

Показатели цвета 25 переменных звезд спектральных классов C и S.

А. Алкснис, З. Алксне

Определены показатели цвета 25 полуправильных и неправильных переменных звезд. Наблюдения производились на 200-мм рефракторе ($F = 300$ см). Полученные фотографические и фотовизуальные звездные величины приводились к системе B, V.

The Color Indices of 25 Variable Stars of C and S Spectral Types

A. Alksnis and Z. Alksne

The color indices of 25 semiregular and irregular variables have been determined. The observations were made with the 200 mm reflector ($f = 300$ cm). The photographic and photovisual magnitudes are reduced to the BV system.

В некоторых статических работах, например, при определении абсолютных величин группы звезд, необходимо иметь звездные величины в одной системе — фотографической, визуальной или другой. Если в используемых источниках звездные величины указаны в разных системах, то для приведения к одной системе обычно применяются средние показатели цвета. Для интересующих нас углеродных звезд применение средних показателей цвета является весьма ненадежным. Углеродные звезды имеют сильно различающиеся показатели цвета — от значений, несколько превышающих $+1^m$, до значений $+5^m$ и более [1]. Это обусловлено депрессией фиолетового конца спектра [2], которую порождают полосы и непрерывное поглощение молекул C_3 и SiC_2 [3]. Рост показателей цвета углеродных звезд наблюдается вдоль спектральной последовательности R, N. Так, определенные Вандервортом показатели B-V 97 звезд спектрального класса R показывают изменение от $\pm 1^m,2$ у спектрального подкласса R0 до $+2^m,1$ у спектрального подкласса R8 [4]. В гораздо большей степени спад интенсивности коротковолнового конца спектра проявляется в звездах спектрального класса N, особенно в поздних подклассах. Поэтому показатель цвета для подкласса N3 достигает около $+3^m$ и продолжает расти у N5-N8. Это подтверждает наблюдения показателей цвета 7 долгопериодических переменных звезд, проведенные Герасимовичем и Шепли [5]. К сожалению,

имеющийся наблюдательный материал является недостаточным для получения надежных средних показателей цвета звезд подклассов R, N. Кроме того, в показателях цвета каждого подкласса имеется большая естественная дисперсия. Наконец, далеко не для всех углеродных звезд известен спектральный тип с точностью до подкласса R или N. Вместо этого часто известен подкласс в C классификации. Но эта классификация слабо коррелирует с показателем цвета. Некоторые звезды поздних подклассов C бывают менее красными, чем углеродные звезды более ранних подклассов. Поэтому, зная только подкласс C нельзя воспользоваться средним показателем цвета. Исключение составляют ранние подклассы C, которые находятся в хорошем согласии с подклассами R [6].

Имея ввиду все сказанное, нами было решено при сборе данных, необходимых для вычисления визуальных абсолютных величин углеродных звезд, определить показатели цвета ряда полуправильных и неправильных переменных звезд, для которых в ОКПЗ [7] даются фотографические величины.

Наблюдения производились в 1959 и 1960 г. на 200-мм рефракторе с визуальным объективом апохромат типа В Цейсса, фокусное расстояние которого 300 см. Использовались пластинки Agfa Astro-Platten не-сенсibilizированные для получения фотографических величин и панхроматические с желтым фильтром ЖС-12 толщиной 2мм для получения фотовизуальных величин.

Продолжительность экспозиций менялась от 5 до 20 минут и от 2 до 10 минут для фотографических и фотовизуальных величин соответственно. При коротких экспозициях исследуемая звезда и стандартная область снимались на одной пластинке, в других случаях на отдельных. Для привязки к системе U, B, V в качестве стандартных областей снимались галактические скопления Плеяды [8], Ясли [9], Волосы Вероники [10], M 39 [11] и NGC 752 [12]. Измерения пластинок производились на микрофотометре МФ 2.

При обработке наблюдений оказалось, что стандарты M 39 и Плеяды не имеют звезд с достаточно слабыми величинами B. Поэтому в некоторых случаях для Плеяд пришлось воспользоваться работой Бинне-дейка [13], дающей фотографические величины слабых членов скопления. Переход к величинам B совершен по зависимости, найденной путем графического сравнения каталогов [8] и [13]. Для M 39 использована работа Уивера [14], в которой приведены величины R и R-V для звезд до 13 фотографической величины. Переход к показателям цвета B-V совершен согласно Джонсону [15]:

$$R - V = -0.18 + 1.09 (B - V)$$

Учет дифференциального эффекта экстинкции проведен со значениями фактора ослабления света, равными 0.29 для фотографических и 0.44 для фотовизуальных величин.

