

## Нормальные показатели цвета $U-B$ цефеид

Никола Николов, Георги Иванов

1. *Введение.* В последние 10—15 лет много работ было посвящено изучению нормальных  $B-V$  цветов и избытков цвета  $E_{B-V}$  цефеид. В настоящее время самыми удовлетворительными, по-видимому, являются избытки цвета  $E_{B-V}$  цефеид, полученные Царевским и Якимовой [1]. Эти избытки были определены в единой фотометрической системе по методу Kraft [2, 3] на основе заново калиброванной зависимости спектр —  $(B-V)_0$ . При этом авторы пользовались полученными ими в однородной системе Г-фотометрии [2] усредненными классами цефеид  $Sp_{max}$  и  $Sp_{min}$  [4], а также всеми остальными определениями спектральных классов цефеид в системе Г-фотометрии. Наконец, средние избытки цвета  $E_{B-V}$  цефеид были получены от избытков, выведенных по этой калиброванной зависимости, причем привлекались также все определения избытков цвета этих звезд, полученные по другим методам различными авторами.

Несколько иначе обстоит дело с нормальными  $U-B$  цветами цефеид. После Fergie [5], который определил нормальные  $U-B$  цвета и тем самым избытки  $E_{U-B}$  примерно 20 цефеид с помощью линии покраснения сверхгигантов на двухцветной диаграмме, таким же методом пользовался Николов [6], который определил эти значения примерно для 60 цефеид.

В одной предыдущей работе [7] мы предложили способ получения нормальных  $U-B$  цветов цефеид с помощью калиброванной зависимости  $Sp - (U-B)_0$ , не прибегая к линиям покраснения звезд на двухцветной диаграмме. За последние годы ряд авторов (см., например, [1, 8]) работает в фотометрической системе каталога [9], которая несколько отличается от системы [10, 11], использованной в [7]. Кроме того, недавно были получены улучшенные зависимости для приведения  $(U-B)_0$  наблюдения Irwin [12] в стандартные  $U-B$  [13].

Сказанное выше побудило нас к ревизии калибровки зависимости „ $Sp - (U-B)_0$ “ и нормальных показателей цвета  $(U-B)_0$  цефеид в стандартной системе каталога [9], чтобы полученные результаты были сравнимы с результатами других авторов и чтобы нормальные показатели

$(U-B)_0$  цефеид были в единой системе с их показателями  $(B-V)_0$  [1]. Такая ревизия является тем более оправданной, если иметь в виду, что при калибровке зависимости „Sp —  $(U-B)_0$ “ в [7] не принимались во внимание приведенные в однородную систему спектральные определения цефеид [4]. Наконец, мы воспользовались этой ревизией, чтобы улучшить работу [7] и в некоторых других пунктах. Так, например, в настоящей работе способ учета зависимости избытка цвета  $E_{U-B}$  от фазы изменения блеска (из-за изменения спектрального класса с изменением блеска) значительно проще по сравнению со способом, предложенным в [7].

2. Зависимость эксцесса  $E_{U-B}$  цефеид от фазы изменения блеска. В [7] были получены формулы (4) и (6), которые выражают зависимость эксцесса  $E_{U-B}$  цефеид от фазы изменения их блеска. С помощью этих формул можно вычислить  $E_{U-B}$  данной цефеиды для любой фазы изменения ее блеска, зная ее  $E_{U-B}^\varphi$  и  $E_{B-V}^\varphi$  для некоторой фазы  $\varphi$  и имея кричевую изменения показателя цвета  $B-V$  этой цефеиды. Эти формулы, однако, довольно неудобны для практического применения, по крайней мере по сравнению с формулой (3) из [14], выражающей зависимость эксцесса  $E_{B-V}$  от фазы изменения блеска цефеид. Поэтому мы попытались получить более эффективный способ перехода эксцесса  $E_{U-B}$  от одной фазы в другую фазу изменения блеска.

В [14] и [7] были калиброваны зависимости спектр —  $(B-V)_0$  и спектр —  $(U-B)_0$  цефеид соответственно без использования данных о спектрах цефеид из работы Гусевой и Царевского [4]. По методу, описанному в [14] и [7], мы еще раз прокалибровали зависимости спектр — нормальный показатель цвета цефеид, включая данные из [4]. Использование этих данных значительно улучшило калиброванные зависимости для более поздних спектральных классов. Кроме того, на основании новых данных оказалось, что зависимость спектр —  $(U-B)_0$  можно принять линейной (это можно проверить использованием критерия квадратичности — (см., например, [15])), а не квадратичной, как в [7]. Таким образом, методом наименьших квадратов для интервала спектральных классов F5 — G6 были получены зависимости

$$(B-V)_0 = \frac{-0,02 + 0,074 \text{ Sp}}{\pm 0,04 \pm 0,005} \quad \text{и} \quad (U-B) = \frac{-0,03 + 0,075 \text{ Sp}}{\pm 0,04 \pm 0,005},$$

из которых получаем следующую зависимость между нормальными показателями цвета цефеид для интервала спектральных классов F5 — G6:

$$(1) \quad (B-V)_0 = 0,278 + 0,995(U-B)_0.$$

В работе [7] для  $(B-V)_0 > 0,2$  было получено

$$(2) \quad \frac{E_{U-B}(\text{Sp})}{E_{U-B}(B0)} = 0,984 + 0,184(B-V)_0.$$

Подставляя (1) в (2), получаем

$$(3) \quad \frac{E_{U-B}(\text{Sp})}{E_{U-B}(B0)} = 1,035 + 0,183(U-B)_0.$$

Записывая (3) для двух фаз изменение блеска и подставляя  $(U-B)_0 = (U-B) - E_{U-B}$ , после некоторых преобразований получаем

$$(4) \quad E_{U-B} = E_{U-B}^r \frac{1 + 0,177(U-B)}{1 + 0,177(U-B)^r}.$$

С помощью (4) значительно проще получить избыток цвета  $E_{U-B}$  данной цефеиды для любой фазы изменения ее блеска, чем используя формулы (4) и (6) из [7]. Для этого нужно иметь избыток  $E_{U-B}$ , но не и избыток  $E_{B-V}$  для некоторой любой фазы  $\varphi$  и располагать кривой показателя цвета  $U-B$  этой цефеиды, с которой снимаются значения  $(U-B)^\varphi$  для данной фазы  $\varphi$  и  $U-B$  для фазы требуемого избытка  $E_{U-B}$ .

Формулу (3) можно записать в виде

$$(5) \quad (U-B)_0 = \frac{(U-B) - 1,035E_{U-B}(B0)}{1 + 0,183E_{U-B}(B0)},$$

причем учитывается зависимость избытка цвета от спектрального класса.

Нетрудно убедиться на конкретных примерах, что полученные формулы (4) и (5) дают результаты, идентичные тем, которые получаются с помощью формул (4) и (10) из [7].

3. *Зависимость спектр —  $(U-B)_0$ .* Для калибровки зависимости „спектр — нормальный цвет  $U-B$ “ были использованы как основы члены галактических скоплений U Sgr, DL Cas и EV Sct. Избытки цвета  $E_{B-V}$  для этих звезд взяты из [16], где они приведены для спектрального класса F9. Имея в виду, что  $\eta = E_{B-V}(\text{Sp})/E_{B-V}(B0) = 0,97 - 0,09(B-V)_0$ , согласно [5] и [14], по данным из [17], мы получили избытки  $E_{B-V}(B0)$  для спектрального класса B0. Далее при помощи коэффициентов  $r$  и  $s$  уравнения

$$E_{U-B} = rE_{B-V} + sE_{B-V}^2,$$

полученных для B0 звезд в [18], для U Sgr, DL Cas и EV Sct, были вычислены  $E_{U-B}(B0)$ , равными соответственно 0,405, 0,39 и 0,44. Спектральные определения для этих звезд взяты из следующих работ: для U Sgr — из [19] и [20]; для DL Cas — из [3]; для EV Sct — из [20]. По опубликованным в указанных работах моментам определения спектра в JD вычислялись фазы изменения блеска по  $P = \frac{1}{P} (JD - 2\ 430\ 000)$ , где  $P$  бралось по последнему третьему изданию „Общего каталога переменных звезд“ [21]. Значения  $U-B$  для вычисленных таким образом фаз были сняты с кривых  $U-B$  из [22]. В последней работе кривые показателей цвета  $U-B$  получены в стандартной системе каталога [9]. Кривые построены по наблюдениям  $U-B$  авторов этого каталога; по наблюдениям Weaver и др. [23] в той же системе; по наблюдениям Oosterhoff [24], приведенные в стандартную систему посредством редукционной зависимости, данной в [11] и, наконец, по наблюдениям  $(U-B)_c$  Irwin [12] в капской системе, приведенные в стандартную с помощью улучшенных редукционных формул [13]. Снятые с кривых значения  $U-B$  для соответствующих фаз проводились в  $(U-B)_0$  с помощью (5). Все перечисленные (только уверенные) данные приводятся в табл. 1. По данным табл. 1 зависимость спектр —  $(U-B)_0$  можно прокалибровать в интервале спектральных клас-

Таблица 1

<i>JD</i> 243 0000	Ph	Sp	<i>U-B</i>	$(U-B)_0$
U Sgr	$P=6,744925$	$E_{U-B}(B0)=0,405$		
6714,934	0,553	F 5,9	0,59	0,16
6716,802	0,830	F 7,6	0,805	0,36
6716,934	0,850	F 8,9	0,81	0,365
6725,794	0,164	G 1,2	1,005	0,545
6725,872	0,175	G 0,0	1,01	0,55
6726,760	0,307	F 9,1	0,925	0,47
6726,880	0,325	F 9,3	0,885	0,435
6727,775	0,457	F 6,2	0,64	0,205
6727,843	0,467	F 7,4	0,625	0,195
6732,778	0,199	G 0,2	1,01	0,55
6733,875	0,362	F 8,6	0,81	0,365
6734,835	0,504	F 6,6	0,59	0,16
6734,858	0,507	F 4,7	0,585	0,155
6738,865	0,101	G 1,0	0,975	0,52
6739,825	0,244	G 1,5	0,995	0,535
6741,717	0,524	F 5 75	0,585	0,155
4564,375	0,712	F 8,0	0,725	0,285
9399,231	0,526	F 5,6	0,585	0,155
9400,230	0,674	F 7,1	0,69	0,255
DL Cas	$P=8,00027$	$E_{U-B}(B0)=0,39$		
6860,76	0,566	F 8,4	0,735	0,31
6861,83	0,770	G 0,0	0,88	0,445
6862,73	0,812	G 0,1	0,89	0,455
6863,80	0,946	G 1,3	0,93	0,49
6864,81	0,072	G 1,5	1,01	0,565
6884,78	0,568	F 7,9	0,74	0,315
6467,68	0,433	F 8,0	1,055	0,305
EV Sct	$P=3,090$	$E_{U-B}(B0)=0,44$		
4239,302	0,942	F 8,0	0,835	0,35
9400,267	0,158	F 8,5	0,875	0,39

