

ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

Том 14

№ 4(112)

1963

Статистическая оценка процента переменных звезд в области

ζ и σ Ориона и Т-ассоциации в Тельце

Т. С. Кириллова и Е. Д. Павловская

Сопоставление эмпирических кривых распределения средних квадратических ошибок измерения звездных величин с теоретическим законом распределения, производным от закона χ^2 , позволило определить процент переменных звезд в двух выбранных областях, в области ζ и σ Ori и Т-ассоциации в Тельце. Обращает на себя внимание большой процент (35%) переменных звезд в области ζ и σ Ori. Во всех изученных нами областях в районе Т-ассоциации в Тельце процент переменных звезд незначительный. В работе подтвержден вывод П. Н. Холопова о связи переменных звезд с краями темных туманностей.

Statistical Evaluation of the Rate of Variable Stars in the Region of ζ and σ Ori and in the T-Association in Taurus

by

T. S. Kirillova and E. D. Pavlovskaya

A comparison of empirical distribution of the mean errors of the measurement of stellar magnitudes with the theoretical distribution law, which is a derivative from the law of χ^2 , allowed to evaluate the rate of variable stars in two selected areas, in the area of ζ and σ Ori and T-association in Taurus. It is notable that the areas ζ and σ Ori contain a large per cent (35%) of variable stars. The per cent of variable stars in all areas studied by us in the region of T-association is small. P. N. Kholopov's conclusion on the relation of variable stars with the edges of dark nebulae is confirmed in the paper.

Анализ точности измерения некоторой характеристики, полученной для большого числа звезд, позволяет определить процент объектов, для которых эта характеристика не остается постоянной. Например, в работе [1] таким способом найден процент звезд с переменной лучевой скоростью. В настоящей работе на основании сопоставления эмпирических кривых распределения средних квадратических ошибок измерения звездных величин с теоретическим законом распределения определен процент переменных звезд в областях ζ и σ Ori и Т-ассоциации в Тельце. В качестве теоретического закона распределения средних квадратических ошибок, так же, как и в работе [1], использован закон, производный от закона χ^2 :

