

О РАЗЛИЧИЯХ МЕЖДУ ПЕРЕМЕННЫМИ ТИПА
Т ТЕЛЬЦА И БЫСТРЫМИ НЕПРАВИЛЬНЫМИ

Г. В. Зайцева

Рассмотрено положение переменных типов I_s (быстрых неправильных) и Т Тау на двухцветной диаграмме $(B-V) - (U-B)$ и диаграмме Герцшпрунга-Рессела. Используются наблюдения, приведенные в [1], и наблюдения еще пяти переменных (таблица 1 настоящей работы). Наблюдаемые цвета исправлены за межзвездное поглощение. Найдено, что I_s - переменные BN Ori и UX Ori имеют аномально красные цвета. Цвета I_s - переменных AB Aur, SU Aur, VX Cas и WW Vul соответствуют их спектральному классу. Светимости переменных типа I_s выше, чем переменных типа Т Тау. У некоторых из изученных переменных (AB Aur, UX Ori и RY Tau) увеличивается показатель цвета при увеличении блеска, у других - уменьшается (SU Aur, VX Cas, DF и DG Tau и WW Vul).

On the Differences Between I_s and T Tauri-Type Variables

G. V. Zaitseva

The position of the I_s and T Tau-type variables on the two-colour diagram $(U-B)$, $(B-V)$ and the H-R diagram is discussed. The observations given in [1] and the new observations of 5 variables (Table 1 of the present paper) are used. The observed colours are corrected for the interstellar absorption. It was found that the I_s - variables BN Ori and UX Ori are of abnormally red colours. The colours of the I_s - variables AB Aur, SU Aur, VX Cas and WW Vul correspond to their spectral class. The luminosities of the I_s - variables are larger, than those of the T Tau - variables. The colour indices of some of the studied variables (AB Aur, UX Ori, RY Tau) grow at increasing brightness; the others (SU Aur, VX Cas, DF and DG Tau, WW Vul), on the contrary, decrease their colour indices.

Настоящая работа является продолжением работы [1]. Первоначальной задачей было сравнение неправильных переменных звезд типа I_s и I_{ns} с типичными звездами типа Т Тау (классификация согласно Холопову [2]). Спектры переменных типа I_s не обнаруживают почти никаких особенностей, лишь в некоторых случаях H_α находится в эмиссии. Этим они существенно отличаются от типичных звезд типа Т Тау, имеющих богатый эмиссионный спектр и более позд-

ние спектральные классы. Для наблюдений были выбраны следующие переменные типа I_s и I_{ns} : $AB\ Aur$, $SU\ Aur$, $VX\ Cas$, $UX\ Ori$, $BN\ Ori$ и $WW\ Vul$ -и типа $T\ Tau$: $T\ Tau$, $R\ U\ Tau$, DF и $DG\ Tau$.

Наблюдения проводились в течение 1965-67 гг. на 48-см рефлекторе Южной станции ГАИШ и на таком же инструменте высокогорной экспедиции ГАИШ близ Алма-Аты с автоматическим электрофотометром [3] в системе, близкой к системе UBV Джонсона.

Методика наблюдений и редуционные формулы системы описаны в [1]. Величины V и цвета $(B-V)$ и $(U-B)$ наблюдавшихся звезд приведены в таблице 1 и на соответствующих рисунках 1-4.

1. Учет поглощения.

Для определения истинных показателей цвета наблюдавшихся звезд и их абсолютных величин было необходимо определить межзвездное поглощение света в направлении этих звезд. Учет поглощения проводился тремя различными способами: а) по близким скоплениям, б) по близким звездам и в) статистическим методом Паренаго [4] с использованием данных Шарова [5].

В первом случае выбирались галактические скопления на расстоянии нескольких градусов от звезды и отстоящие от нас не далее одного килопарсека. Данные об избытках цвета E_{B-V} этих скоплений взяты из работы А. Хог [6]. Во втором случае по каталогу Крауфорда [7] для каждой из исследуемых переменных звезд (или для группы звезд, если они близки) в окрестности нескольких градусов выбирались звезды с известным полным поглощением A_V . Спектр и класс светимости выбранных звезд заимствовались из каталога звездных спектров Яшека [8]. Соответствующие абсолютные величины взяты согласно Бלאу [9]. По этим данным определялись модули расстояний и строилась зависимость A_V от $(m_V - M_V)$. В большинстве случаев обнаруживалось удовлетворительное согласие (для небольших расстояний) величин поглощения, определенных этими способами.

