

**Нестационарность в двойных разделенных системах  
 главной последовательности с компонентами солнечного типа.**

II. ВН Девы.

Р.А. Боцула

Выявлено три вида нестационарности в системе: 1) Увеличение яркости обращенной от спутника части поверхности главной звезды. Продолжительность больше 4 часов. 2) Не зависящее от цвета ослабление блеска системы около главного минимума в результате перемещения или поступления в межкомпонентное пространство диффузной среды с плотностью  $10^{12}$ , если ослабляющим агентом считать свободные электроны. Примесь пылевой компоненты при столь малом расстоянии между звездами невероятна. 3) Возможные колебания блеска в желтых лучах с периодом около  $30^m$  и амплитудой  $0.^m03$  после выхода из главного минимума, на фазах, где луч зрения проходит через слой диффузной материи.

Определены элементы орбиты и абсолютные элементы по наблюдениям Коха (Кох, 1967), сделанным в марте 1963 и апреле 1964 гг., когда пертурбации были наименьшими. Компоненты пары сходны между собой и больше отличаются от звезд главной последовательности, чем компоненты UV Leo. Эту систему желательно наблюдать, чтобы выяснить цветовую зависимость и продолжительность увеличения яркости главной звезды и последовательность этих поярчаний и перетекания или появления диффузной материи.

**Instability in Detached Binary Systems of Main Sequence  
 with Solar Type Components. II. BH Virginis.**

by R.A. Botsula

Three states of perturbations in the light curve were found. 1) Rising of one part of the curve due to increase of the surface brightness of the primary star at its opposite side. Duration of this increasing is more than  $4^d$ . 2) The decreasing of light (without colour dependence) due to motions or appearance of diffuse matter between the components. Density of this matter is  $10^{12}$  adopting that the light loss is due to the electron scattering. The dust admixture does not exist in such a close system. 3) Possible yellow light oscillation after the primary minimum having the amplitude  $0.^m03$  and period about  $30^m$ . The line of sight during these phases lies through the diffuse matter. The orbital and absolute elements were derived for Koch's observations, made in March 1963 and April 1964. This curve has the minimal perturbations. The components are resembling one another and differing more from normal stars than UV Leo components. It is desirable to observe this system in order

to reveal a colour dependence and duration of the primary star brightening. It is interesting also to trace the succession of the light increase and diffuse matter appearance.

#### *Использованный материал.*

ВН Vir принадлежит к немногим системам типа Алголя с очень коротким периодом — около  $0^d.82$ . Компоненты ее спектрального типа G0V и G2V. Фотозлектрически она наблюдалась три раза — Кита мурой и др., (1957) с синим и желтым фильтрами в 1953–1954 гг. и без фильтров в 1957 г. и Кохом (1967) в лучах системы UVV. Только в 1957 г. кривая блеска не имела ярко выраженных особенностей, однако рассеяние точек как в первый, так и во второй период японских наблюдений, было очень велико, а глубина главного минимума не определилась, поэтому для нашего исследования этот материал не был пригоден и служил лишь для контроля выводов. Наблюдения Коха получены за три периода — в марте 1963 г. (3 ночи, общая продолжительность периода  $5^d$ ); в апреле 1963 г. (4 ночи, общая продолжительность периода  $5^d$ ); в апреле 1964 г. (3 ночи, общая продолжительность периода  $6^d$ ). Между I и II периодами прошло  $22^d$ . По этим наблюдениям можно проследить изменения кривой блеска со временем. К сожалению, вторичный минимум (за исключением одной ночи на восходящей его ветви) наблюдался лишь в III период. К тому же Кох внес поправки в его наблюдения, чтобы привести их к уровню 1963 г. (чего, вообще говоря, не полагается делать при публикации наблюдений).

#### *Изменения кривой блеска.*

На рис. 1 разными значками для разных периодов нанесены средние точки (по 4–5 наблюдений в каждой).

