

Г. А. ТИХОВ, член-корреспондент АН СССР

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗВЕЗД  
БЕЗ ПОМОЩИ ЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ СРАВНЕНИЯ**

1. Недостатки обычного способа. Сравнение звезд с земными источниками света имеет несколько весьма существенных недостатков: 1) земные источники имеют очень малую относительную яркость в ультрафиолете; 2) для поддержания постоянства их температуры необходим очень тщательный непрерывный контроль; 3) необходимо освобождать наблюдения звезд от избирательного ослабления света в земной атмосфере, которое меняется изо дня в день и от ночи к ночи.

Все эти недостатки отпадают в том способе, который предлагается в настоящей статье.

2. Сущность предлагаемого способа. Известно, что показатель цвета звезд, т. е. различие между их фотографической и визуальной величинами, изменяется все медленнее и медленнее по мере повышения температуры. Это ясно из табл. 1, в которой для разных температур  $T$ , выраженных в тысячах градусов Кельвина, дан абсолютный показатель цвета  $C_a$ , каковой принят за нуль для звезд с  $T = \infty$ .

	Т а б л и ц а 1									
$T$	2	5	8	11	14	20	40	70	100	$\infty$
$C_a$	3.60	1.29	0.73	0.49	0.37	0.24	0.11	0.06	0.04	0

Из табл. 1 видно, что если для звезды с  $T = 70\,000^\circ$  принять температуру за бесконечно высокую, т. е. принять для нее  $C_a = 0$ , то мы сделаем в  $C_a$  ошибку только в 0.06 зв. вел. в сторону уменьшения. Если такую звезду принять за звезду сравнения, то для всех других звезд получаются  $C_a$  на 0.06 зв. вел. меньше истинных. Такая ошибка весьма мало повлияет на более низкие температуры, и только высокие температуры могут измениться на тысячи и десятки тысяч градусов. Однако при последних температурах ошибка в их определении достигает сама тысяч и даже десятков тысяч градусов.

В табл. 2 показано, какая ошибка в температуре соответствует ошибке 0,05 зв. вел. в показателе цвета.

	Т а б л и ц а 2						
$T^\circ$	2000	5000	8000	11000	14000	20000	40000
$\delta T^\circ$	+25 или -25	+170 или -160	+500 или -400	+1100 или -750	+2000 или -1200	+8000 или -5000	+30000 или -9000

Первоначальная сущность нового способа и сводилась к тому, чтобы принять в измеряемой области звезду с наименьшим показателем цвета за звезду сравнения и положить для нее  $T = \infty$ .

3. Статистический способ. Положим, что мы имеем показатели цвета довольно значительной группы звезд. Если к этим показателям прибавить неизвестное пока постоянное количество  $C_{\infty}$ , то получатся абсолютные показатели цвета.

Для нахождения  $C_{\infty}$  поступаем следующим образом. Разбиваем звезды на группы с показателями цвета, заключенными в промежутках, например, по 0.1 зв. вел. Затем для каждой группы подсчитываем число звезд и средний показатель цвета. По этим данным строим график, откладывая на оси абсцисс средний показатель цвета и на оси ординат — число звезд в группе. Таким образом получается кривая распределения звезд по показателю цвета.

Естественно, что с приближением показателя цвета к крайним значениям в ту и другую сторону эта кривая подходит все ближе к оси абсцисс.

Однако построенная указанным способом кривая далеко не отличается геометрической правильностью, и по ней нельзя делать уверенных выводов. Поэтому на основании наблюдаемой кривой вычисляем теоретическую кривую распределения. Абсцисса той точки этой кривой, где она со стороны наименьших показателей цвета приближается к оси абсцисс на расстояние, равное 1, и дает наименьшее возможное значение показателя цвета, так как при малейшем сдвиге в сторону уменьшения показателя цвета число звезд меньше единицы, т. е. их уже нет и быть не может. Иными словами, мы вступаем здесь в область бесконечно высокой температуры. Вычитая абсциссу этой предельной точки из всех других, мы и получаем абсолютные показатели цвета всех звезд исследуемой группы.