сов F5 — G1,5. Чтобы расширить эту зависимость, мы поступили так, как это делалось в других работах, используя цефеиды со сравнительно большим изменением спектрального класса между максимумом и минимумом: по спектрам в максимуме или минимуме по предварительной зависимости в интервале F5 — G1,5 получается  $(U-B)_0^{\max}$  или  $(U-B)_0^{\min}$ , соответственно и  $E_{U-B}^{\max}$  или  $E_{U-B}^{\min}$ . Далее при помощи (4) получается  $E_{U-B}^{\min}$  или  $E_{U-B}^{\max}$  и отсюда  $(U-B)_0^{\min}$  или  $(U-B)_0^{\max}$ . Полученные дополнительные данные приведены в табл. 2 и 3. Кроме того, чтобы продолжить предварительную зависимость в сторону более ранних, чем F5, спектральных классов, был использован непеременный сверхгигант  $\varphi$  Cas со спектральным классом F0, вероятный член скопления NGC 457. Посредством  $B-V$  этого сверхгиганта из [25] и  $(B-V)_0$  из [5] получили его  $E_{B-V}=0,44$ .

Таблица 2

Звезда	$Sp^{max}$	$Sp^{min}$	$(U-B)^{max}$	$(U-B)^{min}$	$E_{U-B}^{max}$	$E_{U-B}^{min}$	$(U-B)_0^{min}$
RX Aur	F 6,0	G 1,6	0,49	0,90	0,315	0,33	0,57
U Aql	F 7,0	G 1,0	0,53	0,93	0,28	0,31	0,62
SZ Aql	F 6,7	K 0,6	0,86	1,64	0,43	0,48	1,16
TT Aql	F 6,0	G 4,7	0,70	1,46	0,52	0,58	0,88
$\eta$ Aql	F 5,5	G 2,1	0,35	0,77	0,20	0,23	0,54
RW Cas	F 6,0	G 5,3	0,65	1,42	0,47	0,49	0,93
VY Car	F 6,3	G 3,6	0,63	1,29	0,44	0,48	0,81
XX Cen	F 5,7	G 4,0	0,41	0,94	0,25	0,26	0,68
BZ Cyg	F 7,8	G 2,6	1,11	1,42	0,80	0,84	0,58
X Lac	F 6,3	F 9,6	0,55	0,73	0,35	0,36	0,37
Z Lac	F 5,9	G 3,2	0,615	1,14	0,445	0,485	0,655
T Mon	F 6,5	G 5,7	0,65	1,28	0,43	0,45	0,83
AA Gem	F 5,7	G 2,8	0,51	0,99	0,35	0,38	0,61
$\zeta$ Gem	F 7,3	G 1,7	0,45	0,80	0,18	0,20	0,60
U Nor	F 6,8	G 4,7	0,88	1,48	0,64	0,70	0,78
Y Oph	F 6,3	G 0,3	0,94	1,23	0,74	0,76	0,47
S Sge	F 5,9	G 1,5	0,42	0,78	0,25	0,26	0,52
WZ Sgr	F 8,1	K 0,6	0,77	1,64	0,44	0,49	1,15
YZ Sgr	F 6,5	G 2,4	0,57	1,02	0,355	0,38	0,64
BB Sgr	F 6,3	G 0,8	0,54	0,90	0,34	0,36	0,54
X Sgr	F 5,2	G 1,2	0,27	0,625	0,15	0,15	0,475
RY Sco	F 6,5	G 2,4	0,87	1,34	0,655	0,70	0,64
Y Sct	F 7,7	G 3,0	0,93	1,47	0,63	0,70	0,77
RU Sct	F 4,4	G 5,3	0,98	1,72	0,88	0,96	0,76
TY Sct	F 7,0	G 4,5	1,00	1,61	0,75	0,83	0,78
S TrA	F 5,9	G 2,4	0,25	0,69	0,08	0,08	0,61
SV Vel	F 6,0	G 4,6	0,48	1,10	0,30	0,33	0,77
U Vul	F 6,0	G 2,2	0,76	1,17	0,58	0,62	0,55
SV Vul	F 6,8	G 7,7	0,84	1,67	0,60	0,66	0,01

Таблица 3

Звезда	$Sp^{max}$	$Sp^{min}$	$(U-B)^{max}$	$(U-B)^{min}$	$E_{U-B}^{max}$	$E_{U-B}^{min}$	$(U-B)_0^{max}$
SU Cas	F 4,3	F 7,1	0,41	0,54	0,28	0,28	0,13
V 386 Cyg	F 4,4	G 0,6	0,98	1,37	0,86	0,81	0,17
W Sgr	F 4,4	G 0,9	0,33	0,73	0,20	0,19	0,14
RV Sco	F 4,7	G 0,7	0,42	0,88	0,36	0,33	0,09

Далее с помощью данных из [26] вычислили  $E_{U-B}=0,355$ , которое вместе с  $U-B$  из [25] дает  $(U-B)_0=0,075$ .

Спектральные определения и соответствующие нормальные цвета  $(U-B)_0$  для U Sgr, DL Cas и EV Sct по табл. 1, как и соответствующие данные из табл. 2 и 3, нанесены на рис. 1. На этом рисунке значительно больше точек по сравнению с рис. 1 из [7], в особенности для спектральных классов более поздних, чем G2. Для интервала спектральных классов F6 — G6 методом наименьших квадратов было получено

$$(6) \quad (U-B)_0 = \frac{0,072 \text{ Sp} - 0,258}{\pm 0,003 \pm 0,030}.$$

Не трудно заметить, что приведенная нами выше зависимость спектр —  $(B-V)_0$  совпадает с полученной Царевским и Якимовой [1] при

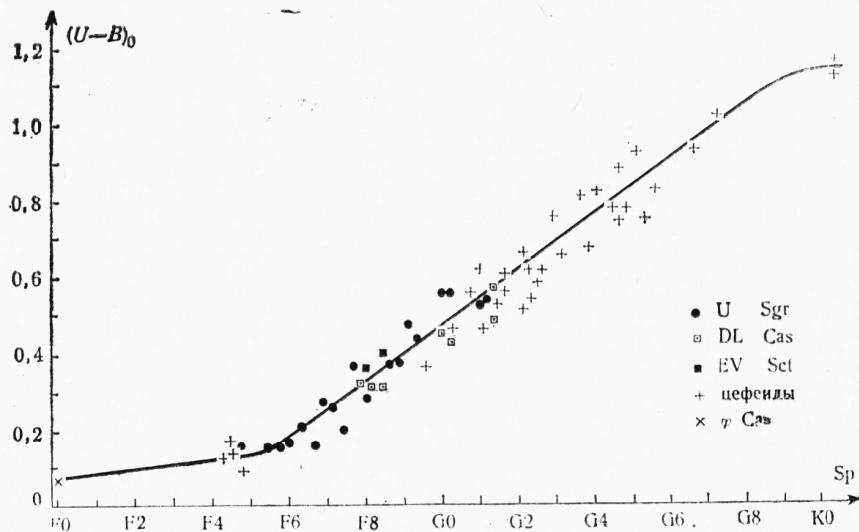


Рис. 1. Калибровка зависимости спектр — нормальный цвет  $U — B$

переходе к системе каталога [9]. Зависимость (6) вместе с зависимостью Царевского и Якимовой для интервала спектра F5 — G5 [2]  $(B-V)_0 = 0,072 \text{ Sp} + 0,032$  дает простую линейную связь между истинными цветами цефеид в интервале F6 — G5 уже в единой  $UBV$  системе каталога [9]:

$$(7) \quad (U-B)_0 = (B-V)_0 - 0,29.$$

Отметим, что если  $(B-V)_0$  из (7) подставим в (3), снова получаются зависимости (4) и (5).