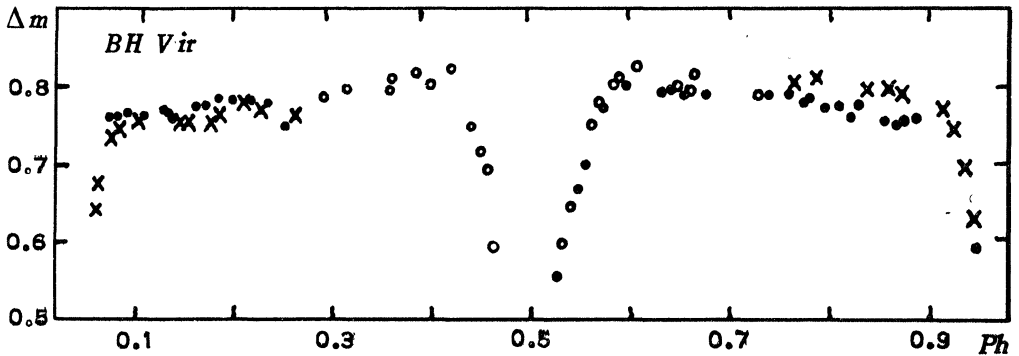


Рис. 1. Средние точки кривой блеска (В) в разные периоды наблюдений. x — I период, • — II период, o — III период.

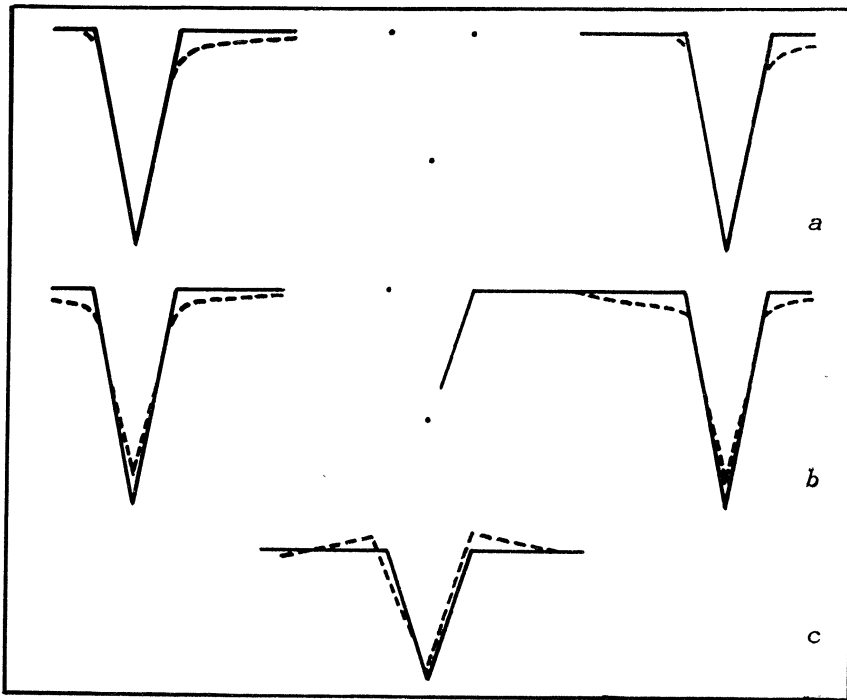


Рис. 2. Схема изменений кривой блеска: а — I период наблюдений (март 1963 г.), б — II период (март 1964 г.), в — III период (апрель 1964 г.). Сплошная линия — кривая стандартной модели, пунктир — отклонения от нее. Отсутствующая часть кривой соответствует отсутствию наблюдений в данный период.

На рис. 2 а, б, в изображены схематически изменения кривой блеска за три периода по сравнению с кривой блеска стандартной модели для шаровых звезд на круговой орбите. Модельная кривая показана сплошной линией, отклонения от нее — пунктиром. Отсутствующая часть кривой соответствует отсутствию наблюдений в данный период. Кривая I периода (2а) наименее искажена. Расхождение восходящих ветвей главного минимума выражено в основном в самой верхней их части, мало весомой при определении элементов. Ветвь перед главным минимумом идет практически на постоянном уровне, согласующемся с уровнем ее после вторичного минимума во II период наблюдений. Несколько точек около фазы  $270^\circ$  немного подняты в V и В, однако в U они опущены, поэтому подъем нельзя считать реальным и происходящим из-за эллипсоидальности компонент. Уровень блеска после главного минимума даже при фазе  $90^\circ$  остается ниже уровня постоянного блеска модельной кривой, определенного по ветви после вторичного минимума.

