

УДК 524.38: 520.872

## СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ БЛИЗКИХ КРАТНЫХ ЗВЁЗД. V. ПОЗИЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ 2002–2006 ГОДОВ

© 2013 И. И. Балегга, Ю. Ю. Балегга, Л. Т. Гасанова, В. В. Дьяченко,  
А. Ф. Максимов, Е. В. Малоголовец, Д. А. Растегаев, З. У. Шхагошева

*Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия*

Поступила в редакцию 27 июня 2012 года; принята в печать 15 октября 2012 года

Представлены измерения позиционных параметров 194 двойных звезд, выполненные на 6-м телескопе БТА САО РАН с 2002 по 2006 гг. с применением метода спекл-интерферометрии. Наблюдения проводились в фильтрах с центральными длинами волн от 545 до 800 нм с использованием спекл-интерферометра на базе быстрой ПЗС и трехкаскадного ЭОП. Значительная часть наблюдавшихся систем (80 звезд) — это пары, двойственность которых обнаружена или заподозрена по данным наблюдений Hipparcos. Остальные звезды — это визуально-двойные и интерферометрические двойные системы с оценками периодов орбитального движения от нескольких до десятков лет, а также пары с медленным относительным движением компонент, использовавшиеся для калибровки масштабов изображений и привязки позиционных углов.

Ключевые слова: *звёзды: двойные*

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Данная работа является пятой в серии публикаций результатов спекл-интерферометрических наблюдений двойных и кратных звезд, выполненных на 6-м телескопе БТА САО РАН с использованием спекл-интерферометра на базе ЭОП и быстродействующей ПЗС-камеры [1]. В предыдущих работах опубликованы позиционные измерения и измерения разности блеска компонент двойных и тройных систем по данным наблюдений 1998 и 1999 гг. [2, 3], 2000 и 2001 гг. [4] и октября 2004 г. [5]. В настоящую работу включены все неопубликованные позиционные измерения на БТА с использованием спекл-камеры [1]. В программу наблюдений включены близкие системы карликов поздних спектральных классов с относительным движением компонент порядка  $10^\circ$  в год по позиционному углу и 10 миллисекунд дуги по угловому расстоянию. Значительная часть звезд программы — это двойные системы, обнаруженные астрометрическим спутником Hipparcos [6]. Кроме того, в списки включены визуально-двойные и спекл-интерферометрические двойные с быстрым орбитальным движением компонент, наблюдавшиеся ранее на БТА и других телескопах методами высокого углового разрешения [7].

### 2. НАБЛЮДЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Спекл-интерферометрические наблюдения на БТА проводились в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне спектра с октября 2002 по

сентябрь 2006 г. Качество изображений в эти сетки было не хуже двух угловых секунд. В данной работе мы приводим лишь результаты измерений угловых расстояний  $\rho$  и позиционных углов  $\theta$ . В отдельной работе мы планируем опубликовать дифференциальную фотометрию компонент и провести исследование точности измерения разности блеска на БТА по данным спекл-интерферометрии в зависимости от погодных условий. Описание аппаратуры, наблюдений, обработки данных и способов калибровки изложены в предыдущих работах [1, 2, 8]. В таблице в качестве примера приведены измерения относительных положений компонент двойных звезд. Для каждой пары в таблице приводится: номер из каталога Hipparcos, название или один из наиболее употребляемых номеров из других каталогов, обозначение первооткрывателя двойной системы, координаты на эпоху 2000.0, эпоха наблюдения в долях бесселианского года, измеренный позиционный угол  $\theta$  в градусах и его ошибка  $\sigma_\theta$ , угловое расстояние  $\rho$  в миллисекундах (мсд) и ошибка  $\sigma_\rho$ , центральная длина волны фильтра  $\lambda$ , использовавшегося в наблюдениях (нм), и полуширина полосы пропускания фильтра  $\Delta\lambda$ . Полная версия таблицы 455 измерений компонент 194 двойных звезд доступна в электронной форме<sup>1</sup>. Угловые расстояния заключены в диапазоне от

<sup>1</sup><http://cdsarc.u-strasbg.fr/cgi-bin/VizieR?-source=J/other/AstBu/68.1>