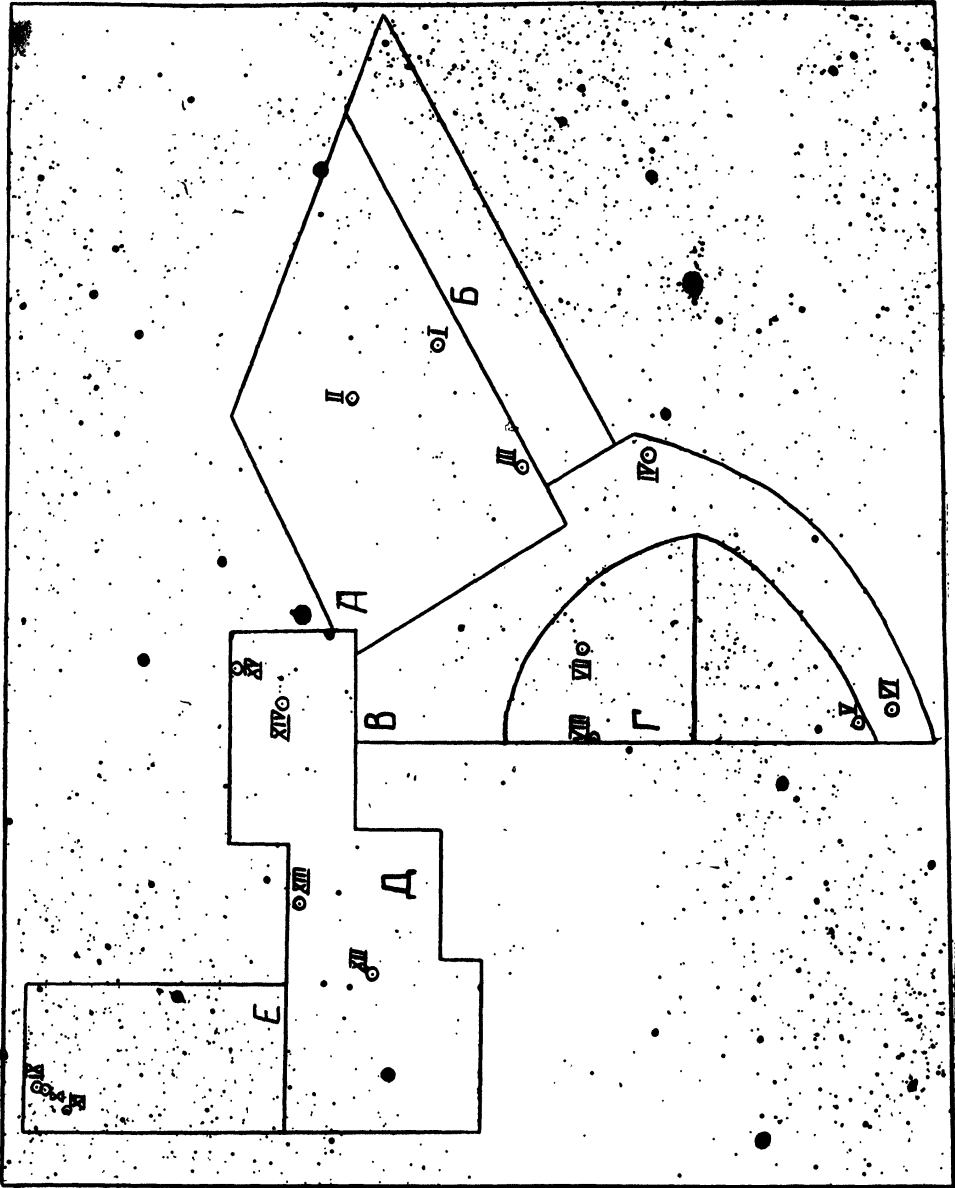


Рис. 1

$$y(x) = \frac{2(f/2)^{f/2}}{\sigma^f \Gamma(f/2)} x^{f-1} \cdot e^{-\frac{f}{2\sigma^2} x^2} \quad (1)$$

где σ^2 — дисперсия распределения величины x , а f — число степеней свободы распределения [2].

В области ζ и σ Ori Aro и Морено [3] обнаружили среди слабых звезд большое число объектов с эмиссией в лучах H_α и высказали предположение о возможной переменности их блеска. Это предположение было подтверждено в работе [4]. Поэтому нам казалось интересным получить количественную оценку процента переменных звезд в этой области. Область Т-ассоциации в Тельце подробно исследована в работе П. Н. Холопова [5]. Среди ярких звезд в этой области ($12^m - 14^m$) известно значительное число переменных звезд типа RW Aur. Определение процента переменных среди слабых звезд в районе Т-ассоциации в Тельце, а также выяснение связи в расположении переменных звезд и темных туманностей, представляет значительный интерес.

В области ζ и σ Ori для статистического анализа были использованы определения звездных величин, полученные Т. С. Кирилловой по шести пластинкам, снятым с 50-см телескопом системы Максудова Алма-Атинской обсерватории. Определение звездных величин по этим пластинкам описано в работе [4]. Звездные величины звезд в области Т-ассоциации в Тельце были определены нами по пластинкам 40-см астрографа ГАИШ. Используемые пластинки перечислены в таблице 1.

Таблица 1.

№ пласт.	Дата	№ пласт.	Дата
A 543	1. XI 1951	A 2216	1. XII 1959
A 791	6. XI 1951	A 2641	15. X 1960
A 1039	26. I 1954	A 2653	23. X 1960
A 1772	11. XI 1958	A 2661	29. X 1960
A 1791	21. XI 1958	A 2711	8. XII 1960
A 2196	30. X 1959	A 2747	10. I 1961

Все пластинки получены с экспозицией в один час. В этой области нет современного фотоэлектрического стандарта, поэтому нами был выбран стандарт SA 48. На пластинках, содержащих район Т-ассоциации, стандарт SA 48 находится на краю и не пригоден для фотометрических измерений. Поэтому для определения звездных величин нами был создан привязкой к SA 48 вторичный стандарт, расположение которого указано на рис. 1 (см. область Е). С этой целью были отобраны шесть пластинок, на которых области SA 48 и вторичного стандарта расположены недалеко от центра пластинки, симметрично по отношению к нему (табл. 1, пластинки № 543, 791, 1039, 1772, 2196, 2653). Измерения проводились на ирисовом фотометре ГАИШ. Были измерены звезды $12^m.5 - 16^m.5$, расположенные в области Е, свободной от поглощения, и в области Д, расположенной на краю темной туманности (см. рис. 1). При вычислении звездных величин по всем шести пластинкам были учтены систематические расхождения звездных величин звезд на различных пластинках, выявленные путем попарного сопоставления пластинок между собой. Эти систематические различия не превосходят