Во II период (2б), начиная с восходящей ветви вторичного минимума и до фазы  $270^\circ$ , кривая идет в соответствии с модельной, затем начинается падение блеска к главному минимуму, примерно

симметричное случившемуся в I периоде. Картина изменений I периода также сохраняется, только ослабление блеска становится немного меньше. Ветви главного минимума в верхней их части совпадают с ветвями I периода, но дно менее глубокое и поэтому к нему ветви расходятся. Глубина главного минимума несколько меняется от ночи к ночи. Максимальное изменение блеска у начала и конца минимума  $0.^m04$ . Зависимости от цвета в пределах рассеяния наблюдений нет.

В III период (2с) изменения блеска во вторичном минимуме сходны с существующими у системы такого же типа, но с периодом  $0.^d6$ , UV Leo (Боцула, в печати), а также систем типа W UMa. Это сдвиг части кривой блеска со всеми ее деталями по оси блеска. Мы не можем определить истинную величину подъема блеска в случае VV Vir, так как Кох ввел поправки для "стыковки" этих наблюдений с наблюдениями других периодов, да и между отдельными ночами III периода есть небольшие расхождения. Однако, согласно форме кривой блеска и описанию поправок Коха, можно сказать, что этот сдвиг, возможно, зависит от цвета, увеличиваясь в сторону коротких волн. Сам вторичный минимум деформирован — его нисходящая ветвь сдвинута в сторону предшествующего главного минимума, отчего его середина не приходится на фазу  $0.^p5$ .

Рассмотрев изменение кривой блеска во времени, мы приходим к заключению, что отличие кривой блеска Коха от наблюдаемой Китамурой ничего общего с внезапным появлением большого эффекта отражения не имеет. Видимый подъем блеска от главного к вторичному минимуму вызван двумя совершенно разными явлениями — подъемом половины кривой с центром на вторичном минимуме и опусканием второй ее половины с центром на главном минимуме, причем эти явления произошли в разное время.

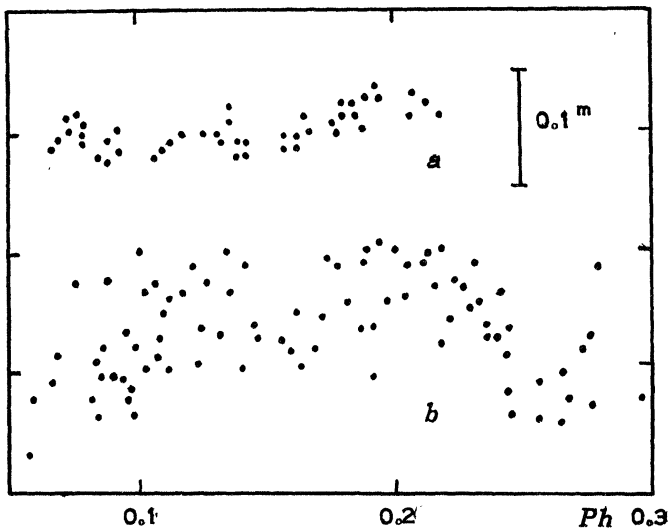


Рис. 3. Колебания блеска в желтых лучах. а — Кох, б — Китамура.

На кривой блеска II периода в V-лучах после выхода из главного минимума в две следующие друг за другом ночи видны колебания блеска с периодом  $\sim 30^m$  и амплитудой около  $0^m.03$ , рис. 3. В наблюдениях Кита муры на той же ветви в синих и желтых лучах тоже обнаруживаются колебания с амплитудой до  $0^m.1$  и примерно таким же периодом. Они прослеживаются также в две смежные ночи и, несмотря на большое рассеяние точек, вес их реальности в связи с наблюдениями Коха поднимается.

#### Обсуждение нестационарности.

Для выяснения природы нестационарности разделенных затменных систем главной последовательности мы определили вид изменений кривых блеска при различном расположении поглощающей или излучающей диффузной материи в двойной системе, а также затмеваемых ярких и темных пятен на поверхности компонент. Результаты представлены в виде графиков. По ним можно судить о ложных эффектах, которые могут быть внесены в кривую блеска (эксцентриситет орбиты, прямой и обратный эффект фазы, третий свет и т.д.). По ним же находятся неискаженные части кривой блеска, особенно