Итак, в результате работы [1] и настоящей работы получено следующее соотношение спектр — нормальный цвет, которое в интервале F6 — G5 линейное (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Sp	$(B-V)_0$	$(U-B)_0$	Sp	$(B-V)_0$	$(U-B)_0$
F 0	0,25 :	0,07 :	G 1	0,825	0,535
F 3	0,30 :	0,11 :	G 2	0,895	0,605
F 6	0,465	0,18	G 3	0,97	0,68
F 7	0,535	0,245	G 4	1,04	0,75
F 8	0,61	0,32	G 5	1,11	0,82
F 9	0,68	0,395	G 6	1,185	0,895
G 0	0,75	0,465	G 8	1,27 :	1,04 :
			K 0	1,29 :	1,15 :

4. Положение цефеид на двухцветной диаграмме. Положение цефеид на диаграмме  $U-B/B-V$ , согласно табл. 4, по сравнению с непокрасневшими звездами главной последовательности показано на рис. 2. На этом рисунке точками отмечена „линия собственных цветов цефеид“

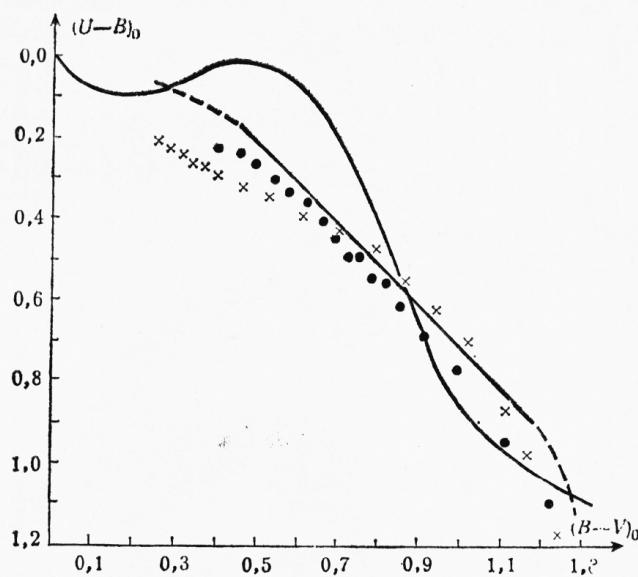


Рис. 2. Положение цефеид на двухцветной диаграмме

Макаренко [8], а крестиками — соотношение между нормальными цветами сверхгигантов, согласно Фернис [5]. Полученные в настоящей работе нормальные  $U-B$  цвета цефеид значительно меньше для спектрального класса F, чем цвета, принятые Ферни. Это объясняется главным образом тем, что Ферни на основании сравнительно небольшого количества данных получает значительно меньшие отношения  $X = \frac{E_{U-B}}{E_{B-V}}$ , чем те, которые получаются в настоящий момент [26, 6]. Для спектральных классов более поздних, чем G5, нормальные цвета  $B-V$  и  $U-B$  краснее цветов, полученных Фернис [5].

„Линия собственных цветов цефеид“ Макаренко [8] систематически сдвинута по отношению к зависимости нормальных цветов цефеид, принятой в настоящей работе. Вероятнее всего это можно объяснить тем, что принятая Макаренко для основания ее калибровки звезда  $\beta$  Dor на самом деле не является непокрасневшей.

Принятые в настоящей работе истинные цвета цефеид существенно не отличаются от истинных цветов, полученных в более ранних работах настоящей серии. По сравнению с работой [14] принятые здесь нормальные показатели цвета  $(B-V)_0$  цефеид краснее в среднем на 0,035 (если учитывать поправки — 0,02 к нормальным показателям ранних звезд [27]). Это объясняется не только переходом к стандартной системе цветов  $B-V$  каталога [9], но главным образом тем, что здесь мы приняли прокалиброванную Царевским и Якимовой зависимость спектр — истинный цвет  $B-V$  цефеид, которую в настоящее время можно

Таблица 5

Звезда	$\varphi$	Sp	$(U-B)^{\varphi}$	$E_{U-B}^{\varphi}$
1	2*	3	4	5
TT Aql	0,27	G 0,7	1,07	0,555
	0,34	G 1,1	1,18	0,635
RW Cam	0,30	F 9,8	0,84	0,39
	0,00	F 6,5	0,79	0,575
R X	0,12	F 5,4	0,87	0,725
	0,13	F 7,8	0,87	0,56
	0,92	F 9,2	0,85	0,44
I** Car	0,60	G 8,0	1,29	0,315
	0,56	K 0,0	1,30	0,235
RS Cas	0,08	F 8,1	0,97	0,64
	0,74	G 2,0	1,29	0,68
RW	0,04	F 6,1	0,71	0,525
	0,10	G 0,1	0,81	0,34
	0,20	F 9,8	0,97	0,52
RY	0,04	F 7,6	0,91	0,615
	0,32	F 9,0	1,24	0,845
SW	0,03	F 6,5	0,67	0,455
	0,14	F 8,7	0,73	0,36
	0,96	F 5,2	0,68	0,54
SY	0,18	F 6,1	0,675	0,49
	0,18	F 5,2	0,67	0,55
	0,11	F 5,5	0,64	0,50
VV	0,125	F 8,0	0,70	0,38
	0,45	G 0,0	0,84	0,375
XY	0,33	G 0,0	0,81	0,845
	0,77	G 2,0	0,87	0,26
AP	0,04	F 6,0	0,84	0,66
	0,18	F 7,5	1,01	0,725
BY	0,25	F 4,3	0,83	0,74
	0,17	F 4,0	0,81	0,73
CD Cas	0,97	F 6,4	0,891	0,68
CF**	0,04	G 0,0	0,68	0,485
	0,06	G 1,0	0,69	0,50
	0,80	F 9,5	0,82	0,52
CG	0,08	F 6,4	0,665	0,455
DD	0,04	F 8,6	0,777	0,405
DW	0,92	F 6,6	0,785	0,565
FM	0,12	F 6,5	0,745	0,53
	0,99	F 6,7	0,73	0,50
	0,02	F 9,5	0,58	0,15
	0,83	F 6,8	0,67	0,43
	0,84	F 8,7	0,66	0,29
	0,95	F 7,5	0,55	0,265
AK Cep	0,94	F 6,0	0,79	0,61
CP	0,12	F 6,7	1,22	0,99
	0,08	F 5,0	1,13	1,02
CR	0,89	F 8,4	0,98	0,63
X Cyg	0,83	G 2,0	0,96	0,35
	0,67	G 5,2	1,39	0,555
VY	0,10	F 5,7	0,81	0,65
V Lac	0,38	F 8,2	0,705	0,37
	0,88	F 5,8	0,615	0,45
	0,98	F 5,4	0,50	0,365
	0,17	F 7,0	0,58	0,33

## Продолжение

1	2	3	4	5
X Lac	0,08	F 5,7	0,56	0,40
	0,64	F 9,5	0,725	0,30
	0,88	F 7,8	0,60	0,29
	0,58	F 8,5	0,73	0,37
Y	0,04	F 7,5	0,37	0,085
	0,80	F 8,7	0,45	0,08
Y Lac	0,92	F 7,9	0,38	0,065
RR	0,26	F 8,2	0,59	0,255
	0,98	F 7,5	0,45	0,165
	0,29	F 8,0	0,61	0,29
BG	0,13	F 4,8	0,57	0,475
	0,24	G 0,3	0,65	0,165
RS Ori	0,99	F 4,7	0,51	0,41
Y Sgr	0,11	F 6,0	0,47	0,29
	0,48	G 2,0	0,715	0,105
	0,90	F 8,6	0,475	0,115
	0,07	F 6,2	0,435	0,24
WZ	0,22	G 2,0	1,28	0,54
	0,08	F 8,0	0,89	0,57
	0,18	G 1,1	1,24	0,56
YZ	0,58	G 3,0	0,90	0,22
	0,66	G 0,7	0,76	0,245
	0,77	F 9,1	0,62	0,22
AP	0,05	F 5,3	0,41	0,28
	0,24	F 7,3	0,57	0,30
BB	0,12	F 8,5	0,60	0,24
	0,28	F 9,7	0,69	0,245
V350	0,58	G 0,0	0,765	0,30
	0,96	F 5,0	0,475	0,365
	0,00	F 4,9	0,45	0,34
	0,20	F 7,4	0,55	0,27
X Sct	0,05	F 8,0	0,69	0,37
SS	0,83	G 0,0	0,61	0,145
RU	0,16	F 8,0	0,57	0,25
U Vul	0,07	F 3,0	1,01	0,93
	0,69	G 2,8	1,13	0,46
U Vul	0,92	F 8,8	0,99	0,61
SU Cas	0,73	F 6,3	0,53	0,33
	0,855	F 5,4	0,47	0,32
	0,18	F 5,0	0,41	0,265
	0,22	F 6,5	0,49	0,276
	0,26	F 5,0	0,50	0,365
	0,43	F 6,0	0,53	0,35
	0,57	F 7,0	0,54	0,29
	0,63	F 7,0	0,54	0,29
	0,66	F 6,0	0,54	0,36
	0,84	F 5,0	0,48	0,335
$\delta$ Cep	0,50	G 0,1	0,58	0,11
Cep	0,58	G 0,6	0,615	0,105
Cep	0,71	G 0,6	0,65	0,14
	0,00	F 5,5	0,30	0,15
	0,07	F 4,5	0,33	0,19
	0,57	F 9,5	0,605	0,17
	0,60	F 1,5	0,62	0,045

Продолжение

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Z Lac	0,73	G 0,0	0,645	0,18		0,41	F 8,0	0,69	0,37
	0,75	G 1,0	0,63	0,09		0,03	F 8,0	0,64	0,32
	0,99	F 5,0	0,30	0,155		0,16	F 7,0	0,76	0,51
	0,02	F 7,8	0,63	0,28		0,43	G 2,0	1,09	0,48
	0,54	G 2,5	1,15	0,505		0,88	F 7,5	0,715	0,43
	1,875	F 9,2	0,72	0,31		0,89	F 7,0	0,71	0,46

\* — фазы соответствуют элементам, приведенным в 2-м издании ОКПЗ и его 1-м дополнении, причем имеется в виду также и [22]; \*\* — приведенные спектральные данные даются по [11].

считать самой лучшей. Что касается соотношения спектр — истинный цвет  $U-B$  цефеид, полученного в настоящей работе, оно должно быть лучше по сравнению с принятым в [6], где оно получено с помощью неуверенных линий покраснения на двухцветной диаграмме. Полученные здесь нормальные цвета  $U-B$  цефеид в среднем на 0,03 краснее тех, полученных в [7]. Это объясняется улучшением цветов  $U-B$  [13] и переходом к стандартной системе цветов  $U-B$  каталога [9]. Кроме того, здесь мы приняли линейную, а не квадратичную зависимость  $(U-B)_0$  — спектр.

5. Нормальные  $U-B$  цвета и избытки цвета  $E_{U-B}$  цефеид. Для нахождения избыток цвета  $E_{U-B}$  мы поступаем следующим образом: по спектральному классу в данной фазе  $\varphi$  некоторой звезды, используя зависимости спектр —  $(U-B)_0$ , находим значение  $(U-B)_0^\varphi$ . Для этой же фазы снимается значение  $(U-B)^\varphi$  со сглаженной кривой  $U-B$  этой звезды [22]. Таким образом получается

$$E_{U-B}^\varphi = (U-B)^\varphi - (U-B)_0^\varphi.$$

Кроме усредненных значений спектров цефеид в максимуме и минимуме  $\bar{S}_{\max}$ ,  $\bar{S}_{\min}$  [4], мы располагаем еще и следующими спектральными данными: наблюдениями Царевского в системе Г-фотометрии [20]; определениями спектральных классов цефеид, опубликованными в [28]; некоторыми другими различными авторами. Полученные описанным образом избытки цвета по данным из [20], [28] и др. приводятся в табл. 5.

