

# Фотометрическое исследование тесной двойной системы V453 Лебедя.

Г.В. Волкова, А.И. Пихун.

The photometric investigation of close binary system V 453 Cygni,  
by G.V. Volkova and A.I. Pikhun.

Главный компонент V453 Cyg относится к главной последовательности, но уже достиг 70% радиуса своей полости Роша. Имеются признаки потери вещества в виде звездного ветра. Из статистических расчетов известен квадратичный член изменения периода этой затменной системы. В данной работе исследовалась переменность периода V 453 Cyg.

По фотовизуальным пластинкам семикамерного астрографа Астрономической обсерватории Одесского университета получено более 1600 измерений блеска V 453 Cyg за 1957—1985 годы. Построены средняя кривая блеска и 19 сезонных. В некоторых случаях при малом количестве пластинок наблюдения объединялись за несколько лет.

Среднеквадратичная погрешность средних точек на максимальной части кривой блеска  $0^m.01$ . Получено 19 моментов минимумов. С точностью  $\pm 0^s.005$  не найдено отклонений наблюдаемых минимумов от расчетных, так что изменений периода не обнаружено. Вторичный минимум на всех сезонных кривых блеска находится на фазе  $0^s.508 \pm 0^s.02$ . Это объясняется наличием у системы эксцентриситета орбиты  $e=0.02$ , что подтверждает результаты других авторов. Среднеквадратичная погрешность индивидуального измерения  $0^m.05$ .

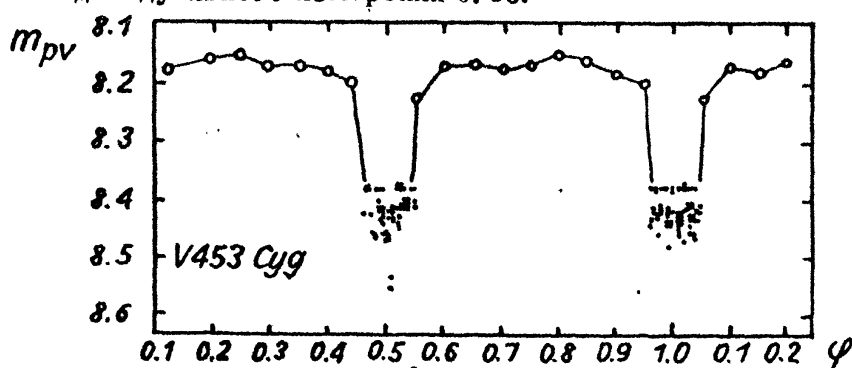


Рис. 1. Фотографическая кривая блеска V453 Cyg.

Одесский государственный университет.

## Нелинейный закон потемнения яркого компонента YZ Кассиопеи в красной области спектра.

А.А. Рубашевский.

Nonlinear law of limb darkening in the bright component of YZ Cassiopeiae in the red spectral region, by A.A. Rubashevski.

На языке ФОРТРАН предложен алгоритм решения кривых блеска затменных переменных для кольцеобразных и полных затмений, когда известны относительные потоки  $L_1$  и  $L_2$  компонентов. Здесь, как и в дальнейшем, обозначения общепринятые. Рассмотрена модель шаровых

звезд на круговых орбитах, когда эффекты близости компонентов отсутствуют. В качестве критерия истинности решения принято условие наилучшего среднеквадратичного согласия рассчитанной кривой с наблюдаемыми нормальными точками кривой блеска. Потеря блеска нормируется на полный поток от затмеваемой звезды. Решение отыскивается перебором геометрических параметров системы  $r_1$ ,  $r_2$  и  $i$  в окрестности известного приближенного решения. На первом этапе осуществляется отыскание области допустимых значений  $r_1$ ,  $r_2$  и  $i$  при линейном законе потемнения. Для каждой тройки  $r_1$ ,  $r_2$  и  $i$  способом наименьших квадратов отыскивается свое значение  $u$  и стандартное отклонение  $\epsilon_u$  рассчитанной кривой от кривой блеска. В области допустимых значений  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $i$  и  $u$  величины  $O-C$  не должны обнаруживать систематического хода. В такой постановке задачи так определяемое значение  $u$  имеет смысл  $u_{\text{я}}$ . Напомним, что величина  $u_{\text{я}}$  равняется  $u_{\text{п}}$  в том понимании, что она берет на себя однопараметрическое описание распределения поверхностной яркости по диску звезды, заменяя реальный закон потемнения<sup>1</sup>. В то же время при этом нарушается условие сохранения полного потока при замене реального закона потемнения линейным законом<sup>2</sup>. Так что теперь необходимо перейти от  $u_{\text{я}}$  к  $u_{\text{п}}$ . Разности  $u_{\text{я}} - u_{\text{п}}$  в зависимости от исследуемой области спектра и  $T_{\text{eff}}$  затмеваемой звезды уверенно определяются из моделей атмосферы.