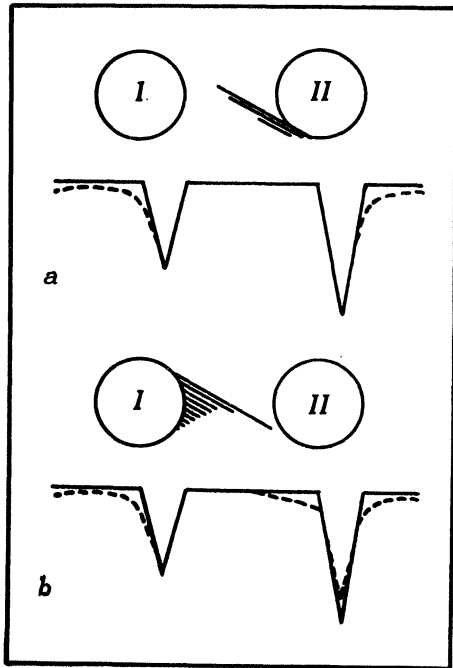


Рис. 4.

а. Расположение диффузной материи на плане системы для I+III периодов наблюдений.

б. То же для II+III периодов.

нужный при ректификации истинный уровень постоянного блеска.

Конечно, поскольку форма диффузного образования и распределение плотности в нем не известны, а расстояния между компонентами от системы к системе меняются, графики могут служить лишь для ориентировки при выборе гипотезы расположения диффузной материи, ее свечения или ослабления света в ней. Эти графики с их описанием будут опубликованы в другой статье — в изданиях АОЗ (Бодула, в печати).

Согласно гипотезе, выбранной в соответствии с видом кривой блеска, в системе ВN Vir наблюдается лишь ослабление света диффузной межкомпонентной средой. Расположение этой среды в виде сгущений представлено на плане системы на рис. 4 а и б для I-III и II+III периодов наблюдений. Там же изображены соответствующие этим моделям полные кривые блеска.

В газовой среде ослабление блеска, не зависящее от длины волны, может быть вызвано только свободными электронами. Подсчет приводит к плотности свободных электронов около  $8 \cdot 10^{11} - 10^{12}$ , что на порядок превосходит плотность в солнечных протуберанцах и приближается к плотности в нижней хромосфере. Могут ли такие плотные сгустки присутствовать в межкомпонентном пространстве? Из-за разрыва во времени между периодами наблюдений нельзя определить продолжительность жизни сгустков, можно установить лишь ее нижнюю границу — не меньше  $6^d$ . Если у компонент существуют короны типа солнечной, можно привести аргументы за и против появления подобных сгустков. В пользу такой возможности говорят следующие факты:

1) У Солнца на расстоянии до  $1 R_{\odot}$  от фотосферы существуют довольно сильные нерегулярные магнитные поля. Лишь около  $1 R_{\odot}$  поле становится радиальным.

2) Гравитационный потенциал на поверхности компонент понижен быстрым их вращением и присутствием второй компоненты. Поддержание и движение протуберанца зависит от величины и конфигурации магнитного поля и гравитационного потенциала на поверхности звезды. При уменьшении гравитации магнитное поле той же силы может удержать более плотный сгусток. Пересоединение магнитных полей при встрече полей различной полярности в межкомпонентном пространстве может приводить к ускорению заряженных частиц и изменять движение газовой массы.

Против существования сгустков такой плотности, возможно, говорит:

- 1) меньшая, чем у Солнца, плотность компонент,
- 2) отсутствие изменений периода системы.

Примесь пылевой компоненты в диффузной среде в данном случае исключена, так как расстояние от поверхностей звезд слишком мало, чтобы при их температуре могли существовать пылинки.

#### *Определение элементов орбиты.*

Приняв определенную гипотезу, объясняющую причины пертурбаций, можно узнать уровень постоянного блеска и попытаться найти элементы системы, более соответствующие реальным, чем элементы Коха, поскольку примененная Кохом процедура ректификации не соответствовала физическому состоянию системы.

