

СВЕТОВОЕ УРАВНЕНИЕ В ЗАТМЕННОЙ ДВОЙНОЙ CV BOO

А. И. Богомазов¹, В. С. Козырева¹, Б. Л. Сатовский²,
В. Н. Крушевская³, Ю. Г. Кузнецова³,
Ш. А. Эгамбердиев⁴, Р. Г. Каримов⁴, А. В. Халикова⁴,
М. А. Ибрагимов⁵, Т. Р. Ирсмамбетова¹, А. В. Тутуков⁵

¹МГУ им. М. В. Ломоносова,

*Государственный астрономический институт
им. П. К. Штернберга, ²Компания «Астротел», ³Главная
астрономическая обсерватория Национальной академии наук
Украины, ⁴Астрономический институт им. М. Улугбека академии
наук Узбекистана, ⁵Институт астрономии Российской
академии наук*

Короткопериодическая затменная двойная звезда CV Boo изучена методом светового уравнения. Были использованы данные о моментах минимумов из литературы и из наших наблюдений в мае—июле 2014 г. Была найдена периодическая вариация орбитального периода системы с периодом ≈ 75 дней. Эта вариация может быть объяснена гравитационным воздействием третьего тела с массой $\approx 0.4 M_{\odot}$ на вытянутой орбите с эксцентриситетом $e \approx 0.9$. Также обсуждается возможность изменения орбитального периода на больших шкалах времени. Предлагаемое третье тело находится близко к хаотической зоне вокруг центральной двойной, поэтому оно может быть интересно для изучения его динамической эволюции.

LIGHT EQUATION IN ECLIPSING BINARY CV BOO

А. И. Bogomazov¹, V. S. Kozyreva¹, B. L. Satovskii²,
V. N. Krushevskaya³, Yu. G. Kuznyetsova³,
Sh. A. Eghamberdiev⁴, R. G. Karimov⁴, A. V. Khalikova⁴,
M. A. Ibrahimov⁵, T. R. Irsмамbetova¹, A. V. Tutukov⁵

¹*M. V. Lomonosov Moscow State University, P. K. Sternberg
Astronomical Institute, ²AstroTel Ltd., ³Main Astronomical
Observatory, National Academy of Sciences of Ukraine, ⁴Ulugh Beg*

© Богомазов А. И., Козырева В. С., Сатовский Б. Л., Крушевская В. Н.,
Кузнецова Ю. Г., Эгамбердиев Ш. А., Каримов Р. Г., Халикова А. В.,
Ибрагимов М. А., Ирсмамбетова Т. Р., Тутуков А. В., 2018

A short period eclipsing binary star CV Boo is tested for the possible existence of new bodies in the system with a help of the light equation method. We use data about moments of minima from the literature and our observations during May—July 2014. A periodical variation of CV Boo's orbital period is found, the variation's period is ≈ 75 days. This variation can be explained by the gravitational influence of a third star with a mass $\approx 0.4M_{\odot}$ in an eccentric orbit with $e \approx 0.9$. A possibility for orbital period changes in long time scales is discussed. The suggested tertiary companion is near the chaotic zone around the central binary, so it is an interesting example to test its dynamical evolution.

Современная астрономия уделяет большое внимание тройственности и кратности звезд: стабильность орбит в таких системах, влияние дополнительных тел на центральную двойную, их динамическая эволюция особенно интересны. CV Boo — затменная двойная звезда с периодом $P = 0.8469938$ дней, спектральный класс главной звезды пары G0. Мы наблюдали эту звезду на 50 см телескопе АМТ-1 на Майданакской обсерватории. Наблюдения проводились непрерывно в течение ночи по 5—7 ч с экспозицией 8—20 с. Полученные данные были обработаны при помощи программы C-Munipack¹. Ошибки отдельных наблюдательных точек составили $0.0024^m - 0.004^m$ в разные ночи. На основе этих данных были построены кривые блеска системы, в свободном поиске моделированием кривых блеска при фиксированных геометрических параметрах системы было найдено 14 моментов минимумов блеска.

Далее система изучалась методом светового уравнения (тайминга затмений). Если вокруг центральной двойной обращается одно (или несколько) дополнительных тел, то гравитационное воздействие этого тела (тел) смещает центр масс центральной пары относительно наблюдателя. Смещение вызывает вариации моментов затмений (минимумов), меняя видимый для нас орбитальный период системы (также изменять орбитальный период могут перенос вещества в тесных двойных и пульсации одной или обеих звезд пары).

Для анализа отклонений моментов минимумов как функции времени мы использовали метод наименьших квадратов с весами измерений, так как различные наблюдательные точки имеют разную

¹<http://c-munipack.sourceforge.net>

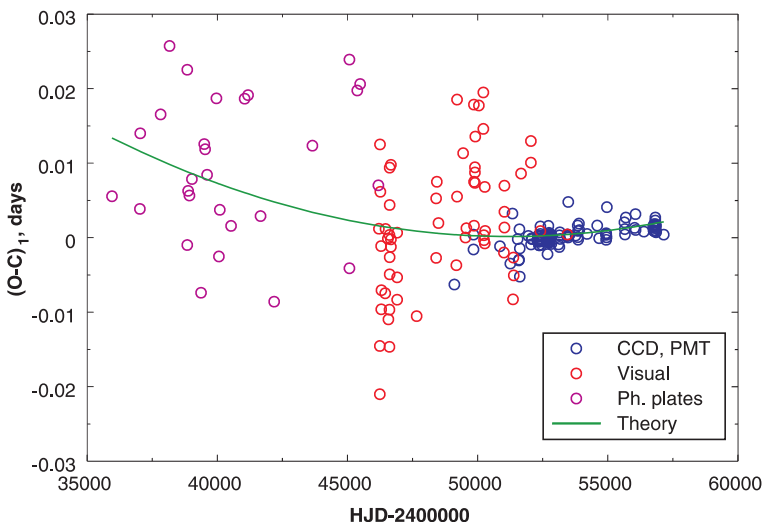


Рис. 1. $(O - C)_1$ -диаграмма векового изменения орбитального периода CV Boo. Величины $(O - C)_1$ вычислены с использованием наблюдаемых моментов минимумов и эфемерид. Точками показаны наблюдаемые значения для фотозэлектрических (ПЗС и ФЭУ), визуальных и фотографических наблюдений. Непрерывная кривая показывает теоретическую модель