На втором этапе для полученной ранее геометрии системы из условия сохранения полного потока

$$\int_0^1 (1 - u_{\text{п}} - u_{\text{п}} \mu) \mu d\mu = \int_0^1 \{1 - a(1 - \mu) - b f(\mu)\} \mu d\mu,$$

когда  $f(\mu)$  равно (1)  $1 - \mu^2$ , (2)  $(1 - \mu)^2$ , (3)  $(1 - \mu)^3$ , (4)  $(1 - \mu)^4$ , (5)  $\mu \lg \mu$ , (6)  $\mu (\lg \mu)^3$ , исключается один из параметров,  $a$  или  $b$ . Оставшийся параметр определяется аналогично параметру  $u_{\text{я}}$ , но для фиксированной геометрии системы, определенной на первом этапе. Область допустимых значений  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $i$  и  $u$  определяет и пределы изменения параметров  $a$  и  $b$ , как и саму возможность отыскания нелинейного закона потемнения.

Предложенная методика применена для решения красной кривой Крона<sup>3</sup> YZ Cas в кольцеобразном затмении.  $L_1 = 0.8974$ ,  $L_2 = 0.1026$ . Точность  $\delta \epsilon_u$  расчета величины  $\epsilon_u$  равна 27–5 (в записи "мантисса — порядок"), что равносильно 0.0000027 в долях суммарного потока от системы вне затмения. Нормировка кривой потери блеска на  $L_1$  исключает из рассмотрения центральную интенсивность  $\dot{I}_{01}$  излучения затмеваемой звезды. Область допустимых значений  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $i$  и  $u$  соответствует уровню ошибки  $\epsilon_u$ , равному 780–3. Так что  $\epsilon_u \approx (\epsilon_u)_{\text{min}} + 4\delta \epsilon_u$ . Результаты расчета на границе области  $\epsilon_u$ , а также наиболее вероятнейшее решение приведены в таблице. Наилучшими оказались законы потемнения (1) и (2), для которых приведены значения  $a_1$ ,  $b_1$  и  $a_2$ ,  $b_2$ , а также соответствующие им стандартные отклонения  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ . Для  $T_{\text{eff}}$  A2m-звезды принято значение 9000°K<sup>4,5</sup>, так что по нашим данным  $u_{\text{я}} - u_{\text{п}} = 0.017$ .

Таблица.

