждой гистограмме соответствует элемент таблицы, включающий идентификатор гистограммы, адрес ячейки памяти, с которой начинается зарезервированная для заполнения данной гистограммы область, длину этой области, а также вспомогательную информацию.

Наряду с основными гистограммами могут быть заказаны проекции и срезы для двумерных распределений, расширенный и уточнен-

ный набор интегральных характеристик распределений, стандартный набор которых задается по умолчанию.

При заказе можно задать максимально ожидаемое значение содержания одного канала гистограммы. Исходя из этой величины, для хранения в двоичном представлении числа событий, попадающих в один канал, будет отведено необходимое количество рядов машинного слова.

В системе НВООК предусмотрен режим автоматического вычисления пределов гистограммы, реализован аппарат копирования, приведения в исходное состояние и удаления гистограмм. При этом, например, последнюю операцию можно выполнить как для всех заказанных гистограмм, так и для гистограммы с конкретно указанным идентификатором.

## 2. Накопление гистограмм

Заказанную гистограмму можно заполнять с помощью обращения, например, к подпрограмме HFILL (в наиболее общем случае), в вызове которой обязательно должны быть указаны идентификатор гистограммы, а также значения и вес накапливаемых событий. С целью сокращения времени накопления событий в гистограмме, а также и общего времени статистической обработки в системе НВООК предусмотрены быстрые подпрограммы накопления, каждая из которых ориентирована на определенный тип гистограммы. Имеется также возможность наряду с поканальным накоплением производить и так называемое глобальное заполнение гистограмм.

## 3. Редактирование и вывод результатов

Все заказанные гистограммы различных типов вместе с проекциями и срезами могут быть выведены на устройство широкой печат-

ти посредством обращения к одной подпрограмме HISTDO.  
Для вывода какой-то конкретной гистограммы используется под-  
программа HPRINT, для которой в качестве фактического  
параметра указывается идентификатор искомой гистограммы.

Для сокращения требуемой памяти в системе предусмотрены спе-  
циальные подпрограммы вывода для каждого типа гистограмм, а  
также для уточнения формы выдачи и т.д.

#### 4. Другие возможности, предоставляемые системой

Наряду с указанными выше основными этапами процесса создания  
гистограмм в рамках системы HBOOK, а также с упомяну-  
тыми некоторыми особенностями выполнения этих процедур, умест-  
но здесь перечислить также ряд дополнительных возможностей,  
существенно подтверждающих преимущества системы HBOOK по  
сравнению с другими системами гистограммирования.

К числу этих привлекательных свойств относятся следующие:

- возможность получения значительно большей статистической информации, чем это предоставляется по умолчанию;

- доступ к содержимому гистограмм и возможность выполнения "арифметических" операций между гистограммами;

- сглаживание гистограмм, включая и сглаживание при помощи сплайнов заданного порядка;

- фитирование 1-, 2- и n-мерных распределений по методу наименьших квадратов двумя типами функций - внутрисистемной функцией (полиномиальной, экспоненциальной, гауссовой) или функцией, задаваемой пользователем в явном виде;

- генерация случайных чисел, плотность распределения кото-  
рых задается произвольной гистограммой или диаграммой рассея-  
ния;

- возможность виртуализации памяти и т.д.

### 5. Использование памяти ЭВМ

Система НВООК использует оперативную память ЭВМ для загрузки подпрограмм и подпрограмм-функций, входящих в ее состав и затребованных пользователем, а также для запоминания самих гистограмм.

Так как сама система НВООК организована в виде библиотеки, то в момент загрузки программы пользователя загружаются только те подпрограммы системы, которые используются для решения данной конкретной задачи; тем самым существенно экономится память ЭВМ.

Область памяти, необходимая для работы системы НВООК, т.е. для создания гистограмм, резервируется в виде непоименованного общего блока посредством, например, фортранного декларативного оператора:

```
COMMON // HMEMOR(5000).
```

Гистограммы располагаются в этом общем блоке в порядке их заказа и с использованием максимально возможной памяти, определяемой предельными размерами общего блока. Самой системе

НВООК размеры предоставленного ей для работы непоименованного общего блока указываются обращением к подпрограмме

```
HLIMIT:
```

```
CALL HLIMIT(5000).
```

В заключение вводной части данного руководства отметим также некоторые особенности обращения к подпрограммам системы.

Так, например, в ряде случаев при таких обращениях в качестве идентификатора одномерной или двумерной гистограммы в списке фактических параметров указывается нулевое значение

(ID = 0). Такое, на первый взгляд, неверное присваивание означает, что данное конкретное обращение должно быть задействовано для всех существующих (заказанных пользователем в своей задаче) гистограмм. Следует отметить и такой факт, что для уменьшения числа возможных ошибок при указании фактических параметров (при обращении к различным подпрограммам системы) реализована возможность указания для их конкретных значений как целых, так и вещественных чисел.

Наконец, для всех команд резервирования памяти для гистограммы требуется параметр VMX, посредством которого указывается максимальное число событий, которые могут быть зарегистрированы в одном канале гистограммы. В случае отсутствия такого указания значение для VMX берется по умолчанию. Здесь уместно добавить, что в стандартной версии системы НВООК предусмотрена также возможность указания в обращении к подпрограммам системы укороченного списка фактических параметров (в этом случае неуказанным формальным параметром значения присваиваются по умолчанию). Однако особенности мониторной системы "Дубна", не допускающей несоответствия числа формальных и фактических параметров подпрограмм, не позволили реализовать эту возможность на ЭВМ БЭСМ-6.

В следующих разделах руководства указанные здесь особенности системы НВООК рассматриваются более подробно.

## II. Заказ гистограмм

Как уже указывалось ранее, основными подпрограммами в системе НВООК, с помощью которых организуется заказ одномерных и двумерных гистограмм, а также таблиц, являются соответственно:

НВООК1, НВООК2, НТАВЛЕ.

I. Обращение к подпрограмме НВООК1 для заказа одномерной гистограммы имеет вид:

CALL НВООК1(ID, TIT, NX, ХМ1, ХМА, VMX).

Параметры в списке обращения имеют следующий смысл:

ID - идентификатор гистограммы, который должен быть обязательно указан в виде целого числа, не равного нулю;

TIT - заголовок гистограммы, представляющий собой строку символов;

NX - число каналов гистограммы;

ХМ1 - значение нижнего предела первого канала;

ХМА - значение верхнего предела последнего канала;

VMX - максимальное число событий (в смысле данной гистограммы), которые можно зарегистрировать в одном канале. Эта величина определяет, сколько разрядов машинного слова нужно выделить для хранения информации об одном канале и, соответственно, для скольких каналов может накапливаться информация в одном машинном слове ЭВМ.

Предусмотрены следующие специальные значения параметров:

VMX = 0 означает, что на каждый канал гистограммы выделяется одно целое машинное слово;

$\left. \begin{array}{l} \text{ХМ1} = 0. \\ \text{ХМА} = 0. \end{array} \right\}$  - означает, что пределы гистограммирования должны

быть вычислены автоматически;

NX = 0 - означает, что по умолчанию число каналов берется равным 100.

В то же время необходимо учесть, что:

- не разрешается нулевое значение идентификатора гистограммы ID;

- если указанный в обращении к подпрограмме идентификатор уже существует, то предыдущее присвоение уничтожается и заново восстанавливается с новыми спецификациями;

- VMX используется для вычисления количества разрядов машинного слова для хранения максимально возможного значения содержимого одного канала гистограммы, и если это количество меньше разрядности полного машинного слова, то при заполнении гистограммы с весами значение веса округляется до ближайшего целого числа, если только на канал не зарезервировано полное машинное слово (т.е. в случае  $VMX = 0$ ).

Заполнение гистограммы при отрицательных весовых коэффициентах не имеет смысла.

Заголовок гистограммы может быть указан в списке фактических параметров различным образом:

а) в виде строки символов непосредственно в обращении к подпрограмме;

б) в виде массива, содержащего соответствующую строку символов;

в) в виде вектора из  $(n + 1)$  слов. Причем  $n$  слов содержат строку символов, распределенную по словам вектора, а  $(n + 1)$ -е слово равно нулю;

г) в виде вектора из  $(n + 1)$  слов, первое из которых содержит число  $n$ , а последующие - распределенную по ним символьную информацию.

2. Обращение к подпрограмме HBOOK2 для заказа двумерной гистограммы имеет следующий вид:

CALL HBOOK2(ID, TIT, NX, XMI, XMA, NY, YMI, YMA, VMX).

При этом параметры в списке обращения означают:

ID - идентификатор гистограммы, являющийся целым числом;  
TIT - заголовок гистограммы;  
NX - число каналов по оси абсцисс;  
XMI - нижний предел первого канала по оси абсцисс;  
XMA - верхний предел последнего канала по оси абсцисс;  
NY - число каналов по оси ординат;  
YMI - нижний предел первого канала по оси ординат;  
YMA - верхний предел последнего канала по оси ординат;  
VMX - максимальное число событий по смыслу гистограммы, которое может быть зарегистрировано в одной ячейке двумерной гистограммы.

Отметим здесь, что в стандартной версии системы HBOOK отсутствие значения для VMX по умолчанию означает выделение 5 разрядов на хранение информации о ячейке гистограммы, следовательно, максимальное число зарегистрированных здесь событий может быть не более  $2^5 - 1 = 31$ .

При заказе двумерных гистограмм остаются в силе все те же замечания, которые были сделаны в случае организации заказа одномерных гистограмм с помощью подпрограммы HBOOK1.

5. Обращение к подпрограмме HTABLE для заказа двумерной таблицы имеет вид:

CALL HTABLE(ID, TIT, NX, XMI, XMA, NY, YMI, YMA, VMX).

Здесь параметры в списке обращения имеют тот же смысл, что и в случае подпрограммы HBOOK2.

В стандартной версии системы HBOOK в случае отсутствия

Значения для `VMX` по умолчанию на каждую ячейку (канал) таблицы выделяется 10 разрядов, тем самым максимальное число событий по смыслу таблицы может быть равно  $2^{10} - 1 = 1023$ .

Замечания здесь те же, что и те, которые были приведены для работы с подпрограммой `NBOOK1`; кроме того, при подготовке таблицы к выдаче на печать число колонок, используемых для записи содержимого одной ячейки, вычисляется, в зависимости от значения `VMX`, следующим образом:

$$NCOL = ALOG10(VMX) + 2.$$

В случае выбора одного полного слова на ячейку таблицы ее содержимое печатается в 10 столбцах в формате с плавающей запятой, включая и знак.

