

Программа для перевода отсчетов ирисового фотометра в звездные величины

У. А. Нурманова

В работе приведены две программы для перевода отсчетов ирисового фотометра в звездные величины и инструкция к их использованию. Обе программы составлены на языке АЛГОЛ-60 и рассчитаны на трансляторы ТА-1М и ТА-2М.

Computer Programs Transforming the Data of Iris Photometer into Magnitudes

by U. A. Nurmanova

The description of two computer programs to obtain magnitudes from the iris photometer data is given. Programs are written on the ALGOL-60 computer language using translators TA-1M and TA-2M.

Обычно пластинки, полученные в системе UVB, измеряются на ирисовом фотометре. При этом для каждой звезды получают отсчет ирисовой диафрагмы при наведении на звезду и на участок фона рядом с ней. Зная величины звезд стандартной области, можно построить калибровочную кривую, с помощью которой определяют величины исследуемых звезд. Мы приводим две программы, составленные для БЭСМ-4М, перевода отсчетов ирисового фотометра в звездные величины. Первая программа строит калибровочную кривую аналитически при предположении, что кривая представляется полиномом второй степени. Эта программа удобна в тех случаях, когда звезды стандарта равномерно заполняют интервал звездных величин, для которого необходимо построить калибровочную кривую. Во второй программе калибровочная кривая, построенная от руки, вводится в программу в виде таблицы. Величины исследуемых звезд определяются линейным интерполированием. Обе программы составлены на языке АЛГОЛ-60 и рассчитаны на трансляторы ТА-1М и ТА-2М.

§ 1. Программа с аналитическим представлением калибровочной кривой.

Программа состоит из нескольких блоков:

- приведение отсчетов ирисового фотометра на звезды к среднему стандартному фону по формуле Уивера (1962);
- построение по известным величинам звезд стандарта и отсчетам ирисового фотометра на них калибровочной кривой по методу наименьших квадратов;

- учет цветового уравнения, связывающего инструментальную систему со стандартной;
- вычисление звездных величин исследуемых звезд по формуле, представляющей калибровочную кривую;
- выдача калибровочной кривой в виде таблицы.

В качестве исходных данных в программу вводятся следующие массивы:

$A[1:(K+N)]$ — отсчеты ирисового фотометра на звезды, первые K членов массива — на звезды стандарта, последующие N членов — отсчеты ирисового фотометра на исследуемые звезды;

K — количество звезд стандарта;

N — количество исследуемых звезд;

$FO[1:(K+N)]$ — средний фон в окрестности звезды; каждому A_i соответствует FO_i — значение среднего фона, измеренного рядом с i -той звездой;

FST — средний фон в области стандарта;

$KA[1:K]$ — величины звезд стандарта;

$BV[1:K]$ — показатели цвета звезд стандарта ($U-V$ или $U-B$);

$AMIN$ — значение ординаты (отсчета ирисового фотометра), с которой выдается таблица значений калибровочной кривой;

H — шаг по ординате;

M — количество шагов.

Массивы вводятся в следующем порядке: $K, N, M, A, FO, KA, BV, FST, AMIN, H$.

1. Для удобства счета в программе (во избежание АВОСТА) отсчеты ирисового фотометра на звезды A_i и фон рядом с ними делятся на 100. Это удобнее сделать заранее, до ввода в ЭВМ. В программе величины A_i и FO_i означают уже поделенные на 100 значения отсчетов ирисового фотометра на звезды и фон. Все отсчеты на звезды приводятся к стандартному фону FST по формуле Уивера:

$$A1_i = \sqrt{A_i^2 + FST^2 - FO_i^2};$$

2. а) построение калибровочной кривой. Калибровочная кривая представляется полиномом второй степени

$$KA = X + Y \cdot A1 + Z \cdot A1^2;$$

где X, Y, Z — коэффициенты, которые надо определить. Имеется K условных уравнений, связывающих звездные величины и отсчеты ирисового фотометра на звезды стандарта

$$KA_i = X + Y \cdot A1_i + Z \cdot A1_i^2; \quad i = 1, \dots, K;$$

Система нормальных уравнений имеет вид:

$$K \cdot X + Y \cdot [A1] + Z \cdot [A1^2] = [I];$$

$$X \cdot [A1] + Y \cdot [A1^2] + Z \cdot [A1^3] = [I \cdot A1];$$

$$X \cdot [A1^2] + Y \cdot [A1^3] + Z \cdot [A1^4] = [I \cdot A1^2];$$

В программе приняты обозначения: $I_i = KA_i$; $A1_i^2 = B_i$; $[A1] = SA$; $[I] = SL$; $[A1^2] = SB$; $[A1^3] = AF$; $[A1^4] = BB$; $[I \cdot A1] = LA$; $[I \cdot A1^2] = LB$;

В этих обозначениях матрица системы имеет вид:

$$C = \begin{pmatrix} K & SA & SB & SL \\ SA & SB & AB & LA \\ SB & AB & BB & LB \end{pmatrix}$$

Стандартная программа P1052 (3, 4, C) решает систему нормальных уравнений относительно X, Y, Z и выдает неизвестные на месте свободных членов матрицы.

б) исключение грубых ошибок. По полученной калибровочной кривой (зная отсчеты ирисового фотометра на звезды стандарта) можно вычислить звездные величины звезд стандарта

$$P_i = X + Y \cdot A1_i + Z \cdot A1_i^2;$$

Поскольку все отсчеты ирисового фотометра на звезды стандарта точно не лежат на калибровочной кривой, вычисляем невязки, обусловленные ошибками наблюдений и измерений

$$v_i = I_i - P_i = I_i - X - Y \cdot A1_i - Z \cdot A1_i^2;$$

Вычислив сумму квадратов невязок $T = \sum v_i^2$, определяем среднюю квадратичную ошибку отдельного измерения

$$EPSO = \sqrt{\sigma_0} = \sqrt{\frac{T}{K-3}};$$

Для исключения грубых ошибок составлен цикл (помеченный меткой M2), в котором все невязки сравниваются с величиной $3 \cdot EPSO$. Если $v_i < 3 \cdot EPSO$, рассматривается следующая невязка v_{i+1} , если же $v_i > 3 \cdot EPSO$, то i -тая звезда отбрасывается. После этого все массивы переформируются: начиная с этого i , т. е. с номера выброшенной звезды, всем i -тым членам массивов присваиваются следующие по порядку значения, т. е. $i+1$. Идентификатор Ж, указывающий количество отброшенных звезд, увеличивается на единицу $Ж := Ж + 1$. Количество звезд стандарта уменьшается на единицу $К := К - 1$. Далее команда GOTO M2; возвращает переформированные массивы к началу цикла, процесс проверки начинается снова, и так до тех пор, пока не переберутся все v_i . Если произошел хотя бы один выброс, т. е. $Ж > 0$, необходимо вновь построить калибровочную кривую, используя уже переформированные массивы. Команда GOTO L2; позволяет выполнить это. Вновь считаются суммы SA, SB, SL и т. д., вычисляются новые X, Y, Z, снова перебираются v_i ; если происходит выброс, массивы переформируются и отправляются на метку L2; если же все v_i оказываются в пределах $3 \cdot EPSO$, программа переходит к следующему блоку.

2. Учет цветового уравнения.

Если между $PB_i = P_i - PC_i$ (разность между известными звездными величинами звезд стандарта и вычисленными по калибровочной кривой) и показателями цвета $B_i - V_i = BV_i$ существует корреляция, необходимо учесть цветовое уравнение. Зависимость PB (BV) представляется в программе линейной функцией

$$PB = \Phi + L \cdot BV;$$

Здесь Φ и L — коэффициенты, определяющиеся по методу наименьших квадратов. Имеется K условных уравнений

$$PB_i = \Phi + L \cdot BV_i.$$

Система нормальных уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} K \cdot \Phi + L[BV] = [PB]; \\ \Phi [BV] + L[BV^2] = [PB \cdot BV]; \end{cases}$$

Обозначим $[BV] = SBV$; $[PB] = SPB$; $[BV^2] = BVB$; $[PB \cdot BV] = BVP$;