точность. Наблюдения были разделены на три группы: фотографические, визуальные и фотоэлектрические (при помощи ПЗС или ФЭУ). При помощи статистических критериев (распределение Стьюдента, гипотеза нулевого среднего, критерий χ^2) было установлено, что на больших промежутках времени отклонения $(O - C)$ (наблюдаемые минус вычисленные по эфемеридам) моментов минимумов носят квадратичный характер (рис. 1). Количественно это выражается так:

$$\text{Min } I = T_0 + P_0 \times E + \frac{\Delta P}{2} \times E^2, \quad (1)$$

где $T_0 = \text{HJD } 2452321.84548$; $P_0 = 0.846993520$ дней; $\Delta P = 8.14 \pm 4.07 \times 10^{-11}$ дней; E — количество орбитальных циклов от начальной эпохи T_0 . Физическая природа векового изменения не может быть указана при помощи существующих данных. Возможно, она объясняется одним из следующих механизмов: (i) ресинхрони-

зацией орбитального вращения одной или обеих звезд пары с орбитальным вращением системы (ранее синхронизация была нарушена воздействием третьего тела); (ii) гравитационным воздействием дополнительного тела, орбитальный период которого составляет несколько десятков лет; (iii) магнитным механизмом, изменяющим квадрупольный момент одной из звезд (или обеих); (iv) медленным перетеканием вещества в системе.

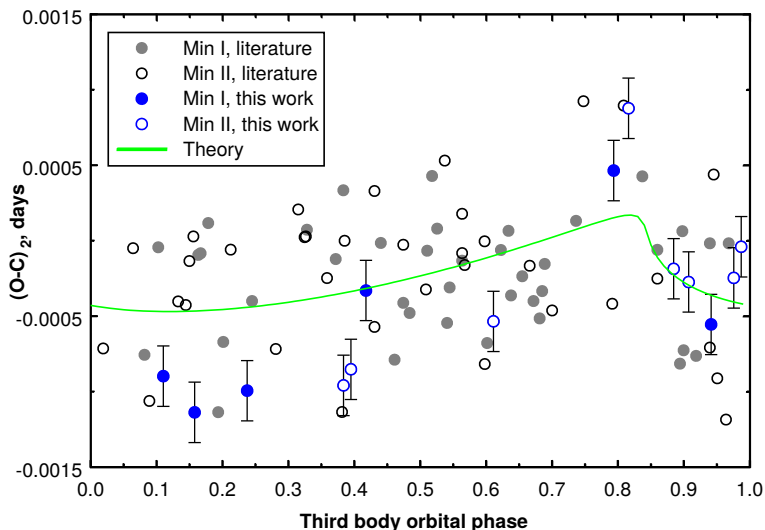


Рис. 2. $(O - C)_2$ -диаграмма вариаций орбитального периода CV Boo, период вариаций 74.4 ± 0.5 дня. Кружками показаны наблюдательные значения. Кривой показана модель вариаций под гравитационным воздействием третьего тела (амплитуда 48.4 ± 21 с, эксцентриситет $e = 0.90 \pm 0.04$). Начальная эпоха третьего тела $E_0 = \text{HJD } 2456772.2 \pm 3.5$

Анализ 14 наших моментов минимумов, полученных в 2014 г., а также всех фотоэлектрических наблюдений, взятых из литературы (так как визуальные и фотографические наблюдения обладают гораздо меньшей точностью), показал, что в системе есть не только вековые, но и периодические вариации орбитального периода, которые могут быть объяснены наличием третьего тела. Параметры светового уравнения следующие: орбитальный период третьего тела $P_3 = 74.4 \pm 0.5$ дня, амплитуда вариаций периода $A = 48.4 \pm 21.0$ с, эксцентриситет орбиты третьего тела $e_3 = 0.90 \pm 0.04$, проекция боль-

шой полуоси орбиты центра масс двойной CV Boo вокруг центра масс тройной системы на луч зрения $a \cdot \sin i = 0.10 \pm 0.04$ а. е. , начальная эпоха $E_0 = \text{HJD } 2456772.2 \pm 3.5$, долгота восходящего узла $\omega_3 = 156^\circ \pm 26^\circ$. Результат показан на рис. 2. Функция масс предлагаемого тела $f(M) \approx 0.02 - 0.03M_\odot$, что дает нижний предел на массу третьего тела $M_3 \approx 0.4 - 0.5M_\odot$. Такой набор орбитальных параметров третьего тела означает, что предложенное тело может находиться вблизи зоны хаотического движения, поэтому его динамическая эволюция представляет особый интерес.

Подробно результаты нашей работы изложены в статье [1].

Библиографические ссылки

1. *Bogomazov A. I., Kozyreva V. S., Satovskii B. L. et al.* Light equation in eclipsing binary CV Boo: third body candidate in elliptical orbit // *Astrophys. Space. Sci.* — 2016. — Vol. 361. — P. 390. 1611.04627.