Наряду с основными действиями по заказу одномерных, двумерных гистограмм и таблиц в системе `NBOOK` предусмотрены широкие дополнительные возможности для использования в процессе заказа гистограмм, в том числе:

- а) округление масштаба гистограммирования;
- б) заказ проекций и срезов двумерных гистограмм и таблиц;
- в) запрос большего количества статистической информации, получаемой в процессе заполнения гистограмм;
- г) заказ гистограмм с заполнением значениями представленных самим пользователем функций одной или двух вещественных переменных.

4. Заказ округления размера канала гистограммы производится с помощью обращения к подпрограмме `NBINSZ` следующим образом:

```
CALL NBINSZ (ZNYES/2HNO).
```

В результате этого обращения во всех последующих заказах гистограмм ширина канала гистограммирования будет округлена до достаточной величины, а именно, будет представлена в виде целой степени числа 10, умноженной на один из коэффициентов 1., 1.5, 2., 2.5, 4. или 5.- в зависимости от действительной ширины канала.

Здесь следует отметить, что если в обращении в качестве параметра используется выражение ZNYES, то действие подпрограммы инициируется, в случае же использования в качестве параметра выражения ZNNO это действие блокируется. Разумеется, в случае отсутствия обращения к подпрограмме NBINSZ округление размера канала гистограммирования не производится.

5. Заказ проекций и срезов двумерных гистограмм и диаграмм рассеяния

5.1. С помощью обращения к подпрограмме

```
CALL NBPRO (ID,VMX)
```

для уже существующих диаграмм рассеяния или таблиц дополнительно заказываются их проекции на оси X и Y в виде двух одномерных гистограмм. Параметры, которые надо указать в списке вызова, имеют следующие значения:

ID - идентификатор уже существующей диаграммы рассеяния или таблицы;

VMX - максимальное значение для содержимого одного канала одномерной гистограммы. Если в обращении к подпрограмме ID=0, то тогда заказываются проекции для всех существующих диаграмм рассеяния (двумерных гистограмм) и таблиц.

Если же указанный ID вообще не существует или же относится к одномерной гистограмме, то обращение (5.1) игнорируется. Таким образом, это обращение возможно лишь в том случае, когда заранее была заказана двумерная гистограмма.

5.2. Для заказа проекций уже существующих двумерных гистограмм только на одну из осей X или Y используются соответственно, следующие обращения:

```
CALL HBPROX(ID, VMX),  
И CALL HBPROY(ID, VMX).
```

Здесь для этих подпрограмм следует принять во внимание все те же замечания, которые сделаны относительно подпрограммы HBPRO в пункте 5.1.

5.3. Для заказа проекции двумерной гистограммы на ось абсцисс в соответствии с интервалом изменения (YMI, YMA) по оси ординат используется следующее обращение:

```
CALL HBANDX (ID, YMI, YMA, VMX).
```

В этом обращении параметры имеют следующий смысл:

ID - идентификатор уже существующей диаграммы рассеяния или таблицы;

YMI - нижний предел интервала изменения Y ;

YMA - верхний предел интервала изменения Y ;

VMX - максимальное число событий, которое можно накопить в одном канале гистограммы.

Для получения же проекции двумерной гистограммы на ось ординат в зависимости от интервала изменения (XMI, XMA) по оси X используется обращение

```
CALL HBANDY(ID, XMI, XMA, VMX).
```

Параметры в этом обращении имеют тот же смысл, что и для подпрограммы **HVANDX**. Одновременно для обеих этих подпрограмм остаются в силе все те замечания, которые были сделаны для подпрограммы **HVPRO**.

5.4. Для заказа срезов диаграммы рассеяния или таблицы вдоль оси **Y** в виде **NSLI** штук одномерных гистограмм используется подпрограмма:

```
CALL HBSLIX (ID,NSLI,VMX).
```

Каждый срез представляет собой проекцию двумерной гистограммы на ось **X** в соответствии с интервалом вдоль оси **Y**.

Здесь **ID** - идентификатор уже существующей диаграммы рассеяния или таблицы;

**NSLI** - число срезов;

**VMX** - максимальное число, которое может быть накоплено в одном канале одномерной гистограммы.

Для получения срезов двумерных гистограмм на ось **Y** в зависимости от интервалов вдоль оси **X** аналогичным образом используется обращение:

```
CALL HBSLIY (ID,NSLI,VMX).
```

Все замечания, сделанные выше для подпрограммы **HVPRO**, остаются в силе и для этих двух последних подпрограмм.

6. Получение дополнительной статистической информации в процессе накопления гистограмм

Основные статистические характеристики гистографируемых величин - таких, как среднее значение и стандартное отклонение, вычисляются автоматически по содержимым каналов одномерных гистограмм в процессе вывода результатов.

Однако часто требуется более точный и подробный анализ накопленных в гистограмме данных или же просто дополнительная статистическая информация. Для решения этих задач используются подпрограммы, рассматриваемые ниже.

6.1. Если для заказанной уже гистограммы с идентификатором ID требуется еще получить среднее значение, среднее квадратов отклонение, а также асимметрию (скосенность распределения), эксцесс (крутость) и другие статистические величины (см. Г.Г.Абезгауз и др. Справочник по вероятностным расчетам, М., Воениздат, 1970), и при этом необходимо эти величины иметь непосредственно в процессе накопления регистрируемых событий, а не по окончательному содержанию каналов, то для этого служит следующее обращение:

```
CALL HBSTAT(ID).
```

Если ID=0, то указанная статистическая информация будет заказана для всех существующих на момент данного обращения гистограмм. Для двумерных гистограмм при этом подпрограмма HBSTAT организует анализ для заказанных проекций и срезов. Следует знать, что расчет статистики будет делаться только в пределах гистограммы, то есть без учета событий, оказавшихся вне этих пределов регистрации.

6.2. Для того, чтобы получить ошибки заполнения одномерных гистограмм или проекций двумерных гистограмм на ось X или ось Y, используются подпрограммы HBARX или HBARY, соответственно, посредством следующих обращений:

```
CALL HBARX (ID),
```

```
CALL HBARY (ID).
```

В результате этих обращений для уже заказанных гистограмм с идентификатором ID высчитывается ошибка по формуле:

$$\text{ERROR}(I) = \text{SQRT} \left( \sum_{J=1}^{\text{NEV}} \text{WEIGHT}(I,J) * * 2 \right).$$

где I - номер канала;

NEV - число событий, зарегистрированных в I-м канале;

WEIGHT(I,J)-весовой коэффициент, с которым J - е событие занесено в I-й канал.

Ошибки эти запоминаются в памяти ЭВМ и выдаются на печать непосредственно на изображении самой гистограммы. При этом само число событий в данном канале изображается символом "нуль", а число вертикальных черточек под нулем и над ним равно целым значениям нижнего и верхнего пределов интервала, в который попадает значение ошибки, вычисленной по указанной выше формуле. Разумеется, если все весовые коэффициенты в процессе заполнения гистограммы равны 1, то, в принципе, ошибки заполнения могут быть легко вычислены, и тогда необходимость в обращении к подпрограммам HBARX и HBARY отпадает.

Если ID = 0, то действие подпрограмм HBARX/HBARY распространяется на все одномерные гистограммы, заказанные к моменту обращения к этим подпрограммам. Если ID - идентификатор диаграммы рассеяния или таблицы, то HBARX/HBARY действует на все проекции и срезы этих двумерных гистограмм на оси X (ось Y).

## 7. Копирование, приведение в исходное состояние и удаление гистограмм

### 7.1. Посредством обращения

```
CALL HSCOPY (ID1, ID2, TITLE)
```

создается гистограмма с идентификатором ID2 , которая является точной копией имеющейся гистограммы с идентификатором ID1 , за исключением нового заголовка TITLE.

В случае отсутствия в списке параметров обращения значения для TITLE или равенства его нулю для вновь созданной гистограммы сохраняется заголовок старой гистограммы.

7.2. В случае обращения

CALL HRESET (ID, TITLE)

обнуляются содержимые всех каналов гистограммы с идентификатором ID , и заодно может быть изменен его заголовок, если только параметр TITLE в списке обращения не опущен или не равен нулю.

Если ID = 0 , то подпрограмма HRESET действует на все заказанные гистограммы.

7.3. Для уничтожения гистограммы с идентификатором ID используется обращение

CALL HDELETE (ID).

Если ID = 0 , то из памяти удаляются все заказанные гистограммы.

8. Заказ функций от одного и двух аргументов

8.1. При обращении

CALL HBFUN1 (ID, TIT, NX, XMI, XMA, FUN)

заказывается создание одномерной гистограммы с идентификатором ID и заголовком TIT , которая будет заполняться значениями некоей внешней функции FUN, вычисленными в середине каждого канала гистограммы.

В этом вызове первые пять параметров аналогичны соответствующим параметрам подпрограммы HBOOK1.

Параметр `FUN` указывает вещественную функцию одной переменной, которая должна быть декларирована в вызывающей подпрограмме пользователя посредством оператора `EXTERNAL`. Для хранения содержимого одного канала гистограммы здесь резервируется по умолчанию одно полное машинное слово.

8.2. Для гистограммирования значений внешней вещественной функции двух переменных `FUN(X, Y)`, вычисленных для середины каждого канала, двумерная гистограмма заказывается посредством обращения

```
CALL HBFUN2(ID, TIT, NX, XMI, XMA, NJ, YMI, YMA, FUN).
```

Первые 8 указанных здесь параметров имеют тот же смысл, что и для подпрограммы `HBOOK 2`, а параметр `FUN` указывает анализируемую функцию, которая должна быть предварительно декларирована через оператор `EXTERNAL`. В этом случае, как и в предыдущем, на каждый канал гистограммы резервируется полное машинное слово.

8.3. Для накопления значений некоей внешней функции `FUN(X)`, объявленной посредством оператора `EXTERNAL` и вычисляемой для середины каждого канала гистограммы с идентификатором `ID`, используется подпрограмма `HFUNC` следующим образом:

```
CALL HFUNC (ID, FUN).
```

Вследствии эта функция будет наложена на гистограмму и распечатана.