Матрица системы принимает вид:

$$Ш = \begin{pmatrix} K & SBV & SPB \\ SBV & BVB & BVP \end{pmatrix}$$

Используя стандартную программу P1052 (3, 2, Ш), решаем систему нормальных уравнений относительно неизвестных Φ и L . Φ и L выдаются на месте свободных членов матрицы Ш. Надо проверить, нет ли звезд, для которых точки на графике $PB(BV)$ отклоняются от вычисленной прямой $PB = \Phi + L \cdot BV$ более чем на 3σ . Для этого вычисляются невязки $W_i = PB_i - \Phi - L \cdot BV_i$; $\Pi = \sum W_i^2$; $\sigma_0^2 = \Pi / (K - 2) = SIO$. Процесс исключения грубых ошибок аналогичен 2б). Далее вычисляются ошибки определения Φ и L . Метод наименьших квадратов дает для ошибок следующие формулы (Щиголев, 1969):

$$EP\Phi = \sqrt{BVB \cdot SIO / DET};$$

здесь DET — главный определитель матрицы Ш,

$$EP L = \sqrt{K \cdot SIO / DET};$$

K — количество условных уравнений.

Если L по абсолютной величине меньше $EP L$ (т. е. лежит в пределах ошибки), необходимость учета цветового уравнения отпадает, в противоположном случае его нужно учесть:

$$PC_i = I_i + \Phi + L \cdot BV_i.$$

PC_i — звездные величины стандарта в инструментальной системе первого приближения, I_i — стандартные величины. Идентификатор Ч указывает количество сделанных приближений; если $(L) > EP L$, Ч увеличивается на единицу: $Ч := Ч + 1$. Используя PC_i вместо I_i строится новая калибровочная кривая. В программе это осуществляется следующим образом. В начале блока построения калибровочной кривой имеется цикл присвоения $I_i := PC_i$. Перед этим же блоком есть цикл присвоения $PC_i := KA_i$, где KA_i — звездная величина i -той звезды стандарта. В нулевом приближении I_i — звездные величины в стандартной системе, в следующем приближении I_i — величины звезд стандарта в инструментальной системе первого приближения. По вновь вычисленным PC и отсчетам фотометра $A1_i$ на звезды стандарта строится калибровочная кривая первого приближения, вычисляются P_i , $PB_i = P_i - PC_i$, учитывается цветовое уравнение: строится зависимость $PB = \Phi + L \cdot BV$, вычисляются Φ и L , ошибки их определения $EP\Phi$ и $EP L$. Если $(L) > EP L$, необходимо провести второе приближение. Величины звезд стандарта в инструментальной системе второго приближения:

$$PC_i = I_i + \Phi + L \cdot BV_i,$$

где I_i — звездные величины звезд стандарта в инструментальной системе первого приближения, $Ч := Ч + 1$, программа возвращается на мет-

ку L2 (в блок вычисления калибровочной кривой). Если же $(L) < EP_L$, цветовое уравнение учтено. Можно переходить к следующему блоку.

4. Ошибки определения коэффициентов X, Y, Z. Вычисление звездных величин исследуемых звезд.

Метод наименьших квадратов дает для ошибок определения коэффициентов формулы:

$$(EPS \ X)^2 = SIG \ X = D_{11} \cdot SIGO/D;$$

$$(EPS \ Y)^2 = SIG \ Y = D_{22} \cdot SIGO/D;$$

$$(EPS \ Z)^2 = SIG \ Z = D_{33} \cdot SIGO/D;$$

где D — главный определитель матрицы C; D_{11}, D_{22}, D_{33} — алгебраические дополнения к диагональным элементам.