Наблюдения с постоянным уровнем блеска, тянущимся до главного минимума, были сделаны лишь в марте 1963 г. Присоединив к



ним приведенные к этому уровню Кохома наблюдения вторичного минимума в апреле 1964 г., мы решали синтетическую кривую, представленную в таблице 1. При этом к наблюдениям в JD 2438498 в V и В лучах были приданы поправки  $+0.^m03$  и  $+0.^m015$  соответственно, а в U в JD 2438494 — поправка  $-0.^m025$  для того, чтобы лучше согласовать отдельные ночи во вторичном минимуме. Для каждого минимума был определен сдвиг его середины относительно фаз 0 или 0P5. Эти сдвиги показаны в таблице 2, где они даны в единицах пятого знака в фазах. Главный минимум практически не сдвинут, а вторичный сдвинут в сторону предшествующего главного. При решении каждый минимум брался со своей серединой. В этом случае представление значительно улучшалось. Асимметрия главного минимума мала и ярко выражена лишь в конце восходящей ветви. Несмотря на малый вес последних точек, три из них были исключены при решении.

Для контроля были сделаны решения лишь по одной ветви минимума со сдвинутой серединой и без сдвига. Элементы оказались лишь немного иными, чем для всего минимума.

Решение сделано методом М.И.Лаврова (Лавров, 1976) на ЭВМ "НАИРИ-К" и уточнено с помощью дифференциальных поправок. Кривые считались соответствующими стандартной модели (постоянный уровень вне минимумов), и ректификация не производилась. Элементы представлены в таблице 2. Коэффициент потемнения подбирался по наименьшей сумме  $(O-C)^2$ . В V-лучах получилась гипотеза "прохождение", в В и U — "покрытие", однако, поскольку  $k$  близко к единице, малая деформация вторичного минимума могла привести к этому расхождению. Несмотря на различие гипотез, геометрические элементы согласуются хорошо. Коэффициенты потемнения близко соответствуют спектрам. Элементы более похожи на элементы Китамуры, чем Коха.

На рис. 5 а, б, с приведены отклонения нормальных точек от теоретической кривой блеска.  $O-C$  выражены в единицах четвертого знака в блеске.

Уход начальных и конечных точек вниз на графиках для главного минимума отражает некоторую закругленность ветвей у входа и выхода, не учтенную моделью, однако в решении эти точки с низким весом участвуют очень мало. Некоторая асимметрия вторичного минимума вызвана остаточным несходством его формы между отдельными ночами.

Была попытка определить элементы также по кривой с использованием всех наблюдений. В отличие от Коха, мы ректифицировали кривую с теоретической величиной эффекта отражения. Оставшаяся часть амплитуды члена при  $\cos \theta$  в разложении Фурье блеска вне минимумов, как и иные пертурбации, вычитались из наблюдаемого блеска. Вторичный минимум был исправлен, как и в предыдущих кривых. Хотя в результате и получилась единая гипотеза для всех лучей — "прохождение", но геометрические элементы никак не согласовывались. Неудача вполне объяснимая, так как форма главного миниму-