2. Анализ наблюдательного материала.

$AB\ Aur$. По данным Хербига [10] звезда находится в туманности, общей со звездой $SU\ Aur$. Согласно нашим наблюдениям [1], характер изменения блеска спокойный: звезда находится в максимуме блеска с небольшими колебаниями, не превышающими $0^m.10$. Алголеподобных минимумов, наблюдавшихся у звезды Хоффмейстером [11], не удалось зарегистрировать. При увеличении блеска показатель

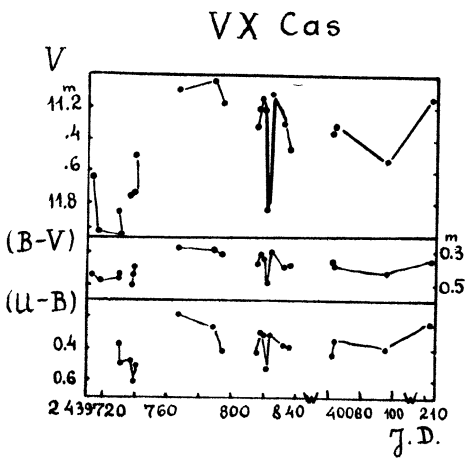


Рис. 1

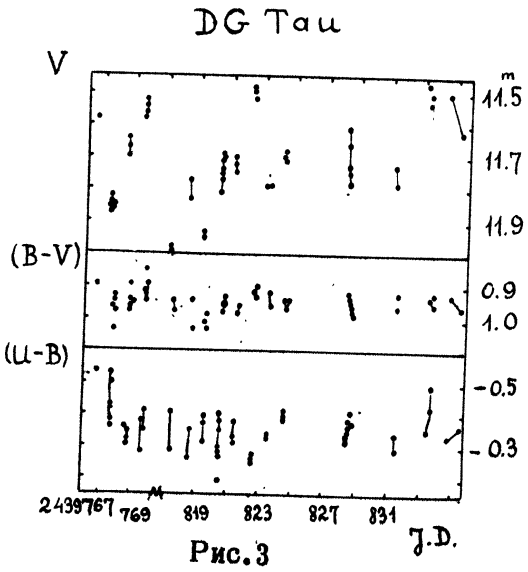


Рис. 3

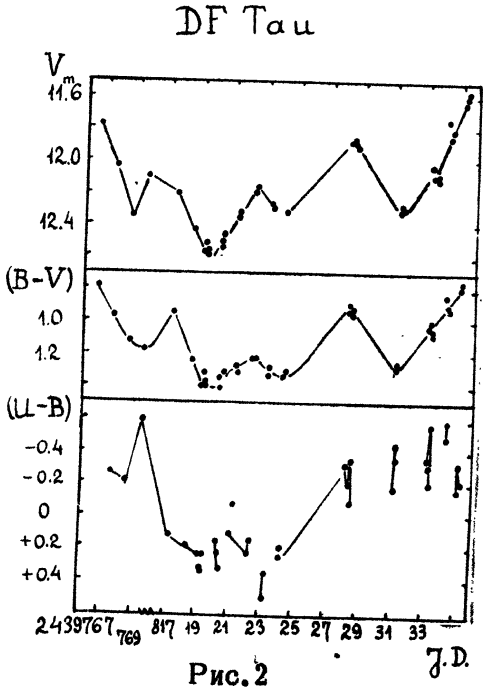


Рис. 2

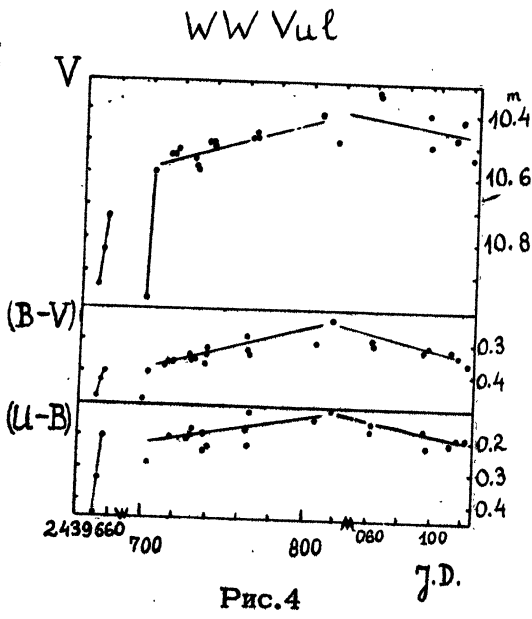


Рис. 4

цвета ($B - V$) увеличивается.