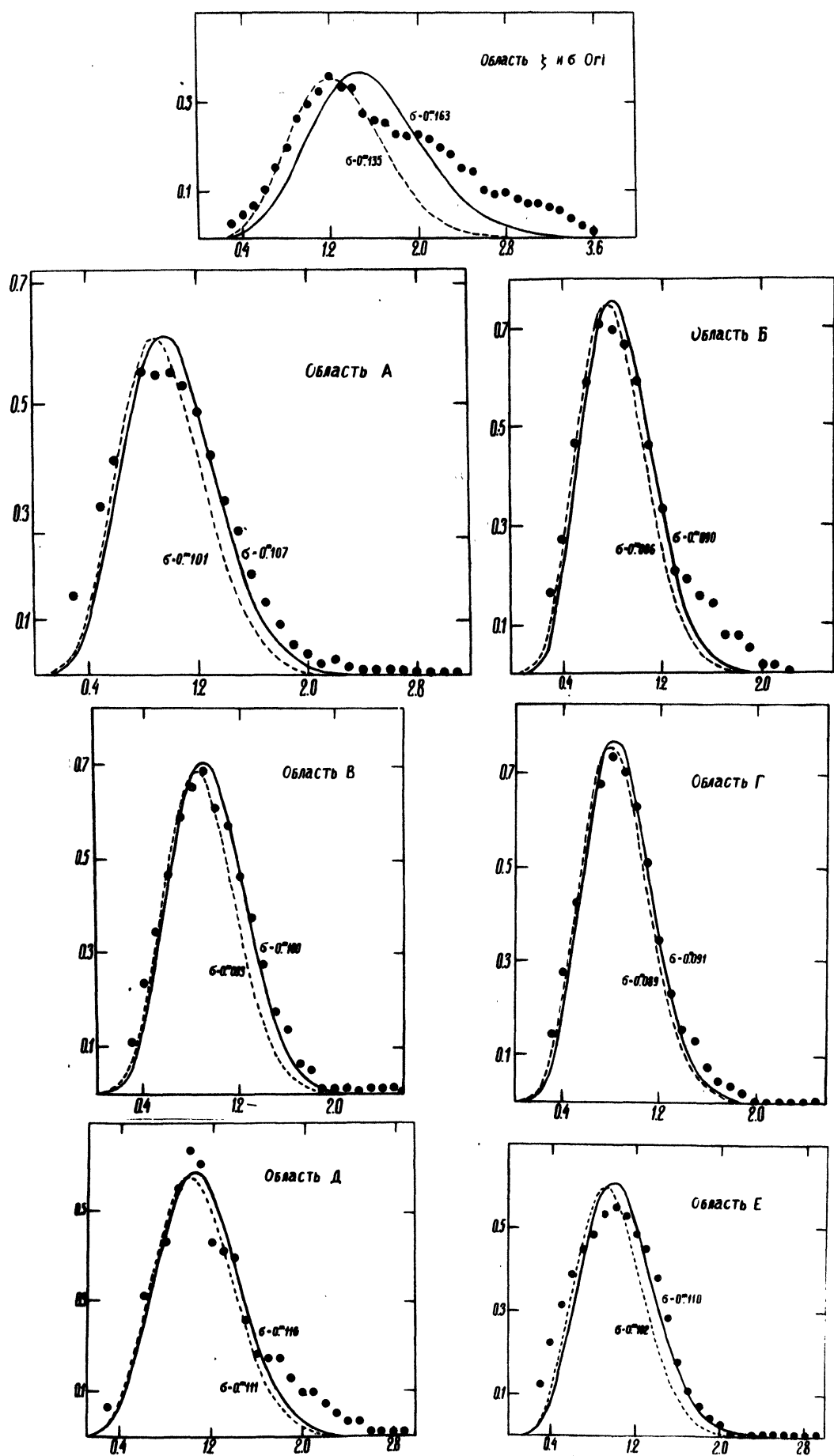


Рис. 2

$0^m 1 - 0^m 2$ и, по-видимому, являются следствием того, что пластинки получались при несколько различных условиях (различные часовые углы, разная прозрачность и др.). Звезды вторичного стандарта были выбраны из числа звезд области Е с минимальными средними квадратическими ошибками, при этом невозможно было принять во внимание цвета звезд, т.к. ни спектры, ни показатели цвета для этих звезд не известны. Звездные величины звезд вторичного стандарта и полный каталог звездных величин звезд в районе Т – ассоциации в Тельце будут опубликованы в "Трудах ГАИШ" после уточнения нуль-пункта каталога и его цветовой системы. Однако неопределенность фотометрической системы каталога не препятствует выполнению поставленной в работе задачи, т.к. определение процента переменных звезд базируется на внутренней сходимости звездных величин на отдельных пластинках. После создания вторичного стандарта нами были измерены звездные величины звезд в районе Т – ассоциации (области А, Б, В, Г на рис. 1). Число измеренных в каждой области звезд указано во втором столбце табл. 2. Так же, как и при получении звездных величин в областях Е и Д, при выводе окончательных значений звездных величин звезд в районе Т – ассоциации были учтены систематические расхождения между пластинками. Для каждой звезды обычным способом вычислялись среднее значение звездной величины и средняя квадратическая ошибка измерения звездной величины на одной пластинке.

При построении эмпирических кривых распределения средних квадратических ошибок использовался интервал подсчета $0^m 06$. Для уменьшения влияния случайных флуктуаций кривые строились со сдвигом $1/6$ интервала. Эти распределения изображены на рис. 2. Использованный нами теоретический закон распределения (1) в случае определения дисперсии по шести измерениям имеет вид:

$$y = Cx^4 \cdot \frac{1}{\sigma^5} e^{-\frac{5}{2} \cdot \frac{x^2}{\sigma^2}} \quad (2)$$

где $C = 2(5/2)^{5/2} \frac{1}{\Gamma(5/2)}$, а число степеней свободы распределения $f = n - 1 = 5$.