В табл. 6 после наименования звезды и логарифма ее периода в третьем издании Общего каталога переменных звезд [21] даются максимальное и среднее значения  $U-B$  и избытки цвета  $E_{U-B}^{\max}$  и  $E_{U-B}^{\min}$ , определенные по  $\bar{S}_{\max}$  и  $\bar{S}_{\min}$  из [4].

В основе получения избыток цвета  $E_{U-B}$  и истинных показателей цвета в настоящей работе лежат значения  $\bar{S}_{\max}$  и  $\bar{S}_{\min}$  из работы [4]. Сопоставление полученных из этих значений  $E_{B-V}^{\max}$  и  $E_{B-V}^{\min}$  в [1] не выявило систематических различий между ними, что говорит о надежности исходного материала. Мы поступили аналогичным образом, нанося на рис. 3  $E_{U-B}^{\max}$  и  $E_{U-B}^{\min}$  относительно друг друга (очень неуверенные данные отмечены квадратиками).

Если отвлечься от точек, выраждающих звезды с очень неуверенными данными, сразу видно, что на рис. 3 выделяются 9 точек (подчеркнутые черточками) с заведомо большими, чем в среднем  $E_{U-B}^{\min}$  для данного  $E_{U-B}^{\max}$ .

Г а б л и ц а 6

	$\lg P$	$(U-B)^{\text{max}}$	$(U-B)^{\text{min}}$	$\langle U-B \rangle$	$E_{U-B}^{\text{max}}$	$E_{U-B}^{\text{min}}$	$E_{U-B}^{\text{fit(max)}}$	$E_{U-B}^{\text{fit(min)}}$	$\bar{E}_{B-V}^{(\text{max})}$	$\bar{E}_{B-V}^{(\text{min})}$	$\sigma$	$\bar{E}_{B-V}^{(\text{max})}$	$\langle U-B \rangle_0$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
J Aql	0,846	0,53	0,94	0,745	0,28	0,40	0,38	0,33	0,05	0,38	0,53	0,405	0,405	(0,84)	
SZ	1,234	0,86)	(0,86)	(1,32)	(0,63)	0,50	0,45	0,56	0,56	0,02	0,53	0,52(:)	0,52(:)	[0,26]	
TT	1,138	0,70:	[1,46]	1,115(:)	0,52:	0,65	0,58	0,56	0,06	0,25	0,25	0,29	0,29	[0,29]	
FF	0,650	[0,46]	[0,57]	[0,52]	0,32	0,20	0,19	0,255	0,04	0,78	0,78	0,435	0,435	[0,435]	
FM	0,786	0,74	1,14	0,95	0,60	0,73	0,68	0,64	0,04	0,52	0,52	0,435	0,435	[0,435]	
FN	0,977	0,79	1,11	0,935	0,47	0,53	0,51	0,49	0,02	0,52	0,52	0,435	0,435	[0,435]	
336	0,864	0,82(:)	1,20(:)	1,02(:)	0,68(:)	0,56(:)	0,56(:)	0,605	0,08	0,715	0,715	0,395	0,395	[0,395]	
J Aur	0,856	0,35	0,77	0,57	0,20	0,15	0,14	0,17	0,03	0,165	0,165	0,395	0,395	[0,395]	
QT	0,586	0,51	0,71	0,62	0,36	0,29	0,28	0,32	0,04	0,36	0,36	0,295	0,295	[0,295]	
2X	0,572	0,27:	0,49	0,39(:)	0,14(:)	-0,02	-0,02	0,06	0,08	0,06	0,06	0,33(:)	0,33(:)	[0,33(:)]	
5Y	1,065	[0,49]	0,90	0,71	0,31	0,32	0,30	0,305	0,00	0,31	0,31	0,395	0,395	[0,395]	
YZ	1,006	0,64	0,86(:)	0,74	0,525	0,54	0,52	0,52	0,00	0,575	0,575	0,21	0,21	[0,21]	
AN	1,260	0,78	(1,29)	(1,06)	0,635	(0,68)	(0,68)	0,635	0,00	0,75	0,75	(0,40)	(0,40)	[0,40]	
RW Cam	1,012	0,69(:)	1,06	0,855	0,53	0,63	0,60	0,565	0,04	0,70	0,70	0,275	0,275	[0,275]	
RX	1,215	0,71	0,88	0,80	0,56	0,34	0,33	0,425	0,07	0,77	0,77	0,37	0,37	[0,37]	
RY C Ma	0,898	0,78(:)	1,13	0,955	0,58	0,59	0,56	0,57	0,01	0,61	0,61	0,355	0,355	[0,355]	
SS	0,670	0,38(:)	0,73	0,595	0,22	0,25	0,235	0,23	0,01	0,245	0,245	0,43	0,43	[0,43]	
FW Car	0,845	0,49(:)	0,86	0,665	0,35	0,54	0,51	0,49	0,02	0,58	0,58	0,225	0,225	[0,225]	
V	1,588	1,29	0,78:	0,78:	0,62(:)	0,235:	0,14:	0,14:	0,04	0,02	0,02	0,18	0,18	[0,18]	
SX	0,826	0,80	0,57	0,405	0,02	0,43:	0,16	0,15	0,18	0,04	0,04	0,24	0,24	[0,24]	
JX	0,687	0,39(:)	0,17	0,405	0,02	0,06	0,06	0,06	0,04	0,03	0,03	0,435	0,435	[0,435]	
WV	1,278	0,63(:)	1,29(:)	1,025:	0,43:	0,565	0,51	0,48	0,255:	0,255:	0,255:	0,365	0,365	[0,365]	
QS Cas	1,551	0,79(:)	1,30	1,10(:)	1,025:	0,43:	0,43:	0,64	0,68	0,04	0,81	0,83(:)	0,83(:)	[0,83(:)]	
RW	1,170	0,65	1,42	1,145	0,47	0,57	0,51	0,48	0,02	0,48	0,48	0,63	0,63	[0,63]	
RY	1,084	0,87	1,40:	1,125:	0,775	0,72:	0,67:	0,67	0,05	0,70	0,70	0,39:	0,39:	[0,39:]	
5U	0,290	0,41(:)	0,54	0,49	0,28	0,28	0,28	0,29	0,01	0,28	0,28	0,20	0,20	[0,20]	
SW	0,736	[0,66]	[0,94]	[0,805]	0,50	0,34	0,325	0,45	0,05	0,465	0,465	[0,37]	[0,37]	[0,37]	
SY	0,610	0,59	0,82(:)	0,725	0,45	0,36	0,35	0,51	0,435	0,05	0,45	0,45	0,28	0,28	[0,28]
UJ	0,629	0,59:	[0,89:]	0,43:	0,28:	0,27:	0,27:	0,35	0,08	0,41	0,41	0,38:	0,38:	[0,38:]	
VV	0,793	[0,65:]	[0,93:]	[0,81:]	0,49	0,28	0,27	0,38	0,06	0,47	0,47	[0,42]	[0,42]	[0,42]	
VW	0,778	[0,69:]	[1,00]	[0,86:]	0,52:	0,35	0,335	0,40	0,12	0,565	0,565	[0,45:]	[0,45:]	[0,45:]	
XY	0,653	0,67	0,94	0,805	0,50	0,42	0,40	0,31	0,05	0,395	0,395	0,47	0,47	[0,47]	

Обозначения столбцов :

1. Название звезды.
2. Логарифм периода.
3. Максимальное значение показателя цвета  $(U-B)_{\text{max}}$  [9].
4. Минимальное значение показателя цвета  $(U-B)_{\text{min}}$  [9].
5. Среднее (по зв. величине) значение показателя цвета  $\langle U-B \rangle$  [9].
6. Избыток цвета  $E_{U-B}^{\text{max}}$ , определенный по значению  $\overline{Sp}$  так из [4].
7. Избыток цвета  $E_{U-B}^{\text{min}}$ , определенный по значению  $\overline{Sp}$  мин из [4].
8. Приведенные при помощи (4) избытки  $E_{U-B}^{\text{min}}$  из столбца 7 в максимальную фазу  $E_{U-B}^{\text{min}}$  (так).
9. Среднее арифметическое из приведенных в максимальную фазу индивидуальных определений избытков цвета из табл. 5 —  $\overline{E}_{U-B}^{\varphi}$  (так).
10. Взвешенное среднее из значений избытков в столбцах 6, 8 и 9  $\overline{E}_{U-B}^{\varphi}$  (так).
11. Средняя квадратичная ошибка значения  $\overline{E}_{U-B}^{\text{max}}$  ст. 10.
12. Взвешенное среднее значение из  $E_{B-V}^{\text{min}}$  (так),  $E_{B-V}^{\varphi}$  (так) и  $E_{B-V}^{\text{max}}$ ;  $E_{B-V}^{\text{min}}$  (так) и  $E_{B-V}^{\varphi}$  (так) представляют приведенные в максимальную фазу избытки  $E_{\text{min}}$  и  $\overline{E}_{\varphi}$  из [1], откуда взято и  $E_{B-V}^{\text{max}}$  (столбы 7, 8 и 6 табл. 2 работы [1] соответственно).
13. Средний истинный показатель цвета  $\langle U-B \rangle_0 = \langle U-B \rangle - \langle U-B \rangle$ , где  $E_{U-B}$ , где  $E_{U-B}$  — приведенный в среднюю фазу при помощи (4) средний избыток из столбца 10  $E_{U-B}$  (так).