Если принять расстояние до ассоциации Aur T1 равным 170 парсек, согласно Холопову [12], то определенное методом Паренаго с использованием данных Шарова полное поглощение A_V равно 0.40 , что соответствует избытку цвета $E_{B-V} = 0.13$. Тогда на двухцветной диаграмме (рис.5) AB Aur занимает положение, соответствующее ее спектральному классу B9 $\bar{V}$. В этих предположениях абсолютная величина AB Aur получается равной $M_V = +1.0$. Это значение согласуется со значением, полученным Барташ [13] по спектральным критериям Копылова. С принятыми значениями поглощения и светимости также согласуются значения, полученные в 1968 г. Расине [14]: $E_{B-V} = 0.14$, $M_V = +1.3 \div +1.4$. На диаграмме Герцшпрунга - Рессела (далее Г-Р; рис.6) AB Aur лежит в пределах Т-полосы, чуть выше главной последовательности. Границы Т-полосы определены согласно Холопову [15].

SU Aur. Звезда обнаруживает небольшие колебания блеска с максимальными амплитудами: $\Delta V = 0.17$, $\Delta B = 0.25$, $\Delta U = 0.34$. Общая тенденция в наблюдаемый период - увеличение блеска, при этом показатель цвета уменьшается, звезда голубеет.

Поглощение A_V , как и для AB Aur, принимается равным 0.40 ($E_{B-V} = 0.13$). На двухцветной диаграмме точки, соответствующие цветам SU Aur, с учетом поглощения сместятся в область, соответствующую спектральному классу G, располагаясь недалеко от линии III класса светимости, что, в общем, не противоречит классификации спектра как G 2 III (классификация Хербига [10]). Абсолютная величина $M_V = +2.6 \div +2.7$, и на диаграмме Г-Р

SU Aur представляется группой точек, лежащих выше главной последовательности - на верхней границе Т-полосы недалеко от линии красных гигантов. Фотоэлектрические наблюдения Мендозы [16] хорошо согласуются с нашими ($V = 9.09$, $B - V = +0.89$, $U - B = +0.41$).

VX Cas. Изменения блеска носят характер быстрых колебаний в интервале V от 11.0 до 12.0 на $0.4 \div 0.5$ звездной величины за $1 \div 2$ дня. Имеют место острые минимумы. При увеличении блеска показатель цвета ($B - V$) уменьшается. Максимальные амплитуды составляют 1.0 в V , 1.1 в B и 1.3 в U . Многие наблюдатели (см., например, [17]) указывают на сходство звезды с BN Ori.

Звезда находится в богатой звездами области Млечного Пути. Избыток цвета E_{B-V} , определенный по близким скоплениям, составляет 0.24 , а по методу Паренаго - 0.33 , что в среднем дает 0.28 . После учета поглощения VX Cas точно попадает в место двухцветной диаграммы, соответствующее ее спектральному классу A0 [18]. Абсолютная величина

