

Фотоэлектрические наблюдения АН Цефея

С.В. Некрасова

Получены фотоэлектрические кривые блеска затменной переменной АН Сеп через желтый и синий фильтры (BG-25 и GG-7).

Найдены новые элементы изменения блеска:

$$\text{Min hel} = \text{J.D.} 2434989.3702 + 1^{\text{d}}.7747274 \cdot E$$

Определены элементы орбиты при гипотезе "U" и "D" для случая, когда большая звезда в главном минимуме находится впереди, а также масса, размеры компонент и их плотности.

Цветовой эквивалент системы меняется в течение периода очень незначительно, не более чем на $0^{\text{m}}.028$, причем в главном минимуме покраснение системы почти в два раза больше, чем во вторичном минимуме.

Photoelectric Observations of AN Cep

S.V. Nekrasova

Photoelectric light curves of the eclipsing variable AN Cep are obtained using yellow and blue filters (BG-25 and GG-7). New elements are determined:

$$\text{Min hel} = \text{J.D.} 2434989.3702 + 1^{\text{d}}.7747274 \cdot E$$

The elements of the orbit, assuming the "U" and "D" hypothesis, and also the mass, size and density of the components are derived in the case when the star of larger size is in front of the component at primary minimum.

During a period the colour equivalent of the system varies inconsiderably, not more than by $0^{\text{m}}.028$. At primary minimum the system is redder than at secondary minimum by a factor of about 2.

Звезда АН Сеп (BD + 64°1717 = HD 216014, $m_{\text{виз}} = 6^{\text{m}}.7$, ВЗ) открыта Плассеттом как спектрально-двойная система и исследована Пирсом в 1925 г. [1]. Фотоэлектрическими измерениями Стеббинса [2] было установлено, что это затменная переменная звезда с амплитудой блеска $0^{\text{m}}.2$. М.С.Зверев [3] по визуальным и фотографическим наблюдениям 1929–1931 г.г. нашел, что АН Сеп является системой

типа β Lyr с периодом $1^d.7745$. Спектроскопические наблюдения, произведенные Пирсом [4] в 1935 г., дали: $P = 1^d.77476$, $e = 0.034$ и долготу периастра $\omega = 106^\circ.8$.

В 1954 г. в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР нами проведен ряд фотоэлектрических наблюдений АН Сер на звездном электрофотометре, установленном в фокусе Несмита 200 мм меннискового телескопа системы Максутава (МТМ-200) [5]. Приемником служил тринадцатикаскадный фотоумножитель ФЭУ-17 с сурьмяно-цезиевым фотокатодом [6].

Наблюдения блеска АН Сер проводились в двух фильтрах Шотта: BG-25 и GG-7, дававшими в сочетании с фотоумножителем приближенные эффективные длины волн:

$$\lambda_c = 4200 \text{ \AA} \quad \text{и} \quad \lambda_{\text{ж}} = 5100 \text{ \AA} ,$$

отнесенными к источнику с равным распределением энергии по спектру.

Звездой сравнения служила BD + 64°1701 = HD215371 ($m_{\text{виз}} = 6^m.8$, B2). Близость этой звезды по цвету и положению к переменной ($\Delta\alpha = -5^m$, $\Delta\delta = 16'$) обусловила незначительность поправок за атмосферную экстинкцию. Тем не менее учет экстинкции велся нами по ее мгновенным значениям в течение всех наблюдений. Для этого методом, предложенным В.Б.Никоновым и Е.К.Никоновой [6], были найдены внеатмосферные величины звезды сравнения для синего и желтого фильтров по отношению к фотометрическому стандарту (люминофору постоянного действия):

$$m_{\text{оc}} - m_{\text{СТ}} = + 0^m.380 \pm 0^m.002,$$

$$m_{\text{ож}} - m_{\text{СТ}} = + 0^m.135 \pm 0^m.002,$$

где $m_{\text{СТ}}$ — звездная величина стандарта, наблюдавшегося без фильтра.

Отсюда внеатмосферный цветовой эквивалент звезды сравнения в нашей фотометрической системе: $c_o = + 0^m.245$.

Найденные внеатмосферные значения блеска звезды сравнения позволили для каждого наблюдения переменной определить мгновенное значение коэффициента экстинкции для обоих фильтров. Поправки за поглощение света в атмосфере не превышали $0^m.02 - 0^m.03$.