Параметр σ в формуле (2) был определен по всем точкам эмпирических кривых распределения методом последовательных приближений. Поправка Δ к первоначально принятому значению параметра σ определялась из системы уравнений

$$y' \cdot \Delta = y_H - y_T \quad (3)$$

методом наименьших квадратов. В этих уравнениях производная функции (2) по параметру $\sigma - y'$, а также значение ординаты теоретической кривой (2) $- y_T$, вычислены с принятым значением $\sigma = \sigma_0$. В третьем столбце табл. 2 приведены полученные значения параметра σ для всех изученных областей.

Таблица 2.

1	2	3	4	5	6	7	8
группа	N	σ	σ	p%	σ	p%	p%
ζ и σ Ori	300	0 ^m .173	0 ^m .163	23%	0 ^m .135	38%	35%
A	180	0.109	0.107	13	0.101	19	17
Б	122	0.091	0.090	12	0.086	16	11
В	165	0.101	0.100	8	0.093	17	17
Г	170	0.092	0.091	9	0.089	13	6
Д	92	0.117	0.116	12	0.111	16	14
Е	134	0.112	0.110	13	0.102	22	16

Точность определения звездных величин в областях А – Е практически одинакова и характеризуется значением параметра $\sigma = 0^m.10$, а в области ζ и σ Ori точность несколько ниже ($\sigma = 0^m.17$). В последнем случае звездные величины определены на микрофотометре МФ-2.

Теоретические кривые распределения, построенные с вычисленными таким способом значениями параметра σ , плохо согласуются с эмпирическими распределениями. Это расхождение может быть объяснено наличием в исследуемых областях неба объектов, не согласующихся с теоретическим распределением, особенно в области больших значений средних квадратических ошибок. Последнее обстоятельство при медленном убывании производной y'_σ с увеличением средней квадратической ошибки (что очевидно имеет место при большом числе степеней свободы распределения $f = n - 1$), приводит к завышенному значению параметра σ и может явиться причиной плохого согласования эмпирического и теоретического распределения. Влияние указанных факторов на значение параметра σ теоретического распределения было проанализировано нами следующим образом. Обозначим через N_1 число объектов, для которых средние квадратические ошибки определения звездных величин распределяются по теоретическому закону (2), а N – полное число объектов в области. Уравнение (3) можно переписать в виде