|                         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $r_1$                   | 0.1446  | 0.1444  | 0.1446  | 0.1449  | 0.1444  | 0.1446  | 0.1449  | 0.1447  |
| $r_2$                   | 0.0754  | 0.0755  | 0.0755  | 0.0755  | 0.0756  | 0.0756  | 0.0756  | 0.0757  |
| $i$                     | 88°35   | 88°29   | 88°29   | 88°32   | 88°25   | 88°25   | 88°27   | 88°23   |
| $u_{\text{я}}$          | 0.342   | 0.324   | 0.335   | 0.350   | 0.315   | 0.326   | 0.342   | 0.323   |
| $\epsilon_u$            | 7814-3  | 7799-3  | 7796-3  | 7803-3  | 7810-3  | 7795-3  | 7782-3  | 7828-3  |
| $u_{\text{п}}$          | 0.325   | 0.307   | 0.318   | 0.333   | 0.298   | 0.309   | 0.325   | 0.306   |
| $\epsilon u_{\text{п}}$ | 10417-2 | 10130-2 | 10199-2 | 10354-2 | 10237-2 | 10324-2 | 10318-2 | 10163-2 |
| $a_1$                   | 0.4880  | 0.4590  | 0.4770  | 0.4986  | 0.4536  | 0.4727  | 0.4913  | 0.4616  |
| $b_1$                   | -0.1087 | -0.1013 | -0.1060 | -0.1104 | -0.1037 | -0.1091 | -0.1109 | -0.1037 |
| $\epsilon_1$            | 7878-3  | 7908-3  | 7741-3  | 7682-3  | 7909-3  | 7744-3  | 7615-3  | 7822-3  |
| $a_2$                   | 0.2707  | 0.2563  | 0.2650  | 0.2778  | 0.2461  | 0.2545  | 0.2696  | 0.2541  |
| $b_2$                   | 0.1087  | 0.1013  | 0.1060  | 0.1104  | 0.1037  | 0.1089  | 0.1109  | 0.1037  |
| $\epsilon_2$            | 7878-3  | 7908-3  | 7741-3  | 7682-3  | 7909-3  | 7734-3  | 7615-3  | 7822-3  |

Наивероятнейший результат  $r_1=0.14465$ ;  $r_2=0.07554$ ;  $i=88^\circ 294$ ;  $u_{\text{я}}=-0.333$ ;  $\epsilon_u=7698-3$ ;  $u_{\text{п}}=0.316$ ;  $\epsilon u_{\text{п}}=10288-2$ ;  $a_1=0.4775$ ;  $b_1=-0.1077$ ;  $\epsilon_1=7751-3$ ;  $a_2=0.2622$ ;  $b_2=0.1077$ ;  $\epsilon_2=7752-3$ .

Из таблицы следует, что условия  $b_1=-b_2$  и  $a_1+2b_1=a_2$  выполняются с высокой степенью точности, что определило число приведенных значащих цифр у параметров  $a$  и  $b$ . Область допустимых значений  $r_1$ ,  $r_2$  и  $i$  резко асимметрична; в пределах области заметно уменьшение  $i$  с ростом  $r_2$ ; для  $r_2=0.0754$  и  $0.0757$  — единственные приведенные результаты, наиболее близкие по  $\epsilon_u$  к границе области с  $\epsilon_u=780-3$ . Тот факт, что  $r_2$  определяется значительно точнее, чем  $r_1$ , по-видимому, является характерной особенностью, присущей не только решению красной кривой YZ Cas.

Полученная геометрия красной кривой YZ Cas не удовлетворяет синей кривой YZ Cas Крона<sup>6</sup>. Мы связываем этот результат с систематическими погрешностями, скорее всего, синей кривой по отношению к красной.

Предложенная Халиуллыными<sup>7</sup> методика решения задачи в рамках кольцевой модели, несколько нами видоизмененная характером разбиений на кольцевые зоны (границы крайних зон касаются затмевающего диска, область воспроизводимости на затмеваемом диске, которая появляется при  $\Delta < r_2$ , интегрируется точно), привела к следующему наивероятнейшему решению красной кривой YZ Cas:  $r_1=0.14470$ ;  $r_2=0.07550$ ;  $i=88^\circ 320$ ;  $u_{\text{я}}=0.339$ ;  $\epsilon_u=758-3$ ;  $u_{\text{п}}=0.322$ ;  $\epsilon u_{\text{п}}=1013-2$ ;  $a_1=0.4834$ ;  $b_1=-0.1076$ ;  $\epsilon_1=757-3$ ;  $a_2=0.2683$ ;  $b_2=0.1073$ ;  $\epsilon_2=758-3$ . Поскольку для этой методики  $\delta \epsilon_u$  раза в три большее, этот результат, несмотря на полученное значение  $\epsilon_u$ , является менее точным, обусловленным флуктуациями в  $\epsilon_u$ . Хуже выполняются и соотношения между  $a$  и  $b$  для законов (1) и (2). Решение красной кривой YZ Cas Крона<sup>3</sup> в полном затмении по полученной геометрии красной кривой в кольцевом минимуме позволило определить для звезды F5 V только  $u_{\text{я}}$ ;  $u_{\text{я}}=0.44 \pm 0.03$ ; по нашим данным для нее  $u_{\text{я}} - u_{\text{п}}=0.012 \pm 0.003$ . Нелинейный закон не улучшил  $\epsilon$  по сравнению с  $\epsilon u_{\text{п}}$ , что говорит в пользу линейности закона потемнения F5 V-звезды.