В таблице 1 приведены исправленные за экстинкцию наблюдения АН Сер. Всего получено по 161 наблюдению в каждом фильтре.

Таблица 1

Фотоэлектрические наблюдения АН Сер

J.D.2434...	Фаза	$(v-\alpha)_{\text{ж}}$	$(v-\alpha)_{\text{с}}$	CI	J.D.2434...	Фаза	$(v-\alpha)_{\text{ж}}$	$(v-\alpha)_{\text{ж}}$	CI
979.2629	0 ^p .285	0 ^m .141	0 ^m .393	0 ^m .252	979.4132	0 ^p .370	0 ^m .154	0 ^m .411	0 ^m .257
.2785	.294	.134	.392	.258	.4292	.379	.150	.420	.270
.2840	.297	.143	.392	.249	.5007	.419	.192	.432	.240
.2986	.305	.145	.385	.240	.5195	.429	.206	.457	.251
.3104	.312	.127	.372	.245	.5333	.437	.232	.475	.243
.3299	.323	.130	.368	.238	.5458	.444	.269	.508	.239
.3431	.330	.127	.371	.244	.5639	.454	.282	.516	.234
.3549	.337	.137	.384	.247	981.2682	.415	.198	.437	.239
.3674	.344	.146	.399	.253	.2834	.423	.206	.454	.248
.3986	.361	.145	.397	.252	.2959	.430	.221	.467	.246

Таблица 1 (продолжение)