## Позиционные измерения двойных звезд

HIP	Название / № по каталогу	Обозначение первооткрывателя	Коорд. 2000.0	Эпоха	$\theta$ , град.	$\sigma_\theta$ , град.	$\rho$ , мсд	$\sigma_\rho$ , мсд	$\lambda/\Delta\lambda$ , нм
689	HD 375	HDS 17	00085 +3456	2002.7963	34.4	0.5	1113	1	545/30
				2003.9275	14.8	0.3	88	1	545/30
				2003.9275	14.4	0.5	88	1	700/30
823	AC +37°460	HDS 23	00101 +3825	2003.9275	100.8	0.6	98	1	800/110
1055	BD +19°20	HDS 29	00132 +2023	2003.9465	169.8	0.3	651	2	800/110
1987	HD 2057		00251 +4803	2002.8018	175.7	1.3	181	5	800/110
				2006.6872	133.0	0.8	275	4	545/30
				2006.6872	134.2	0.9	279	5	800/110
3951	HR 233	MCA 2	00507 +6415	2002.8019	143.5	2.1	41	2	545/30

26 мсд для HIP 5531 до 1930 мсд для HIP 45661. Медианное значение ошибки измерения углового расстояния составляет 3 мсд. Для некоторых пар величина ошибки достигает 6–7 мсд. Ошибки определения позиционных углов заключены в пределах  $0^\circ3'–5^\circ0'$ . Позиционные углы определены с неоднозначностью в  $180^\circ$ . В ряде случаев привязка позиционного угла осуществлялась по измерениям, выполненным в соседних эпохах или по эфемеридам.

## 3. КОММЕНТАРИИ К ОТДЕЛЬНЫМ ЗВЕЗДАМ

*HIP 35191.* Близкая ( $d = 12.3$  пк [6]) спектрально-двойная звезда [9] класса M2.5. В работе [10] построена комбинированная орбита с периодом  $P = 304^d35$ . Авторами [10] использовались измерения лучевых скоростей из [9] и астрометрические данные спутника Hipparcos [6]. Вычислены динамические массы компонент:  $M_A = 0.44 \pm 0.02 M_\odot$ ,  $M_B = 0.29 \pm 0.01 M_\odot$ . В 2000 г. звезда была впервые разрешена астрометрически ( $\rho = 0''.054$ ) в полосе  $H$  с использованием адаптивной оптики на 10-м телескопе Кеск [11]. В декабрьских интерферометрических наблюдениях 2003 г. на БТА звезда разделена на компоненты в  $I$ -полосе ( $\rho = 0''.050$ ,  $\theta = 149^\circ2$ ).

*HIP 38018.* Звезда спектрального класса G0, находящаяся на удалении  $d = 30$  пк от Солнца [6]. Известна как спектрально-двойная с периодом орбитального движения  $P \approx 1^a5$  [10]. В 2007 г. Голдин и Макаров [12] пересмотрели орбиту этой пары опираясь на промежуточные данные наблюдений спутника Hipparcos. Согласно данным из каталога WDS [7], разрешить на компоненты систему не

удалось. В работе [13] по данным наблюдений на 5-м Паломарском телескопе в 2002 г. с применением адаптивной оптики в  $K$ -полосе обнаружен третий компаньон на расстоянии  $\rho = 5''.2$  и с разностью блеска  $\Delta m = 7.3$ . Звезда включена в список спекл-интерферометрических наблюдений на БТА как возможно неодионочная ( $X$ -тип) и в первых же наблюдениях в декабре 2003 г. разрешена на два компонента с разделением  $\rho = 0''.08$ . Невязка измерения БТА с орбитой [12] составляет около  $90^\circ$  по  $\theta$  и около 60 мсд по  $\rho$ . Для уточнения параметров орбиты необходимо несколько лет наблюдать звезду методами высокого углового разрешения.

*HIP 41802.* Карлик спектрального класса M2 V ( $d = 26$  пк) включен в список интерферометрических наблюдений на БТА как возможно неодионочная звезда каталога Hipparcos ( $X$ -тип). В декабрьских наблюдениях 2003 г. в фильтре  $\lambda/\Delta\lambda = 800/100$  нм впервые обнаружен компонент на расстоянии  $\rho = 113$  мсд.

*HIP 41824.* Вспыхивающая звезда CU Snc спектрального класса M3.5 вместе с CV Snc, находящейся на удалении  $12''$  [7], образует визуально-двойную пару GJ 2069, расположенную на расстоянии 11 пк от Солнца. CU Snc = GJ 2069 A известна как затменно-двойная и спектрально-двойная звезда и включена в список двойных систем, массы компонент которых определены с ошибкой лучше 3% [14]. По наблюдениям с адаптивной оптикой на 3.6-м телескопе CFHT [11] в полосе  $K$  обнаружен третий компонент в системе CU Snc на расстоянии 680 мсд от затменно-двойной пары. В декабре 2003 г. спекл-интерферометрические наблюдения на БТА в фильтре  $\lambda/\Delta\lambda = 800/100$  нм подтвердили наличие удаленного спутника у CU Snc на расстоянии  $\rho = 705$  мсд.