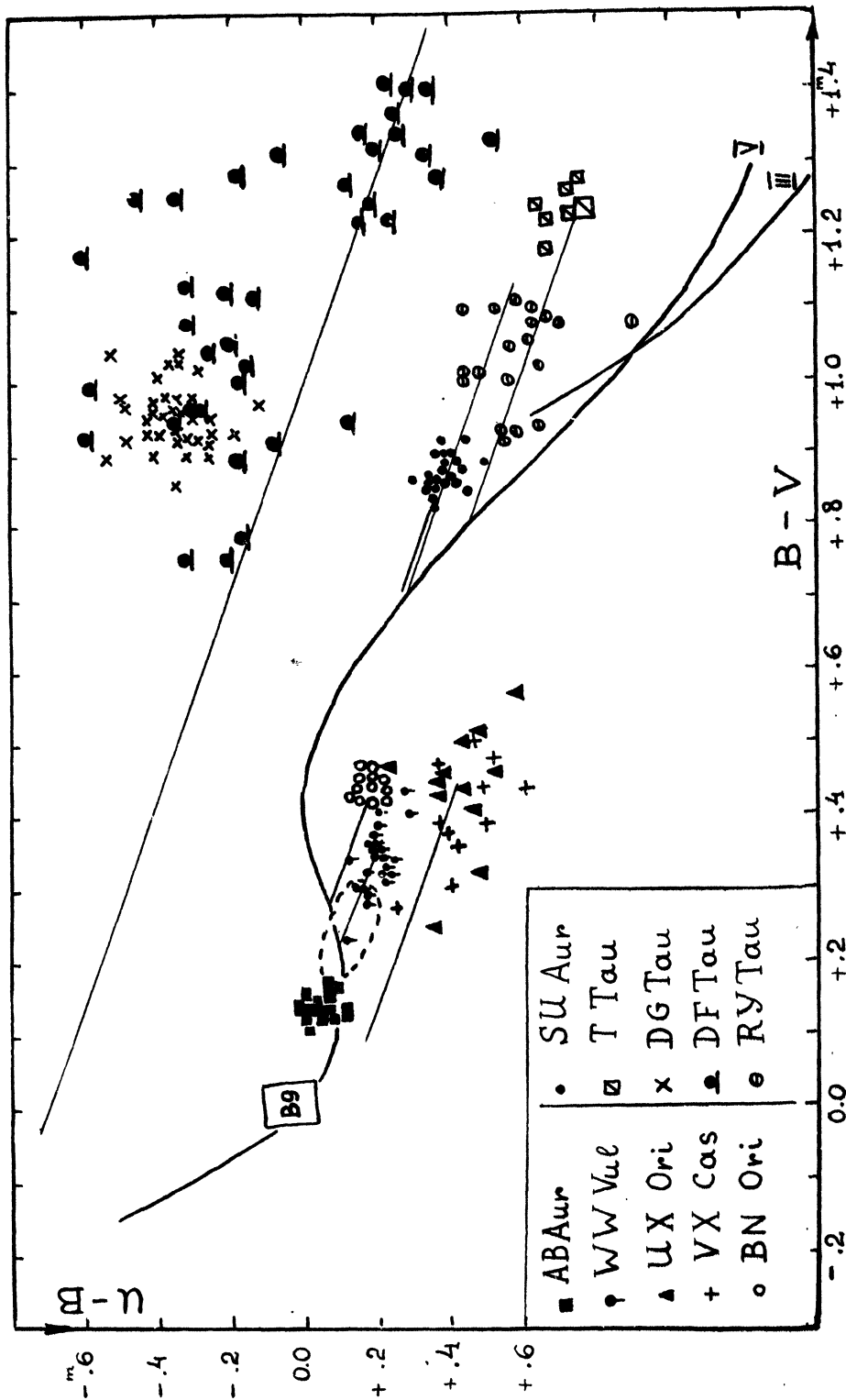


Рис.5. Двухцветная диаграмма (U - V) - (B - V). Показано соотношение между нормальными звездами для звезд U и III классов светимости. Прямая линия изображает линию нарастающего поглощения со стандартным наклоном 0.72. Различными знаками нанесены наблюдаемые положения звезд.

на ее получается равной $+1.0^m \div +1.5^m$, и на диаграмме Г-Р она занимает положение в пределах Т-полосы чуть выше главной последовательности.

UX Ori. По нашим наблюдениям [1] меняется довольно активно с максимальными амплитудами: $\Delta V = 2.00^m$, $\Delta B = 1.75^m$, $\Delta U = 1.63^m$ - т.е. при переходе в ультрафиолетовую область амплитуда изменения блеска уменьшается. Расстояние до комплекса туманности Ориона принимается равным 400 пс, поглощение A_v равным 0.30^m (по методу Паренаго). Избыток цвета, определенный по близким скоплениям, составляет 0.08^m , т.е. согласие двух методов довольно хорошее. С этим значением поглощения исправленные цвета UX Ori оказываются аномально красными для ее спектрального класса $A2 \div A3$.

Абсолютная величина UX Ori получается равной $+2^m \div +4^m$, и на диаграмме Г-Р звезда располагается в пределах Т-полосы чуть выше главной последовательности.

BN Ori. По наблюдениям Хоффмейстера [11], Мартынова [17] звезда меняется быстро и неправильно. (иногда на 2^m за два дня).

За сравнительно небольшой интервал наших наблюдений в течение 1966 года изменений блеска не обнаружено [1].