J.D.2434...	Фаза	$(v-a)_K$	$(v-a)_C$	CI	J.D.2435...	Фаза	$(v-a)_K$	$(v-a)_C$	CI
	p	m	m	m		p	m	m	m
981.3119	0.439	0.230	0.494	0.264	001.5320	0.833	0.134	0.404	0.270
.3404	.455	.272	.499	.227	002.2994	.265	.144	.396	.252
.3536	.463	.289	.532	.253	.3348	.285	.150	.386	.236
.3751	.475	.306	.550	.244	.3605	.300	.154	.400	.246
.3890	.483	.310	.544	.234	.4196	.333	.154	.398	.244
.4182	.499	.328	.560	.232	.4599	.356	.134	.395	.261
.4550	.520	.316	.546	.230	.5335	.397	.152	.419	.267
983.4557	.647	.152	.400	.248	.5640	.414	.163	.446	.283
.4675	.654	.158	.407	.249	003.2571	.805	.154	.392	.238
.4828i	.663	.140	.390	.250	.3126	.836	.140	.395	.255
.4953	.670	.129	.392	.263	.3272	.844	.150	.397	.247
.5189	.683	.139	.387	.248	007.2516	.056	.256	.502	.246
987.2830	.804	.142	.377	.235	.2759	.069	.216	.462	.246
.3059	.817	.159	.387	.228	.2808	.072	.196	.450	.254
.3691	.852	.150	.394	.244	.3058	.086	.192	.437	.245
.3885	.863	.153	.414	.261	.3106	.089	.173	.444	.271
.4059	.873	.164	.412	.248	.3342	.102	.180	.417	.237
.4378	.891	.165	.418	.253	.3398	.105	.180	.413	.233
.4580	.902	.173	.415	.242	.3683	.121	.155	.400	.245
989.2483	.911	.177	.421	.244	.3961	.137	.150	.397	.247
.2608	.918	.204	.444	.240	.4016	.140	.163	.399	.236
.2747	.926	.210	.452	.242	.4217	.151	.164	.398	.234
.2872	.933	.233	.491	.258	.4259	.154	.152	.389	.237
.3060	.944	.246	.496	.250	.4704	.179	.127	.384	.257
.3192	.951	.260	.520	.260	.4780	.183	.143	.383	.240
.3275	.956	.292	.544	.252	.5197	.207	.146	.387	.241
.3414	.964	.309	.559	.250	008.2509	.619	.176	.405	.229
.3469	.967	.321	.578	.257	.2627	.625	.170	.414	.244
.3622	.975	.341	.584	.243	.2759	.633	.161	.406	.245
.3844	.988	.351	.593	.242	.2877	.639	.173	.415	.242
.3990	.996	.358	.601	.243	.3044	.649	.166	.405	.239
.4178	.007	.358	.603	.245	.3214	.658	.157	.399	.242
.4317	.014	.363	.606	.243	.3336	.665	.153	.408	.255
.4532	.027	.330	.590	.260	.3474	.673	.140	.395	.255
.4706	.037	.302	.551	.249	.3599	.680	.141	.385	.244
.4872	.046	.265	.503	.238	.3849	.694	.137	.379	.242
.5004	.053	.266	.497	.231	.4009	.703	.133	.390	.257
.5185	.064	.242	.486	.244	.4141	.711	.136	.384	.248
.5317	.071	.230	.463	.233	.4572	.735	.125	.377	.252
.5456	.079	.205	.438	.233	.4926	.755	.128	.373	.245
990.3511	.533	.295	.549	.254	.5072	.763	.129	.368	.239
.3615	.539	.289	.525	.236	.5197	.770	.122	.368	.246
.3733	.545	.287	.507	.220	.5273	.774	.119	.366	.247
.3851	.552	.273	.514	.241	.5329	.777	.124	.370	.246
.3921	.556	.267	.502	.235	.5488	.786	.117	.363	.246
.3976	.559	.236	.518	.282	.5592	.792	.129	.369	.240
.4233	.573	.206	.458	.252	.5697	.798	.137	.386	.249
.4365	.581	.201	.431	.230	.5829	.806	.153	.402	.251
.4692	.599	.175	.419	.244	.5898	.810	.152	.406	.254
.4956	.614	.159	.432	.273	.5947	.812	.148	.403	.255
.5081	.621	.169	.434	.265	009.3106	.216	.153	.395	.242
.5199	.628	.170	.422	.252	.3259	.224	.138	.393	.255
2435...					.3384	.231	.140	.373	.233
001.2438	.670	.133	.397	.264	.3523	.239	.140	.399	.259
.2570	.678	.136	.402	.266	.3655	.247	.135	.376	.241
.2688	.684	.138	.396	.258	.3891	.260	.132	.377	.245
.2827	.692	.135	.383	.248	.4072	.270	.135	.371	.236
.2979	.701	.126	.382	.256	.4197	.277	.138	.381	.243
.3111	.708	.130	.372	.242	.4412	.289	.153	.385	.232
.3236	.715	.138	.384	.246	012.2607	.878	.170	.411	.241
.3368	.723	.144	.381	.237	.2718	.884	.173	.411	.238
.3486	.729	.142	.385	.243	.2830	.891	.173	.422	.249
.3653	.739	.124	.365	.241	.2941	.897	.183	.428	.245
.3917	.754	.125	.380	.255	.3156	.909	.165	.416	.251
.4049	.761	.134	.383	.249	.3281	.916	.183	.442	.259
.4202	.770	.135	.384	.249	.3391	.923	.192	.461	.269
.4424	.782	.132	.386	.254	.3538	.930	.212	.458	.246
.4584	.791	.139	.383	.244	.3823	.946	.256	.507	.251
.4813	.804	.144	.402	.258	.3948	.954	.282	.519	.237
.5049	.817	.161	.388	.227	.4066	.960	.308	.542	.234
.5222	.827	.139	.399	.260	.4225	.969	.325	.554	.229

Разы, вычисленные по элементам, найденным М.С.Зверевым [3]:

$$\text{Min}_{\odot} = \text{J.D.}2426440.495 + 1^{\text{d}}77465 \cdot \text{E} \quad (1)$$

оказались смещенными на $+0^{\text{p}}25$. Исходя из этого смещения, нами были определены новые элементы:

$$\text{Min}_{\odot} = \text{J.D.}2434989.3702 + 1^{\text{d}}7747274 \cdot \text{E} \quad (2)$$

Для подтверждения точности выведенных элементов были вычислены эпохи главных и вторичных минимумов по имеющимся фотографическим, визуальным и спектроскопическим наблюдениям. Результаты приведены в таблице 2.