Цветовые характеристики наших величин отличаются от цветовых характеристик B, V величин. Также цвет исследуемых красных и стандартных звезд сильно различается. Чтобы получить показатель цвета исследуемых звезд в системе B, V необходимо провести соответствующую

шие редукции.

Если через m_{pg} и m_{pv} обозначены звездные величины, непосредственно отсчитанные по калибровочной кривой и исправленные за ошибку нуля, внесенную дифференциальной экстинкцией и другими подобными эффектами, то вполне достаточно для нашей задачи связь между m_{pg} , m_{pv} и B , V представить линейно:

$$\begin{aligned} m_{pg} - B &= a + b(B - V) \\ m_{pv} - V &= a' + b'(B - V) \end{aligned}$$

Обозначим средний показатель цвета стандартных звезд, использованных при построении калибровочных кривых, через $(\overline{B-V})$ и $(\overline{B-V})'$ соответственно для фотографических и фотовизуальных величин. Для стандартных звезд, которые предполагаются выбранными по возможности одинаковыми по цвету, средние значения величин m_{pg} , m_{pv} и B , V в обеих системах одинаковы, т. е. $\overline{m_{pg}} = \overline{B}$ и $\overline{m_{pv}} = \overline{V}$. Следовательно

$$a = -b(\overline{B-V}), \quad a' = b'(\overline{B-V})'$$

и

$$\begin{cases} m_{pg} - B = b[B - V - (\overline{B-V})] \\ m_{pv} - V = b'[B - V - (\overline{B-V})'] \end{cases} \quad (I)$$

Из уравнений (I) получаем формулу редукции показателей цвета $m_{pg} - m_{pv}$ на систему $B - V$:

$$B - V = \frac{1}{1 + b - b'} [(m_{pg} - m_{pv}) + b(\overline{B-V}) - b'(\overline{B-V})'] \quad (2)$$

Далее по (I) можно вычислить также величины B или V .

Коэффициенты b и b' находят по тем же калибровочным кривым, используя их для определения m_{pg} и m_{pv} звезд с известными показателями цвета $B - V$. При достаточной однородности фотоматериалов и их обработки можно пользоваться одним и тем же значением b (или b') для всех снимков. Действительно, коэффициенты, полученные по нескольким пластинкам, оказались мало отличающимися.

Определенные по звездам разного цвета скоплений M 39 и NGC 752 коэффициенты b и b' равны $+0^m.20$ и $-0^m.10$ соответственно. Поэтому формула (2) принимает в нашем случае вид:

$$B - V = 0.77[(m_{pg} - m_{pv}) + 0.20(\overline{B-V}) + 0.10(\overline{B-V})']$$

Значения $(\overline{B-V})$ и $(\overline{B-V})'$, соответствуют среднему показателю цвета $B - V$ звезд, по которым строится участок характеристической кривой для отсчета m_{pg} (или m_{pv}) исследуемой звезды. Они зависят от используемой стандартной области и звездной величины исследуемой звезды.

В результате обработки всего полученного наблюдательного материала оказалось возможным определить показатели цвета 23 углеродных звезд. Значения V и $B - V$ помещены в столбцах 5 и 6 табл. I. Там же даны показатели цвета двух циркониевых звезд, определенные при выполнении данной программы. В случае использования нескольких пар пластинок для одной звезды, значения $B - V$ указаны отдельно. В третьем и четвертом столбцах таблицы указаны тип переменности и спектральный класс по [7]. В примечаниях приведены показатели цвета $B - V$ из

Таблица 1.