Зная X, Y, Z и отсчеты ирисового фотометра на исследуемые звезды, можно определить их звездные величины в инструментальной системе:

$$KA_i = X + Y \cdot A1_i + Z \cdot A1_i^2, \quad i = K+1, \dots, K+N;$$

5. Для удобства сравнения калибровочной кривой, построенной аналитически и от руки, по заданным значениям R_i — отсчетам ирисового фотометра, вычисляются соответствующие значения звездных величин. Массив $R[1:M]$ формируется в самой программе, начиная с AMIN с шагом H. Ему соответствует массив звездных величин $G[1:M]$, члены которого вычислены по полученной аналитически зависимости

$$G_i = X + Y R_i + Z R_i^2.$$

§ 2. Программа с использованием калибровочной кривой, построенной от руки.

Программа состоит из трех блоков:

- учет фона по формуле Уивера (1962);
- вычисление звездных величин исследуемых звезд по калибровочной кривой, введенной в программу в виде таблицы;
- вычисление средней квадратичной ошибки отдельного измерения и учет цветового уравнения.

Исходные данные:

K — количество узлов в таблице, представляющей калибровочную кривую;

M — количество звезд стандарта;

N — количество исследуемых звезд;

FST — средний стандартный фон;

I[1:(N+M)] — отсчеты ирисовой диафрагмы на звезды; первые N членов массива — на звезды стандарта, последующие M членов — на исследуемые звезды.

FO[1:(N+M)] — соответствующие отсчеты на фон рядом со звездами.

KA[1:K] — массив звездных величин, соответствующих точкам разбиения калибровочной кривой;

A[1:K] — массив отсчетов ирисовой диафрагмы, соответствующих точкам разбиения калибровочной кривой;

BV[1:M] — показатели цвета звезд стандарта;

PC[1:M] — величины звезд стандарта.

Массивы вводятся в следующем порядке: K, N, M, FST, FO, KA, A, И, BV, PC.

1. Учет фона проводился по формуле Уивера (1962). ИУ [1:(N+M)] — исправленные за фон отсчеты на звезды.

2. Калибровочная кривая, построенная от руки, вводится в программу в виде таблицы. Весь интервал звездных величин, для которого построена калибровочная кривая, разделен на K-1 отрезков (в нашем случае с шагом 0.^m2). Шаг выбирается таким образом, чтобы участок кривой на любом отрезке можно было представить прямой. Шаг может быть также переменным. По заданной калибровочной кривой для каждого отсчета ИУ_j можно определить величину звезды КИ_j. Для этого составлен цикл по I и J отыскания отрезка A_j, A_{j+1}, в который попадает значение ИУ_j. Затем по наклону калибровочной кривой на этом отрезке определяется КИ_j:

$$КИ_j = KA_j - \frac{KA_{j+1} - KA_j}{A_{j+1} - A_j} (ИУ_j - A_j);$$

здесь J — номер отрезка A_j, A_{j+1} (ординаты), в который попадает данное значение ИУ_j, A_j — верхняя граница j-того отрезка, A_{j+1} — нижняя граница j-того отрезка; KA_j — левая граница j-того отрезка (по абсциссе); KA_{j+1} — правая граница j-того отрезка.

Полученные величины ИУ_j и КИ_j выдаются на печать P1041 (КИ, ИУ).

3. Первые M членов массива КИ[1:(N+M)] есть величины звезд стандарта, снятые с калибровочной кривой. Образуя разности между полученными величинами КИ_j и известными величинами звезд стандарта PC_j,

$$PB_i = КИ_i - PC_i; i = 1, \dots, M;$$

можно вычислить среднюю квадратичную ошибку отдельного измерения при проведении калибровочной кривой:

$$EP_{SO} = \sqrt{\frac{T}{M-3}}, \text{ где } T = \sum_{i=1}^M PB_i^2 - \text{сумма квадратов невязок.}$$

Блок учета цветового уравнения полностью совпадает с аналогичным блоком § 1, надо только заменить K на M (количество звезд стандарта). Как и в § 1, мы считали цветовые коэффициенты не зависящими от звездных величин, а также пренебрегали квадратичным членом в цветовом уравнении. Если коэффициент Л окажется в пределах ошибки его определения, то цветовым уравнением можно пренебречь. На перфорацию выдается массив ZV [1:N] состоящий из N членов массива КИ[1:(N+M)] начиная с M+1-го значения. Этот массив может пригодиться при составлении окончательных таблиц со звездными величинами исследуемых звезд. В конце программы выдается еще одна таблица, состоящая из вычисленных величин звезд стандарта PC_j, невязок PB_j и отсчетов на звезды стандарта, исправленных за фон. Если же (Л) > EP_L, то цветовое уравнение надо учесть. Вычисляются новые величины PC_j в инструментальной системе первого приближения. Величины PC_j выдаются на перфорацию, т. к. они понадобятся в следующем приближении. С помощью таблицы, в первом столбце