4. Пример обработки одного каталога. Применим описанный способ к группе звезд в Цфефе, для которой в томе 60 (2-й серии) Трудов Пулковской обсерватории напечатан фотометрический каталог 1958 звезд, полученный М. Д. Берг (Лавровой). В этом каталоге даны показатели цвета для 749 звезд и для 273-спектры. Эффективные длины волны для фотографических и фотовизуальных величин равны соответственно 434 и 580 м $\mu$ .

В табл. 3 даны номера групп, средние показатели цвета  $C$  и число звезд  $n$  в каждой группе. Пределы каталожного показателя цвета в группах равны последовательно: — 0.40 и — 0.31; — 0.30 и — 0.21 и т. д.

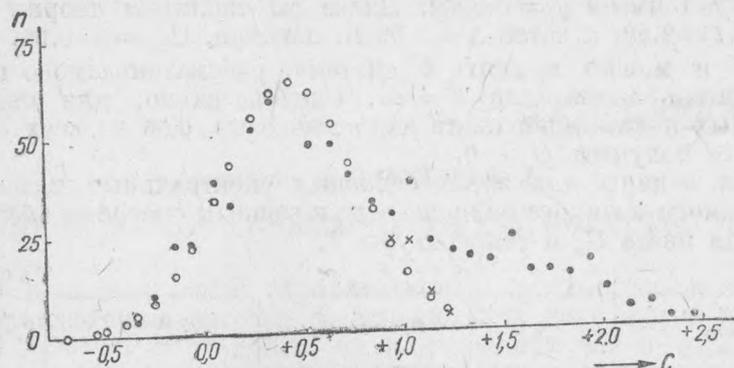
Таблица 3

№ группы	$C$	$n$	№ группы	$C$	$n$
1	— 0.34	4	11	0.65	48
2	— .25	10	12	.74	40
3	— .14	23	13	.85	33
4	— .06	23	Зеркальные точки		
5	+ .06	39	4'	0.94	23
6	.14	33	3'	1.02	23
7	.25	52	2'	1.13	10
8	.34	59	1'	1.22	4
9	.44	74			
10	.54	48			

Данные табл. 3 и места с  $C > 0.85$  нанесены на прилагаемый график, где наблюдаемые места представлены жирными точками.

Нас интересуют в данном случае только высокотемпературные звезды. Поэтому для вычисления теоретической кривой распределения мы ограничиваемся в сторону положительных  $C$  значением 0.85.

Из табл. 3 и из графика видно, что  $n$  достигает наибольшего значения при  $C=0.44$ . Прямая  $C=0.44$  может быть принята за ось симметрии кривой распределения. Отклонения показателей цвета от оси симметрии можно рассматривать как случайные ошибки наблюдения. Нам понадобится средняя квадратическая ошибка



одного наблюдения, а для этого нужна полная кривая распределения. Но точки с  $C > 0.9$  уже явно отклоняются от симметрии с точками, лежащими левее оси симметрии, и потому мы не можем пользоваться ими, а строим зеркальные отображения на оси симметрии первых четырех точек. Эти отображения представлены на графике крестиками.

Итак, для вычисления теоретической кривой распределения мы имеем в табл. 3 первые 13 групп, непосредственно наблюдаемых, и последние 4 группы — зеркальные.

В табл. 4 собраны основные ступени вычисления по этим 17 группам.