В случае `ID = 0` функция `FUN` будет наложена на все существующие одномерные гистограммы. Необходимо заметить, что сама функция `FUN` не должна содержать вызовов подпро -

грамм из системы НВООК. Кроме того, если подпрограмма HFUNC вызывается несколько раз и при этом каждый раз с новыми функциями для одного и того же ID, то при каждом очередном обращении значение предыдущей аппроксимирующей функции заменяется на новую функцию. В результате действия подпрограммы HFUNC вычисляется и распечатывается значение величины  $\chi^2$  содержимого каналов гистограммы относительно аппроксимирующей функции:

$$\chi^2 = \sum_{I=1}^{NCH} \frac{(\text{CONT}(I) - \text{FUN}(I))^2}{\sum_{J=1}^{NEV} \text{WEIGHT}^2(I, J)}$$

Здесь NCH - число каналов гистограммы;

CONT(I) - содержимое I-го канала;

FUN(I) - значение аппроксимирующей функции в середине I-го канала;

NEV - число событий, зарегистрированных в I-м канале;

WEIGHT(I, J) - весовой коэффициент, с которым J -е событие учтено в I-м канале.

### III. Накопление гистограмм

I. В системе НВООК основной подпрограммой, используемой для накопления гистограмм, является подпрограмма HFILL, вызов которой организуется следующим образом:

```
CALL HFILL (ID, X, Y, WEIGHT).
```

Эта подпрограмма используется для заполнения как одномерных гистограмм, так и диаграмм рассеяния и таблиц, идентификатор

ID которых указывается в списке фактических параметров. Процедура заполнения гистограммы очередным событием с параметром X ( для одномерных гистограмм) или парой параметров ( X, Y ) ( для двумерных гистограмм) состоит в том, что соответствующий этим параметрам канал или ячейка увеличивают свое содержимое с учетом весового коэффициента WEIGHT. Для двумерных гистограмм все заказанные проекции и срезы заполняются аналогичным образом.

Следует учесть следующие основные замечания по использованию этой подпрограммы. Во-первых, если для данной гистограммы зарезервировано по одному полному слову на канал, то коэффициент WEIGHT может быть указан в форме вещественного числа. В случае же, если в одно слово упаковывается информация сразу для двух и более каналов, то коэффициент WEIGHT в списке фактических параметров округляется до ближайшего целого положительного числа (отрицательный весовой коэффициент дает бессмысленный результат). Значения параметров X и Y также могут быть как целыми, так и вещественными числами. По умолчанию для рассматриваемой подпрограммы NFILL подразумевается заполнение одномерной гистограммы (т.е. параметр Y в списке обращения может быть опущен) и значение весового коэффициента WEIGHT, равное 1.

Наряду с основной подпрограммой NFILL, функции которой рассмотрены выше, в системе предусмотрены подпрограммы, расширяющие возможности по заполнению гистограмм. В частности, эти дополнительные подпрограммы позволяют организовать:

- отключение (включение) процедуры заполнения конкретной гистограммы в зависимости от условий, вычисляемых в программе;

- ускорение процесса заполнения за счет сокращения ряда дополнительных возможностей, заказанных при инициализации гистограмм;

- глобальную передачу массива или матрицы в гистограмму, диаграмму рассеяния или таблицу (под глобальной передачей здесь понимается занесение сразу всех элементов массива или матрицы, а не в отдельности, как это обычно делается).

Рассмотрим подробнее все эти подпрограммы, реализующие указанные дополнительные возможности в процессе заполнения гистограмм.

2. В системе HBOOK не предусмотрена возможность для выборочного заполнения гистограмм. Поэтому проверку того, заполнять или нет данную гистограмму - в зависимости от условий задачи - необходимо делать с использованием операторов ФОРТРАНа.

Например, так:

```
IF(PTR.LT.4.) CALL HFILL(2710,ZVERTX,0.,1).
```

В то же время для построения программы пользователя может быть гораздо удобнее разъединить такую проверку так, чтобы она выполнялась в различных частях этой программы. С этой целью в системе предусмотрены подпрограммы HLOK и HUNLOK, закрывающие и открывающие, соответственно, возможность заполнения гистограммы с идентификатором ID - в зависимости от условий задачи.

Обращение к этим подпрограммам таково:

```
CALL HLOK(ID),  
CALL HUNLOK(ID).
```

Следует заметить, что в случае ID = 0 запрет или разрешение на заполнение распространяется на все заказанные в задаче гистограммы.

Таким образом, показанный выше пример может быть переписан следующим образом:

```
.....  
IF(PTRGE.4.) CALL HLOK (2710)  
.....  
CALL HFILL (2710,ZVERTX,0.,1)  
.....  
CALL HUNLOK (2710)  
.....
```

3. Если в программе пользователя заполняется много гистограмм и делается это несколько раз, то существенные затраты времени для работы подпрограммы HFILL прежде всего определяются необходимостью найти указанную гистограмму, решить какого она типа, а также выполнить операции по упаковке и распаковке байтов информации - в том случае, если одно машинное слово используется для хранения данных для более чем одного канала гистограммы. Следовательно, если ставится задача сократить затраты времени на процедуру заполнения гистограмм, то следует, во-первых, предусмотреть не более одного канала на машинное слово и, во-вторых, устранить анализ указанных выше характеристик этих гистограмм.

Для этой цели в системе предусмотрены быстрые подпрограммы накопления HF1 и HF2, которые позволяют значительно ускорить процесс накопления гистограммы как одномерных (HF1), так и двумерных (HF2). Обращение к этим подпрограммам таково:

```
CALL HF1(ID,X,WEIGHT),
```

```
CALL HF2(ID,X,Y,WEIGHT).
```

Здесь параметры ID , X , Y , WEIGHT имеют смысл, указанный для подпрограммы HFILL . Причем X , Y и WEIGHT могут принимать лишь вещественные значения. Следует также знать, что при использовании подпрограмм HF1 и HF2 игнорируется действие подпрограмм HLOK/HUNLOK, HVARX , HVBSTAT и др., с помощью которых были заказаны проекции, срезы, дополнительная статистическая информация и т.п. Кроме того, воспрещается одновременное использование подпрограмм HFILL и HF1 или HF2 для одного и того же идентификатора ID гистограмм.

4. Часто вместо обычного поканального накопления возникает задача занесения в одномерную или двумерную гистограмму с идентификатором ID одновременно всех элементов вектора или матрицы, описанных в виде одномерного или двумерного массива CONTENT. Размерности массивов CONTENT(NX) или CONTENT(NX,NY) должны быть не меньше числа каналов или ячеек гистограмм. Для этого используется подпрограмма глобального заполнения HPAK (ID, CONTENT).

В случае, если заполняемая таким образом гистограмма двумерная, игнорируются возможные проекции и срезы. Аналогичный характер имеет задача наложения на одномерную гистограмму с идентификатором ID массива ERRORS определенных пользователем ошибок в качестве ошибок каналов гистограммы.

Этой целью организуется вызов следующей подпрограммы:

```
CALL HPAKE (ID, ERRORS).
```

Здесь массив `ERRORS` должен иметь размерность не меньше, чем число каналов гистограммы. Обязательным условием использования подпрограммы `HRAKE` является предварительный заказ с помощью подпрограммы `HBAKH` гистограммирования совместно с ошибками.

#### 17. Редактирование гистограмм и вывод результатов

I. Основными подпрограммами для выдачи на печать накопленных гистограмм являются `HISTDO` и `HPRINT (ID)`.

С помощью первой из этих подпрограмм, которая вызывается следующим образом:

```
CALL HISTDO,
```

на печать выдаются все заказанные и накопленные гистограммы. Одновременно в начале распечатки печатается сводная таблица всех этих гистограмм с указанием их основных характеристик и, в частности, используемой памяти. В том случае, когда гистограмма пустая, об этом появляется сообщение, и гистограмма на устройство широкой печати не выдается.

Обращение к подпрограмме `HPRINT` таково:

```
CALL HPRINT (ID).
```

Эта подпрограмма используется для выдачи на печать гистограмм с идентификатором `ID`.

В случае если `ID = 0`, то распечатываются все заказанные гистограммы, но, в отличие от `HISTDO`, не печатается сводная таблица гистограмм. Для пустой гистограммы появляется лишь соответствующее сообщение.

При выдаче на печать одномерных гистограмм каждая из них распечатывается целиком на одной странице. При этом печатается идентификатор гистограммы, дата, заголовок, указывающий какая величина гистограммируется. Контур самой гистограммы вычерчивается для области между минимальным и максимальным пределами гистограммирования, указанными при заказе гистограммы. На горизонтальной оси указываются номера и значения нижних границ каждого канала, а на вертикальной оси откладывается в соответствующем масштабе содержимое этих каналов. Под горизонтальной осью гистограммы для каждого канала печатается число событий, накопленных в этом канале, а также некоторая суммарная статистика о гистограмме в целом (общее число зарегистрированных событий, среднее значение, стандартное отклонение и т.д.). Если число каналов больше 100, то гистограмма печатается на нескольких страницах.

Двумерные гистограммы (диаграммы рассеяния и таблицы) могут быть распечатаны не более чем на одной странице - в зависимости от числа каналов по осям  $X$  и  $Y$ . По обеим осям печатаются номера каналов, а также значения нижних границ каналов. Под гистограммой печатается небольшая табличка с суммарной статистикой:

N1	N2	N3
N4	N5	N6
N7	N8	N9

Указанные в этой таблице 9 чисел имеют следующий смысл:

N1 - число событий, не занесенных в гистограмму вследствие того, что их первый параметр меньше минимального значения  $X$ ,

а второй параметр больше максимального значения  $Y$  .

N2 - число событий, не занесенных в гистограмму из-за того, что второй параметр этих событий больше максимального значения  $Y$  ; значения первого параметра этих событий лежат в пределах области изменения  $X$  .

N3 - число событий, не занесенных в гистограмму по причине того, что оба параметра этих событий превышают максимальные значения  $X$  и  $Y$  , указанные при инициализации гистограммы.

N4 - число событий, не занесенных в гистограмму из-за того, что первый параметр меньше  $X_{\min}$  ; второй параметр этих событий оказался в пределах области изменения  $Y$  .

N5 - число всех событий, занесенных в гистограмму; оба параметра этих событий были в пределах областей изменения  $X$  и  $Y$  , указанных при инициализации гистограммы.

N6 - число событий, не занесенных в гистограмму из-за того, что первый параметр больше  $X_{\max}$  ; второй параметр этих событий лежит в пределах области изменения  $Y$  .

N7 - число событий, не занесенных в гистограмму вследствие того, что оба их параметра были меньше  $X_{\min}$  и  $Y_{\min}$  , указанных при инициализации гистограммы.

N8 - число событий, не занесенных в гистограмму из-за того, что второй параметр меньше  $Y_{\min}$  ; первый же параметр лежит в пределах области изменения  $X$  .

N9 - число событий, не занесенных в гистограмму вследствие того, что первый параметр превышает  $X_{\max}$  , а второй параметр меньше  $Y_{\min}$  .

Печать этой таблицы можно подавить с помощью подпрограммы PRINTA.