которой напечатаны величины звезд стандарта в инструментальной системе первого приближения, вручную строится новая калибровочная кривая. Используя полученную калибровочную кривую и новые значения РС, вычисляются величины всех звезд (исследуемых и звезд стандарта), цветовые коэффициенты и ошибки их определения. Учитывается, если это необходимо (т. е. если $(J) > EPJ$), цветовое уравнение. Если же $(J) < EPJ$, цветовое уравнение учтено. Члены массива ZV [1:M] представляют собой окончательные значения величин исследуемых звезд.

Литература:

Уивер, 1962 — Weaver H., Handb. der Physik, 54, 130–179.

ЩигOLEB, 1969 — "Математическая обработка наблюдений", М., "Наука".

ГАИШ, МГУ

*Поступила в редакцию
7 марта 1975 г.*

Программа § 1.

```

1  *BEGIN*L:
2  *BEGIN*INTEGER'I,K,N,4,M,J;P0042(K,N,M);
3  *BEGIN*REAL'SA,SB,SL,AA,AB,
4  X,Y,Z,AMIN,H,
5  D,D11,D22,D33,T,SIG0,SIGX,SIGY,SIGZ,EPS0,EPSX
   EPSY,EPSZ,
6  SBV,SPB,BVB,BVP,П,DET,Ф,Л,SIO,EPФ,EPЛ,
7  BB,LA,LB,X,Y,Z,FST,
8  ;*ARRAY'B,V,L,BV,P,PB,W,PC
9  [1:K],A,A1,KA,
10 F0[1:(K+N)],
11 R,G[1:M],E[1:2],
12 C[1:3,1:4],W[1:2,1:3];
13 P0042(A,F0,KA,BV,FST,AMIN,H);
14 P1041(A,F0,KA,BV,FST,AMIN,H);
15 *BEGIN*
16 *FOR'I:=1'STEP'1'UNTIL'K'DO'*BEGIN'A[I]:=A[1]
17 A[I]-(F0[I])↑2+FST↑2;A1[I]:=SQRT(A[I]);
18 PC[I]:=KA[I];*END*
19 *FOR'I:=K+1'STEP'1'UNTIL'(K+N)'DO'*BEGIN*
20 A[I]:=A[I]×A[I]-(F0[I])↑2+FST↑2;A1[I]:=
   SQRT(A[I]);*END*;P1041(FST,A1);
21 4:=0;
22 L2:
23 SA:=SB:=SL:=AA:=AB:=BB:=LA:=LB:=0;
24 *FOR'I:=1'STEP'1'UNTIL'K'DO'*BEGIN'SA:=
   SA+A1[I];
25 B[I]:=A[I];SB:=SB+B[I];
26 L[I]:=PC[I];SL:=SL+L[I];
27 AA:=AA+A[I];AB:=AB+A1[I]×B[I];BB:=BB+B[I]×
   B[I];
28 LA:=LA+L[I]×A1[I];LB:=LB+L[I]×B[I];*END*;
29 C[1,1]:=K;C[1,2]:=SA;C[1,3]:=SB;C[1,4]:=SL;
   C[2,1]:=SA;C[2,2]:=AA;
30 C[2,3]:=AB;C[2,4]:=LA;C[3,1]:=SB;C[3,2]:=AB;
   C[3,3]:=BB;C[3,4]:=LB;
31 P1052(4,3,C);
32 X:=C[1,4];Y:=C[2,4];Z:=C[3,4];
33 T:=0;
34 *FOR'I:=1'STEP'1'UNTIL'K'DO'*BEGIN'V[I]:=
   PC[I]-X-
35 Y×A1[I]-Z×A1[I]×A1[I];T:=T+V[I]×V[I];*END*;
36 SIG0:=T/(K-3);EPS0:=SQRT(SIG0);
37 P1041(X,Y,Z,EPS0);
38 *BEGIN*X:=0;
39 M2:*FOR'I:=1'STEP'1'UNTIL'K'DO*