## Продолжение

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
AP Cas	0,836	1,81::	1,95(:)	1,19:	1,04::	0,79	0,75:	0,72:	0,685	0,685	0,845	0,92	0,33:
BP	0,797	1,75::	1,10:	[0,90]	[0,83]	0,63	0,64	0,63	0,73	0,66:	0,04	0,03	0,31:
BY	0,508	[0,77]	[0,88:]	1,33:	1,12:	0,97	0,84	(0,89)	(0,54)	(0,51)	0,485	0,02	[0,18]
CD	0,892	0,88:	0,66	0,97	0,84	(0,81)	0,49::	0,675	0,63	0,48	0,535	0,04	0,42
CF	0,688	0,66:	0,97	0,84	0,84	0,50	0,50	0,49::	0,525:	0,525:	0,525:	0,53	0,325
CG	0,640	0,63::	(0,89)	1,20	0,95	0,95	0,49::	0,435	0,415	0,42	0,0	0,74	(0,31)
DD	0,992	0,75:	1,01:	0,86:	1,01:	0,86:	0,49::	0,425	0,415	0,42	0,0	0,56	0,40
DF	0,583	0,69:	0,71	1,01	0,855	0,86	0,49::	0,425	0,415	0,42	0,0	0,51	0,32:
DL	0,903	0,71	0,86	0,72	0,72	0,72	0,49::	0,46	0,48	0,48	0,0	0,595	0,425
FM	0,764	0,55	0,86	0,77	0,59	0,185	0,27	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,45
V Cen	0,740	0,34	0,41	0,94:	0,72	0,25	0,18	0,165	0,21	0,21	0,04	0,275	0,36
XX	1,040	0,41	0,78(:)	1,15(:)	0,965(:)	(1,42)	0,46	0,51	0,48	0,61	0,515	0,05	0,50
AK Cep	0,859	1,252	(1,04)	1,73:	1,20:	1,075	0,185	0,185	0,185	0,185	0,185	0,05	0,655
CP	CR	0,795	0,93	0,30	0,65	0,48	0,16	0,13	0,12	0,63:	0,63:	0,0	1,15
δ	R Cru	0,765	0,32(:)	0,69	0,53	0,15	0,09	0,085	0,135	0,135	0,135	0,0	0,34
S	T	0,671	0,28(:)	0,65	0,50	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,03	0,405
X	X Cyg	0,828	0,49:	0,79	0,655(:)	0,275:	0,25	0,24	0,25	0,25	0,25	0,02	0,375
SU	SZ	0,794	0,53	0,83	0,705	0,33	0,19	0,18	0,255	0,255	0,255	0,02	0,40
BZ	TX	1,214	0,55(:)	1,39	1,035	0,35	0,60	0,53	0,43	0,43	0,05	0,32	0,445
VY	VZ	0,585	0,18::	0,31::	0,25::	0,06::	-0,05:	-0,05:	0,06::	0,06::	0,06::	0,08	0,57
CD	DT	1,179	0,93	1,67	1,38	0,56	0,83	0,75	0,655	0,655	0,655	0,10	0,19:
GH	MW	1,168	1,17	2,01:	1,655:	1,04	1,25:	1,11:	1,06	1,06	1,06	0,04	0,665
386	β Dor	1,304	1,01	1,87:	1,57:	0,87	1,23:	1,09:	0,94	0,94	0,94	0,12	0,515:
W Gem	RZ	0,895	0,76	1,18	0,96	0,605	0,65	0,61	0,645	0,645	0,645	0,01	0,55:
		0,687	0,76	0,64	0,34	0,28	0,27	0,27	0,305	0,305	0,305	0,04	0,32
		1,006	[1,11]	[1,42:]	[1,24]	0,80	0,76:	0,73:	0,78	0,78	0,78	0,02	0,33
		1,006	1,232	0,69	1,61:	1,23:	0,39	0,76:	0,665:	0,665:	0,665:	0,15	0,33
		0,398	0,24(:)	0,295(:)	[0,91]	0,11	0,06	0,06	0,085	0,085	0,085	0,02	0,21(:)
		0,893	[0,77]	[1,06]	0,63	0,52	0,50	0,50	0,565	0,565	0,565	0,06	[0,335]
		0,775	0,81	1,22	1,06	0,475	0,68	0,64	0,56	0,56	0,56	0,08	0,48
		0,721	0,98	[1,37]	1,18	0,85	0,86	0,815	0,83	0,83	0,02	1,01	0,325
		0,993	0,30	0,71	0,555	0,14	0,21	0,20	0,17	0,17	0,17	0,03	0,38
		0,898	0,49:	0,90:	0,67(:)	0,34:	0,39	0,37	0,36	0,36	0,36	0,02	0,335
		0,743	0,55:	[0,79]	0,40:	0,70:	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,02	0,31:

**Продолжение**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
AA Gem	1,053	0,51:	0,99	0,78	0,35:	0,32	0,30	0,32	0,02	0,45	0,45	0,45
1,006	0,45	0,80	0,615	0,18	0,21	0,20	0,19	0,02	0,12	0,42	0,42	0,42
$\zeta$ Lac	0,698	0,50	0,77	0,66	0,35	0,325	0,31	0,345	0,02	0,35	0,305	0,305
X	0,736	0,55	0,73	0,635	0,35	0,29	0,28	0,335	0,02	0,34	0,31	0,31
Y	0,636	0,36	0,54	0,46	0,22	0,08	0,08	0,085	0,05	0,14	0,335	0,335
Z	1,037	0,61:	1,15	0,88(:)	0,44:	0,45	0,415	0,39	0,41	0,02	0,40	0,45(:)
RR	0,807	0,44	0,81	0,63	0,28	0,17	0,16	0,23	0,22	0,04	0,25	0,40
BG	0,727	0,50	0,80	0,675	0,435:	0,40	0,365	0,39	0,04	0,36	0,30	0,405
T Mon	1,432	0,65:	1,28(:)	1,02:	0,32:	0,58	0,51	0,45	0,10	0,345	0,61:	0,61:
SV Mon	1,183	0,50:	1,30:	0,925(:)	0,42:	-0,18:	0,01	0,01	0,01	0,015	0,41:	0,445
SZ	1,213	0,21:	0,63	0,92	0,57	0,575	0,545	0,56	0,01	0,535	0,34	0,34
TZ	0,871	0,73	1,12	0,815	0,46	0,60	0,57	0,515	0,06	0,565	0,285	0,285
WW	0,669	0,62	0,97(:)	(1,21)	(0,905)	0,52::	(0,765)	0,705	0,58	0,09	0,62	(0,305)
XX	0,737	0,68::	0,25:	0,73	0,52	0,05	0,14	0,13	0,04	0,09	0,425	0,425
R Mus	0,875	0,40	0,65	0,525	0,22	0,19	0,18	0,205	0,02	0,265	0,315	0,315
S	0,965	0,88	1,48	1,235	0,645	0,675	0,62	0,63	0,01	0,80	0,57	0,57
U Nor	1,102	0,88	1,23	1,085	0,74	0,74	0,71	0,725	0,01	0,745	0,345	0,345
Y Oph	1,234	0,94	0,37(:)	0,715	0,565	0,19	0,05	0,095	0,14	0,05	0,235	0,42
BF	0,609	0,50	0,89	0,695	0,35	0,35	0,33	0,36	0,02	0,385	0,325	0,325
RS Ori	0,879	0,61:	[0,93:]	0,79:	0,36:	0,61:	0,58:	0,47	0,11	0,535	0,305	0,305
CR	0,691	0,57::	0,78::	0,65::	0,43::	0,32::	0,31::	0,37	0,06	0,345	0,28::	0,28::
CS	0,590	0,42)	0,69	0,575	(0,24)	0,14	0,13	0,13	0,325	0,44::	0,44::	0,44::
SV Per	1,046	0,73	1,12	0,905	0,57	0,58	0,545	0,56	0,01	0,615	0,33	0,33
VX	1,037	1,21:	1,065	0,585	0,67	0,64	0,61	0,03	0,68	0,44	0,44	0,44
AS	0,697	0,905	0,75	0,68	0,43	0,28	0,275	0,35	0,08	0,495	0,325	0,325
AW	0,810	0,59	0,61	1,44	1,11	0,45	0,86	0,76	0,15	0,555	0,515:	[0,295]
X Pup	1,414	1,617	0,81(:)	1,65	1,28	0,41	0,68	0,60	0,05	0,10	0,475	0,74
RS	0,632	0,62:	0,92:	0,82:	0,48:	0,455:	0,435:	0,46:	0,02	0,55	0,345:	0,345:
VW	1,365	0,50	1,23:	0,965:	0,36:	0,62:	0,55:	0,42	0,10	0,525	0,515:	0,515:
WW	0,742	[0,40]	[0,81]	[0,635]	0,26:	0,41	0,39	0,325	0,06	0,37	0,295	0,295
WX	0,951	0,51:	0,93	0,73	0,35:	0,41	0,39	0,38	0,02	0,405	0,335	0,335
WY	0,720	0,29:	0,93::	0,62::	0,15:	0,56::	0,51::	0,27	0,19	0,33	0,335::	0,335::
WZ	0,701	0,28:	0,80::	0,55::	0,14:	0,17::	0,155::	0,145	0,00	0,155	0,40::	0,40::
AD	1,133	0,37:	1,15:	0,85:	0,23:	0,54:	0,48:	0,355	0,12	0,41	0,47:	0,47:
AP	0,706	0,36	0,725	0,575	0,22	0,48	0,45	0,335	0,12	0,39:	0,23	0,23