Все проекции и срезы печатаются вслед за основной двумерной гистограммой, к которой они относятся, в том порядке, в котором они заказаны. В случае, если число каналов гистограммы больше 100, гистограмма делится на части, содержащие по 100 каналов и распечатываемые каждая на отдельной странице листинга, друг за другом.

Подпрограммы, которые приведены далее в этом разделе, используются для расширения возможностей, предоставляемых стандартным аппаратом выдачи гистограмм. Эти подпрограммы позволяют добавить или, наоборот, подавить печать какой-либо информации, выбрать различные формы представления графического материала, модифицировать формат выдачи гистограмм на печать.

Все эти подпрограммы, редактирующие накопленные гистограммы, должны вызываться перед обращением к основным подпрограммам, служащим для выдачи на печать ( HISTDO или HPRINT).

Некоторые из них могут быть вызваны в любое время после заказа гистограмм, другие же — только после того, как гистограммы полностью заполнены. Следовательно, наиболее целесообразно все такие редактирующие подпрограммы сгруппировать и вызывать непосредственно перед окончательной распечаткой всех заказанных и накопленных гистограмм.

## 2. Печать сводной таблицы и общего заголовка для всех гистограмм

2.1. Иногда бывает удобно печатать лишь сводную таблицу накопленных гистограмм, которая автоматически выдавалась подпрограммой HISTDO, без выдачи их самих на печать. Для этого служит обращение

CALL HINDEX.

2.2. Для печати какого-либо общего текста (заголовка) используется подпрограмма

CALL HTITLE (GENTIT).

Здесь **GENTIT** представляет собой строку текста, состоящую из алфавитно-цифровых символов и представляемую в виде холлеритовской константы (см. соответствующие разъяснения для подпрограммы **HBOJK1**).

3. Информация, выдаваемая при распечатке одномерных гистограмм, состоит из многих частей, некоторые из которых печатаются обязательно, а печать других можно управлять. Перечислим эти части в распечатке гистограмм:

- общий заголовок - печатается обязательно (если определен);
- сама гистограмма - по умолчанию печатается;
- идентификатор и заголовок - печатаются обязательно;
- номера каналов - по умолчанию печатаются;
- содержимые каналов - по умолчанию печатаются;
- значения ошибок - по умолчанию не печатаются;
- значение наложенной на гистограмму функции - по умолчанию не печатается;
- суммарные содержимые каналов по умолчанию не печатаются;
- нижняя граница каналов - по умолчанию печатается;
- статистическая информация - по умолчанию печатается.

Описанные ниже подпрограммы в основном используются именно для манипулирования печатью тех частей в распечатке гистограммы, которые используются по умолчанию. Все эти подпрограммы имеют одинаковые параметры. Первый из этих параметров представляет собой идентификатор гистограммы **ID**, а второй параметр является холлеритовской переменной, могущей принимать значения

ЗНУЕС или 2ННО.

Рассмотрим функции этих дополнительных подпрограмм.

3.1. Для запрещения печати самой гистограммы используется обращение к подпрограмме:

CALL HPRHIS (ID,2ННО).

3.2. Для подавления печати номеров каналов вызывается подпрограмма

CALL HPRCHA (ID,2ННО).

3.3. Для подавления печати содержимого каналов служит подпрограмма

CALL HPRCON (ID,2ННО).

3.4. Для печати ошибок каждого канала (если такие заказаны) используется обращение:

CALL HPRERR (ID,ЗНУЕС).

3.5. Для печати значений наложенной на гистограмму функции (если, конечно, таковая имеется) служит подпрограмма

CALL HPRFUN (ID,ЗНУЕС).

3.6. Печать интегрированных содержимых каналов (сумма содержимого данного канала с содержимыми всех предыдущих каналов) производится по вызову:

CALL HINTEG (ID,ЗНУЕС).

3.7. Подавление печати нижних пределов каналов осуществляется с помощью подпрограммы

CALL HPRLOW (ID,2ННО).

3.8. Для подавления печати статистической информации (и для одномерных, и для двумерных гистограмм) служит обращение:

CALL HPRSTA (ID,2ННО).

Если  $ID = 0$ , то действие вышеперечисленных подпрограмм распространяется на все накопленные гистограммы.

В случае, если  $ID$  принадлежит двумерной гистограмме, действие этих подпрограмм распространяется лишь на заказанные для данной гистограммы проекции и срезы, которые накапливаются в виде одномерных гистограмм.

#### 4. Регулирование формы графического представления одномерных гистограмм

Одномерные гистограммы обычно изображаются контурной линией, составленной из символов (по одному на каждый канал), смещенных на величину, пропорциональную содержанию данного канала. В качестве такого символа служит черточка (-). Для объединения всех этих символов в сплошную линию используются символы "I", число которых в каждой колонке зависит от разности между содержимыми двух соседних каналов.

Однако наряду со стандартной формой представления имеется возможность и других представлений графической информации. Приведенные ниже подпрограммы представляют собой соответствующий аппарат для этих целей.

4.1. Для изображения гистограммы с целиком заполненными символом "X" каналами используется подпрограмма

```
CALL HBLACK(ID).
```

Самым верхним символом для каналов гистограммы в этом случае будет одно из чисел от 1 до 9 или же символ "X" - в зависимости от величины остатка от деления содержимого канала на 10.

Если  $ID = 0$ , то все накопленные гистограммы будут распечатаны описанным здесь способом.

4.2. Если требуется каждый канал гистограммы изобразить

звездочкой с ординатой, соответствующей содержимому данного канала, то вызывается подпрограмма:

```
CALL HSTAR (ID).
```

При ID = 0 действие подпрограммы распространяется на все одномерные гистограммы (в том числе и на проекции и срезы двумерных гистограмм).

4.3. Для того, чтобы при распечатке гистограммы использовать символы, отличные от тех, которые подразумеваются по умолчанию, используется подпрограмма

```
CALL HPCNAR(IOPT, ICNA).
```

В этом обращении параметр IOPT является холлеритовской переменной, принимающей одно из трех следующих значений:

4NBVAC, 4HSTAR, 4HFUNC; параметр ICNA

тоже является холлеритовской переменной, принимающей любое односимвольное значение.

Например, если мы хотим заменить звездочку в изображении наложенной на гистограмму функции (для этого была использована подпрограмма HSTAR) на точку, то для этого вызывается подпрограмма HPCNAR следующим образом:

```
CALL HPCNAR(4HSTAR, 1H.).
```

4.4. Для нанесения на гистограмму черточек, изображающих ошибку вычисления содержимого канала (эта ошибка равна корню квадратному из содержимого канала) вызывается подпрограмма

```
CALL HERROR(ID).
```

Следует напомнить, что эта возможность автоматически реализуется с помощью подпрограммы HBARX. Если ID = 0, то указанным образом распечатываются все накопленные одномерные

гистограммы.

#### 4.5. При обращении к подпрограмме

CALL NBIGBI(ID,NCOL)

гистограмма с идентификатором ID будет распечатана на одной странице (100 колонок) с выделением под каждый канал гистограммы по NCOL колонок. Если параметр NCOL = 0 или пропущен, то между каналами гистограммы будут перераспределены все 100 колонок полной страницы распечатки. Из функции этой подпрограммы следует, что ее можно использовать только в том случае, когда произведение числа каналов гистограммы на параметр NCOL не превышает максимального числа колонок на странице (100 колонок). В противном случае величина

NCOL уменьшается настолько, чтобы удовлетворить указанному выше ограничению. Если гистограмма печатается не поперек страницы (стандартная форма), а вдоль нее (результат действия подпрограммы HROTAT), то на величину параметра не накладывается никаких ограничений.

#### 5. Определение масштаба и нормализация

Здесь прежде всего уместно заметить, что если где-либо в распечатке гистограмм встречается умножение на степень десяти, то это означает, что соответствующая величина была умножена на этот коэффициент непосредственно перед выдачей на печать.

Для выдачи одномерных гистограмм обычно к их содержимому применяется линейный масштаб, определяемый разностью между минимальным и максимальным содержимыми каналов гистограммы.

В то же время в системе HBOOK имеется аппарат для того, чтобы:

- выбрать преобразование гистограммы по логарифмическому мас-

штабу, т.е. вместо реально накопленного в каждом канале числа событий на печати изображается логарифм этого числа;

- определить пределы преобразования по масштабу;
- уменьшить до минимально возможного целого числа значение шага масштабирования;
- в целях сравнения представить несколько гистограмм в одном и том же масштабе;
- нормализовать общее содержимое гистограммы.

Рассмотрим подробнее набор подпрограмм, реализующих эти возможности.

5.1. Для представления содержимого гистограмм с идентификатором ID в логарифмическом масштабе (по основанию 10) используется подпрограмма

```
CALL HLOGAR(ID).
```

5.2. Для задания границ области, в пределах которой к содержимому гистограммы с идентификатором ID применяется масштабирование, служат подпрограммы

```
CALL HMAXIM(ID, AMAX),
```

```
CALL HMINIM(ID, AMIN).
```

Значения AMAX и AMIN выбираются самим программистом. При ID = 0 действие этих подпрограмм распространяется на все существующие гистограммы.

5.3. Иногда бывает удобно максимально "разрядить" изображение каждого канала гистограммы, т.е. максимально уменьшить (в пределах, допускаемых определенными для данного устройства широкой печати размерами страницы листинга) до минимально возможного целого числа шаг вертикального масштаба. Для этой цели служит

вызов подпрограммы

CALL H1EVL1 (ID).

Если ID принадлежит диаграмме рассеяния, то для нее целым числом будет шаг накопления событий в ячейках. При ID = 0 подпрограмма H1EVL1 действует на все существующие гистограммы.

5.4. Для сравнения N гистограмм, идентификаторы которых содержатся в некотором массиве IDVEST, они должны быть сведены к одному и тому же вертикальному масштабу. Для этой цели служит подпрограмма HCOMPA, вызов которой имеет вид:

CALL HCOMPA (IDVEST, N).

Разумеется, массив IDVEST должен быть описан посредством соответствующего фортрановского оператора. Если N = 0, то HCOMPA применяется ко всем существующим одномерным гистограммам.

5.5. Для нормализации общего содержания одномерной гистограммы с идентификатором ID в соответствии с коэффициентом FACTOR и печати в таком виде служит вызов подпрограммы

CALL HNORMA (ID, FACTOR).

При ID = 0 в соответствии с коэффициентом FACTOR будут нормализованы все накопленные гистограммы. При этом следует знать, что значение FACTOR = 0 является запрещенным.

