

ДВЕ НОВЫЕ ЗАТМЕННО-ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ В СОЗВЕЗДИИ ЦЕФЕЯ

А. С. Шендель, С. А. Веселков, Е. Г. Лапухин

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660014, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31
E-mail: slovoktk@sibsau.ru

Кратко описан метод поиска переменных звезд, который основан на анализе распределения среднеквадратичного отклонения блеска звезды от звездной величины. Указаны характеристики оборудования, на котором был получен наблюдательный материал для поиска. Результатом поиска являются описанные в статье две новые затменно-переменные звезды, выявленные по наблюдательному материалу обсерватории СибГАУ. Звезда 2MASS 22065429+6059580 и USNO-A2 1425-12666148 имеют типы переменности EW и EA соответственно. Для них определены основные параметры переменности: максимум и минимум блеска, моменты главных экстремумов, периоды изменения блеска, построены кривые блеска, приведенные к одному периоду, приведены карты окрестностей выявленных переменных звезд, дан краткий анализ.

Ключевые слова: затменно-переменная звезда, метод Лафлер–Кинмана.

Vestnik SibGAU
2014, No. 3(55), P. 168–171

TWO NEW ECLIPSING SYSTEMS IN CEPHEUS CONSTELLATION

A. S. Shendel, S. A. Veselkov, E. G. Lapukhin

Siberian State Aerospace University named after academician M. F. Reshetnev
31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660014, Russian Federation
E-mail: slovoktk@sibsau.ru

In this work we describe the method of variable stars search, which is based on the analysis of distribution of a standard deviation of magnitude of stars from magnitude (software VaST and C-Munipack). We present the equipment on which the observation for search was received as well. Our observations have been performed in Krasnoyarsk with a Hamilton telescope ($D = 400$ mm, $F = 915$ mm) equipped with an FLI ML9000 CCD chip (3056x3056 pixels, pixel size 12 μ m). The size of the fields taken is 2.3×2.3 . All our CCD-observations were obtained without a filter. All images were obtained with 30-second exposure times. MaxImDL software was used for photometry and for basic reductions for dark current, flat fields and bias. The magnitudes were referred to red magnitudes of comparison stars from the USNO-A2.0 catalog (Monet et al. 1998). In this article we present two new eclipsing binary stars. They were discovered, using own CCD-observation and software C-Munipack. Periods were derived using the WinEfk software provided by V. P. Goranskij. The coordinates in the Table are from the USNO-A2.0 catalog. Stars 2MASS 22065429+6059580 and USNO-A2 1425-12666148 have types of variability of EW and EA respectively. The photometry of star 2MASS 22065429+6059580 had been with star 2MASS 22065444+6100029 together because their location nearby. General properties of variability for new variable stars: maximum and minimum of magnitude, epochs of the main minima, periods of change of light, we constructed the curves of light to one period, we present chart of sky near new variable stars are presentd. We give a short analysis of the results as well.

Keywords: eclipsing binary variable stars, Lafler-Kinman's method.

Введение. Исследование переменных звезд как область исследований в астрономии является сравнительно молодой. К концу XIX века стало ясно, что явление звездной переменности распространено довольно широко, и речь может идти не о десятках звезд, меняющих свой блеск, а о многих тысячах переменных звезд, поэтому научные основы этой области знаний были заложены только в XIX веке.

Появление и повсеместное внедрение в практику методов ПЗС-фотометрии, бурное развитие вычислительной техники, внедрение новых методик и методов – все это позволяет расширить возможности поиска переменных звезд и увеличить точность измерений. Благодаря этому даже на сравнительно небольших телескопах, оснащенных ПЗС-приемниками, появляется возможность открывать и исследовать сотни и тысячи новых переменных звезд.

Звезды сравнения

№	Переменная звезда	Звезда сравнения	
		Номер	m_R
1	1500-08794238	1500-08776454 ($22^h 00^m 02^s,23 +61^\circ 00'42'',6$)	$13^m,295 (R)$
		1500-08800246 ($22^h 07^m 12^s,35 +60^\circ 58'32'',2$)	$14^m,945 (R)$
2	1425-12666148	1425-12685602 ($22^h 01^m 58^s,27 +59^\circ 34'08'',0$)	$15^m,460 (R)$
		1425-12657985 ($22^h 00^m 51^s,31 +59^\circ 30'13'',7$)	$14^m,223 (R)$

Поиск переменных звезд может быть осуществлен различными методами: визуальным методом, фотографическим методом (блинквание, гарвардский метод) и методом, который использует фотометрические ряды звезд за определенный промежуток времени.