В отношении поглощения для этой звезды наблюдается картина, сходная с UX Ori. Поглощение, определенное по скоплениям и по методу Паренаго ($E_{B-V} = 0.08^m$), меньше того, которое требуется, чтобы BN Ori попала в точку двухцветной диаграммы, соответствующую ее спектральному типу A5 [18]. По-видимому, также можно сделать вывод либо об аномально красном цвете, либо о большем поглощении.

Необходимо отметить, что и UX Ori, и BN Ori являются изолированными объектами [12].

Абсолютная величина BN Ori около $+1^m$, и на диаграмме Г-Р она лежит на верхней границе Т-полосы.

BQ Ser. Звезда считалась неправильной переменной типа RW Aur и поэтому была включена в программу наблюдений. В 1966 г. Майнунгер [19] и Венцель [20] обнаружили периодический характер изменения блеска этой звезды. Наши наблюдения подтверждают вывод о принадлежности звезды к типу δ Ser [21].

T Tau. Наблюдаемое положение этой звезды на двухцветной диаграмме указано в соответствии с нашими наблюдениями [22] и наблюдениями Мендозы [23]. Избыток цвета E_{B-V} для звезд в созвездии Тельца принимается равным 0.30^m , согласно Смаку [24].

Звезда T Tau принадлежит к ассоциации Tau T2 [12]. Абсолютная звездная величина T Tau равна $+3^m$, и на диа-

грамме Г-Р звезда помещается вблизи верхней границы Т-полосы.

RY Tau. По наблюдениям, опубликованным в [1], блеск звезды испытывает неправильные колебания с амплитудами: $\Delta V = 0^m.89$, $\Delta B = 0^m.75$ - т.е. при увеличении блеска показатель цвета $B-V$ увеличивается, звезда становится более красной. Наблюдаемые точки нанесены на двухцветную диаграмму.

На диаграмме Г-Р звезда лежит в пределах Т-полосы выше главной последовательности ($M_v = +3^m \div +4^m$).

DF и DG Tau. У звезды DF Tau наблюдаются быстрые изменения в течение ночи вспышечного характера. Максимальные амплитуды: ΔV порядка $1^m.0$, $\Delta B = 1^m.6$, $\Delta U = 2^m.2$ - т.е. амплитуда изменения блеска сильно возрастает при переходе в ультрафиолетовую область спектра.

DG Tau связана с яркой веерообразной туманностью Барнард № 100. Амплитуды: $\Delta V = 0^m.5$, $\Delta B = 0^m.6$, $\Delta U = 0^m.7$. В течение отдельных ночей наблюдались изменения блеска на $0^m.10 \div 0^m.20$ за несколько часов. Эти звезды расположены выше других на двухцветной диаграмме из-за наличия ультрафиолетового избытка. Абсолютные величины DF и DG Tau равны соответственно $5^m.0$ и $4^m.8$ ($E_{B-V} = 0^m.30$, $R = 170$ пс). Следует отметить, что фотоэлектрические наблюдения Мендозы [23] в полосах UBV для звезд RY Tau, DF и DG Tau, SU Aur не противоречат нашим. Также хорошо согласуются с нашими данными и определения Мендозы абсолютных величин звезд RY Tau, T Tau и SU Aur, полученные на основе десятицветной фотометрии.

WW Vul. Характер изменения блеска спокойный, наблюдается небольшое увеличение яркости, имеет место и алгоподобное ослабление блеска на $0^m.4$. Общая закономерность: при увеличении блеска звезда становится более голубой, причем амплитуда изменения блеска растет от желтых к голубым и ультрафиолетовым лучам. За интервал наблюдений максимальные амплитуды составили: $\Delta V = 0^m.65$, $\Delta B = 0^m.84$, $\Delta U = 1^m.07$. Расстояние до звезды принято равным расстоянию до ассоциации Del T1, в которую она входит, согласно Холопову [12]. Поглощение, определенное по близким звездам, A_v равно $0^m.18$, по методу Паренаго - $0^m.30$, что в среднем дает избыток цвета $E_{B-V} = 0^m.08$.

На двухцветной диаграмме после учета поглощения звезда попадает в область, примерно соответствующую ее спектральному классу A3. Абсолютная величина звезды получается равной $+4^m$, и на диаграмме Г-Р она помещается немного ниже главной последовательности в пределах Т-полосы.

