

ВОЗМОЖНАЯ ЦИКЛИЧНОСТЬ ПЯТЕННОЙ АКТИВНОСТИ НОВОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ТИПА W UMA GSC 3599-2569

С. Ю. Горда¹, Я. Ю. Ватолин²

¹*Коуровская астрономическая обсерватория УрФУ,*

²*Уральский федеральный университет*

Представлены данные многолетнего фотометрического мониторинга (2009—2021) новой затменной переменной звезды GSC 3599-2569 типа W UMa, открытой в Коуровской обсерватории в 2013 г. На основе 12-летних наблюдений было обнаружено монотонное изменение периода этой системы. Подтвердился обнаруженный ранее эффект циклического изменения внезатменного блеска системы, не связанный с явлением затмений, причиной которого является изменение пятенной активности на поверхности ее компонентов. Найдено новое уточненное значение периода таких циклических изменений общего блеска системы.

POSSIBLE PERIODIC SPOT ACTIVITY OF THE NEW W UMA-TYPE VARIABLE GSC 3599-2569

S. Yu. Gorda¹, Y. Yu. Vatolin²

¹*Kourovka observatory of Ural Federal University,*

²*Ural Federal University*

We present the results of long-term photometry (2009—2021) of the new W UMa-type star GSC 3599-2569 discovered in 2013 at the Kourovka Observatory. We have found a change in the period of this eclipsing system. Based on more extensive observational data, the previously detected cyclical change in the brightness of the system, not associated with eclipses and caused by spot activity on the surface of the components, was confirmed. The length of this period has been specified.

Переменность звезды GSC 3599-2569 ($21^{\text{h}}39^{\text{m}}03.991^{\text{s}}$, $+50^{\circ}09'36.83''$, 2000, Gaia EDR3) была открыта в 2013 г. в процессе фотометрического мониторинга молодой переменной звезды Ве Хербига V645 Cyg, а также исследований по поиску неправильных переменных звезд, расположенных в ближайшей ее окрестности [1]. С мая 2009 по март 2018 г. наблюдения проводились на телескопе АЗТ-3 ($D = 0.45$ м, $F_{\text{Newton}} = 2.0$ м), а с февраля 2019 по апрель 2021 г. — на телескопе системы Риччи—Кретьена AstroSib-500RC ($D = 0.5$ м, $F = 4.0$ м) Коуровской обсерватории УрФУ. Использовались ПЗС-камеры: Alta U6 фирмы Argee с чипом Kodak KAF-1001E (1024×1024 , 24 мкм) и с 2015 г. PL A230 фирмы FLI с чипом E2V CCD230-42 (2048×2048 , 15 мкм).

Уже после первой серии наблюдений (2009—2013) было замечено, что переменность блеска звезды GSC 3599-2569 носит явный периодический характер. После определения значения периода $P = 0.4029112^{\text{d}} \pm 0.0000002^{\text{d}}$ и построения кривых блеска в V и R фильтрах, имеющих почти одинаковые значения глубин минимумов, звезда была классифицирована как короткопериодическая затменная переменная система (ТДС) типа W UMa [2]. Одним из главных результатов этой серии наблюдений было обнаружение изменений общего блеска этой звезды с полуамплитудой в несколько сотых звездной величины, не связанных с явлениями затмений и приливными деформациями компонентов. Как оказалось, эти малоамплитудные изменения общего блеска GSC 3599-2569 носили также циклический характер с периодом порядка 940 дней [2].

В настоящее время изменения общего блеска и периода ТДС типа W UMa объясняют изменением магнитного поля конвективных оболочек компонентов ТДС [3]. Магнитная активность на поверхности компонентов проявляется в увеличении или уменьшении числа холодных пятен или более ярких областей, например, факельных площадок на поверхности компонентов, что приводит к небольшим изменениям общей светимости системы.

Как отмечено выше, наблюдения звезды V645 Cyg в Коуровской обсерватории продолжались и после 2013 г., вплоть до настоящего времени. В результате было получено большое количество ПЗС-кадров окрестностей этой звезды, на которых присутствует и звезда GSC 3599-2569. Поэтому было продолжено исследование этой звезды. Основная задача состояла в подтверждении наличия и уточнении значения периода внезатменных колебаний общего блеска этой звезды, поскольку на основе первой серии наблюдений значение периода было найдено по наблюдениям, выполненным на временном интервале, сравнимом со значением самого периода.

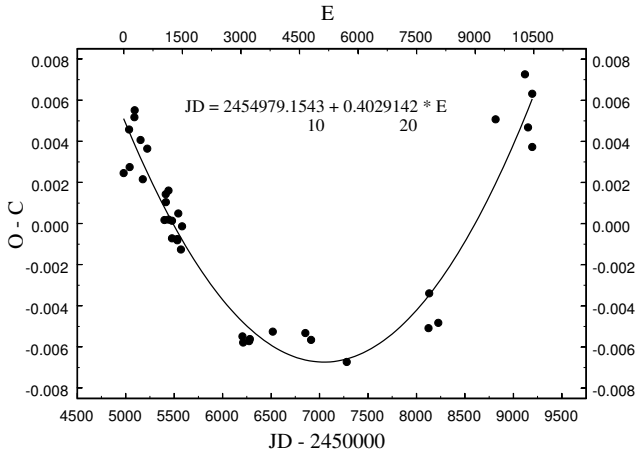


Рис. 1. Разности $O - C$ относительно линейной формулы вычисления моментов минимумов. Сплошной линией показана аппроксимационная парабола