5.6. Для диаграмм рассеяния обычно масштаб представления содержимого начинается с нуля и далее возрастает с шагом, равным единице. Содержание каждой ячейки представляется одним символом при следующем соответствии:

значение	1	2	3	...	9	10	11	...	35	переполнение
символ	.	+	2	3	...	9	A	B	...	z ж

Здесь символы имеют следующий смысл:

" ." - больше, чем 0 и меньше, чем 1.

"+" - больше или равно 1 и меньше, чем 2.

"2" - больше или равно 2 и меньше, чем 3.

.....

ж - больше или равно VMX .

Однако часто бывает необходимо переопределить это соответствие согласно определенному коэффициенту, изменяющему приписываемое каждому символу значение и шаг масштаба.

Эта операция производится с помощью обращения

CALL HSCALE (ID, FACTOR).

В результате, в диаграмме рассеяния ID масштаб представления содержимого умножается на коэффициент FACTOR. Если FACTOR = 0. , то масштабирование осуществляется автоматически, согласно минимальному и максимальному содержимым среди всех ячеек данной диаграммы рассеяния.

При ID = 0 действие подпрограммы HSCALE распространяется на все существующие диаграммы рассеяния.

#### 6. Управление размерами страницы

Распечатка гистограмм прежде всего формируется на файле устройства широкой печати, а затем только выдается на печать. При этом каждый такой файл распечатывается на отдельной странице листинга, размеры которой определены для данного устройства по умолчанию.

Однако с помощью нижеприведенных подпрограмм эти размеры страницы могут быть переопределены.

6.1. Для того, чтобы управлять переводом страниц распечатки, т.е. печатать последующие гистограммы друг за другом (без того, чтобы начинать каждый раз с новой страницы) или же, наоборот, восстановить стандартный режим печати, служит подпрограмма

```
CALL HSQUEZ(ЗНУЕС/2ННО).
```

Отмена или возобновление стандартной формы выдачи управляется параметром подпрограммы, представляющим собой холлеритовскую переменную и принимающим значение либо ЗНУЕС, либо 2ННО.

6.2. Для переопределения размеров страницы, на которую выдается гистограмма, используется обращение

```
CALL НРАGSZ (NЛINES, NCOLUM).
```

Таким образом, размер страницы будет равен произведению указанных здесь двух параметров, соответственно определяющих число строк и число столбцов.

6.3. Посредством обращения

```
CALL Н2РАGE(ID)
```

одномерная гистограмма с идентификатором ID, которая печатается поперек страницы листинга, расширяется на 2 страницы, тем самым улучшая вертикальное разрешение. При ID = 0 такое "растягивание" производится по отношению ко всем существующим гистограммам.

6.4. Для того, чтобы одномерную гистограмму с идентификатором ID повернуть и печатать вдоль листинга, используется подпрограмма

CALL HROTAT (ID).

При ID = 0 будут повернуты все накопленные гистограммы.

#### 7. Выборочное редактирование и выдача гистограмм

Когда выдача гистограмм производится с помощью подпрограмм HISTDO или HPRINT, то в память ЭВМ загружаются одновременно все подпрограммы, применяемые для различных операций при организации выдачи на печать гистограмм (в том числе, для выдачи проекций, срезов, вращения одномерных гистограмм), даже те, которые в данной задаче не используются.

В целях экономии памяти целесообразно использовать нижеприведенные подпрограммы, обеспечивающие выборочное редактирование и выдачу на печать гистограмм.

7.1. Для распечатки в стандартной форме представления одномерных гистограмм или проекций и срезов двумерных гистограмм служит вызов подпрограммы

CALL HPHIST (ID,CHOICE, NUM).

Здесь ID - идентификатор гистограммы,

CHOICE - холлеритовская переменная, значение которой для одномерной гистограммы равно 4NHIST (более подробно об этой переменной см. в описании приведенной далее подпрограммы HUPRAK );

NUM - порядковый номер среза или отрезка двумерной гистограммы, для одномерной гистограммы NUM = 1.

При ID = 0 на печать с помощью данной подпрограммы будут выданы все накопленные гистограммы.

7.2. Аналогичные функции и характеристики имеет подпрограмма HPROT, с той лишь разницей, что она печатает гисто-

граммы вдоль листинга. Вызов ее таков:

```
CALL HPROT (ID, CHOICE, NUM).
```

7.3. Если двумерная гистограмма с идентификатором ID накоплена в виде таблицы, а распечатать ее надо как диаграмму рассеяния, то для этого используется подпрограмма

```
CALL HPSCAT (ID).
```

При этом не печатаются проекции гистограммы, даже если они заказаны.

Если  $ID = 0$ , то действие подпрограммы распространяется на все существующие двумерные гистограммы (разумеется и на те, которые были уже накоплены в виде диаграммы рассеяния).

7.4. Наоборот, для выдачи накопленной диаграммы рассеяния с идентификатором ID в виде таблицы используется обращение:

```
CALL HPTAB(ID,IFORMA).
```

Здесь параметр IFORMA является пустым, несущественным. При  $ID = 0$  в виде таблицы будут распечатаны все накопленные двумерные гистограммы.

7.5. В целях экономии памяти для распечатки гистограммы с идентификатором ID могут быть использованы следующие подпрограммы:

HPHS(ID) - для случая, если на печать не выдается таблица или не требуется вращение одномерной гистограммы;

HPHST(ID) - если только не требуется вращение одномерной гистограммы.

У. Организация доступа к информации, накопленной в гистограмме. Использование памяти

I. Доступ к содержимому гистограмм

Информация, накопленная в гистограммах, может быть сделана доступной с помощью описанных в этом разделе подпрограмм. Они позволяют извлечь содержимое каналов (всех вместе и каждого в отдельности), рассчитать среднее значение и стандартное отклонение одномерного распределения, а также его асимметрию и эксцесс.

1.1. Прежде всего ознакомимся с логической подпрограммой - функцией `HEXIST`, которая обязательно должна быть объявлена как таковая посредством соответствующего фортрановского оператора описания типа переменной.

Эта логическая функция

```
LOGVAR = HEXIST (ID)
```

истинная, если гистограмма с указанным `ID` существует, и ложная, если такого идентификатора нет.

1.2. Для получения числа, а также идентификаторов всех существующих в программе пользователя одномерных гистограмм служит обращение

```
CALL HID1(IDVEST, N).
```

Здесь `IDVEST` - массив размерности `N`.

В результате действия этой подпрограммы в массив `IDVEST` будут возвращены идентификаторы всех гистограмм в порядке их заказа, а параметр `N` будет равен числу этих гистограмм.

1.3. Для получения такой же информации о двумерных гистограммах служит подпрограмма

```
HID2(IDVEST, N).
```

Относительно этой подпрограммы остаются в силе все замечания, сделанные для подпрограммы `HID1`.

1.4. Наконец, для получения соответствующей информации обо

всех гистограммах, как одномерных, так и двумерных, служит подпрограмма

`HIDALL(IDVECT, N)`.

I.5. Для извлечения общего числа `NOENT` входов, зарегистрированных в гистограмме с идентификатором `ID`, используется подпрограмма

`HNOENT(ID, NOENT)`.

I.6. Посредством вызова подпрограммы

`HUNPAK(ID, CONTEX, CHOICE, NUM)`

содержимое двумерной гистограммы или отдельных ее проекций или срезов переносится в локальный массив `CONTEX`.

Здесь `ID` - идентификатор гистограммы,

`CONTEX` - одномерный или двумерный массив с размерностями, равными числу каналов гистограммы;

`CHOICE` - холлеритовская переменная, с помощью которой указывается, какая разновидность гистограмм подвергается действию данной подпрограммы. Таким образом, переменная `CHOICE` может принять одно из следующих значений:

`4NHIST` - для самой диаграммы рассеяния,

`4NPROX` - проекция на ось X,

`4NPROY` - проекция на ось Y,

`4NSLIX` - срезы на ось X,

`4NSLIY` - срезы на ось Y,

`4NBANX` - ограниченная проекция на ось X,

`4NBANY` - ограниченная проекция на ось Y,

`NUM` - порядковый номер рассматриваемого среза или ограниченной проекции.

1.7. Для извлечения содержимого I-го канала (для одномерной гистограммы) или (I,J)-й ячейки (для двумерной гистограммы) используются функции:

и 
$$\text{VARIAB} = \text{HI}(\text{ID}, \text{I})$$
$$\text{VARIAB} = \text{HIJ}(\text{ID}, \text{I}, \text{J}) ,$$

соответственно для одномерной и двумерной гистограмм.

1.8. Для извлечения содержимого канала по значению X (для одномерной гистограммы с идентификатором ID) или же ячейки двумерной гистограммы (по значению пары координат (X,Y)) служит пара функций:

и 
$$\text{VARIAB} = \text{HX}(\text{ID}, \text{X})$$
$$\text{VARIAB} = \text{HXY}(\text{ID}, \text{X}, \text{Y}) ,$$

соответственно для одномерной и двумерной гистограмм. Для извлечения значения ошибки I-го канала гистограммы с идентификатором ID, для которого расчет ошибки был заказан с помощью подпрограммы HBARX, используется обращение:

$$\text{VARIAB} = \text{HIE}(\text{ID}, \text{I}).$$

В том случае, если подпрограмма HBARX не была инициализирована, функция HIE получает неопределенное значение.

1.9. Для решения аналогичной задачи, но только для того случая, когда канал идентифицируется не по номеру, а по значению координаты X служит подпрограмма - функция

$$\text{VARIAB} = \text{HXE}(\text{ID}, \text{X}).$$

1.10. Значение ассоциированной функции для I-го канала гисто-

граммы с идентификатором ID дается в результате обращения  
 $VARIAB = NIF(ID, I).$

I.II. Для получения по координате X (или паре координат (X, Y)) номера канала (или пары номеров каналов (I, J)) соответственно для одномерной и двумерной гистограмм, служат подпрограммы:

$NXI(ID, X, I)$

и

$NXYIJ(ID, X, Y, I, J)$

I.I2. Для определения значения нижней границы I-го канала (координата X) или (I, J)-й ячейки (пара координат (X, Y)) гистограммы с идентификатором ID используются подпрограммы

$NIX(ID, I, X)$

и

$NIJXY(ID, I, J, X, Y)$  ,

соответственно для одномерной и двумерной гистограмм.

I.I3. Для определения минимального и максимального содержимых в каналах гистограммы с идентификатором ID служат подпрограммы - функции:

$VARIAB = NMIN(ID)$

и

$VARIAB = NMAX(ID).$

Если ID принадлежит диаграмме рассеяния, то значение функции будет равно содержимому соответствующей ячейки без учета проекций.