*HIP 67808.* Карлик спектрального класса K7 ( $d = 21$  пк) отмечен как возможно неодионочная звезда с нелинейным движением фотоцентра (тип G)[6]. По данным наблюдений CORAVEL звезда является спектрально-двойной с периодом орбитального движения  $P = 7^{\text{a}}3$ . Впервые система разделена на компоненты по наблюдениям с адаптивной оптикой в полосе  $H$  [11]. По результатам спекл-наблюдений 2006 г. на БТА в фильтре  $\lambda/\Delta\lambda = 800/100$  нм звезда разрешена на два компонента с расстоянием  $\rho = 245$  мсд.

*HIP 80346.* Близкий ( $d = 8$  пк) M3V карлик известен как возможно неодионочная звезда с параметрами орбиты, оцененными по движению фотоцентра (тип O)[6]. Звезда многократно наблюдалась интерферометрически и с применением адаптивной оптики. По астрометрическим измерениям и измерениям лучевых скоростей компонент в 2007 г. опубликована комбинированная орбита и определены массы компонент с ошибками 2 и 4% [15]. В 2002 г. звезда впервые наблюдалась на БТА видимом диапазоне излучения. Обнаружен компаньон на расстоянии  $0''27$ . Вторично звезда наблюдалась в 2005 г. Полученные позиционные измерения согласуются с эфемеридными значениями орбиты [15].

*HIP 84123.* Близкая ( $d = 11$  пк) звезда спектрального класса M3 является яркой компонентой визуально-двойной пары GJ 660 AB. Внесена в списки наблюдений на БТА как предположительно неодионочная с низкой точностью астрометрического решения (S-тип) [6]. В каталоге WDS [7] приведено два измерения системы в 1984 [16] и 1986 [17] годах. Получено расстояние до спутника у GJ 660 B  $\rho = 650-660$  мсд. В июне 2006 г. звезда наблюдалась на БТА спекл-интерферометрически в ближней инфракрасной области спектра. По данным наблюдений был обнаружен спутник на удалении 891 мсд.

*HIP 84652.* M0-карлик ( $d = 19$  пк) с видимым блеском  $m_V = 10.6$  включен в списки наблюдений на БТА как неразрешенная звезда с нелинейным изменением положения фотоцентра по данным наблюдений Hipparcos (G-тип) [6]. В литературе нет данных о попытке наблюдения системы с высоким угловым разрешением. По наблюдениям на БТА в фильтре  $\lambda/\Delta\lambda = 800/100$  нм впервые обнаружен компонент на расстоянии  $\rho = 367$  мсд.

*HIP 86346.* Карлик позднего K-класса расположен на удалении 24.5 пк от Солнца [6]. Согласно [18] и [19], звезда может входить в кинематическую группу AB Dog с возрастом около 50 млн лет. По наблюдениям со спутника Hubble в коронографической моде обнаружен удаленный компонент на расстоянии  $\rho = 8''7$  и с разностью

блеска  $\Delta H = 9.2$  [20]. Галвез и др. [21] обнаружили спектральную двойственность звезды по 37 измерениям лучевых скоростей. Ими же оценен период орбитального движения  $P = 6246^{\text{d}}2318$ . В июле 2006 г. по наблюдениям на 2.2-м телескопе Calar Alto в полосе  $H$  с применением методики отбора мгновенных изображений с наилучшим атмосферным качеством звезда была разрешена на два компонента с угловым расстоянием около  $0''2$  [22]. Комбинируя данные, полученные на 2.2-м телескопе и архивные данные наблюдений с телескопа Hubble авторы [22] оценили период орбитального движения  $P = 8^{\text{a}}5$  и массы компонент:  $M_A = 0.69 M_{\odot}$ ,  $M_B = 0.57 M_{\odot}$ . Отметим, что оценка орбитального периода  $P = 8^{\text{a}}5$  в два раза меньше величины, полученной по спектральным данным [21]. В июне 2006 г. на БТА нами проведены интерферометрические наблюдения звезды в ближней инфракрасной области спектра. Звезда разрешена на два компонента с  $\rho = 220$  мсд, что совпадает с измерением, выполненным примерно в эту же эпоху на телескопе Calar Alto [22]. Дополнительные спекл-интерферометрические наблюдения системы позволят построить орбиту пары и уточнить фундаментальные параметры компонент.