```

```
40 'IF'ABS(V[I])<3*EPS0'THEN'  
41 'BEGIN'A[I]:=A[I];KA[I]:=KA[I];  
42 'END'ELSE'GO TO'M1;  
43 'GO TO'R1;  
44 M1:P1041(I);  
45 'BEGIN'FOR'I:=I'STEP'1'UNTIL'(K-1)'DO''BEGIN'  
46 V[I]:=V[I+1];  
47 KA[I]:=KA[I+1];PC[I]:=PC[I+1];BV[I]:=BV[I+1];  
48 A[I]:=A[I+1];  
49 A1[I]:=A1[I+1];  
50 'END';FOR'I:=K'STEP'1'UNTIL'(N+K-1)'DO''BEGIN'  
51 A[I]:=A[I+1];  
52 A1[I]:=A1[I+1];'END''END';  
53 K:=K-1;X:=X+1;P1041(X,K,BV,PC);  
54 'GO TO'M2;'END';  
55 R1:'IF'X>0.5'THEN''GO TO'L2;  
56 L3:  
57 SBV:=SPB:=BVB:=BVP:=0;  
58 'FOR'I:=1'STEP'1'UNTIL'K'DO''BEGIN'  
59 SBV:=SBV+BV[I];P[I]:=X+Y*A1[I]+Z*A[I];  
60 PB[I]:=P[I]-PC[I];SPB:=SPB+PB[I];  
61 BVB:=BVB+(BV[I])2;BVP:=BVP+BV[I]*PB[I];  
62 'END';  
63 W[1,1]:=K;W[1,2]:=SBV;W[1,3]:=SPB;W[2,1]:=SBV;  
64 W[2,2]:=BVB;W[2,3]:=BVP;  
65 P1052(3,2,W);  
66 Ф:=W[1,3];Л:=W[2,3];P1041(W,Л,Ф);  
67 П:=0;  
68 'FOR'I:=1'STEP'1'UNTIL'K'DO''BEGIN'  
69 W[I]:=PB[I]-Ф-Л*BV[I];П:=П+(W[I])2;'END';  
70 СИ0:=П/(K-2);  
71 'BEGIN'b:=0;  
72 R2:'FOR'I:=1'STEP'1'UNTIL'K'DO'  
73 'IF'ABS(W[I])<3*SQRT(СИ0)  
74 'THEN''BEGIN'BV[I]:=BV[I];'END'  
75 'ELSE''GO TO'Ы;'GO TO'R3;  
76 Ы:P1041(I);  
77 'BEGIN'FOR'I:=I'STEP'1'UNTIL'(K-1)'DO''BEGIN'  
78 W[I]:=W[I+1];  
79 PB[I]:=PB[I+1];BV[I]:=BV[I+1];PC[I]:=PC[I+1];  
KA[I]:=KA[I+1];  
80 A[I]:=A[I+1];  
81 A1[I]:=A1[I+1];  
82 'END';FOR'I:=K'STEP'1'UNTIL'(N+K-1)'DO'  
'BEGIN'  
83 A[I]:=A[I+1];  
84 A1[I]:=A1[I+1];'END''END';  
85 K:=K-1;b:=b+1;  
86 P1041(b,K,V);'GO TO'R2;'END';
```

```

87  Я3: IF 'b>0.5' THEN 'GOTO 'L3;
88  DET:=K*BVB-SBV↑2;
89  EPφ:=SQRT(BVB*SIO/DET);
90  EPл:=SQRT
91  (K*SIO/DET); IF 'ABS(л)<EPл
92  ' THEN 'GOTO 'L1
93  'ELSE'
94  'BEGIN' 'FOR' I:=1 'STEP' 1 'UNTIL' K 'DO' PC[I]:=
    PC[I]+φ+л*BV[I];
95  'BEGIN' Ч:=Ч+1; P1041(PC,W,л,φ,л,EPл,EPφ);
    'END';
96  'END';
97  'GOTO' 'L2;
98  L1:;
99  D11:=AA*BB-AB↑2; D22:=K*BB-SB↑2;
    D33:=K*AA-SA↑2;
100  D:=K*(AA*BB-AB↑2)-SA*(SA*BB-SB*AB)+SB*
    (SA*AB-SB*AA);
101  P1041(Ч,EPφ,EPл,
102  PC,л);
103  SIGX:=D11*SIO/D; SIGY:=D22*SIO/D;
    SIGZ:=D33*SIO/D;
104  EPSX:=SQRT(SIGX); EPSY:=SQRT(SIGY); EPSZ:=
    SQRT(SIGZ);
105  P1041(X,Y,Z,SIO,SIGX,SIGY,SIGZ,EPS0,EPSX,
    EPSY,EPSZ,
106  SBV,SPB,BVB,BVP,BB,LB,LA);
107  'FOR' I:=K+1 'STEP' 1 'UNTIL' (N+K) 'DO'
108  KA[I]:=X+Y*A1[I]+Z*A[I]; 'END';
109  P0040(KA);
110  'FOR' I:=1 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO' 'BEGIN' R[I]:=
    AMIN+H*I;
111  G[I]:=X+Y*R[I]+Z*R[I]*R[I]; 'END'; J:=1;
112  Г:=0;
113  'FOR' I:=1 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO' 'BEGIN' E[I]:=
    R[I]; E[2]:=G[I];
114  P0740(E[I],Г,C,2,4,3,4,2); 'END';
115  P1041(KA);
116  'END' 'END';
117  'GOTO' L; 'END'