Наблюдаемые моменты минимумов	E	O - C	Автор	Таблица 2
2415500.11	- 10981.5	- 0.051	Min II	Зверев [3]
24076.621	- 6149	+ .028	Min I	Мур [18]
24078.326	- 6148	- .011	"	Зверев [3]
25388.089	- 5410	- .003	"	Хаффер, Ягген [9]
25835.345	- 5158	+ .011	"	Зверев [3]
25836.27	- 5157	+ .032	Min II	Зверев [17]
26440.487	- 4817	- .012	Min I	Зверев [3]
564.728	- 4747	- .006	"	"
985.34	- 4500	- .005	"	"
34714.309	- 155	+ .012	"	Крымские наблюд. 1951 г. (не опубликованные)
981.402	- 4.5	+ .010	Min II	Крымские наблюд. 1954 г.
989.388	0	+ .010	Min I	" " "

В третьей колонке таблицы даны отклонения наблюдаемых минимумов от вычисленных (O - C) по новым элементам (2).

Ректификация кривых блеска по точкам, лежащим вне главного и вторичного минимумов, производилась по формуле, предложенной В.А.Кратом [7]:

$$\Delta m = a + b \sin^{\frac{3}{2}} \frac{\theta}{2} + c \cos^2 \theta \quad (3)$$

где a , b , c означают соответственно поправку к принятому значению нуля, амплитуду эффекта отражения и амплитуду эффекта эллипсоидальности компонент. При малых значениях b и c эта формула дает хорошие результаты.

Решая условные уравнения вида (3) способом наименьших квадратов (без учета эффекта отражения), находим следующие коэффициенты ректификации:

$$\begin{aligned} a_{\text{ж}} &= + 0^{\text{m}}133 \pm 0^{\text{m}}001 & a_{\text{с}} &= + 0^{\text{m}}380 \pm 0^{\text{m}}002 \\ c_{\text{ж}} &= + 0^{\text{m}}045 \pm 0^{\text{m}}006 & c_{\text{с}} &= + 0^{\text{m}}059 \pm 0^{\text{m}}008 \end{aligned}$$

Коэффициент отражения b оказался малой величиной, лежащей в пределах точности ее определения:

$$b = -0^{\text{m}}006 \pm 0^{\text{m}}004.$$

Спектральные классы и светимости главной звезды и спутника, со

гласно наблюдениям Н.Роман, одинаковы (В 0.5, III) [8], размеры их и эффективные температуры, очевидно, также близки между собой, а поэтому можно ожидать, что эффект отражения как от главной звезды так и от спутника одинаков. Это обстоятельство дает сглаживание максимумов кривой блеска и тем самым приводит не только к недооценке эффекта отражения, но и к несколько преуменьшенному значению коэффициента эллипсоидальности компонент. Можно думать, что кривая блеска при ректификации будет недоисправлена.

Ввиду малости коэффициента эллипсоидальности, ректификация кривых блеска производилась в звездных величинах по формуле:

$$\Delta m_{\text{рект.}} = \Delta m_{\text{набл.}} - a - c \cos^2 \theta$$

После ректификации установлено, что никакого сдвига середины главного минимума от нулевой фазы нет. Не обнаружено также заметного смещения вторичного минимума относительно главного, что указывает на незначительный эксцентриситет орбиты. При дальнейшем решении орбита принималась круговой, хотя наблюдения других авторов обнаружили эксцентриситет $e = 0.03$ [4,9].

Обе ветви кривых симметричны и не имеют какого-либо запаздывания в наступлении моментов минимумов в желтых и синих лучах (эффект Тихова—Нордмана), появляющегося вследствие приливного трения от несовпадения осевого и орбитального вращений в двойных системах [10].

Ректифицированные кривые блеска, как в синих так и в желтых лучах, имеют несколько различную высоту максимумов до и после главного минимума. По исследованиям кривых блеска UX Mon [11], β Lyr [12], SX Cas [13], U Ser [14], Z Dra [15], V505 Sgr [16] и др. такой эффект является следствием движения газовых потоков, вытекающих из атмосферы одного из спутников системы, что можно ожидать и у AN Ser как системы типа β Lyr. Разность высот максимумов для AN Ser оказалась приблизительно равной 0^m.01.

Определение элементов орбиты AN Ser произведено методом В.А.Крата [7] для случая подобных эллипсоидов с большой осью, направленной по линии центров. Путем нескольких проб и приближений наилучшее представление кривой блеска удалось получить при гипотезе, что в главном минимуме большая и слабая звезда находится впереди, а также в предположении полного потемнения к краю по закону косинусов:

$$I(\theta) = I\left(\frac{\pi}{2}\right) [1 + x(\theta) \cos \theta].$$

При этом считается, что в момент затмения распределение яркости с достаточной степенью приближения может считаться лишь функцией расстояния от центра диска (Гип. D = 1.0).