## Продолжение

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
AQ Pup	1,475	1,01::	1,23:	1,12::	0,56	0,68::	0,50:	0,485:	0,55	0,10	0,15	0,56::	0,43	
AT	0,824	0,30	0,75	0,78	0,585	-0,01	0,27	0,25	0,125	0,12	0,02	0,163	0,38	
S Sge	0,923	0,39:	1,01	0,81	0,42	0,22::	0,20	0,19	0,435	0,02	0,485	0,36	0,36	
U Sgr	0,829	0,585	0,83:	0,52	0,20	1,30::	0,48	0,45	0,195	0,00	0,19	0,32	0,32	
W	0,880	0,275	0,63	0,465	0,14	1,01	0,12	0,11	0,125	0,02	0,15	0,335	0,335	
X	0,846	0,40	0,76	0,605	0,24	0,30	0,28	0,24	0,03	0,25	0,25	0,335	0,335	
Y	0,761	0,339	0,77	1,64::	0,44	(0,69)	0,50::	0,44::	0,47	0,02	0,485	0,79::	0,79::	
WZ	0,808	0,808	1,03(:)	(0,85)	(0,51)	0,42	0,40	0,40	0,40	0,04	0,485	(0,44)	(0,44)	
XX	0,980	0,57:	1,01	0,77:	0,335:	0,37	0,345	0,22	0,295	0,04	0,33	0,465:	0,465:	
YZ	0,780	0,704	0,34(:)	0,72	0,565	0,17	0,20	0,19	0,285	0,04	0,21	0,345	0,345	
AP	0,818	0,89(:)	1,29	1,145(:)	0,73	0,34	0,375	0,36	0,24	0,01	0,905	0,39	0,39	
AY	0,822	0,54	0,90	0,73	0,635	0,31	0,20	0,19	0,31	0,04	0,34	0,41	0,41	
BB	0,712	[0,45]	0,79	0,69	0,29	0,36	0,335	0,31	0,27	0,04	0,32	0,355	0,355	
350	RV Sco	0,783	0,42	0,88	0,98	0,93:	0,98	0,51	0,40	0,38	0,31	0,02	0,395	0,37
RY	1,308	[0,90]	1,34	1,12	0,68	0,70	0,65	0,665	0,665	0,02	0,76	0,43	0,43	
X Sct	0,623	0,67(:)	0,98	0,83	1,47:	1,23:	0,63:	0,40	0,38	0,42	0,04	0,52	0,40	
Y	1,015	1,015	0,93:	1,51(:)	1,16:	1,23:	0,63:	0,79	0,73	0,70	0,05	0,85	0,50:	
Z	1,111	1,111	0,74:	1,435:	0,85:	0,85:	0,42:	0,75	0,67	0,585	0,13	0,55	0,54:	
RU	1,294	0,98::	1,72:	1,435:	0,85:	0,87:	0,85:	0,78:	0,93:	0,86	0,04	1,03	0,515:	
SS	0,565	0,48	0,78	0,635	0,75:	0,75:	0,75:	0,825	0,755	0,755	0,07	0,945	0,56:	
TY	1,043	1,00:	1,61(:)	1,355	1,67:	0,92:	1,14	1,06	1,01	0,07	1,06	0,615:	0,615:	
UZ	1,169	1,36:	[1,915]	0,555	0,61	0,61	0,61	0,66	0,27	0,27	0,27	0,285	0,285	
SZ Tau	0,498	0,51	0,51	0,55	0,425	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,00	0,125	0,335	
R TrA	0,530	0,25	0,55	0,495	0,08	0,05	0,05	0,05	0,065	0,02	0,08	0,43	0,43	
S	0,801	0,25	0,69	0,46(:)	0,325(:)	0,015	0,23	0,22	0,12	0,10	0,10	0,20	0,20	
U	0,410	0,16(:)	0,80	0,66	0,63	0,23	0,38	0,36	0,295	0,06	0,33	0,335	0,335	
T Vel	0,666	0,43	0,80	0,66	0,505	0,105	0,22	0,21	0,16	0,05	0,205	0,34	0,34	
V	0,641	0,29	0,63	1,32(:)	1,08	0,505	0,615	0,56	0,53	0,03	0,62	0,52	0,52	
RY	1,449	0,72	1,10	0,83	0,30	0,30	0,27	0,27	0,285	0,02	0,325	0,53	0,53	
SV	1,149	0,48(:)	0,475	0,38	0,145	0,035	0,035	0,035	0,09	0,06	0,10	0,29	0,29	
T Vul	0,647	0,28(:)	1,17	0,975	0,59	0,545	0,51	0,53	0,03	0,62	0,43	0,305	0,305	
U	0,903	0,77(:)	1,13	0,89	1,35	0,69	0,95	0,90	0,795	0,20	0,89	0,725	0,725	
X	0,801	0,84	1,67	1,375	0,60	0,67	0,60	0,60	0,60	0,00	0,58	0,58	0,58	
SV	1,654													

Эти точки выражают данные для X, SZ, VX и CD Cyg, SV Mon, X и RS Pup и Z и UZ Sct. Периоды всех этих звезд больше 12 суток. Все они имеют  $\bar{Sp}_{\min}$ , равный или более поздний, чем G1,5, т. е. их  $E_{U-B}^{\min}$  определены по „продолжению“ зависимости спектр —  $(U-B)_0$ . Однако прибли-

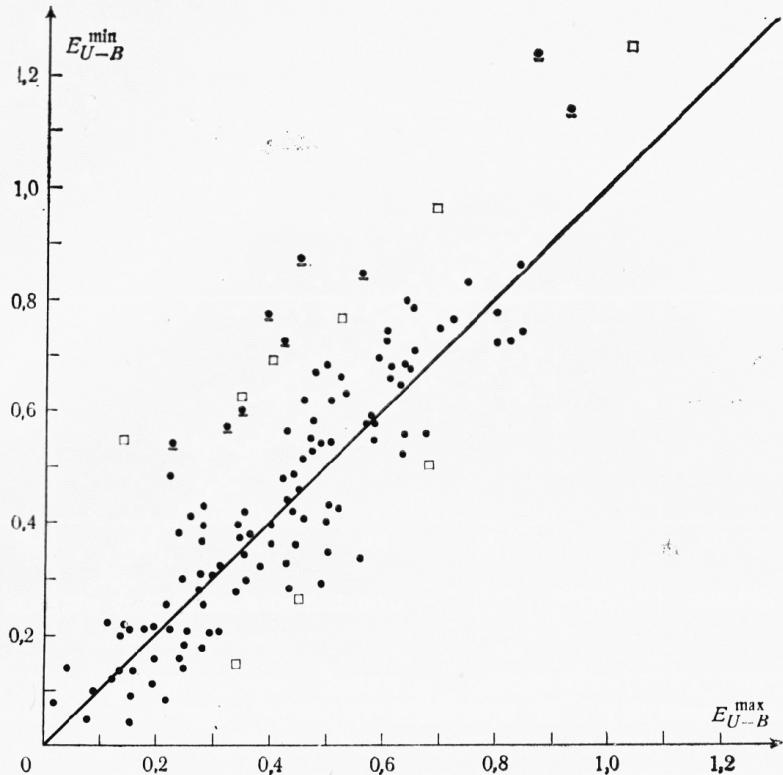


Рис. 3. Сравнение избытков цвета  $E_{U-B}^{\max}$  и  $E_{U-B}^{\min}$ , полученные по  $\bar{Sp}_{\max}$  и  $\bar{Sp}_{\min}$  соответственно. Точки для девяти звезд с заранее большими, чем в среднем  $E_{U-B}^{\min}$  для данного  $E_{U-B}^{\max}$ , подчеркнуты

зительно 50% цефеид имеют  $Sp_{\min}$ , равный или более поздний, чем G1,5, но только 9 из них (около 1%) показывают отмеченные особенности на рис. 3. Это дает нам основание считать, что причина отклонений у этих звезд не кроется в калибровке зависимости спектр —  $(U-B)_0$ . Может быть, усредненные спектры этих звезд заметно испытывали влияния спектральных определений Раупе [29], которые показывают большой разброс [4]. Однако, если это является причиной наблюдаемых отклонений, то аналогичные отклонения должны наблюдаваться и у их избытков цвета  $B-V$ , что не имеет места, как можно увидеть, например, из рис. 2 работы [1]. Таким образом, быть может, уклоняющиеся на рис. 3 цефеиды на самом деле имеют значительно большие, чем в среднем для данного  $E_{U-B}^{\max}$  избытки цвета в минимуме. Вероятнее всего это говорит о пониженном излучении в минимуме блеска, что может быть вызвано усиленiem линий металлов [30].

Об отсутствии систематических различий между  $E_{U-B}^{\max}$  и  $E_{U-B}^{\min}$  с периодом (и тем самым о возможном влиянии верхней части калибровки спектр  $-(U-B)_0$ ) говорит и рис. 4, где разница  $\Delta E = E_{U-B}^{\max} - E_{U-B}^{\min}$  нанесена по отношению к логарифму периода.

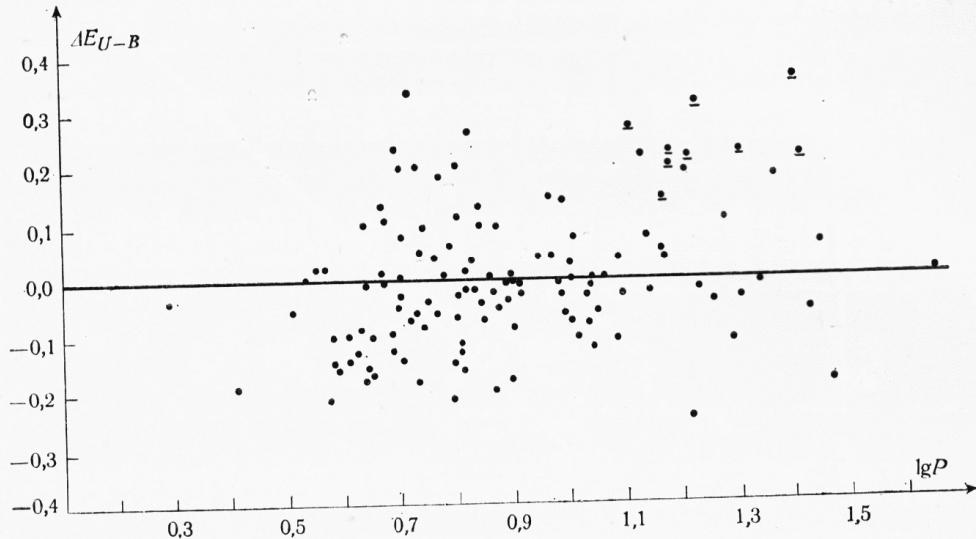


Рис. 4. Разница  $\Delta E = E_{U-B}^{\max} - E_{U-B}^{\min}$  по отношению к логарифму периода

Отсутствие систематических различий между избытками  $E_{U-B}$  для максимума и минимума с логарифмом периода, однако, не означает, что такие различия не могут выявиться по отношению к некоторой величине, относительно независимой по отношению к периоду. Более того, существуют веские основания считать, что избытки цвета  $E_{B-V}$  и  $E_{U-B}$  цефеид не являются независимыми от амплитуды [31].

