

ПОИСК МАЛОАМПЛИТУДНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ БЛЕСКА У ЗВЕЗДЫ HD 168443 С ПЛАНЕТНОЙ СИСТЕМОЙ

Бондарь Н.И., Шляпников А.А.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Россия

A SEARCH FOR LOW-AMPLITUDE PERIODIC BRIGHTNESS VARIATIONS IN HD 168443 WITH A PLANETARY SYSTEM

Bondar' N.I., Shlaypnikov A.A

Crimean Astrophysical Observatory RAS, Nauchny, Russia

The paper presents the results of photometric studies of HD168443 based on a series of ground-based and space observations from the ASAS, KWS surveys, and the Hipparcos mission. An analysis of the light curves obtained for 30 years of observations, from 1990 to 2020, shows that the yearly mean brightness of the star remains constant within the measurement errors. From a series of data for 2007–2009, a photometric period of 34.7 days was obtained, and the low-amplitude brightness modulation was studied. Based on the phase curves, we determined the epochs of significant inhomogeneities in the distribution of spots on the surface of the star and enhanced spottedness of one of its hemispheres.

DOI: 10.31725/0552-5829-2022-29-32

Введение

Исследования звезды HD 168443 проводились, в основном, в рамках спектрального мониторинга звезд в окрестности Солнца ($d < 42$ пк). Расстояние до этой звезды 37 пк, ее блеск в полосе $V = 6^m.928$ [1], масса близка к солнечной, возраст – около 10 млрд. лет [2]. Статус звезды требует уточнения, в некоторых работах она рассматривается как карлик спектрального класса G5–G6 ($T_{\text{eff}} = 5491$ K, $\lg g = 4.07$) [2], в [3, 4] – как субгигант G8–G6 ($T_{\text{eff}} = 5524$ K, $\lg g = 3.99$). По наблюдениям на эшелле-спектрометре телескопа Кек I у нее были открыты две близкие массивные планеты [3, 5] с нижним пределом масс $7.8 M_{\text{JUP}}$ и $17.5 M_{\text{JUP}}$ [2]. Звезда, являясь близкой планетной системой, представляет интерес при изучении вопросов динамики и эволюции звезд, изменений их химического состава и магнитной активности. Параметры звезды и окружающих ее планет приведены в [2]. Значения индексов хромосферной активности ($S = 0.148$, $R'_{\text{HK}} = -5.088$) указывают на ее низкую активность [2], циклы или долговременные тренды по наблюдениям в линиях Ca II H и K не обнаружены [3].

Фотометрические исследования звезды малочисленны. В [2] рассмотрены наблюдения со спутника *Hipparcos* в 1990–1993 гг. для регистрации транзита одной из планет. По данным многолетних обзоров All Sky Automated Survey (ASAS) [6] и Kamogata Wide-field Survey (KWS) [<http://kws.cetus-net.org/~maehara/Vsdata.py>] выполнен поиск вспышек [7].

В этой работе мы впервые используем данные из указанных выше каталогов для анализа фотометрического поведения звезды по многолетним кривым блеска, определения периода вращения и поиска проявлений малоамплитудной быстрой переменности, обусловленной вращательной модуляцией блеска.

Анализ многолетних кривых блеска

Построение кривых блеска выполнено по данным из указанных каталогов после их первичной обработки, в ходе которой исключены явные промахи и ошибочные измерения. При построении кривых блеска по данным *Hipparcos* и каталога KWS рассматривались также измерения звезды сравнения HD 167833 (спектральный класс A8V, $V = 6.30^m$). По каталогу ASAS у нас были данные только об исследуемой звезде (рис. 1б). Использование звезды сравнения позволило исключить из рассмотрения отклоняющиеся измерения (рис. 1а) и учесть тренд в данных каталога KWS (рис. 2).