I.I4. Суммарное содержимое всех каналов гистограммы с идентификатором ID извлекается посредством вызова

VARIAB = HSUM(ID).

I.15. Для определения адреса IFIRST в непомеченной COMMON-блоке первого слова из массива гистограммы с идентификатором ID используется подпрограмма

HLOCAT(ID,IFIRST).

Этот адрес может быть полезен для прямого доступа в область памяти данной гистограммы для извлечения такой информации о ней, которая не могла быть получена с помощью описанных выше подпрограмм.

I.16. Иногда по ходу решения задачи бывает необходимо получить значения параметров гистограммы с идентификатором ID, заказанных при ее инициализации. Для этого используется подпрограмма

HGIVE(ID,TIT,NX,XMI,XMA,NY,YMI,YMA,NWT,IAD).

В результате работы подпрограммы HGIVE через приведенные ниже параметры будет получена следующая информация:

- TIT - заголовок гистограммы,
- NX - число каналов по оси X,
- NY - число каналов по оси Y (для двумерной гистограммы),  
для одномерной гистограммы NY=0 ;
- XMI - нижний предел первого канала по оси X;
- XMA - верхний предел последнего канала по оси X;
- YMI - нижний предел первого канала по оси Y (для одномерной гистограммы YMI=0 );
- YMA - верхний предел последнего канала по оси Y (для одномерной гистограммы YMA=0 );
- NWT - число машинных слов, занятых под заголовок гистограммы.

мы; если заголовка нет, то  $NWT=0$  ;

IAD - адрес идентификатора ID в таблице адресов, размещенной в непомеченном COMMON - блоке ; тем самым устанавливаются следующие соответствия:

$ID = IB(IAD),$

IFIRST=IB(IAD+1) - указатель на область памяти гистограммы (см. подпрограмму HLOCAT ),

NWH = IB(IAD + 2) - число слов, зарезервированных под хранение идентификатора,

SW = IB(IAD + 3) - статусное слово гистограммы.

I.17. Для получения величин среднего значения, стандартного отклонения, асимметрии, эксцесса или числа эквивалентных событий одномерного распределения используется подпрограмма - функция

$VARIABLE = HSTATI(ID, ICASE, CHOICE, NUM).$

В этом обращении:

ID - идентификатор гистограммы,

ICASE - параметр, значения которого могут быть целыми числами от 1 до 5 :

1 - среднее значение,

2 - среднеквадратичное отклонение,

3 - асимметрия,

4 - эксцесс,

5 - число эквивалентных событий.

(Относительно смысловых значений параметров CHOICE и NUM см. описание подпрограммы HUNPAK в этом же разделе).

Здесь можно напомнить, как вычисляются упомянутые выше статистические величины 3,4 :

а) математическое ожидание

$$E(X) = \frac{\sum_{I=1}^N (WEIGHT(I)*X(I))}{\sum_{I=1}^N WEIGHT(I)},$$

б) центральный момент порядка N

$$MOM(N) = E((X-E(X))^{**N}),$$

в) среднеквадратичное отклонение

$$SIGMA = SQRT(MOM(2)),$$

г) асимметрия (скошенность) = MOM(3)/(MOM(2))\*\*3/2,

д) эксцесс (крутость) = (MOM(4)/MOM(2)\*\*2) - 3,

е) число эквивалентных событий

$$= \frac{(\sum_{I=1}^N WEIGHT(I))^{**2}}{\sum_{I=1}^N (WEIGHT(I))^{**2}}.$$

Следует учесть, что в этих расчетах не учитываются события, не попавшие ни в один канал гистограммы из-за того, что их параметры меньше или больше граничных значений по осям X и Y.

1.18. Наконец, распечатку всех помеченных COMMON - блоков системы HBOOK, а также области памяти, выделенной под гистограмму с идентификатором ID, можно получить с помощью подпрограммы HDUMP(ID).

Если ID = 0, то будет распечатана вся память, использованная системой HBOOK для данной программы пользователя.

## 2. Использование памяти и организация работы с файлами

2.1. Область памяти, необходимая для работы системы НВООК, размещается в непомеченном COMMON - блоке, начиная с первой ее ячейки. Следовательно, прежде чем инициализировать в программе пользователя гистограммы, необходимо зарезервировать для хранения информации, накапливаемой в гистограммах, достаточное количество слов в памяти ЭВМ, что и делается с помощью фортрановского оператора

```
COMMON//НМЕМО(5000).
```

Одновременно, чтобы закрепить эту память за системой НВООК, требуется обращение к подпрограмме

```
CALL НЛИМІТ(НМЕМО),
```

где параметр НМЕМО указывает максимальную длину COMMON - блока (в данном случае НМЕМО = 5000). Величина НМЕМО должна быть такой, чтобы в непомеченном COMMON - блоке по крайней мере вмещались наряду с самой большой по объему накопленной информации гистограммой, также и по 6 слов на каждую из остальных, заказанных в программе гистограмм.

В результате все гистограммы будут накапливаться одна за другой в этой области памяти до тех пор, пока это позволяют ее границы. В случае же переполнения памяти задача обычным порядком будет выброшена операционной системой ЭВМ. Чтобы довести решение задачи до конца, надо заново увеличить размеры непомеченного COMMON - блока, если только это допускают размеры памяти, предоставляемой пользователю на данной ЭВМ.

2.2. Иногда возникает необходимость выделить для системы

НBOOK область памяти в непомеченном COMMON - блоке, начинаемая не с первой его ячейки, а с некоторым смещением, с ячейки IKEEP + I. Для этого служит обращение

CALL HISTGO (IKEEP).

В частности, такая необходимость может возникнуть при использовании системы НBOOK совместно с системой HYDRA, область памяти с фиксированной длиной для которой также должна размещаться в непомеченном COMMON- блоке. При этом надо принимать во внимание, что при передаче в систему НBOOK зарезервированной области памяти при помощи оператора NLIMIT, в параметре NMEMO необходимо задать суммарную максимальную длину непомеченного COMMON -блока (т.е. память, выделяемую системе HYDRA, и память, выделяемую системе НBOOK).

Например: COMMON//  
+SPACE (2000), LAST, NMEMOR (2000)  
.....  
CALL HISTGO (2081)  
.....  
CALL NLIMIT (4081)  
.....

2.3. Если полученные распределения необходимо записать (или считывать) на дисковый файл (или с дискового файла), то для этого служат соответственно две подпрограммы системы НBOOK :

HSTORE (ID,LUN)

и

HFETCH (ID,LUN),

где

ID - идентификатор соответствующей гистограммы, а

LUN- номер логического устройства.

Эти подпрограммы оказываются очень удобными, в частности, когда

ощущается нехватка оперативной памяти ЭВМ. Тогда можно в рамках одной задачи регулярно сбрасывать накопленные гистограммы на диск и на их место в непомяченном COMMON - блоке накапливать новые распределения. Если ID = 0, то записываются на устройство с номером или считываются с него все гистограммы. Если с помощью подпрограммы HGETCH организуется считывание с устройства LUN гистограммы с идентификатором ID, совпадающим с идентификатором уже существующей в памяти другой гистограммы, имеющей то же число каналов, то содержимые этих двух гистограмм будут сложены. Если же число каналов гистограмм различно, то операция считывания для этого случая не будет выполнена.

#### VI. Операции над гистограммами

С помощью средств, имеющихся в системе HBOOK, над гистограммами могут производиться различные операции, в том числе:

- арифметические операции между гистограммами;
- аппроксимация одно-, двух- и  $n$ -мерных распределений параметрической функцией по методу наименьших квадратов;
- сглаживание гистограмм с использованием различных методов.

Другие математические операции пользователь может выполнять сам с помощью рассмотренной в предыдущем разделе подпрограммы HUNPAK, обеспечивающей доступ к содержимому гистограмм.

#### I. Арифметические операции

Гистограммы могут складываться, вычитаться, делиться и перемножаться, если только они имеют равное число каналов. Все эти операции выполняются с помощью обращения к подпрограмме

HOPERA(ID1, OPERATION, ID2, ID3, C1, C2).

В результате выполнения этой подпрограммы заполняется гистограмма ID3 по следующему алгоритму:

$$ID3 = C1 * ID1 (OPERATION) C2 * ID2.$$

Здесь ID1 и ID2 - идентификаторы гистограмм-операндов, OPERATION - холлеритовская переменная, которая может принимать одно из четырех следующих значений:  $1N^+$ ,  $1N^-$ ,  $1N^*$ ,  $1N/$ ;

ID3 - идентификатор результирующей гистограммы;

C1, C2 - константы.

Следует также иметь в виду следующие замечания:

- все три гистограммы ID1, ID2 и ID3 должны иметь одно и то же число каналов;

- если ранее гистограмма ID3 была не пустой, то в результате действия подпрограммы HOPERA ее прежнее содержимое будет заменено новым;

- в качестве результирующей гистограммы ID3 может быть использована одна из двух гистограмм-операндов, ID1 или ID2;

- если гистограмма ID3 не была заказана, то она автоматически создается самой подпрограммой HOPERA с теми же спецификациями, что и у гистограммы ID1;

- деление на ноль дает здесь ноль;

- число входов в результирующую гистограмму ID3 равно сумме числа входов в гистограммы - операнды ID1 и ID2;

- по содержимому результирующей гистограммы вычисляются среднее значение, стандартное отклонение и другие статистические величины;

- ошибки каналов результирующей гистограммы высчитываются в предположении, что содержимые гистограмм ID1 и ID2 не коррелируются.

## 2. Фитирование

Описанные далее подпрограммы используются для фитирования 1-, 2- и n- мерных распределений параметрической функцией и для оценки их параметров методом наименьших квадратов, используя модифицированную версию программы FUMILI. Окончательные значения параметров этих распределений удовлетворяют минимуму функции

$$CHI2 = \sum_{I=1}^N \left( \frac{C(I) - F(X(I), A1, A2, \dots, AK)}{E(I)} \right) **2.$$

Здесь: N - число каналов (ячеек) в гистограмме (диаграмме рассеяния),

C(I) - содержимое I-го канала (ячейки) гистограммы,

E(I) - ошибка I-го канала,

X(I) - абсцисса середины I-го канала,

A1..., AK - параметры,

F - параметрическая функция.

Значения ошибок E(I) могут быть определены с помощью подпрограмм HPAKE и HBARX или же рассчитаны пользователем как квадратные корни содержимого каждого канала гистограммы.

При этом при фитировании следует игнорировать все каналы, для которых E(I) = 0.

Рассмотрим подробнее конкретные подпрограммы.