В процессе обработки данных, полученных за все время наблюдений, было обнаружено изменение периода самой затменной переменной звезды GSC 3599-2569. На рис. 1 приведены новая линейная формула вычисления моментов минимумов блеска данной звезды и график изменения разностей $O - C$. Видно, что изменения значений $O - C$ со временем происходят по кривой, близкой к параболической зависимости, что является следствием изменения периода этой затменно-двойной звезды. О причине изменения периода на таком малом интервале наблюдений звезды пока говорить рано. Это может быть следствием обмена массой компонентами, потери массы звездой или наличия третьего тела в системе. Для вычисления моментов минимумов блеска GSC 3599-2569 была найдена следующая квадратичная зависимость:

$$JD_{\odot} I_{min} = 2454979.15940(\pm 0.00041) + 0.4029096(\pm 0.0000026) \cdot E + 4.5(\pm 0.2) \cdot 10^{-10} \cdot E^2,$$

где E — соответственно количество орбитальных циклов GSC 3599-2569, протекшее с момента первого наблюдения данной звезды. Новое значение периода, которым можно пользоваться в настоящее время, немного отличается от приведенного выше первоначально найденного значения и составляет $P = 0.4029143^d \pm 0.0000026^d$.

После вычисления значений периода GSC 3599-2569 на каждую дату наблюдений были вычислены фотометрические фазы и построены участки кривых блеска этой затменной системы. Далее, для продолжения исследования изменений внезатменного блеска системы были найдены усредненные за ночь значения разностей блеска (δm) между полученными из наблюдений участками кривых блеска и соответствующих им участков реперной кривой блеска. Подробно данная процедура описана в статьях [2] и [4].

Проверка на периодичность полученного нами ряда данных проводилась с использованием программы В. П. Горанского WINEFK, реализующей алгоритм Лафлера—Кинмана. Программа показала заметный, но достаточно широкий пик на частоте, соответствующей периоду $1187^d \simeq 3.26 \pm 0.06$ года. Поскольку в полученных данных явно прослеживается только один период, с целью его уточнения была произведена аппроксимация данных гармонической функцией синус с изменяющейся амплитудой. Результат аппроксимации данных функцией $\sin$ приведен на рис. 2. Здесь следует заметить, что изображенная на рисунке функция $\sin$ отражает лишь циклический характер изменений общего блеска системы и его период, но никак не форму изменения внезатменного блеска GSC 3599-2569. Как можно видеть на рис. 2, полученное при аппроксимации значение периода изменений внезатменного блеска системы мало отличается от значения, найденного по программе WINEFK.

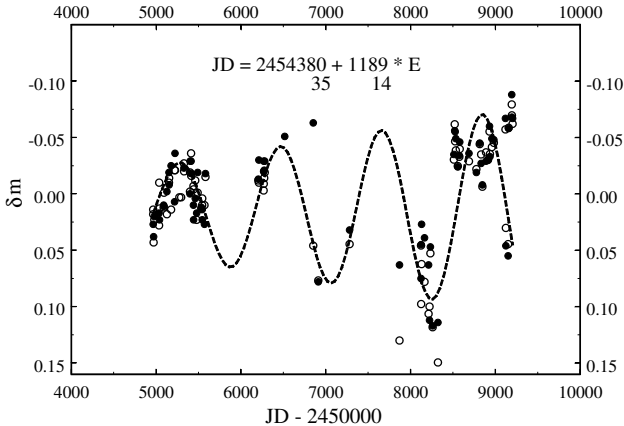


Рис. 2. Изменение внезатменного блеска (δm) GSC 3599-2569 со временем: точки — фильтр V; кружки — фильтр R; пунктирная линия — аппроксимационная синусоидальная кривая

Таким образом, привлечение новых данных, полученных в течение последних восьми лет, подтвердило наличие периодических изменений внезатменного блеска тесной двойной системы GSC 3599-2569. Новое значение периода, полученное с использованием данных,

распределенных на значительном временном интервале, оказалось несколько больше ранее найденного значения [2]. Данный период соответствует циклу изменения магнитного поля компонентов этой контактной затменно-переменной системы типа W UMa. Увеличение со временем амплитуды изменения внезатменного блеска GSC 3599-2569, по всей видимости, свидетельствует еще об одном, более длительном периоде изменения магнитного поля компонентов системы. Подобные изменения амплитуды 11-летнего цикла наблюдаются, например, на Солнце. Более подробное описание результатов данной работы можно найти в статье [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема № FEUZ-2020-0030.

Библиографические ссылки

- [1] *Sobolev A. M., Gorda S. Yu., Davydova O. A.* Discovery of irregular variability of five stars in the vicinity of the young stellar object V645 Cygni // *Information Bulletin on Variable Stars*. — 2013. — Vol. 6061. — P. 1.
- [2] *Gorda S. Yu., Lyaptsev A. P., Sobolev A. M.* Spot activity of the new WUMa-type variable GSC3599-2569 // *Astrophysical Bulletin*. — 2015. — Vol. 70, № 1. — P. 109–116.
- [3] *Mullan D. J.* On the possibility of magnetic starspots on the primary components of W Ursae Majoris type binaries. // *Astrophys. J.* — 1975. — Vol. 198. — P. 563–573.
- [4] *Gorda S. Yu.* Cyclical Changes in the Extraeclipse Brightness and the Period of W UMa-TYPE Close Binary System AM Leo // *Astronomy Reports*. — 2020. — Vol. 64, № 11. — P. 922–935.
- [5] *Gorda S., Vatolin Y.* Possible Periodic Spot Activity of the New W UMa-type Variable GSC 3599-2569 // *Peremennye Zvezdy*. — 2021. — Vol. 41, № 5. — P. 1–5.