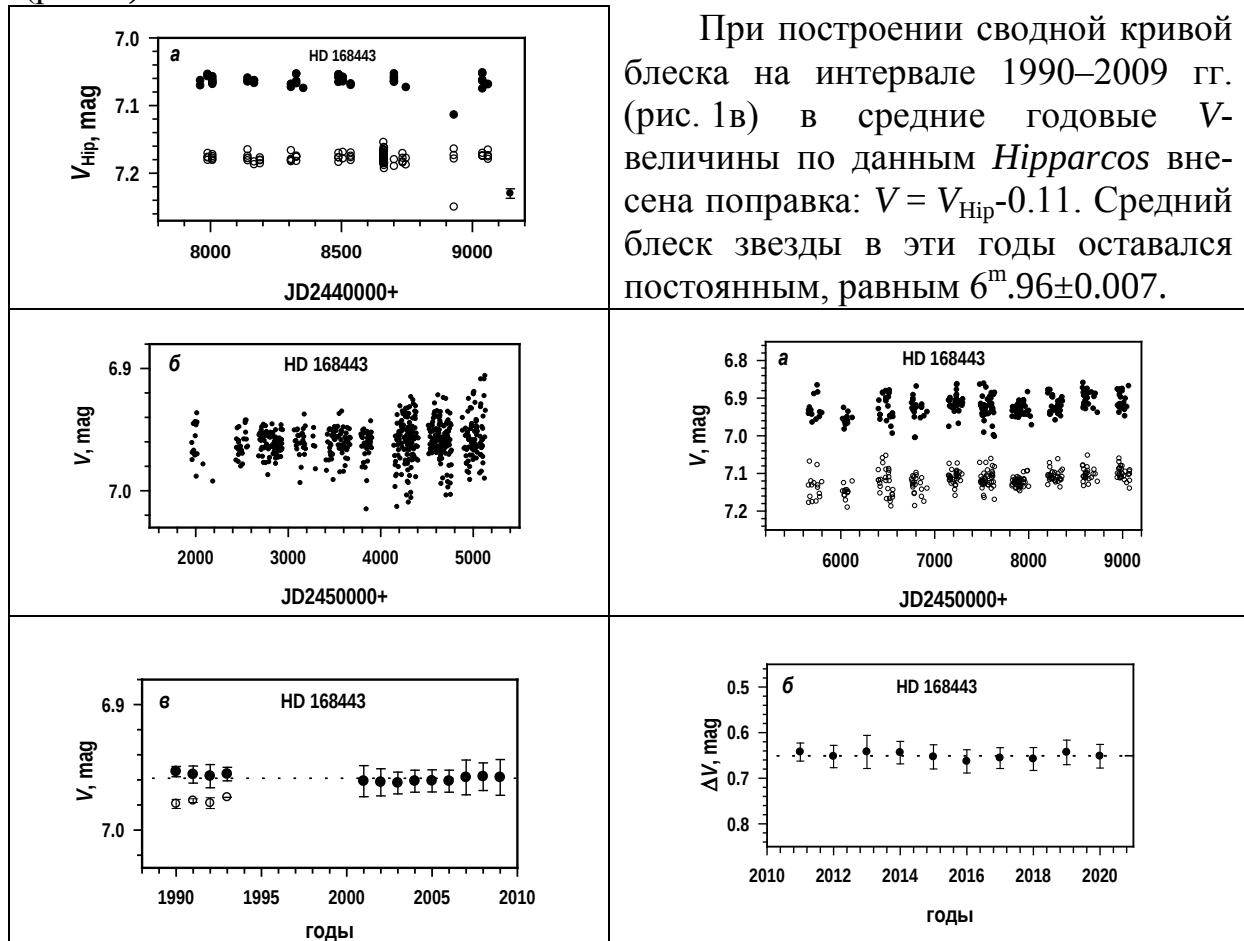


Рис. 1. Кривые блеска HD168443 по наблюдениям *Hipparcos* (а) и ASAS (б). Пунктирной линией отмечено среднее значение блеска в 1990–2009 гг. (в). Открытые кружки – звезда сравнения.

При построении сводной кривой блеска на интервале 1990–2009 гг. (рис. 1в) в средние годовые V -величины по данным *Hipparcos* внесена поправка: $V = V_{Hip} - 0.11$. Средний блеск звезды в эти годы оставался постоянным, равным $6^m.96 \pm 0.007$.

Рис. 2. а) Ряды данных каталога KWS. Открытые кружки – звезда сравнения. б) Поведение среднего годового блеска в годы наблюдений. ΔV – значение блеска относительно звезды сравнения.

Кривые блеска звезды и звезды сравнения по данным каталога KWS приведены на рис. 2а. Ряды данных обеих звезд показывают тренд, который учтен при обработке. Изменения средних годовых значений звезды () на интервале 2011–2020 гг. прослежены относительно блеска.

Эпохи проявления вращательной модуляции блеска

Наиболее плотные серии наблюдений по обзору ASAS получены в 2003, 2005, 2007–2009 годах (рис. 1б). Наибольшие изменения блеска наблюдались в 2007–2009 гг., что можно объяснить известным у запятненных звезд эффектом вращательной модуляции. Для изучения вращательной модуляции мы выполнили поиск периода вращения по серии наблюдений в 2007 г., используя метод Скаргля [8]. В интервале поиска от 1 до 70 дней наиболее вероятным является период 34.7 ± 2 дня.