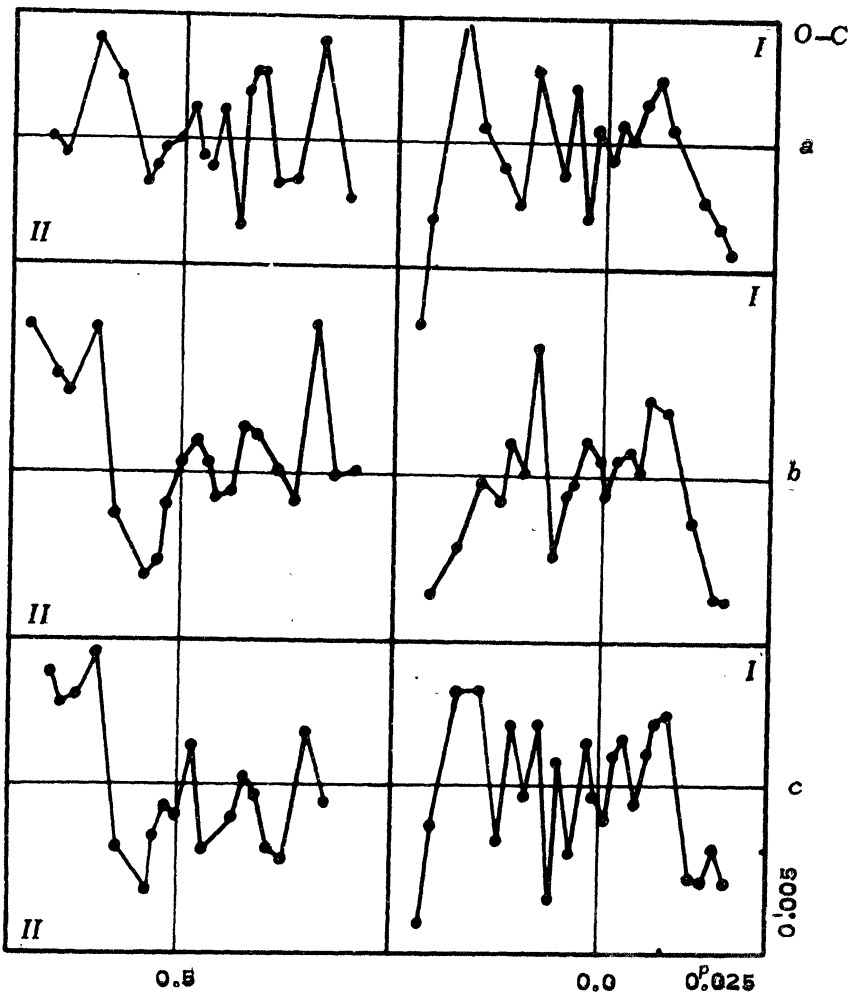


Рис. 5. Уклонения нормальных точек от теоретической кривой блеска. Слева — вторичный минимум, справа — главный минимум.

ма и его глубина от ночи к ночи меняются, и ректификация в нем, если принять наше объяснение пертурбаций, будет неверной.

В таблице 3 представлены абсолютные элементы, выведенные по данным таблицы 2 с помощью спектральной орбиты Абта (1965). Для главного минимума принята гипотеза "покрытие"; а — горячая звезда, б — холодная. Спектр горячей звезды принят средним из определений Абта по спектру и Коха по цвету. Спектр холодной компоненты вычислен по R и  $\Delta m$  и по отношению поверхностных яркостей.

Радиусы компонент получились на 3% и на 9% больше, чем у Коха. Обе компоненты весьма сходны по своим характеристикам и больше отличаются от звезд главной последовательности, чем компоненты UV Leo; имеют меньшие массы и большие радиусы.



### Заключение.

Нестационарность в системе ВN Vir проявляется в трех видах.

1) Увеличение яркости обращенной от спутника части поверхности главной звезды (более массивной, но меньшего радиуса) продолжительностью больше  $4^d$ .

2) Перемещение или поступление в межкомпонентное пространство диффузной среды с плотностью, на порядок большей, чем у солнечных протуберанцев, если ослабляющим блеск агентом считать свободные электроны. Примесь пылевой компоненты при столь малом расстоянии между членами пары исключена.

3) Возможные колебания блеска в желтых лучах с периодом около  $30^m$  и амплитудой около  $0.^m03$  после выхода из главного минимума, где луч зрения проходит через слой диффузной материи.

Компоненты пары сходны между собой и больше отличаются от звезд главной последовательности, чем компоненты UV Leo — массы и плотность их меньше, а радиусы больше.

Эту систему очень желательно наблюдать, чтобы выяснить:

1) цветовую зависимость и продолжительность увеличений блеска главной звезды, 2) последовательность увеличений блеска и перетекания материи.

Таблица 1.

V			B			U		
Фаза	$\Delta m$	n	Фаза	$\Delta m$	n	Фаза	$\Delta m$	n
0. <sup>p</sup> 91308	0. <sup>m</sup> 020	4	0. <sup>p</sup> 91394	0. <sup>m</sup> 023	4	0. <sup>p</sup> 91478	0. <sup>m</sup> 017	4
91817	019	4	91903	025	4	91989	019	4
93425	071	6	93231	083	6	93316	071	6
94238	146	4	94326	163	4	94412	162	4
95168	242	4	95154	253	3	95238	273	3
95930	339	4	95690	312	3	95775	327	3
96690	425	4	96399	418	4	96484	445	4
97996	660	4	97035	501	2	97120	543	2
98608	756	4	97846	687	2	97974	744	2
99103	876	4	98405	786	3	98490	846	3
99650	937	4	98731	849	3	99359	1.009	3
0.00212	958	3	99274	940	3	99714	1.065	3
704	889	4	99628	1.001	3	0.00322	1.072	4
1200	805	4	0.00237	1.019	4	688	1.009	4
1896	669	4	790	935	4	1160	900	4
2463	564	4	1287	839	4	1691	802	4
3138	462	2	1795	742	2	2329	658	3
4578	277	6	2244	641	3	2683	584	3
5274	205	6	3222	473	2	3307	471	2
5859	154	6	4304	325	2	4382	331	2
			5361	209	6	4932	261	4
			5944	153	6	5446	199	6
						6029	147	6
0.43898	074	5	0.42991	017	4	0.41942	002	6
44539	107	5	44250	069	4	43969	054	4
45219	132	4	44674	091	4	44547	082	4
46026	188	4	45304	102	4	45230	115	6
46995	272	4	46112	166	4	46196	165	4
48351	376	4	47080	256	4	47165	252	4
48776	405	4	48436	366	4	48521	351	4
49201	427	4	48861	395	4	48946	370	4
50519	439	4	49286	414	4	49371	389	4
50965	412	4	50658	403	5	50689	366	4
51390	372	4	51194	371	5	51218	349	5
51886	350	4	51704	339	4	51789	303	4
52687	269	4	52402	285	4	52582	251	5