```

Программа § 2.

```

1  'BEGIN' 'INTEGER' I, K, N, Ч, М, J; P0042(K, N, M);
2  'BEGIN' 'REAL' FST, SBV, SPB, DET,
3  EPS0, T,
4  BVВ, BVР, Л, Ф, П, Ь, ЕРФ, ЕРЛ,
5  SIO, Г;
6  'ARRAY' F0, И, ИУ1, ИУ,
7  КИ[1:(N+M)], А, КА[1:K],
8  ZV[1:N],
9  PC, BV, PB, W
10 [1:M], Ш[1:2, 1:3], Е[1:3];
11 P0042(FST, F0,
12 КА, А, И, BV, PC);
13 P1041(FST, F0, КА, А, И, BV, PC);
14 'FOR' I:=1 'STEP' 1 'UNTIL' (N+M) 'DO' 'BEGIN'
15 ИУ1[I]:=(И[I])↑2-(F0[I])↑2+
16 (FST)↑2; ИУ[I]:=SQRT(ИУ1[I]); 'FOR' J:=1 'STEP'
17 1 'UNTIL'
18 К 'DO' 'BEGIN'
19 'IF' ИУ[I] 'НЕ БОЛЬШЕ' А[J] 'AND' ИУ[I]
   'НЕ МЕНЬШЕ' А[J+1]
20 'THEN' КИ[I]:=КА[J]-(КА[J+1]-КА[J])/(А[J]
   -А[J+1])×(ИУ[I]-
21 А[J]) 'ELSE' 'GO TO' L; L:; 'END' 'END';
22 P1041(КИ, ИУ);
23 Ч:=0;
24 L3:
25 SBV:=SPB:=BVВ:=BVР:=0;
26 T:=0;
27 'FOR' I:=1 'STEP' 1 'UNTIL' М 'DO' 'BEGIN'
28 SBV:=SBV+BV[I]; PB[I]:=КИ[I]-PC[I];
29 T:=T+(PB[I])↑2;
30 SPB:=SPB+PB[I];
31 BVВ:=BVВ+(BV[I])↑2; BVР:=BVР+BV[I]×PB[I];
32 'END';
33 EPS0:=SQRT(T/(M-3));
34 P1041(EPS0);
35 Ш[1,1]:=К; Ш[1,2]:=SBV; Ш[1,3]:=SPB; Ш[2,1]
   :=SBV;
36 Ш[2,2]:=BVВ; Ш[2,3]:=BVР;
37 P1052(3, 2, Ш);
38 Ф:=Ш[1,3]; Л:=Ш[2,3]; P1041(Ш, Л, Ф);
39 П:=0;
40 'FOR' I:=1 'STEP' 1 'UNTIL' М 'DO' 'BEGIN'