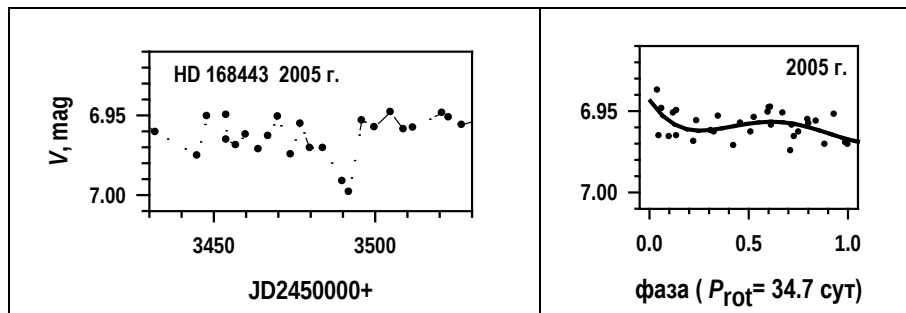


Рис. 3. Проявление вращательной модуляции в 2005 г.

Это значение найдено и по рядам 2008–2009 гг. Построенные с этим периодом фазовые кривые показали отсутствие модуляции в 2003 г., ее слабое проявление в 2005 г. (рис. 3) и заметную амплитуду, до $0.^m03$, в 2007–2009 гг. (рис. 4).

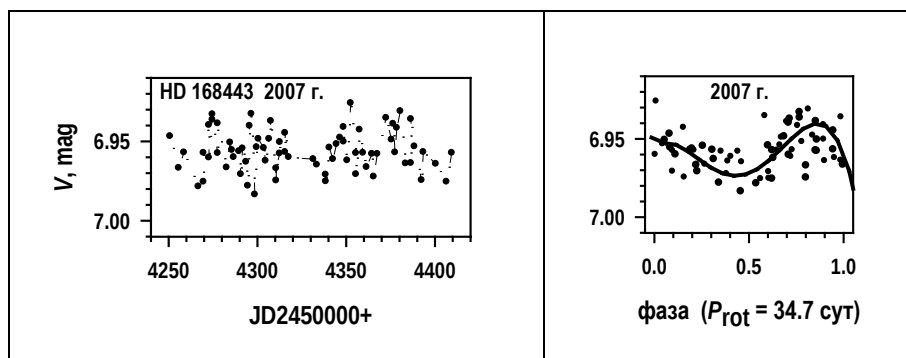


Рис. 4. Вращательная модуляция блеска в 2007 г.

В таблице приведены амплитуды вращательной модуляции на указанных интервалах и фазы минимума, которые сохраняются в течение 2–5 оборотов звезды.

Таблица.

год	A_{mod}	фаза минимума	временной интервал JD245000+
2005	0. ^m 01	0.24	3444 - 3526
2007	0.033	0.46	4250 - 4409
2008	0.025	0.70	4630 - 4697
2009	0.024	0.62	4887 - 5042

В 2007–2009 гг. у звезды наблюдалась вращательная модуляция и максимальное на интервале 1990–2009 гг. значение блеска ($V = 6.^m93$). Это указывает на существование эпох, когда на одной из полусфер нет пятен или их число незначительно. Смещение фазы минимума от 0.24 в 2005 г. до 0.7 в 2008 г. показывает, что изменение запятненности одной из полусфер происходит примерно через 3–4 года.

Выводы

Согласно фотометрическим наблюдениям звезды HD 168443 в V-полосе в 1990–2009 гг. ее средний годовой блеск оставалось постоянным, равным $6.^m96$.

По данным 2007–2009 гг. из каталога ASAS определен фотометрический период, его значение 34.7 дня. Отметим, что по наблюдениям показателя хромосферной активности период вращения составляет 37.7 сут [9]. С найденным нами периодом вращения исследована вращательная модуляция. Ее проявление заметно в 2007–2009 гг., амплитуда $A_{\text{mod}} \sim 0.^m03$. Изменение фазы минимумов на фазовых кривых наблюдается на интервалах 60–160 дней, что свидетельствует о перераспределении фотосферных пятен за 2–5 оборотов звезды.

Литература

1. Kornilov V.G., Volkov I.M., Zakharov A.I., et al., 1991, TrSht, 63, 1K.
2. Pilyavsky G., Mahadevan S., Kane S.R., et al., 2011, ApJ, 743:162.
3. Marcy G.W., Butler R.P., Vogt S.S., et al., 1999, ApJ, 520, 239.
4. Gonzalez G., Carson M.K., Tobin R.W., 2010, MNRAS, 403, 1368.
5. Marcy G.W., Butler R.P., Vogt S.S., et al., 2001, ApJ, 555, 418.
6. Pojmanski G., 1997, AcA, 47, 467.
7. Bondar' N.I., Katsova M.M., Shlaypnikov A.A., 2021, Geomagnetism & Aeronomy, 61, 1069.
8. Barbera R., 1998, Analisis de Variabilidad Estelar. AVE code, <http://www.gea.cesca.es>.
9. Simpson E. K., Baliunas S. L., Henry G.W., Watson C.A., 2010, MNRAS, 408, 1666.