№	Назв.	Тип	Спектр	V	B-V	Примечания
1	UU Aur	SRb	N3(C5 ₅)	6 ^m 30	2 ^m 84	
2	FU Aur	Ib?	NO	8.32	2.80	
3	U Cam	SRb	N5(C6 ₄)	8.06	4.46	
				7.76	4.11	
4	X Cnc	SRb	N3(C5 ₄)	6.76	3.42	3 ^m 24 [15]
5	Y CVn	SRb	N3(C5 ₄)	6.68	3.38	
				6.69	3.37	
6	TT CVn	Ib	R6p(C1 ₈ ?)	9.26	1.76	1.93 [5]
7	W CMi	Ib	R6	9.11	2.62	2.49 [5]
8	TT Cyg	SRb	N3e(C5 ₄ e)	7.37	2.83	
9	AD Cyg	Ib	S5,8	8.97	2.45	
10	AX Cyg	Ib	N(C5 ₅)	8.01	3.78	3.78 [15]
11	RY Dra	SRb	N4p(C3 ₄)	7.04	3.42	
12	UX Dra	SRb	NO(C6 ₄)	6.50	2.98	2.85 [15]
				5.94	2.87	
13	TU Gem	SRb	N3(C4 ₆)	7.25	3.70	
14	BM Gem	Ib	N	8.35	3.33	
15	RR Her	SRb	K5-NOe(C6 ₄ e)	10.11	3.41	
16	HK Lyr	Ib	Nb(C6 ₂)	7.85	3.81	
				7.78	3.53	
17	RV Mon	SRb	Nb(C4 ₆)	7.21	3.26	
				7.03	3.37	
18	SU Mon	SRb	S3,6	7.40	3.05	
19	W Ori	SRb	N5(C5 ₃)	6.50	4.12	3.68 [15]
20	RT Ori	SRb	Nb(C5 ₆)	8.15	2.98	
21	BL Ori	Ib	N(C6 ₂)	6.92	2.50	
22	RX Peg	SRb	N(C4 ₅)	8.30	2.86	
23	BF Sge	Ib	N3	9.18	2.93	
24	W Sex	SR?	Nb e	9.47	3.02	
				9.18	3.19	
				8.69	3.26	
25	TT Tau	SRb	N3(C5 ₂)	8.19	3.05	

статьи Джонсона [15] и работы Вандерворта [5]. Сопоставление этих данных с нашими результатами в известной степени может служить контролем последних. Только для одной W Ori из 6 общих звезд разность показателей цвета превышает 0^m2. Однако надо иметь ввиду, что рассматриваемые звезды являются переменными и их показатели цвета со временем меняются в большей или меньшей степени. Некоторое представление об изменении показателей цвета углеродных звезд неправильной и полуправильной переменности могут дать наши повторные определения B-V для нескольких звезд. Изменения B-V, превосходящие 0^m35 в этом, правда малочисленном, материале не наблюдаются. Для достоверного суждения о степени изменемости показателей цвета необходимы дальнейшие систематические наблюдения.

Для упомянутых 6 звезд наши значения $B-V$ в среднем на $0^m.1$ превосходят значения, полученные другими авторами. Это может свидетельствовать о наличии небольшой систематической ошибки в наших показателях цвета. Такое заключение подтвердили дополнительные наблюдения двух звезд постоянного блеска спектрального класса R из списка Вандерворта [5]. Показатели цвета звезд $BD+57^\circ 702$ и $BD+24^\circ 1686$ оказались больше значений Вандерворта на $0^m.06$ и $0^m.08$ соответственно. Однако, такая точность наши потребности вполне удовлетворяет.

Разделение всего материала по типам переменности дает среднее значение показателя цвета для 15 углеродных звезд типа SR равное $3^m.31$ с дисперсией $\pm 0^m.42$ и для 8 звезд типа I равное $2^m.92$ с дисперсией $\pm 0^m.62$.

Среди неправильных переменных имеются 2 звезды спектрального класса R, а все остальные звезды типов I и SR относятся к классу N. Выделение двух звезд класса R, имеющих средний показатель цвета $+2^m.19$, дает для 6 звезд спектрального класса N неправильной переменности значение среднего показателя цвета $+3^m.17$ с дисперсией $\pm 0^m.46$, что практически совпадает со значением для полуправильных переменных звезд. Эти результаты сравнимы с данными Икауниекса [16].