При определении элементов орбиты AN Ser Хаффером и Эггеном [9] принята гипотеза, когда малая звезда впереди в главном минимуме.

Величина большой полуоси видимого эллипса звезды (проекция эллипсоида на плоскость, перпендикулярную к лучу зрения) определяется формулой:

$$a_1 = [1 - z \cos^2 \theta]^{1/2},$$

т.е. большая полуось меняется с фазой.

Здесь $z = \epsilon^2 \sin^2 i$, где ϵ — эксцентриситет экваториального сечения компонент, i — наклонность орбиты к плоскости, перпендикулярной к лучу зрения, z — фактор эллипсоидальности компонент.

При решении, z_0 (для гип. "U") получился равным $\sim 0^m.083$ и $0^m.106$, а z_D (гип. "D") $\sim 0^m.045$ и $0^m.059$, соответственно для кривых в желтом и синем фильтрах.

Вычисленные элементы орбиты приведены в таблице 3.

На рис.1 представлены фотоэлектрические наблюдения с желтым и синим фильтрами и теоретические кривые, вычисленные по полученным элементам орбиты системы АН Сер.

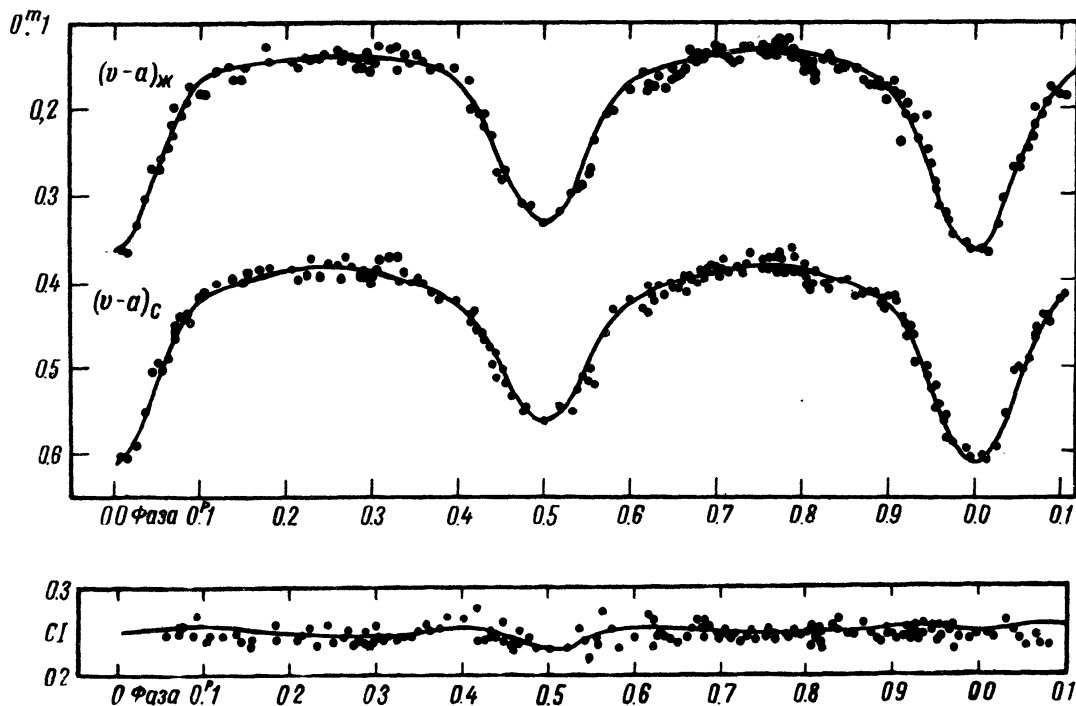


Рис.1

На рис.1 ниже кривых блеска в том же масштабе нанесен цветовой эквивалент системы ($m_C - m_J$), указывающий на незначительные изменения цвета в главном и вторичном минимумах в течение одного периода.

Цветовой эквивалент системы АН Сер, вычисленный по индивидуальным наблюдаемым точкам кривых блеска (столбец 6, табл.1), имеет из-за случайных ошибок наблюдений плохо различаемые изменения в течение одного периода колебания блеска. Для сравнения нами была построена кривая цветового эквивалента ($m_C - m_J$) по теоретическим кривым блеска, полученным по найденным элементам орбиты (гип. "D").