Таблица 1 (окончание).

V			B			U		
Фаза	$\Delta m$	n	Фаза	$\Delta m$	n	Фаза	$\Delta m$	n
0 <sup>F</sup> 53133	0 <sup>m</sup> 233	4	0 <sup>P</sup> 53006	0 <sup>m</sup> 233	4	0 <sup>P</sup> 53244	0 <sup>m</sup> 202	5
53482	208	4	53488	201	6	53715	175	6
53806	200	4	53890	157	4	54325	146	4
54498	154	4	54583	137	4	55000	112	4
55434	92	6	55351	99	4	55985	54	6
56608	30	7	56280	39	6	57021	28	6
57857	12	9	57441	19	8			
			58433	2	8			

Таблица 2.

Элем.	Фильтр	V	B	U
$r_a$		0.262 $\pm \frac{2}{2}$	0.269 $\pm \frac{4}{4}$	0.266 $\pm \frac{3}{3}$
$r_b$		0.268 $\frac{2}{2}$	0.258 $\frac{4}{4}$	0.260 $\frac{3}{3}$
i		87 <sup>o</sup> 9 $\frac{2}{2}$	87 <sup>o</sup> 8 $\frac{1}{1}$	87 <sup>o</sup> 8 $\frac{1}{1}$
$L_a$		0.651 $\frac{7}{7}$	0.648 $\frac{8}{8}$	0.680 $\frac{7}{7}$
$L_b$		0.349 $\frac{7}{7}$	0.352 $\frac{8}{8}$	0.320 $\frac{7}{7}$
$J_a/J_b$		1.69	1.90	2.07
$x_a, x_b$		0.6, 0.6	0.6, 0.6	0.6, 0.6
Сдвиг II		+100	+ 38	+103
Сдвиг I		- 7	- 4	- 14
Гипотеза		tr	oc	oc

*a* — горячая, *b* — холодная компоненты. Сдвиги выражены в единицах пятого знака в фазах. Коэффициенты потемнения подбирались по наименьшей сумме  $(O-C)^2$ .

Таблица 3.

## Абсолютные элементы

$M_a$	0.873	$\rho_a$	0.57
$M_b$	0.856	$\rho_b$	0.52
$R_a$	1.15	$Sp_a$	(F9)
$R_b$	1.18	$Sp_b$	G2-G3

Элементы выражены в солнечных единицах. Спектр горячей звезды принят согласно определению Абта по спектру и Коха по цвету. Спектр спутника вычислен по  $\Delta m$  компонентов и отношению поверхностных яркостей.

## Литература:

- Абт, 1965 — Абт Н., PASP 77, №458, 367.  
 Боцула, в печати, Изв. АОЭ 44.  
 Боцула, в печати, Изв. АОЭ 45.

К и т а м у р а и д р., 1957 – Kitamura M., Nakamura T., Takahashi S.,  
Publ. Astr. Soc. Japan **9**, No. 4, 191.  
К о х, 1967 – Koch R., AJ **72**, N3, 411.  
Л а в р о в, 1976, Переменные звезды, прилож., 2, № 11, 349.

Астрономическая обсерватория  
им. Энгельгардта

*Поступила в редакцию  
1 июля 1976 г.*