```

```

40  W[I]:=PB[I]-Ф-Л*BV[I];П:=П+(W[I])↑2;'END';
41  S10:=П/(М-2);
42  'BEGIN'Б:=0;
43  Я2:'FOR'И:=1'STEP'1'UNTIL'М'DO'
44  'IF'ABS(W[I])<3*SQRT(S10)
45  'THEN' 'BEGIN'BV[I]:=BV[I];'END'
46  'ELSE' 'GO TO'Ы;'GO TO'Я3;
47  Ы:P1041(И);
48  'BEGIN' 'FOR'И:=1'STEP'1'UNTIL'(М-1)'DO'
49  'BEGIN'
49  W[I]:=W[I+1];
50  ИY[I]:=ИY[I+1];
51  BV[I]:=BV[I+1];PC[I]:=PC[I+1];KI[I]
51  :=KI[I+1];
52  'END';
53  'FOR'И:=М'STEP'1'UNTIL'(N+М-1)'DO' 'BEGIN'
54  KI[I]:=KI[I+1];'END';'END';
55  М:=М-1;Б:=Б+1;
56  P1041(Б,М);'GO TO'Я2;'END';
57  Я3:'IF'Б>0.5'THEN' 'GO TO'Л3;
58  DET:=М*БVB-SBV↑2;
59  ЕРФ:=SQRT(BVB*S10/DET);
60  ЕРЛ:=SQRT
61  (М*S10/DET);'IF'ABS(Л)<ЕРЛ
62  'THEN' 'GO TO'Л1
63  'ELSE'
64  'BEGIN' 'FOR'И:=1'STEP'1'UNTIL'М'DO'
65  PC[I]:=PC[I]+Ф+Л*BV[I];
66  Ч:=Ч+1;
67  'END';
68  P0040(PC);
69  'GO TO'Л4;
70  Л1:
71  'FOR'И:=1'STEP'1'UNTIL'N'DO'
72  ZV[I]:=KI[М+И];
73  P0040(ZV);
74  Л4:;
75  P1041(Ч,ЕРФ,ЕРСО,ЕРЛ);
76  Г:=0;
77  'FOR'И:=1'STEP'1'UNTIL'М'DO' 'BEGIN'
78  E[1]:=PC[I];E[2]:=PB[I];
79  E[3]:=ИY[I];
80  P0740(E[1],Г,0,3,4,2,4,2,4,3);'END';
81  'END';'END'

```

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

*

П Е Р Е М Е Н Н Ы Е
З В Е З Д Ы

П Р И Л О Ж Е Н И Е

Том 2

№ 12

Х. Вилкенс

Диаметры шаровых звездных скоплений

Астрономический совет АН СССР
Москва, 1976

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR

THE
VARIABLE STARS

SUPPLEMENT

Volume 2
Number 12

Herbert Wilkens

The Diameters of Globular Clusters

Astronomical Council
Moscow, 1976

УДК 523.841.3

Диаметры шаровых звездных скоплений. Вилкенс Х., Переменные звезды, 1976, приложение, том 2, № 12, стр.393–462.

В работе содержится новая оценка диаметров шаровых звездных скоплений по всем данным, ранее опубликованным. Проанализировано 66 скоплений. Для изучения структуры шаровых скоплений использованы данные о переменных звездах в скоплениях. Во многих случаях наблюдения указывают на потерю звезд скоплениями и распад их структуры. Видимое распределение переменных звезд в скоплении связано с эволюцией скоплений и является функцией их возраста. Приводятся аргументы в поддержку гипотезы о возрастном различии скоплений разных групп по Оостерхофу.