Кривая цветового эквивалента системы АН Сер, нанесенная на рис.2 в большом масштабе, показывает наибольшую амплитуду цвета ($\sim 0^m.028$) во вторичном минимуме, что не противоречит наблюдаемой кривой (рис.1).

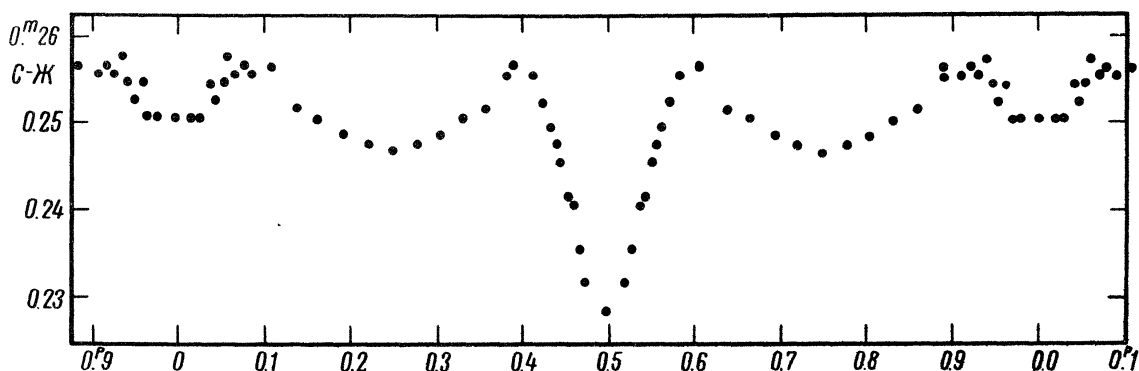


Рис.2

Система АН Сер становится во вторичном минимуме более синей, чем в главном минимуме. В этом случае, по принятой нами гипотезе, впереди проходит более яркая и более массивная ($M_b = 14.9 \odot$) компонента. Цветовой эквивалент показывает, что спектральный класс этой яркой компоненты более ранний (O9), чем спектральный класс второй компоненты.

В главном минимуме впереди находится менее массивная составляющая ($M_f = 12.9 \odot$) более позднего спектрального класса (по нашим определениям $\sim B0$). Здесь амплитуда CI меньше, чем во вторичном минимуме.

В максимумах блеска видны обе компоненты. CI в максимуме блеска несколько меньше среднего значения цветовых эквивалентов в минимумах.

В связи с изменениями CI в течение одного периода большой интерес представляет определение массы и размеров компонент двойной системы АН Сер.

По спектральным наблюдениям Пирса [3] (переработанным Зверевым) имеем:

$$M_b \sin^3 i = 11.10 \odot$$

$$M_f \sin^3 i = 9.61 \odot$$

$$(a_1 + a_2) \odot = 18.448 \odot - \text{сумма больших полу-}$$

осей орбиты системы АН Сер.

По выведенному нами среднему значению наклона орбиты к лучу зрения $i = 65^\circ$, массы и большие полуоси компонент получались равными:

$$M_b = 14.9 \odot$$

$$a_b = 5.9 \odot$$

$$M_f = 12.9 \odot$$

$$a_f = 7.6 \odot$$

откуда плотности компонент равны:

$$\rho_b = 0.071 \odot,$$

$$\rho_f = 0.029 \odot$$

Малые плотности дают возможность предположить, что компоненты не имеют резких границ.

Отношения поверхностных яркостей

$$J_{\text{ж}} = \frac{L_b a_f^2}{L_f a_b^2} = 2.5, \quad J_c = 1.44$$

указывают, что поверхностная температура составляющих должна быть несколько различной. Это подтверждается также наблюдаемыми значениями цветовых эквивалентов. Отсюда следует, что спектры компонент должны быть несколько различными, что находится в некотором противоречии с результатами Роман [3].

Найденные элементы изменения блеска и орбиты приведены в таблице 3 для гипотез "U" и "D" в желтых и синих лучах.