6. Сравнение избытков цвета  $E_{B-V}$  и  $E_{U-B}$  цефеид. Сравнение избытков цвета  $B-V$  и  $U-B$  имеет основное значение как для установления надежности полученных избытков, так и для проверки правильности методов их получения, а также надежности исходного наблюдательного материала. С учетом факта, что избытки цвета звезд зависят от спектрального класса, а спектральный класс цефеид меняется с изменением блеска, при этом сравнении необходимо, чтобы все полученные избытки цвета были в некоторой определенной фазе. Только тогда выявленные различия между сравниваемыми избытками будут неподверженными влиянию их зависимости от спектров и тем самым от фазы изменения блеска.

С помощью [4] мы привели эксцессы  $E_{U-B}^{\min}$  столбца 7 табл. 6 в максимальную фазу и полученные результаты  $E_{U-B}^{\min}$  (max) даем в столбце 8. Аналогичным образом в максимальную фазу привели все индивидуальные определения избытков из табл. 2. В столбце 9 табл. 6 даем среднее эксцифметическое из полученных  $E_{U-B}^{\varphi}$  (max). Аналогичным образом эксцессы  $E_{B-V}$  Царевского и Якимовой [1] были приведены в максимальную фазу с помощью формулы [14]:

$$(8) \quad E_{B-V} = E_{B-V}^{\varphi} \frac{1 - 0,092(B-V)}{1 - 0,092(B-V)^{\varphi}}.$$

Далее в столбце 10 табл. 6 дается взвешенное среднее из данных столбцов 6, 8 и 9, а в столбце 11 — средняя квадратическая ошибка приведен-

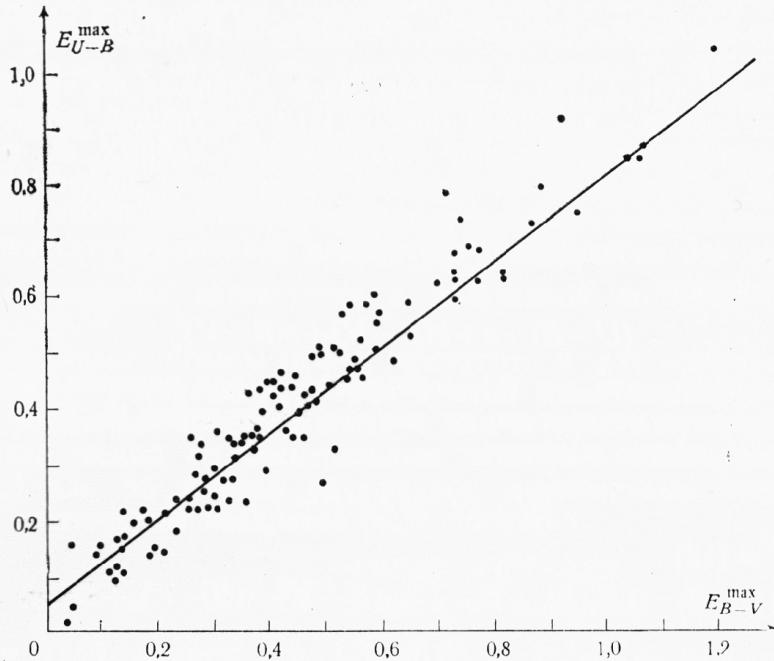


Рис. 5. Зависимость между максимальными избытками  $E_{U-B}^{\max}$  и  $E_{B-V}^{\max}$ .  
Прямая линия — уравнение (9)

ного в 10 столбце среднего избытка для максимальной фазы. Аналогичным образом с помощью (8) мы привели к максимальной фазе избытка цвета  $E_{B-V}$  из работы [1]. В столбце 12 даем соответствующее  $\overline{E_{U-B}}$  (max) значение среднего избытка  $\overline{E_{U-V}}$  (max).

На рис. 5 нанесены относительно друг друга избытки цвета для максимальной фазы  $E_{U-B}^{\max}$  из настоящей работы (ст. 6 табл. 3) и  $E_{B-V}^{\max}$  из [1]. Методом наименьших квадратов между ними была получена зависимость

$$(9) \quad \begin{aligned} E_{U-B}^{\max} &= 0,046 + 0,810 E_{B-V}^{\max}, \\ &\pm 0,010 \pm 0,021, \end{aligned}$$

которая нанесена на рис. 5.

Имея в виду различие спектров цефеид в минимальной фазе и зависимость избытков цвета от спектрального класса, сравнить непосредственно избытки цвета в этой фазе гораздо труднее. Мы сравнили избытки цвета только для тех цефеид, которые имеют в минимуме спектральные классы в интервале F9 — G2,3. Хотя этот интервал небольшой, в него попадают примерно 75% всех цефеид, так что сравнение их избытков достаточно представительно. Связь между избытками цефеид в указанном интервале спектров получилась

$$(10) \quad E_{U-B}^{\min} = 0,001 + 0,91 E_{B-V}^{\min} \\ \pm 0,010 \pm 0,01$$

Как видно, коэффициент перед  $E_{B-V}^{\min}$  в уравнении (10) больше, чем коэффициент перед  $E_{B-V}^{\max}$  в уравнении (9), как и должно быть, имея в виду (4) и (8). Это является следствием зависимости избытков цвета от спектрального класса.

Зависимости (9) и (10) выведены из полученных по калиброванным зависимостям спектр — истинный цвет (в [1] и настоящей работе) избытков цвета цефеид на основании спектральных данных из работы [4]. Однако такие зависимости между избытками цвета цефеид можно получить и независимым способом непосредственно из данных наблюдения.

Известно, что наблюдаемые цвета звезд данного спектрального класса связаны уравнением

$$(11) \quad (U-B) = a + b(B-V) + s(B-V)^2.$$

Значение коэффициента  $s$  в (11) небольшое и для поздних спектральных классов получается неуверенно из данных наблюдения [6, 26]. С достаточной точностью можно написать

$$(12) \quad (U-B) = a + b(B-V).$$

Подставляя в (12)

$$(U-B) = (U-B)_0 + E_{U-B} \text{ и } (B-V) = (B-V)_0 + E_{B-V},$$

получаем

$$(13) \quad E_{U-B} = a' + bE_{B-V},$$

где  $a' = a + b(B-V)_0 - (U-B)_0$ .

Цефеиды в максимуме имеют примерно одинаковый спектр — в среднем F6. Наблюдавшиеся максимальные цвета  $B-V$  цефеид из [11], приведенные в системе каталога [9] с помощью зависимости

$$(B-V) = (B-V)_H + 0,044(B-V)_H - 0,031,$$

и максимальные  $U-B$  из [13] для 215 звезд методом наименьших квадратов дали

$$(14) \quad (U-B)^{\max} = \frac{0,815(B-V)^{\max} - 0,14}{\pm 0,014 \pm 0,01}.$$

Для получения коэффициента  $a'$  в (13) поступили следующим образом. Во-первых, для среднего спектрального класса F6 цефеид в максимуме имеем истинные цвета  $(B-V)_0$  и  $(U-B)_0$  соответственно 0,465 и 0,18 (см. табл. 4). С другой стороны, используя средние избытки, приведенные для максимальной фазы  $\bar{E}_{U-B}(\max)$  столбца 10 табл. 6 настоящей работы и соответственным способом полученные средние  $\bar{E}_{B-V}(\max)$  для цефеид с уверенными спектрами и цветами в максимуме, мы получили средние истинные цвета  $(B-V) = 0,44$  (158 звезд по данным из [32]) и  $(U-B) = 0,18$  (134 звезд), откуда  $a'$  получается 0,04. Наконец, в столбце 8 табл. 6 имеем приведенные для максимальной фазы мини-

мальные избытки цвета  $E_{U-B}^{\min}(\max)$ . Эти избытки и соответствующие  $E_{B-V}^{\min}(\max)$  дали для цефеид с уверенными спектрами и цветами в максимуме средние значения  $(U-B)_0=0,17$  и  $(B-V)_0=0,40$ , откуда  $a'=0,014$ .

Как видно, с помощью всех трех способов получаем  $(U-B_0)$  для максимума цефеид, равное 0,17—0,18. Однако  $(B-V)_0$  для этой фазы получается различными способами несколько различно. По всей вероятности это указывает на то, что для ранних спектров F, какие бывают спектры цефеид в максимуме, калибровка зависимости спектр — истинный цвет  $(B-V)$  нуждается в некоторых уточнениях.

Беря в среднем  $(B-V)_0=0,435$  и  $(U-B)_0=0,175$ , для  $a'$  получаем 0,04. Таким образом, имеем

$$(15) \quad E_{U-B}^{\max} = 0,04 + 0,815 E_{B-V}^{\max},$$

что очень хорошо согласуется с полученной по избыткам зависимостью (9).

Аналогичным образом можем поступить и для минимума, опять выбирая только те цефеиды, которые в этой фазе показывают приблизительно одинаковый класс. Используя, как и при получении зависимости (10), только звезды со спектральным классом в минимуме в интервале F6—G2,3, для 86 цефеид со средним минимальным спектром G1,07, методом наименьших квадратов было получено

$$(16) \quad (U-B)_0^{\min} = 0,92(B-V)_0^{\min} - 0,227 \pm 0,01 \quad \pm 0,011.$$

Если для G1,07 примем  $(B-V)_0=0,83$  и  $(U-B)_0=0,54$ , согласно [1] и настоящей работе получаем

$$(17) \quad E_{U-B}^{\min} = -0,003 + 0,92 E_{B-V}^{\min}.$$

Как видно, согласие между этой зависимостью и зависимостью (10) очень хорошее.