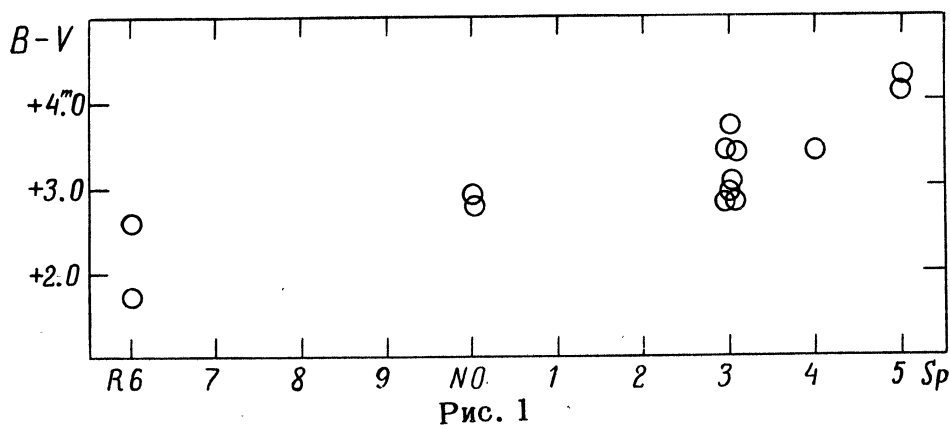


Рис. 1

На рис. 1 и 2 показано распределение полученных показателей цвета вдоль спектральных последовательностей C и R, N (в обоих графиках использованы только звезды с известными подклассами в соответствующей системе классификации). Как и можно было ожидать, в Гарвардской классификации хорошо проявляется рост показателя цвета с спектральным подклассом.

В наблюдениях принимали участие сотрудники Астрофизической лаборатории АН Латв. ССР И. Даубе, М. Дирикис, А. Кундзинь, Л. Рейзинь, за что авторы выражают им свою благодарность.

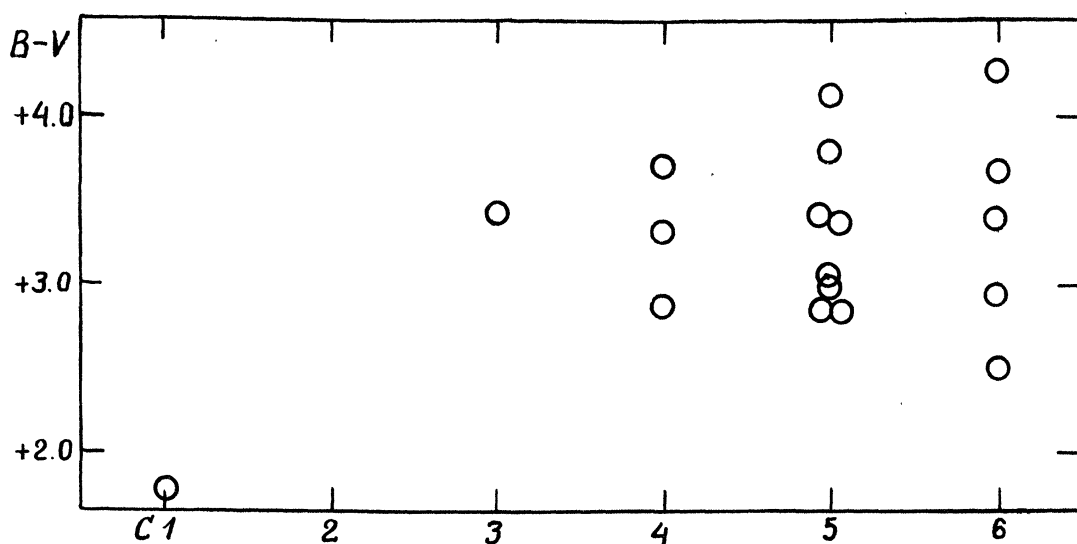


Рис.2

Литература

1. M.R.Bouigue, Publ. l'obs. Haute-Provence **4**, No 17, 1958.
2. G.Shajn, O.Struve, ApJ **106**, 86, 1947.
3. A.McKellar, JRAS Canada **54**, 97, 1960.
4. G.L.Vandervort, AJ **63**, 477, 1958.
5. B.P.Gerasimovič, H.Shapley, HB No 872, 25, 1930.
6. P.C.Keenan, W.W.Morgan, ApJ **94**, 501, 1941.
7. Б.В.Кукаркини др., ОКПЗ, 1958.
8. H.L.Johnson, W.W.Morgan, ApJ **117**, 313, 1953.
9. H.L.Johnson, ApJ **116**, 640, 1952.
10. H.L.Johnson, C.F.Knuckles, ApJ **122**, 209, 1955.
11. H.L.Johnson, ApJ **117**, 353, 1953.
12. H.L.Johnson, ApJ **117**, 356, 1953.
13. L.Binnendijk, Leid. Ann. **19**, 2, 1946.
14. H.F.Weaver, ApJ **117**, 366, 1953.
15. H.L.Johnson, Ann. d'Astroph., **18**, 292, 1955.
16. Я.Я.Икаunieкс, Труды Ин-та физики Латв. ССР, IV, Астрономия, 1952.

Астрофизическая лаборатория
АН Латвийской ССР,
июль 1962 г.