Таблица 3

	$\lambda_{\text{эф}} \sim 5200 \text{ \AA}$		$\lambda_{\text{эф}} \sim 4200 \text{ \AA}$	
	Гип."U"	Гип."D"	Гип."U"	Гип."D"
P — период обращения	1.7747274			
T ₀ — начальная эпоха	J.D.2434989.3702			
m — яркость в максимуме	6. ^m 63	6. ^m 38		
A ₁ — амплитуда главного мин.	0. ^m 234	0. ^m 231		
A ₂ — амплитуда вторичного мин.	0. ^m 198	0. ^m 181		
D ₁ — полупродолжительность затмений (в главном и вторичном минимумах)	0. ^p 102	0. ^p 115	0. ^p 102	0. ^p 107
α_1 — наибольшая площадь затмения	0.4	0.55	0.31	0.30
k — отношение полуосей компонент	0.74	0.775	0.82	0.85
1- λ_1 — потеря блеска в главном мин.	0.156	0.154	0.147	0.147
1- λ_2 — " " во втор. мин.	0.132	0.132	0.110	0.107
a_b — большая полуось яркой звезды	0.299	0.318	0.333	0.334
a_f — " " слабой звезды	0.404	0.410	0.406	0.393
b_b — малая полуось яркой звезды	0.284	0.310	0.332	0.323
b_f — " " слабой звезды	0.383	0.400	0.404	0.380
L _b — интенсивность яркой компоненты	0.610	0.600	0.526	0.510
L _f — " слабой компоненты	0.390	0.400	0.474	0.490
J _b /J _f — отношение поверхностных яркостей	2.86	2.5	1.65	1.44
i — наклон орбиты к лучу зрения	66° 7	65° 1	65° 7	63° 9
m _{b⊙} — масса яркой компоненты	14.3 _⊙	14.9 _⊙	14.7 _⊙	15.3 _⊙
m _{f⊙} — " слабой компоненты	12.4 _⊙	12.9 _⊙	12.7 _⊙	13.3 _⊙
$a_{b\odot}$ — большая полуось яркой компоненты	5.5 _⊙	5.9 _⊙	6.2 _⊙	6.2 _⊙
$a_{f\odot}$ — " " слабой " "	7.4 _⊙	7.7 _⊙	7.5 _⊙	7.3 _⊙
$\rho_{b\odot}$ — плотность яркой компоненты	0.08 _⊙	0.07 _⊙	0.06 _⊙	0.06 _⊙
$\rho_{f\odot}$ — " слабой " "	0.03 _⊙	0.03 _⊙	0.03 _⊙	0.03 _⊙

Литература

1. J.A. Pearce, Publ. DAO Canada **3**, №6, 171, 1925.
2. J. Stebbins, Publ. Washburn Obs **15**, №5, 237, 1934, J. Stebbins, PA **37**, 155, 1928.
3. Ч.С.Зверев, ПЗ **4**, 177, 1933.
4. J.A. Pearce, JRAS Canada **43**, 413, 1935.
5. Н.О.Чечик, С.М.Файнштейн и Т.М.Лифшиц, "Электронные ум-

пожители" стр. 227, 1945.

6. В.Б. Никонов, Е.К. Чиканова, Изв. Крым. Астрофиз. обс. **9**, 41, 1952.
7. В.А. Крат, АЖ **XI**, №5, 407, 1934.
8. N.G. Roman, ApJ **123**, №2, 246, 1956.
9. C.M. Huffer and O.J. Eggen, ApJ **106**, 313, 1947.
10. Ph.H. Tayler, ApJ **94**, №1, 46, 1941.
11. B.S. Whitney, PASP **68**, 253, 1956;
O. Struve, ApJ **106**, 255, 1947.
12. А.Н. Дадаев, Изв. ГАО №152, 1954.
13. S. Garoschkin, ApJ **100**, 221, 1944.
14. М.А. Свечников, ИЗ **10**, №5, 262, 1955;
Н.И. Чудовичев, Бюлл. Астрон. обс. Энгельгардта №17, 1939.
15. И.М. Ищенко, Бюлл. Ташк. Обс. **2**, №9, 435, 1947.
16. А.В. Софроницкий, Изв. ГАО **19**, №151, 1953.
17. M. Zverev, BZ **13**, 25, 1931
18. J.H. Moore, Lick Obs. bull. №483, 16, 1936.

Крымская астрофизическая обсерватория
Март 1960 г.