Таблица 1

	Ж.Д.	V	B-V	U-B
	^m	^m	^m	^m
SU Aur	2439730.54	9.22	+0.87	+0.37
	737.54	9.27	+0.85	+0.36
	739.48	9.21	+0.86	+0.35
	765.28	9.21	+0.86	+0.42
	766.22	9.22	+0.87	+0.40
	793.46	9.19	+0.85	+0.37
	815.36	9.26	+0.84	+0.36

	Ж.Д.	V	B-V	U-B
	^m	^m	^m	^m
2439816.22	817.21	9.21	+0.87	+0.35
	818.49	9.22	+0.86	+0.36
	820.46	9.19	+0.85	+0.35
	834.48	9.24	+0.86	+0.36
	835.45	9.23	+0.86	+0.35
	933.32	9.18	+0.83	+0.36

V X Cas	2439713.50	11.63	+0.44	-
	717.48	11.97	+0.48	-
	729.49	11.85	+0.47	+0.37
	730.48	12.00	+0.44	+0.49
	737.48	11.75	+0.51	+0.47
	738.44	11.74	+0.44	+0.60
	739.42	11.49	+0.39	+0.50
	766.44	11.09	+0.27	+0.18
	788.31	11.04	+0.28	+0.25
	793.48	11.17	+0.31	+0.41
	815.07	11.32	+0.36	+0.42

2439816.19	11.20	-	-
817.19	11.14	+0.31	+0.29
819.13	11.21	+0.33	+0.30
821.29	11.84	+0.48	+0.52
823.32	11.11	+0.31	+0.30
831.27	11.30	+0.39	+0.37
835.22	11.46	+0.38	+0.38
2440062.52	11.35	+0.36	+0.43
063.53	11.30	+0.38	+0.34
095.44	11.53	+0.42	+0.41
213.41	11.12	+0.35	+0.23

DF Tau	2439766.60	11.77	+0.78	-
	767.58	12.03	+0.97	-0.27
	769.59	12.34	+1.12	-0.21
	769.55	12.09	+1.17	-0.61
	817.34	12.20	+0.94	+0.12
	818.46	12.43	+1.24	+0.18
	819.20	12.52	+1.40	+0.24
	.23	12.57	+1.31	+0.32
	.24	12.56	+1.40	+0.34
	.30	12.59	+1.37	+0.24
	820.28	12.54	+1.34	+0.15
	.30	12.50	+1.41	+0.22
	.44	12.45	+1.31	+0.33
	821.26	12.35	+1.27	+0.11
	.27	12.32	+1.31	-0.07
	822.32	12.20	+1.22	+0.23
	.36	12.17	+1.22	+0.15
	823.26	12.28	+1.33	+0.51
	.28	12.30	+1.28	+0.36
	824.18	12.32	+1.34	+0.25
	.19	12.32	+1.32	+0.19
	828.27	11.88	+0.93	-0.32
	.30	11.86	+0.89	-0.19

2439828.38	11.89	+0.95	-0.35
	.42	11.90	+0.91 -0.08
831.17	12.32	+1.28	-0.19
	.20	12.28	+1.25 -0.46
	.21	12.29	+1.25 -0.36
833.20	12.03	+1.02	-0.36
	.37	12.10	+0.99 -0.58
	.42	12.10	+1.08 -0.32
	.45	12.11	+1.05 -0.20
834.13	11.74	+0.83	-0.91
	.43	11.84	+0.90 -0.50
	.44	11.81	+0.92 -0.60
835.13	11.63	+0.78	-0.17
	.18	11.59	+0.75 -0.33
	.19	11.57	+0.75 -0.21
911.33	12.15	+1.13	-0.32
933.27	12.01	+1.00	-0.44
934.24	12.01	+1.11	-0.14
2440095.55	11.84	+1.03	-
097.52	12.02	+1.00	-0.18
205.33	11.89	+1.04	-0.26
206.37	11.83	+0.97	-0.29
213.46	11.97	+1.02	-0.16

Таблица 1 (продолжение)