$$y' \cdot \Delta \cdot N_1 + y_T \cdot N_1 = y_H \cdot N$$

Введем обозначение $\Delta \cdot N_1 = t$, тогда уравнение примет вид:

$$y' \cdot t + y_T \cdot N_1 = y_H \cdot N \quad (4)$$

Для каждой из изученных областей была составлена система условных уравнений (4) с двумя неизвестными t и N_1 , которая решалась методом наименьших квадратов. Полученные значения неизвестных t и N_1 позволяют найти Δ – поправку к первоначально принятому значению параметра σ . В качестве первоначальных значений параметра σ теперь приняты значения, приведенные в третьем столбце табл.2. Вновь полученные значения параметра σ приведены в четвертом столбце той же таблицы. Процент звезд, не согласующихся с теоретическим распределением, находимый по формуле: $p\% = \frac{N - N_1}{N} \cdot 100\%$, указан в столбце 5 табл.2. Теоретические кривые распределения, построенные с новым значением параметра σ , изображены на рис. 2 сплошными линиями. Рассмотрение этих кривых показывает удовлетворительное согласие кривых вблизи максимума для всех групп. Следует обратить внимание

на то, что во всех группах имеется заметное превышение числа звезд с большими значениями ошибок. Поэтому целесообразно повторить решение уравнений (4) по части точек эмпирической кривой, включая максимум, сводя тем самым к минимуму влияние на значение параметра σ избыточного числа звезд с большими средними квадратическими ошибками. Полученные этим методом оценки параметра σ , а также процент звезд, не согласующихся с теоретическим распределением, приведены в шестом и седьмом столбцах табл. 2. Соответствующие кривые распределения изображены на рис. 2 пунктиром.

Поскольку переменными звездами мы считаем звезды, не согласующиеся с теоретическим законом распределения только в области больших значений средних квадратических ошибок, то приведенный в столбцах 5 и 7 табл. 2 процент звезд, не согласующихся с теоретическим распределением, является верхней оценкой процента переменных звезд. Построенные с новыми значениями параметра σ (см. столбец 7 табл. 2) теоретические кривые позволили переопределить процент переменных звезд во всех изученных областях как отношение площади между эмпирической и теоретической кривой в области больших значений средних квадратических ошибок к общей площади под кривой. Результаты приведены в столбце 8 табл. 2. Следует отметить, что указанный процент переменных звезд получен без учета вероятности открытия.

Обращает на себя внимание большой процент переменных звезд в области ζ и σ Ori. Во всех областях, изученных нами в районе Т-ассоциации в Тельце, процент переменных звезд незначительный.

На основании вычисленных в работе значений средних квадратических ошибок можно, применяя статистический критерий, указать с вероятностью 99.9% те звезды, которые можно считать переменными. Обозначим среднюю квадратическую ошибку одного измерения через S .

Величина $\frac{nS^2}{\sigma^2}$ распределяется по закону χ^2 с $n-1$ степенью свободы (n — число измерений, по которым получено значение величины S). При вычислении были приняты значения параметра σ , приведенные в третьем столбце табл. 2. Звезды, заподозренные в переменности блеска на основании указанного критерия, отмечены на рис. 1. Список этих звезд будет опубликован в бюллетене "Переменные звезды". Большинство звезд, заподозренных нами в переменности блеска, располагаются по краям темных туманностей. Это подтверждает вывод, сделанный П. Н. Холоповым в работе [5], о связи переменных звезд с краями темных туманностей. В дальнейшем нам представляется целесообразным провести аналогичное исследование в других областях Т-ассоциаций. Это позволит уточнить наши представления о связи переменных звезд и темных туманностей в областях Т-ассоциаций.

Литература

1. Т. С. Кириллова, Е. Д. Павловская, АЖ, XL, 1, 131, 1963.
2. Г. Крамер, Математическая статистика, ИЛ, 1948.
3. G. Hago, A. Moreno, Soc. Tonnant. Bull, № 7, 1953.
4. Т. С. Кириллова, АЖ XXXI, вып. 4, 682 — 687, 1954.
5. П. Н. Холопов, ПЗ 8, № 2, 1952.

Государственный астрономический ин — т им. П. К. Штернберга,
Московский ин — т электронного машиностроения,

ноябрь 1962 г.