На сегодняшний день наиболее эффективным считается метод поиска переменных звезд с использованием фотометрических рядов. Он основан на анализе распределения среднеквадратичного отклонения блеска звезды $\sigma(m_i)$ от блеска звезды m_i .

Суть метода заключается в следующем. По полученным фотометрическим рядам $\{t_i, m_i\}$ строится распределение среднеквадратичного отклонения блеска звезды (ось ординат) от ее условного блеска (ось абсцисс). Звезды, лежащие выше основного распределения, являются потенциальными кандидатами в переменные звезды, которые в дальнейшем индивидуально исследуются на переменность. Данный метод реализован в двух известных программах по поиску переменных звезд: для операционной системы Windows это C-MUNIPACK [1] и для Unix-подобных операционных систем – VaST, описанная К. Соколовским и А. Лебедевым на конференции молодых ученых в Киеве [2]. Данная программа успешно себя зарекомендовала при работе как с астроснимками, так и с отсканированными изображениями стеклянных фототек [3].

Далее выявленные переменные звезды проверяются на известность в Общем каталоге переменных звезд [4] и по базам данных международного регистра переменных звезд The International Variable Star Index (VSX) [5].

Для получения наблюдательного материала использовалось оборудование обсерватории СибГАУ – телескоп системы Гамильтона с апертурой 400 мм и фокусным расстоянием 915 мм, оснащенный ПЗС-камерой FLI ML9000. Масштаб изображений на полученных снимках составляет 2,7 угловой секунды на пиксель, размер кадра 3056×3056 пикселей. Все изображения исследуемого участка размером $2,3^\circ \times 2,3^\circ$ получены в интегральном свете (без фильтра) с экспозициями 30 с.

Поиск переменных звезд проводился на участке $2,3^\circ \times 2,3^\circ$ в созвездии Цефея. Материал для поиска был получен в два этапа: сентябрь-октябрь 2012 г. и август-ноябрь 2013 г. По данному материалу ранее сотрудниками обсерватории был проведен поиск переменных звезд с использованием программы VaST. Позднее было принято решение провести поиск переменных звезд с использованием программного обес-

печения C-Munipack. Для звезд данного участка получено распределение среднеквадратичного отклонения от звездной величины (рис. 1).

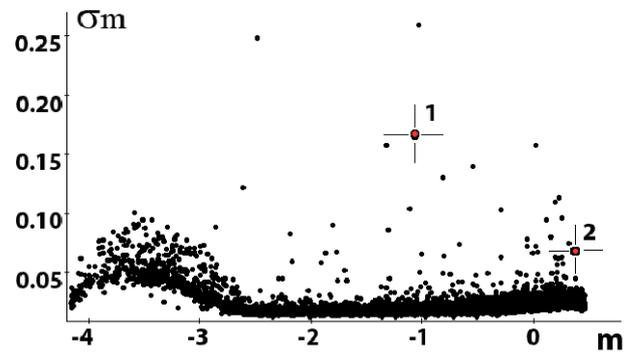


Рис. 1. Распределение среднеквадратичного отклонения блеска звезды от звездной величины исследуемого участка неба в созвездии Цефея

По данному распределению были выявлены две новые переменные звезды (на рис. 1 помечены номерами 1 и 2), ранее не выявленные сотрудниками обсерватории СибГАУ. Также выявленные переменные звезды на момент открытия не были зафиксированы в ОКПЗ и в базе данных VSX. Их номера по каталогам 2MASS 22065429+6059580 и USNO-A2 1425-12666148. Для исследования периодов найденных переменных звезд использовался метод Лафлер–Кинмана, реализованный в программе WinEfK [5; 6].

Фотометрия выполнялась в программе MaxIm DL. В табл. 1 приведены звезды сравнения с указанием их номеров по каталогу USNO-A2.0, их координаты и звездные величины m_R . Звезды сравнения выбирались с учетом близкого расположения к исследуемой переменной звезде так, чтобы блеск одной звезды был больше, а второй – меньше относительно исследуемой звезды.