	J.D.	V	B-V	U-B
		^m	^m	^m
DG Tau	2439766.58	11.58	+0.90	-0.54
	767.48	11.87	+0.97	-0.12
	.50	11.85	+0.94	-0.38
	.52	11.84	+0.95	-0.43
	.53	11.86	+0.96	0.37
	.54	11.82	+1.04	-0.53
	.56	11.85	+0.98	-0.50
	768.52	11.64	+0.97	-0.36
	.53	11.70	+0.90	-0.32
	.54	11.67	+0.95	-0.31
	.56	11.71	+0.98	-0.35
	.62	11.72	+0.95	-
	769.50	11.58	+0.92	-0.28
	.53	11.56	+0.95	-0.38
	.58	11.52	+0.86	-0.35
	.61	11.54	+0.90	-0.41
	817.29	11.99	+0.95	-0.29
	.31	11.98	+1.01	-0.41
	818.42	11.83	+0.98	-0.26
	.44	11.77	+1.03	-0.35
	819.26	11.95	+1.01	-0.40
	.27	11.93	+1.03	-0.37
	.29	11.95	+0.98	-0.31
	820.33	11.81	+0.98	-0.40
	.37	11.77	+0.95	-0.27
	.38	11.75	+0.95	-0.29
	.40	11.74	+0.95	-0.39
	.41	11.71	+0.96	-0.35
	.42	11.69	+0.96	-0.28
	.44	11.70	+0.93	-0.19

	J.D.	V	B-V	U-B
		^m	^m	^m
	2439821.20	11.70	+0.98	-0.38
	.23	11.72	+0.98	-0.31
	.24	11.75	+0.96	-0.33
	822.29	11.48	+0.92	-0.27
	.30	11.49	+0.93	-0.25
	.31	11.52	+0.90	-0.26
	823.22	11.79	+0.92	-0.34
	.30	11.79	+0.96	-0.33
	824.21	11.70	+0.94	-0.40
	.24	11.68	+0.97	-0.41
	.25	11.71	+0.94	-0.39
	828.15	11.61	+0.92	-0.32
	.24	11.66	+0.93	-0.33
	.32	11.75	+0.94	-0.34
	.33	11.73	+0.95	-0.38
	.37	11.73	+0.97	-0.36
	.40	11.78	+0.96	-0.41
	.45	11.78	+0.98	-0.37
	831.15	11.72	+0.96	-0.34
	.22	11.78	+0.92	-0.29
	833.19	11.47	+0.93	-0.35
	.35	11.53	+0.92	-0.49
	.40	11.50	+0.95	-0.42
	834.46	11.50	+0.92	-0.33
	835.16	11.62	+0.96	-0.36
	911.36	11.80	+0.96	-0.41
	933.29	11.79	+1.02	-0.29
	934.25	11.89	+0.97	-0.49
	2440097.54	11.82	+1.04	-0.34
	205.45	11.37	+0.95	-0.29
	206.45	11.48	+0.93	-0.43

	2439650.48	10.94	+0.48	+0.44
WW Vul	653.44	10.83	+0.43	+0.33
	655.49	10.73	+0.40	+0.20
	700.41	10.98	+0.48	-
	703.34	10.59	+0.40	+0.28
	713.39	10.54	+0.38	-
	715.43	10.54	+0.37	-
	717.33	10.52	+0.37	+0.20
	728.31	10.55	+0.34	+0.21
	729.29	10.57	+0.36	+0.19

	2439730.31	10.58	+0.36	+0.18
	737.26	10.49	+0.37	+0.19
	738.31	10.49	+0.34	+0.24
	2439739.30	10.51	+0.32	+0.23
	764.32	10.48	+0.28	+0.17
	765.30	10.48	+0.33	+0.22
	766.32	10.46	+0.34	+0.12
	807.09	10.40	+0.30	+0.14
	817.03	10.49	+0.23	+0.11

Таблица 1 (продолжение)

2440062.40	10.33	+0.29	+0.17	2440112.37	10.47	+0.32	+0.21
063.37	10.34	+0.34	+0.15	116.33	10.41	+0.34	+0.19
095.35	10.39	+0.32	+0.17	122.31	10.53	+0.36	+0.18
097.38	10.49	+0.31	+0.22				

Из анализа наблюдательного материала можно сделать следующие выводы.

1. Все наблюдавшиеся звезды распадаются на две группы: увеличивающие и уменьшающие показатель цвета ($B - V$) при увеличении блеска. К первой группе относятся следующие звезды: ι X Ori, RY Tau, AB Aur. Ко второй группе относятся: SU Aur, VX Cas, DF и DG Tau. Этот факт представляется интересным с точки зрения процессов, вызывающих переменность блеска.

2. Звезды типа Is и Ins (AB Aur, SU Aur, VX Cas, BN Ori, ι X Ori, WW Vul) имеют более ранние спектральные типы, чем звезды типа T Tau, и в среднем имеют более высокие светимости.

Исследование всех десяти звезд программы продолжается в настоящее время на основе спектрального материала.