### 2.1. С помощью обращения

```
CALL NFIT(ID, FUN, NP, P, CHI2, IC, SIG, COV, ST, PMI, PMA)
```

обеспечивается фитирование одно- и двумерных гистограмм с идентификатором ID посредством параметрической функции FUN, задаваемой в явном виде пользователем. При желании

фитирующая функция при выдаче на печать может быть наложена на одномерную гистограмму. Параметрическая функция FUN должна декларироваться в программе пользователя через фортрановский оператор EXTERNAL.

В списке формальных параметров подпрограммы NFIT представлены следующие величины:

NP (число параметров функции FUN), P (массив начальных значений параметров), IC (управляющее слово), ST (массив значений начальных шагов для изменения величин параметров), PML (массив нижних пределов параметров), PMA (массив верхних пределов параметров), входящие в группу входных параметров; R (массив окончательных значений параметров), CHI2 (ошибка  $\chi^2$  - фитирования), SIG (массив стандартных отклонений значений параметров), COV (ковариационная матрица параметров, массив длиной  $NP \cdot (NP + 1) / 2$ ), входящие в группу выходных параметров.

Уточним смысл контрольного слова IC. Оно может быть использовано для указания различных вариантов печати, установки весовых коэффициентов, аналитического вычисления отклонений, определения соотношения время-память, а также возможности фитирования неравномерно распределенного одномерного набора точек.

Контрольное слово IC кодируется по следующей формуле:

$$IC = F \cdot 100000 + B \cdot 10000 + D \cdot 1000 + W \cdot 100 + P \cdot 10 + S.$$

В зависимости от указанных пользователем значений коэффициентов F, B, D, W, P и S организуется тот или иной режим работы подпрограммы NFIT.

Значения, которые могут принимать эти коэффициенты, и соответствующие им особенности режима обработки опции таковы:

$\left\{ \begin{array}{l} S=2 \text{ (по умолчанию) - фитирующая функция накладывается на гистограмму;} \\ S=1 \text{ - функция не накладывается на гистограмму;} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} P = 1 \text{ - печатаются результаты окончательной итерации;} \\ P > 1 \text{ - печатаются результаты } N*(P-1)\text{-х итераций, где } N = 0, 1, 2, \dots \\ P = 0 \text{ (по умолчанию) - промежуточная печать подавляется.} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} W = 1 \text{ - всем весовым коэффициентам присваивается значение 1;} \\ W = 0 \text{ (по умолчанию) - вычисляются статистические ошибки} \end{array} \right.$

как квадратные корни из содержимого каналов. Однако если одномерная гистограмма заполнялась с учетом весовых коэффициентов, то ошибки будут рассчитываться с учетом этих весов, и, таким образом, эти веса будут использоваться для фитирования.

$\left\{ \begin{array}{l} D = 0 \text{ (по умолчанию) - производится численное вычисление отклонений;} \\ D = 1 \text{ - производится аналитическое вычисление} \end{array} \right.$

отклонений. При этом используются подпрограммы пользователя:

NDERI1 (для одномерных гистограмм);

NDERI2 (для двумерных гистограмм).

- $B = 0$  (по умолчанию) - экономится память, но из-за этого приходится распаковывать содержимое машинного слова (с информацией о каналах) каждый раз, когда это требуется;
- $B = 1$  - экономится время, так как распаковка содержимого машинного слова делается в самом канале и к тому же, раз и навсегда.
- $F = 0$  (по умолчанию) - данная гистограмма является обычной одномерной гистограммой или диаграммой рассеяния;
- $F > 0$  - фитируется неравномерно распределенный  $F$  - мерный массив точек, занесенных в каналы гистограммы в следующем формате:

$C_1, E_1, X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1F}$   
 $C_2, E_2, X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2F}$   
 .....  
 $C_N, E_N, X_{N1}, X_{N2}, \dots, X_{NF}$

Здесь  $F$  - число переменных функции, используемых для фитирования,

- $N$  - общее число точек,
- $C_I$  - значение  $I$ -й точки,
- $E_I$  - ошибка расчета  $I$ -й точки,

$X_{I1}, \dots, X_{IF}$  - координаты  $I$ -й точки в  $F$  - мерном пространстве. Для использования этой опции наша гистограмма должна быть одномерной и с количеством каналов  $N_{CHA}$  таким, чтобы удовлетворялось соотношение

$$N_{CHA} \geq N * (2 + F),$$



```

CALL HFIT(ID,FUN,2,P,CHI2,IC,SIG,COV,ST,PMI,PMA)
.....
END
FUNCTION FUN(X)
COMMON/COMP/P(5)
FUN = EXP(P(1) - (P(2)*X))
RETURN
END

```

В случае опции D пользователь должен в своей программе предусмотреть подпрограмму для вычисления отклонений функции FUN с учетом значений параметров. Причем, как указывалось ранее, именами этой подпрограммы должны быть HDERI1 и HDERI2 - соответственно для фитирования одномерной и двумерной гистограмм. Подпрограмма HDERI1 имеет следующий список формальных параметров

```
SUBROUTINE HDERI1(ID,X,PAR,DER),
```

где ID - идентификатор одномерной гистограммы, отклонения фитирующей функции от которой и вычисляет данная подпрограмма;

X - аргумент фитирующей функции (середины канала гистограммы);

PAR - массив текущих значений параметров;

DER - массив значений отклонений  $\frac{dFUN}{dPAR}$  (этот массив и есть результат работы подпрограммы).

Список формальных параметров для подпрограммы HDERI2 таков:

SUBROUTINE HDERI2(ID,X,Y,PAR,DER).

Как видно, этот список аналогичен списку для подпрограммы HDERI1 с той лишь разницей, что здесь мы имеем два аргумента X и Y для фитирующей функции. Эти аргументы представляют собой центр ячейки двумерной гистограммы.

До сих пор рассматривалась задача фитирования одно- и двумерной гистограммы функцией, задаваемой в явном виде пользователем. Далее в этом же разделе познакомимся с подпрограммами, осуществляющими фитирование по методу наименьших квадратов посредством внутрисистемной функции (полиномиальной, экспоненциальной, гауссовой), которую по требованию пользователя можно наложить на гистограмму.

2.2. Фитирование одномерной гистограммы с идентификатором ID экспоненциальной функцией

$$E(x) = \text{EXP}(AA + BB * X)$$

производится с помощью подпрограммы

CALL HFITEH(ID,AA,BB,CHI2,IC,SIG).

Здесь входным параметром является:

IC (управляющее слово, в котором, однако, отсутствуют опции D, F и L (в отличие от программы HFIT) );

выходными параметрами:

AA и BB - коэффициенты экспоненциальной функции,

CHI2 - значение  $\chi^2$

SIG - массив стандартных отклонений для AA и BB.

2.3. Для фитирования содержимого одномерной гистограммы с идентификатором ID гауссовой функцией

$$G(x) = C * \text{EXP}(-0.5 * ((X-AV)/SD)**2)$$

используется следующее обращение

```
CALL NFITGA(ID,C,AV,SD,CHI2,IC,SIG).
```

В этом вызове формальные параметры имеют следующий смысл:  
входным параметром является:

IC - управляющее слово, в котором, в отличие от подпрограммы NFIT, отсутствуют опции D и F;

выходными параметрами:

C - масштабный коэффициент;

AV - математическое ожидание (среднее значение);

SD - среднеквадратичное (стандартное) отклонение;

CHI2 - значение  $\chi^2$ ;

SIG - массив стандартных отклонений для C, AV и SD.

2.4. Наконец, с помощью подпрограммы

```
CALL NFITPO (ID,NP,A,CHI2,IC,SIG)
```

содержимое одномерной гистограммы ID фитируется полиномиальной функцией, имеющей вид:

$$P(x) = A(1) + A(2)*x + \dots + A(NP)*x^{(NP-1)}.$$

Здесь входными параметрами являются:

NP - число коэффициентов функции,

IC - контрольное слово, в котором, в отличие от подпрограммы NFIT, отсутствуют опции D, F и L;

- выходными параметрами:

A - массив коэффициентов в порядке возрастания степеней X;

CHI2 - значение  $\chi^2$ ;

SIG - массив стандартных отклонений параметров.

### 3. Сглаживание

Гистограммирование является наименее дорогостоящим и наиболее популярным способом оценки массива данных, однако оно, тем не менее, не лишено целого ряда статистических недостатков. В частности, при гистограммировании не удается получить структуры, гораздо более узкие, чем указанная при инициализации ширина канала, и кроме того, получаются резко выраженные перепады (так называемые статистические флуктуации) между смежными каналами гистограммы.

Первая из упомянутых здесь проблем обычно решается путем приспособления ширины канала к экспериментально полученному разрешению, т.е. допустимой дискретности. Для того же, чтобы исключить статистические флуктуации, используются различные сглаживающие алгоритмы [5,6,7].

3.1. Для сглаживания одномерной гистограммы с идентификатором ID, в соответствии с алгоритмом 353QH используется обращение

```
CALL HSMOOF(ID, ICASE, CH12).
```

В том случае, когда ICASE = 1, на печать выдается только сглаженная гистограмма, а если ICASE = 2, то сглаженная кривая будет наложена на первоначальную гистограмму.

CH12 - это получаемое при сглаживании значение  $\chi^2$ .

3.2. Для сглаживания одномерной гистограммы с идентификатором ID по методу В-сплайнов используется подпрограмма

```
CALL HSPL11 (ID, IC, N, K, CH12).
```

В зависимости от значения флага IC на печать выдается лишь сплайн (при IC = 1) или же сплайн-функция просто накладывается

на первоначальную гистограмму (при  $IC = 2$ ):

$N$  - число узлов (по умолчанию равно 13);

$K$  - порядок сплайнов (по умолчанию равен 3);

$CHI2$  - значение  $\chi^2$ , получаемое при сглаживании.

Если сглаживаемое распределение имеет  $NP$  статистических пиков, то правило для определения числа узлов при  $K = 3$  таково:

$$N = 4 * NP + 6.$$

3.3. Подпрограмма `HSPLI2` используется для сглаживания по методу В-сплайнов двумерной гистограммы с идентификатором `ID`. При этом первоначальное содержимое гистограммы заменяется значением сплайна.

Обращение к этой подпрограмме таково:

```
CALL HSPLI2 (ID,NX,NY,KX,KY).
```

Здесь  $NX$  и  $NY$  - число узлов в интервалах  $X$  и  $Y$  соответственно;

$KX$  и  $KY$  - порядки сплайна по осям  $X$  и  $Y$  соответственно.