7. Зависимость нормального цвета  $(U-B)_0$  от логарифма периода. Имея в распоряжении избытки цвета  $E_{U-B}$  в максимуме и минимуме, а также максимальные и минимальные показатели цвета цефеид из [13], легко можно построить зависимости  $(U-B)_0^{\max} - \lg P$  и  $(U-B)_0^{\min} - \lg P$ . Для нормальных цветов  $(B-V)_0$ , однако, чаще всего приводится зависимость среднего истинного цвета  $\langle B-V \rangle_0$  от логарифма периода [1, 32]. Такую зависимость можно построить и для нормальных цветов  $U-B$ . Для этого с помощью формулы (4) мы привели средние избытки для максимальной фазы  $E_{U-B}(\max)$  столбца 10 табл. 6 в среднюю фазу и, пользуясь показателями цвета для средней фазы из [13], получили средние истинные  $U-B$

$$\langle U-B \rangle_0 = \langle U-B \rangle - E_{U-B}.$$

Полученные результаты даются в столбце 13 табл. 6. На рис. 6 эти результаты нанесены относительно логарифма периода. Полученная картина мало отличается от того, что получено для среднего истинного цвета  $\langle B-V \rangle_0$  [1, 32].

8. Заключение. Итак, зависимости между  $E_{U-B}$  и  $E_{B-V}$  как для максимума, так и для минимума, полученные, с одной стороны, прямо из

калиброванных зависимостей спектр — истинный цвет и, с другой — из наблюдавшихся цветов цефеид, оказались почти идентичными. Это означает прежде всего, что калиброванная Царевским и Якимовой [1] зависимость спектр — нормальный цвет ( $B-V$ ) и калиброванная в на-

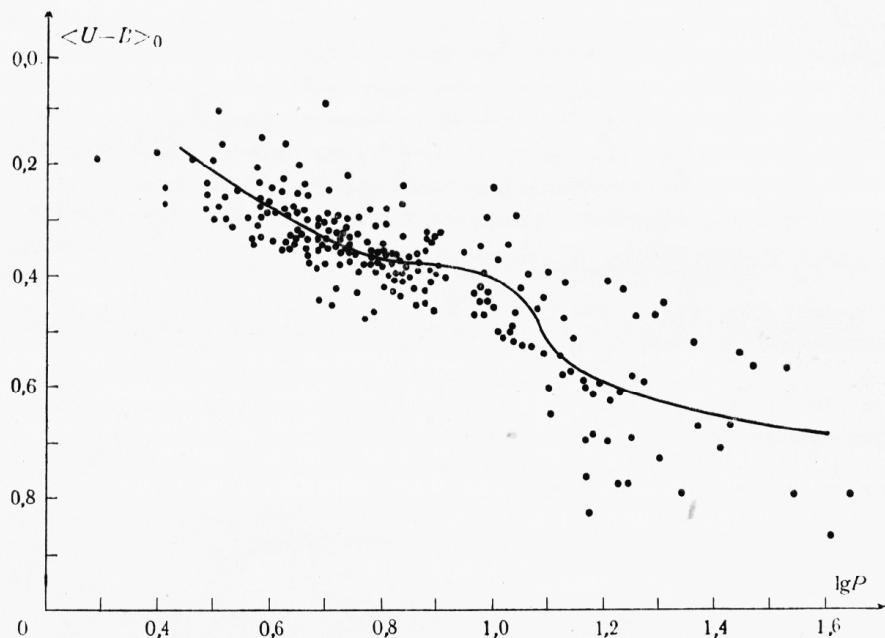


Рис. 6. Зависимость нормального цвета в средней фазе  $\langle U-B \rangle_0$  от логарифма периода

стоящей работе зависимость спектр — нормальный цвет ( $U-B$ ) очень надежные и могут служить для получения истинных цветов цефеид. В некоторых небольших уточнениях, возможно, нуждается калибровка спектр —  $(B-V)_0$  для равных спектров F. Это показывает также, что между истинными цветами ( $B-V$ ) и ( $U-B$ ) цефеид, получаемыми из этих калиброванных зависимостей, не существует никаких несоответствий. Наконец, это означает, что исходный материал для спектральных классов цефеид в максимуме и минимуме  $S_{\text{pmax}}$  и  $S_{\text{pmin}}$  Гусевой и Царевского [4], использованный для получения нормальных показателей цвета этих звезд, также вполне надежный. Об этом говорит и сопоставление максимальных и минимальных избытков цвета (см. рис. 3 и 4 настоящей работы и 2 и 4а работы Царевского и Якимовой [1]).

Таким образом можно считать, что в настоящее время нормальные цвета для большого количества цефеид, полученные в однородной фотометрической системе Царевским и Якимовой в [1] для  $B-V$  и в настоящей работе для  $U-B$  установлены вполне надежно и вряд ли могут потерпеть существенные изменения в дальнейшем с прогрессом накопления и усовершенствования данных наблюдения.

## Литература

1. Царевский, Г. С., Н. Н. Якимова (Гусева) — Переменные звезды, **17**, 1970, 120.
2. Kraft, R. P. — *Astrophys. J.*, **133**, 1960, 330.
3. Kraft, R. P. — *Astrophys. J.*, **134**, 1961, 616.
4. Гусева, Н. Н., Г. С. Царевский. — Переменные звезды, **16**, 1968, 292.
5. Fernie, J. — *Astron. J.*, **68**, 1963, 780.
6. Николов, Н. С. — Астрон. ж., **44**, 1967, 120.
7. Николов, Н. С., Г. Р. Иванов. — Астрон. ж., **47**, 1970, 1004.
8. Макаренко, Е. Н. — Астрон. ж., **47**, 1970, 1215.
9. Mitchel, R. I., B. Iriarte, D. Steinmetz, H. L. Johnson. — *Bull. observ. Tonan* у Takubaya, **3**, 1964, 24, 153.
10. Николов, Н. С. Диссертация. М., ГАИШ, 1965.
11. Николов, Н. С. — Переменные звезды, **16**, 1968, 312.
12. Irwin, I. B. — *Astrophys. J. Suppl.*, **6**, 1961, 58, 253.
13. Николов, Н. С., П. З. Кънчев, Г. Р. Иванов. — Изв. на Секц. астрон. БАН, **6**, 1973, 61.
14. Николов, Н. С. — Астрон. ж., **43**, 1966, 783.
15. Митропольский, А. К. Техника статистических вычислений, М., 1971.
16. Fernie, J. D., J. Matibogough. — *Publ. Astron. Soc. Pacific*, **77**, 1965, 218.
17. Страйжис, В. — Астрон. ж., **40**, 1963, 912.
18. Ажусенис, А. В. Страйжис. — Бюл. Вильнюс. обсерв., **18**, 1966, 3.
19. Wamptez, J., P. Pesch, W. A. Hiltner, R. P. Kraft. — *Astrophys. J.*, **133**, 1961, 895.
20. Царевский, Г. С. — Астрон. циркуляр, 392, 1966.
21. Кукарин, Б. В., П. Н. Холопов, Ю. Н. Ефремов, Н. П. Кукаркина, Н. Е. Курочкин, Г. И. Медведева, Н. Б. Перова, В. П. Федорович, М. С. Фролов. Общий каталог перемен. звезд. изд. 3-е, М., 1969.
22. Николов, Н. С., П. З. Кънчев, Г. Р. Иванов, неопубликовано (1972).
23. Weaver, H., D. Steinmetz, R. I. Mitchel. — *Lowell Bull.*, № 110, 1960.
24. Oosterhoff, P. T. — *Bull. Astron. Inst. Netherl.*, **15**, 1960, 199.
25. Kraft, R. P., W. A. Hiltner. — *Astrophys. J.*, **134**, 1961, 850.
26. Ажусенис, А. В. Страйжис, Н. Суджюс. — Бюлл. Вильнюс. обсерв., **18**, 1966, 34.
27. Serkovskiy, K. — *Astrophys. J.*, **138**, 1963, 1035.
28. Ванег, K., W. A. Hiltner, R. P. Kraft. — *Astrophys. J. Suppl.*, **6**, 1962, 319.
29. Raupé, C. — *Harv. A.*, **113**, 1954, 3.
30. Иванов, Г. Р., Н. С. Николов. Национальное совещание по астрономии, 1971 (в печати); Ст. Загора.
31. Иванов, Г. Р. Частное сообщение. 1972.
32. Якимова, Н. Н. — Переменные звезды, **17**, 1970, 253.

## Intrinsic $U-B$ Colours of Cepheid Variables

N. S. Nikolov, G. R. Ivanov

(Summary)

The spectrum —  $(U-B)_0$  relation (Fig. 1) for cepheid variables, analogous to Kraft's relation [3] spectrum —  $(B-V)_0$  is revised using abundant data about their spectral classes in the  $\Gamma$ -photometry system [4]. The revised relation is obtained in the photometry system of the catalogue [9]. A new formula (4) for taking into account the dependence of the colour excess  $E_{U-B}$  on light variation is proposed.

The "spectrum— $(U-B)_0$ " relation from this paper together with the "spectrum— $(B-V)$ " relation from [1] define the position of the cepheids on the colour-colour diagram (Fig. 2). This position is compared with those obtained by Makarenko [8] and Fernie [5] as well as with the previous authors' results [6, 7, 14].

The intrinsic  $U-B$  colours were derived using ameliorated  $U-B$  curves [13, 22]. Fig. 6 shows the relation of intrinsic colours in mean phase  $\langle U-B \rangle_0$  from  $\log P$ .

The relationship between the excesses  $E_{U-B}$  and  $E_{B-V}$ , derived from the calibrated "spectrum—intrinsic colour" relations on the one hand and obtained on the basis of observational data on the other are in an excellent agreement. This means that the calibrated relations and the intrinsic colours and the excesses derived from them as well as the basic spectral and photometric data are sufficiently precise and will probably change very little with the progress of the observational data.

Сектор астрономии и Българской академии наук  
Народная астрономическая обсерватория, Варна

Поступила 10. XII. 1972 г.