Таблица 4

№ группы	$C$	$\Delta=0,44-C$	$n$	$n\Delta^2$	$t \left  \frac{\Delta}{\varepsilon} \right $	$y_t$	$v = ky_t$
1	-0.34	+0.78	4	2.43	2.28	0.029	5
2	-.25	.69	10	4.76	2.01	.052	8
3	-.14	.58	23	7.74	1.69	.095	15
4	-.06	.50	23	5.75	1.46	.138	22
5	+.06	.38	39	5.63	1.11	.214	34
6	.14	.30	33	2.97	0.88	.270	43
7	.25	.19	52	1.88	.55	.342	55
8	.34	.10	59	0.59	.29	.382	61
9	.44	.00	74	.00	.00	.399	64
10	.54	-.10	48	.48	.29	.382	61
11	.65	-.21	48	2.12	.61	.330	53
12	.74	-.30	40	3.60	.88	.270	43
13	.85	-.41	33	5.55	1.20	.194	31
З е р к а л ь н ы е г р у п п ы							
4'	0.94	-.50	23	5.75	1.46	.138	22
3'	1.02	-.58	23	7.74	1.69	.195	15
2'	1.13	-.69	10	4.76	2.01	.152	8
1'	1.22	-.78	4	2.43	2.28	0.029	5
$\Sigma$			546	64.18		3.411	545

Вычисленные места обозначены на графике кружками.

Для среднего квадратического значения одного  $\Delta$  находим  $\varepsilon = \pm 0.343$ . Затем вычисляем  $t = \left| \frac{\Delta}{\varepsilon} \right|$  и по обычным таблицам теории

ошибок находим число  $y_t = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2}$ , пропорциональное вероятности появления того или другого значения  $\Delta$ . После этого вычисляем множитель  $k = \Sigma n / \Sigma y_t$  и находим теоретическое число звезд  $\nu = ky_t$ .

Для  $\nu = 1$  имеем  $y_t = 0.0062$ . Далее по таблицам теории ошибок находим  $t = 2.88$ , а затем  $\Delta = 0.99$  и, наконец,  $C_\infty = -0.55$ . Вот это значение и можно принять в системе рассматриваемого каталога за показатель цвета для  $T = \infty$ . Следовательно, для получения абсолютных показателей цвета надо вычесть  $-0.55$  из всех  $C$ , чтобы для  $T = \infty$  получить  $C_a = 0$ .

В табл. 5 даны для звезд основных спектральных классов рассматриваемого каталога найденные изложенным способом абсолютные показатели цвета  $C_a$  и температуры  $T$ .

Таблица 5

Спектр	$n$	Пределы $C_a$	Пределы $T$ в тысячах градусов	Среднее $T$ в тысячах градусов
B0 . . . . .	15	0.34—1.09	16.7—6.5	8.9
A0 . . . . .	46	.40—1.36	14.5—5.4	8.3
F0 . . . . .	11	.71—1.32	9.1—5.5	7.35
G0 . . . . .	10	.72—1.46	9.0—5.1	6.45
K0g . . . . .	10	1.38—2.13	5.3—3.65	3.7
Mag . . . . .	3	2.35—3.13	3.35—2.6	3.0

За недостатком места я не буду анализировать эти данные. Замечу только, что полученное здесь  $T$  для звезд G0 находится в хорошем согласии с общепринятым.

Предлагаемый способ имеет одно совершенно исключительное достоинство: получаемые температуры звезд совершенно не зависят от поглощающих свойств нашей атмосферы, если только изучаемая группа занимает достаточно малый участок неба. В самом деле, если, например, в фотографических лучах прозрачность по той или иной причине понижена, то все звезды изучаемой группы дадут показатель цвета, увеличенный на одну и ту же долю звездной величины, а следовательно, и вся кривая нашего графика сдвинется на столько же вправо, и  $C_\infty$  увеличится на столько же, как и все  $C$ . Таким образом, значения  $C_a$  останутся прежними. Мы полностью освобождаемся от влияния атмосферы и наблюдаем как бы за ее пределами.

Предлагаемый способ может быть усовершенствован и распространен на любое число мест в спектре. Исследованию этого я надеюсь посвятить часть своего времени.

Поступило  
10 X 1944