Решение красной кривой YZ Cas Крона<sup>3</sup> с весами Лаврова<sup>8</sup> привело к следующему наиболее вероятному решению:  $r_1=0.14457$ ,  $r_2=0.07556$ ,  $i=88^\circ.281$ ,  $u_{\text{я}}=0.327$ ,  $\epsilon_{\text{я}}=7240-3$ ,  $u_{\text{п}}=0.310$ ,  $\epsilon_{\text{п}}=9048-3$ ,  $a_1=0.4450$ ,  $b_1=-0.0900$ ,  $\epsilon_1=7353-3$ ,  $a_2=0.2650$ ,  $b_2=0.0900$ ,  $\epsilon_2=7353-3$ . Мы видим, что введение весов несколько сгладило кривую Крона<sup>3</sup>, соответственно уменьшив все  $\epsilon$ .

Таким образом, нелинейный закон потемнения А-звезды YZ Cas получается достаточно уверенно. По сравнению с решением для  $u_{\text{п}}$  закон потемнения (1), или равноценный ему (2) улучшает согласие с наблюдаемой кривой примерно на 25%. Искать нелинейный закон, пользуясь  $u_{\text{я}}$  вместо  $u_{\text{п}}$ , принципиально неверно. Это касается и поиска геометрических параметров в процессе решения с заданными заранее  $u_{\text{п}}$ : получаемая при этом геометрия системы будет соответствовать взятому значению  $u$ , но имеющему теперь смысл  $u_{\text{я}}$ .

<sup>1</sup>Шульберг А.М., 1973, АЖ **50**, 981. <sup>2</sup>Рубашевский А.А., 1974, Астрометрия и астрофиз., вып. 24, 88. <sup>3</sup>Kron G.E., 1942, ApJ **96**, 173. <sup>4</sup>Глаголевский Ю.В., Чунакова Н.М., 1986, Астрофиз. исслед. **22**, 39. <sup>5</sup>Grygar J., Cooper M.L., Jurkevich I., 1972, VAS **23**, 147. <sup>6</sup>Kron G.E., 1939, Lick Bull **19**, No.499, 59. <sup>7</sup>Халиуллина А.И., Халиуллин Х.Ф., 1984, АЖ **61**, 393. <sup>8</sup>Лавров М.И., 1970, Труды Казанской гор. АО, вып. 37, 3.

ГАО АН УССР,

Институт проблем материаловедения АН УССР.

# **Эволюционный статус систем типа W Большой Медведицы.** **Л.Ф.Истомин.**

Evolutionary status of the W Ursa Majoris type systems, by L.F. Istomin.

1. По данным наблюдений короткопериодических тесных двойных систем (ТДС) поздних спектральных классов, относящихся к типу W UMa (а) системы имеют близкие глубины минимумов кривых блеска даже при большом различии масс компонентов, (б) наблюдаются нестабильность кривых блеска, различия формы максимумов, "усложнения" на кривых блеска, вспышки, плавные и скачкообразные изменения периодов, эмиссионные линии в спектрах, изменения степени поляризации излучения с фазой, переменность потоков радио и рентгеновских излучений, (в) системы присутствуют в составе рассеянных скоплений разного возраста, в составе кратных звездных систем.

2. Анализ пространственного распределения свидетельствует об их принадлежности (как и других типов ТДС) к плоской составляющей Галактики ( $\beta=90$  пк), околосолнечная пространственная плотность  $\sim 2 \cdot 10^{-4}$  систем/пк<sup>3</sup>.

3. Анализ поляризационных изменений и изменений периодов показывает, что от главного компонента к спутнику перетекает масса со скоростью от  $10^{-6}$  до  $10^{-8} M_{\odot}$ /год.

4. Анализ физических характеристик компонентов систем позволил установить, что главные компоненты заполняют свои внутренние крити-