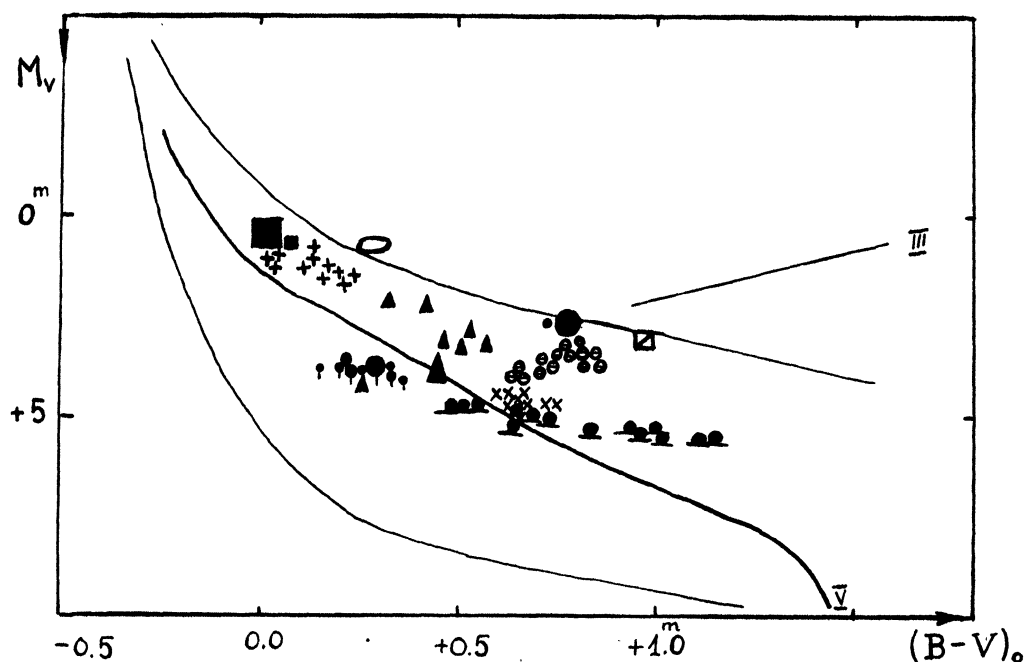


Рис. 6. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела. Линия V соответствует стандартной главной последовательности, III - красные гиганты. Границы T-полосы указаны согласно Холопову [15]. Различными значками указано положение звезд.

Литература

1. Г.Е. Зайцева, ИЗ 16, 435, 1968.
2. П.Н. Холопов, ИЗ 15, 3, 1964.
3. Б.М. Лютый, АЦ № 446, 1967.
4. П.П. Паренаго, АЖ 22, 129, 1945.
5. А.С. Шаров, АЖ 40, 900, 1963.
6. А.А. Ноаг, *Vistas in Astronomy*, 8, 139, 1966.
7. D.L. Crawford, *ApJ* 137, 530, 1963.
8. C. Jaschek, *Catalogue of Stellar Spectra Classified in the MK-system*, la Plata, 1964.
9. A. Blaauw, *Stars and Stellar Systems*, 3, 383, Press, Chicago, Illinois, USA, 1963.
10. G.H. Herbig, *ApJ Suppl.* 4, 337, 1960.
11. C. Hoffmeister, *AN* 278, 32, 1949.
12. П.Н. Холопов, АЖ 36, 295, 1959.
13. Т.М. Барташ, *Изв. КрАО*, 36, 210, 1967.
14. Rene Racine, *AJ* 73, 233, 1968.
15. П.Н. Холопов, АЖ 35, 434, 1958.
16. E.E. Mendoza, *ApJ* 143, 1010, 1966.
17. Д.Я. Мартынов, *Энг. изв.* № 26, 1951.
18. G.H. Herbig, *Trans. IAU* 8, 807, 1954.
19. L. Meinungger, *MVS* 3, Helf 5, 150, 1966.
20. W. Wenzel, *MVS* 4, Helf 2, 25, 1966.
21. Г.В. Зайцева, АЦ, 1969 (в печати).
22. Э.А. Дибай, Г.В. Зайцева, АЦ № 481, 1968.
23. E.E. Mendoza, *ApJ* 151, 977, 1968.
24. J. Smak, *ApJ* 139, 1095, 1964.

Южная станция ГАИШ, Крым,
март, 1969 г.