Переменная звезда 2MASS 22065429+6059580. На карте окрестности звезды (рис. 2) видно, что звезды 2MASS 22065429+6059580 и 2MASS 22065444+6100029 находятся на довольно близком расстоянии $\sim 1,25$ секунды дуги. Данное расстояние не превышает масштаба изображения «связки» телескоп–матрица, которое составляет 2,75 угловой секунды на пиксель, поэтому фотометрия этих двух звезд проводилась вместе. Достаточная амплитуда изменения блеска $0^m,54$ позволяет утверждать, что вероятнее всего переменность в фотометрический ряд вносится более яркой звездой. Это 2MASS

22065429+6059580. Она является затменно-переменной типа W Большой Медведицы (W UMa, тип переменности имеет обозначение EW). Изменение блеска звезд этого типа вызвано затмениями звезд друг другом в двойных звездных системах, которые состоят из почти соприкасающихся эллипсоидальных компонентов. Как правило, период обращения составляет менее 1 суток. Такие системы обладают кривыми блеска, не позволяющими фиксировать моменты начала и конца затмений, глубины главного и вторичного минимумов почти одинаковы или различаются очень незначительно [7]. На полученной кривой блеска (рис. 3) минимумы различны по глубине, поэтому определить, какой из минимумов главный, не составило труда. В табл. 2 приведены основные характеристики переменности и формула (эфемериды) расчета момента главного минимума C для эпохи E в юлианских сутках.

Таблица 2

Основные характеристики звезды 2MASS 22065429+6059580

Номер по каталогу	2MASS 22065429+6059580
Координаты, α_{2000} δ_{2000}	22 ^h 06 ^m 54 ^s ,294 +60°59'58",08
Тип переменности	EW
Период, сут	0,356165
Эпоха главного минимума	2456545,187
Максимум блеска	14 ^m ,16 (фотометрия 2 звезд вместе)
Минимум блеска	14 ^m ,70 (фотометрия 2 звезд вместе)
Эфемериды главного минимума	$C = 2456545,187 + 0,356165 \times E$

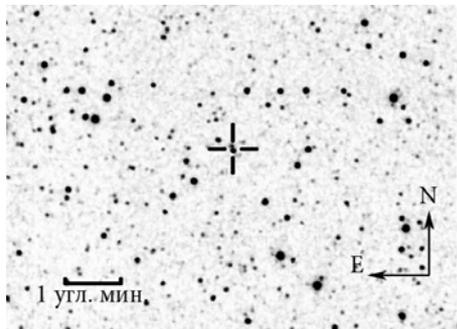


Рис. 2. Карта окрестности звезды 2MASS 22065429+6059580

Переменная звезда USNO-A2 1425-12666148. Основные характеристики переменности приведены в табл. 3, а карта окрестности – на рис. 4. Переменность этой звезды – типа Алголя (прототип переменности β Рег, имеет обозначение EA). Это затменно-двойные системы со сферическими или слегка эллипсоидальными компонентами. Кривые блеска таких систем позволяют фиксировать моменты начала и конца затмений. В промежутках между затмениями блеск остается почти постоянным или меняется незначительно, вследствие эффектов отражения, небольшой эллипсоидальности компонентов или физических изменений. Вторичный минимум может не наблюдаться.

Периоды заключены в очень широких пределах – от 0,2 до 10000 суток и более. Амплитуды изменения блеска весьма разнообразны и могут достигать нескольких величин [7]. На кривой блеска, приведенной к одному периоду для этой звезды (рис. 5), наблюдается вторичный минимум, который имеет значение 14^m,82.

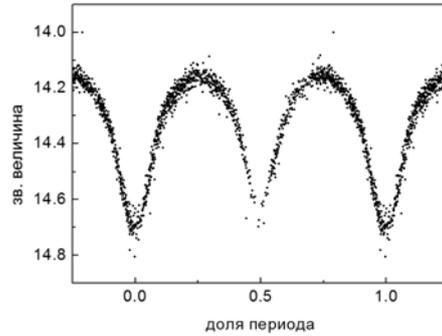


Рис. 3. Кривая блеска звезды 2MASS 22065429+6059580

Таблица 3

Основные характеристики звезды USNO-A2 1425-12666148

Номер по каталогу	USNO-A2 1425-12666148
Координаты, α_{2000} δ_{2000}	22 ^h 01 ^m 12 ^s ,03 +59°32'04",3
Тип переменности	EA
Период, сут	1,36327
Эпоха главного минимума	2456183,287
Максимум блеска	14 ^m ,75
Минимум блеска	15 ^m ,09
Эфемериды главного минимума	$C = 2456183,287 + 1,36327 \times E$