По умолчанию для этих параметров берутся следующие значения:

$$NX = NY = 13 \quad \text{и} \quad KX = KY = 3.$$

3.4. Подпрограмма - функция

$$S = HSPFUN(ID,X,N,K)$$

для абсциссы  $X$  вычисляет значение В-сплайна, сглаживающего одномерную гистограмму с идентификатором `ID`. В этом обращении параметры  $N$  и  $K$  имеют тот же смысл, что и в подпрограмме `HSPLI1`.

#### 4. Генерация случайных чисел

К операциям с гистограммами можно отнести также генерацию случайных чисел, плотность распределения которых в данном случае задается произвольной одномерной гистограммой или диаграммой рассеяния.

Генерация случайного числа  $R$ , распределенного в соответствии с одномерной гистограммой с идентификатором  $ID$ , задается с помощью подпрограммы-функции

$$R = \text{HRNDM1}(ID, \text{DUMMY}),$$

где  $\text{DUMMY}$  - это неопределенный параметр, значение которого несущественно. Генерация же координат случайной точки (т.е. случайных чисел  $R_X$  и  $R_Y$ ), распределенных в соответствии с содержимым диаграммы рассеяния  $ID$ , производится посредством обращения

$$\text{CALL HRNDM2}(ID, R_X, R_Y).$$

#### УП. Сообщения об ошибках

Если при работе с подпрограммами системы  $\text{HBOOK}$  допускаются ошибки, то соответствующие сообщения вырабатываются самой системой и выдаются на печать. Сообщения эти имеют стандартный вид, например:

```
***** HBOOK ERROR NO = 111 CALLED FROM HFUNC ID = 1200
```

Как видно из этого примера, в сообщении указываются:

- номер ошибки,
- имя подпрограммы, при работе которой возникла ошибка,
- идентификатор гистограммы, при заполнении которой произошла

ошибка.

Приведем таблицу с указанием номеров ошибок, регистрируемых системой НВООК, и с указанием характера ошибки:

Номер ошибки	Характер ошибки
111	Было обращение к несуществующему ID
112	Указанный ID уже существует
113	Значение ID=0 является запрещенным при заказе гистограммы
114	Имеется неразрешенный параметр
115	Указанный срез двумерной гистограммы не существует
211	Указано отрицательное число каналов
214	Верхние пределы значений для X или Y меньше их нижних пределов
215	Одновременно заказаны автоматическое определение пределов гистограммирования и упаковка в одно машинное слово содержимого нескольких каналов, в то время как в этом случае допустимо выделение на одно машинное слово не более одного канала
311	Для подпрограммы HISTGO указан неположительный параметр для определения смещенного начала области памяти, выделяемой для системы НВООК в непомеченном COMMON - блоке
321	Неразрешенная опция для одномерной гистограммы
322	Неразрешенная опция для двумерной гистограммы
325	Попытка найти несуществующую опцию
541	Производится сравнение гистограмм с различными спецификациями

- 
- 542 Нуль является запрещенным значением для коэффициента нормализации
- 543 Плохой масштабный коэффициент
- 71I Арифметические операции на гистограммах с различными спецификациями
- 72I При фитировании гистограммы указанная степень полиномиальной функции не является положительным числом
- 722 Число каналов меньше степени полинома, используемого для фитирования гистограммы
- 723 При фитировании обнаружена неопределенная ошибка, из-за которой процесс минимизации по  $\chi^2$  приостановлен
- 724 В процессе фитирования дальнейшая минимизация по  $\chi^2$  недостижима, вследствие чего процесс этот прерван
- 725 При фитировании гистограммы достигнуто предельное число итераций, вследствие чего процесс минимизации прерван
- 726 Гистограмма, содержимое которой требуется фитировать, пустая
- 727 Начальные значения некоторых параметров не определены
- 73I Гистограмма оказалась пустой или же ее суммарное содержимое равно нулю или отрицательному числу; или же для генерации случайных чисел принято равномерное распределение
- 732 При генерации случайных чисел используется гистограмма, в которой в одно машинное слово упакована информация для более чем одного канала
- 81I Для работы системы НВООК нет достаточно места в памяти ЭВМ

УШ. Различия между стандартной версией  
системы HBOOK и версиями, адаптированными на ЭВМ  
БЭСМ-6 и ЕС-1022

Версия системы программ HBOOK, реализованная на ЭВМ БЭСМ-6 [8], в основном совпадает с стандартной версией этой системы, ориентированной на мощные ЭВМ зарубежных типов (CDC-7600, CDC-6500, IBM-370 и т.д.).

Однако часть подпрограмм из стандартной версии не включена в новую, в основном, из-за отсутствия на ЭВМ БЭСМ-6 соответствующих технических возможностей.

В частности, по этой причине не реализовано совместное использование HBOOK и пакета программ HPLOT, что дало бы в руки пользователя мощный аппарат графического интерфейса и возможность выводить гистограммы не только на устройство широкой печати, но и на другие внешние устройства, например, на экран графического дисплея, устройство для получения твердой копии и т.д.

На ЭВМ БЭСМ-6 довольно ограничены возможности по использованию как оперативной памяти, так и памяти на дисках. В связи с этим в новой версии системы HBOOK отсутствует ряд подпрограмм, ориентированных на работу с виртуальной памятью, с системой файлов на дисках; не реализованы также подпрограммы для чтения и записи гистограмм в машинно-независимом формате для переноса этой информации с одной ЭВМ на другую. Важной особенностью адаптированной версии системы является то, что поскольку мониторная система "Дубна" ЭВМ БЭСМ-6 не допускает несоответствия числа формальных и фактических параметров подпрограмм,

то все обращения к подпрограммам системы НВООК должны производиться для полного списка фактических параметров и, следовательно, значения, присвоенные этим параметрам по умолчанию, не будут браться в расчет.

На ЭВМ ЕС-1022 система НВООК реализована в более полном объеме, чем на ЭВМ БЭСМ-6. Наличие развитого механизма передачи параметров на ЭВМ ЕС-1022 дало возможность осуществить все действия с переменным числом параметров, предусмотренные системой НВООК. Достаточное количество оперативной памяти позволило обойтись без сегментации программы и создания оверлеев, что ускоряет прохождение задачи в системе.

К числу особенностей реализации системы НВООК на ЭВМ ЕС-1022 следует отнести наличие внешней памяти прямого доступа, благодаря чему осуществляется хранение информации, не уместящейся в основной памяти, во временных файлах на диске.

Отсутствие в конфигурации машины графических средств доступа не позволило осуществить постановку соответствующих подпрограмм обмена и интерфейса с пакетом PLOT.

В заключение авторы считают необходимым отметить, что данное руководство было написано в ответ на многочисленные просьбы физиков ЕРФИ, нуждающихся в тех исключительно широких возможностях и мощных средствах, которые предоставляет система НВООК для проведения статистического анализа экспериментальных данных на современном уровне.

В ходе выполнения данной работы на основании материалов, полученных из ЛВГА СИАИ, на ЭВМ БЭСМ-6 ЕРФИ была заново собрана библиотека системы НВООК. Система НВООК на ЭВМ ЕС-1022 была сгенерирована на базе ее фирменной версии.

В настоящее время система программ НВООК оформлена в виде библиотек на системных дисках ЭВМ БЭСМ-6 и ЕС-1022 ЕрФИ и доступна любому пользователю этих ЭВМ, внимательно ознакомившемуся с данным руководством.

Представляя пользователям это руководство для работы с системой НВООК, авторы с глубокой признательностью отмечают, что как постановка библиотек этой системы на ЭВМ, так и написание текста самой публикации было осуществлено благодаря доброжелательной поддержке и большой помощи со стороны сотрудников ЛВТА ОИАИ И.М.Иванченко, С.Г.Каданцева и Г.Л.Мазного.

Авторы выражают также глубокую благодарность сотруднице ЕрФИ М.Р.Атаян, внимательно прочитавшей данную работу в рукописи, первой среди пользователей ЕрФИ освоившей практическую работу с системой НВООК и сделавшей ряд ценных замечаний по организации работы с ней на ЭВМ БЭСМ-6. Эти замечания авторами с признательностью приняты и учтены в окончательном тексте руководства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brun R., Ivanchenko I., Pallazzi P. **НBOOK**  
Histogramming, Fitting and Data Presentation Package. Users  
Guide. Version 3. CERN-DD/77/9
2. Брун Р., Иванченко Э.М., Иванченко И.М. и др. Полуавтомати-  
ческая адаптация системы гистограммирования **НBOOK** на ЭВМ  
БЭСМ-6. ОИЯИ, Р10-11850, Дубна, 1978.
3. Худсон Д. Статистика для физиков . М.: Мир, 1967.
4. Агекян Т.А. Основы теории ошибок для астрономов и физиков.  
М.: Наука, 1968.
5. Бахвалов И.С. Численные методы . М.: Наука, 1973.
6. Алберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложе-  
ния, М.: Мир, 1972.
7. Churchhouse R.F. Survey of methods of numerical approxima-  
tion. Proceedings of the 1980 CERN School of computing  
CERN 81-03, Geneva, 1981
8. Артеян А.С., Бадалян С.Г. Постановка системы программы **НBOOK**  
на ЭВМ БЭСМ-6 ЕрФИ. Тезисы докладов У конференции молодых  
ученых ЕрФИ, Ереван, 1981

Рукопись поступила 30 октября 1985г.

## СОДЕРЖАНИЕ

I. Вводная часть. Назначение, структура и характерные особенности системы НВООК . . . . .	5
II. Заказ гистограмм . . . . .	9
III. Накопление гистограмм. . . . .	21
IV. Редактирование гистограмм и вывод результатов . . . . .	26
V. Организация доступа к накопленной в гистограмме информации. Использование памяти. . . . .	40
VI. Операции над гистограммами. . . . .	50
VII. Сообщения об ошибках. . . . .	62
VIII. Различия между стандартной версией системы НВООК и версиями, адаптированными на ЭВМ БЭСМ-6 и ЕС-1022. . . . .	65
Л и т е р а т у р а . . . . .	68

А.С.АРТЕНЯН, С. Г. БАДАЛЯН, Р.С.ЕГИКЯН

СИСТЕМА ПРОГРАММ НВООК  
РУКОВОДСТВО ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Редактор Л.П.Мукаян

Технический редактор А.С.Абрамян

---

Подписано в печать 7/II-86г. ВФ- 05248 Формат 60x84/16

Офсетная печать. Уч. изд. л. 3,0 Тираж 299 экз. Ц. 45 к.

Зак. тип. №103

Индекс

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте

Ереван 36, Маркаряна 2

индекс 3624



**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**