Следует напомнить, что поиск переменных звезд проводился по ранее исследованным ПЗС-изображениям на предмет новых переменных звезд, но при повторном поиске были найдены еще две переменные звезды: 2MASS 22065429+6059580 и USNO-A2 1425-12666148. Данный факт можно объяснить тем, что при повторном исследовании поиск переменных звезд осуществлялся другим программным обеспечением.

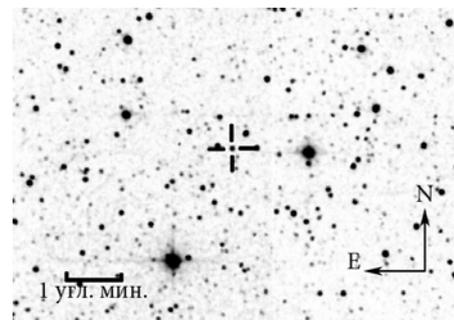


Рис. 4. Карта окрестности звезды USNO-A2 1425-12666148

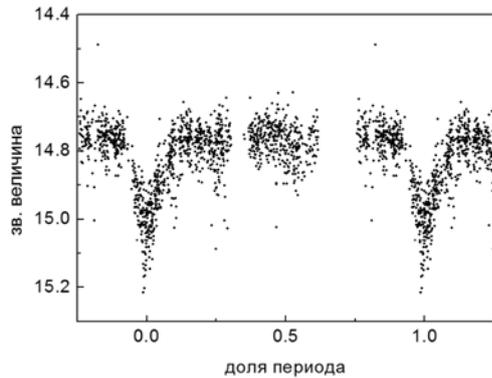


Рис. 5. Кривая блеска звезды USNO-A2 1425-12666148

Заключение. В обсерватории СибГАУ были выявлены 2 новые переменные звезды – 2MASS 22065429+6059580 и USNO-A2 1425-12666148 по наблюдениям с сентября 2012 г. по ноябрь 2013 г. Для новых выявленных переменных звезд построены кривые блеска, приведенные к одному периоду, определены типы переменности, моменты главных экстремумов, диапазон изменения блеска, эпоха главного экстремума и период изменения блеска.

References

1. David Motl. (2011), “C-MUNIPACK: Package of software utilities for reducing astronomy CCD images intended on a observation of variable stars”, avail-

able at: <http://c-munipack.sourceforge.net/> (accessed 30 Juny 2014).

2. Sokolovsky K., Lebedev A. (2005) “POISK - a SExtractor front-end for search of variable objects in series of ccd images”, *12th Young Scientists' Conference on Astronomy and Space Physics*, Kyiv, Ukraine, April 19–23, 2005, Eds.: Simon, A.; Golovin, A., Kyiv University Press, p. 79.

3. Kolesnikova D. M., Sat L. A., Sokolovsky K. V., Antipin S. V., Samus N. N. (2008), “New Variable Stars on Digitized Moscow Collection Plates. Field 66 Ophiuchi (Northern Half)”, *Acta Astronomica*, Vol. 58, p. 279–292.

4. Samus N. N., Durlевич O. V., Kazarovets E. V., Kireeva N. N., Pastukhova E. N., Zharova A. V., et al. (2012), “General Catalogue of Variable Stars”, available at: <http://www.sai.msu.su/gcvs/gcvs/> (accessed 30 Juny 2014).

5. The International Variable Star Index (2014), available at: <http://www.aavso.org/vsx/> (accessed 30 Juny 2014).

6. Goransky V.P. (2011), “EFFECT for Windows 2005”, available at: <http://vgoray.front.ru/software/> (accessed 30 Juny 2014).

7. Samus N. N., Durlевич O. V. (2009), “GCVS Variability Types and Distribution Statistics of Designated Variable Stars According to their Types of Variability”, available at: <http://www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/gcvs/iii/vartype.txt> (accessed 30 Juny 2014).

© Шендель А. С., Веселков С. А., Лапухин Е. Г., 2014