*HIP 117918.* Карлик спектрального класса G5 включен в программу измерения лучевых скоростей звезд из выборки Carney-Latham [23]. С применением двумерного корреляционного алгоритма TODCOR авторы обнаружили двойственность системы и определили параметры спектральной орбиты. В 2005 г. звезда наблюдалась на 4-м телескопе KPNO с применением оптической спекл-интерферометрии [7], но разрешить на компоненты спектральную пару не удалось. В декабре 2003 г. звезда наблюдалась на БТА в фильтрах  $\lambda/\Delta\lambda = 545/30$  нм,  $\lambda/\Delta\lambda = 700/30$  нм и разрешена на компоненты с угловым расстоянием  $\rho = 45$  мсд. Мониторинг орбитального движения компонент этой пары позволит построить спектрально-интерферометрическую орбиту и вычислить независимые от теоретических моделей фундаментальные параметры компонент и расстояние до звезды.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами представлены результаты спекл-интерферометрических наблюдений на БТА 194 двойных систем с карликовыми компонентами. Наблюдения проводились в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне излучения при качестве изображений не хуже  $2''$ . Позиционные параметры  $\rho$  и  $\theta$  определялись методом наименьших квадратов из усредненных по ансамблям спекл-изображений спектров мощности [2]. Медианная величина ошибки

измерения угловых расстояний составляет 3 мсд. Четыре из 194 систем (HIP 38018, HIP 41802, HIP 84652 и HIP 117918) разрешены на компоненты впервые. Полученные результаты планируется использовать для определения элементов относительных орбит систем и вычисления динамических масс компонент.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации: госконтракты № 14.518.11.7070, 16.518.11.7073, программа “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России 2009–2013 гг.” (гранты 8406 и 8416) и программа “Научные школы” (грант НШ-4308.2012.2), а также при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 10-02-01167-а). Авторы также выражают благодарность Гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук (МК-1001.2012.2) за частичную финансовую поддержку данной работы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. F. Maksimov, Y. Y. Balega, U. Beckman, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **56**, 102 (2003).
2. I. I. Balega, Y. Y. Balega, K.-H. Hofmann, et al., *Astronom. and Astrophys.* **385**, 87 (2002).
3. I. I. Balega, Y. Y. Balega, A. F. Maksimov, et al., *Astronom. and Astrophys.* **422**, 627 (2004).
4. I. I. Balega, Y. Y. Balega, A. F. Maksimov, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **59**, 20 (2006).
5. I. I. Balega, Yu. Yu. Balega, A. F. Maksimov, et al., *Astrophysical Bulletin* **62**, 339 (2007).
6. M. A. C. Perryman, ESA, *The Hipparcos and Tycho Catalogues* (ESA Publ. Division, SP-1200, 1997).
7. W. I. Hartkopf, B. D. Mason, G. L. Wycoff, et al., <http://ad.usno.navy.mil/wds/int4.html>.
8. A. F. Maksimov, Yu. Yu. Balega, V. V. Dyachenko, et al., *Astrophysical Bulletin* **64**, 296 (2009).
9. X. Delfosse, T. Forveille, J.-L. Beuzit, et al., *Astronom. and Astrophys.* **344**, 897 (1999).
10. F. Arenou, J.-L. Halbwachs, M. Mayor, et al., *IAUS*, **200**, 135.
11. J.-L. Beuzit, D. Segransan, T. Forveille, et al., *Astronom. and Astrophys.* **425**, 997 (2004).
12. A. Goldin and V. V. Makarov, *Astrophys. J. Suppl.* **173**, 137 (2007).
13. S. A. Metchev and L. A. Hillenbrand, *Astrophys. J. Suppl.* **181**, 62 (2009).
14. G. Torres, J. Andersen, and A. Gimenez, *Annu. Rev. Astronom. Astrophys.* **18**, 67 (2010).
15. F. Martinache, J. P. Lloyd, M. J. Ireland, et al., *Astrophys. J.* **661**, 496 (2007).
16. W. I. Hartkopf, B. D. Mason, H. A. McAlister, et al., *Astronom. J.* **119**, 3084 (2000).
17. A. Blazit, D. Bonneau, and R. Foy, *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **71**, 57 (1987).
18. B. Zuckerman, I. Song, and M. S. Bessell, *Astrophys. J.* **613**, L65 (2004).
19. J. Lopez-Santiago, D. Montes, I. Crespo-Chacon, et al., *Astrophys. J.* **643**, 1160 (2006).
20. P. J. Lowrance, E. E. Becklin, G. Schneider, et al., *Astronom. J.* **130**, 1845 (2005).
21. M. C. Galvez, D. Montes, M.-J. Fernandez-Figueroa, et al., *Astrophys. and Space Sci.* **304**, 59 (2006).
22. F. Hormuth, W. Brandner, S. Hippler, et al., *Astronom. and Astrophys.* **463**, 707 (2007).
23. D. Goldberg, T. Mazeh, D. W. Latham, et al., *Astronom. J.* **124**, 1132 (2002).

## Speckle Interferometry of Nearby Multiple Stars. V. 2002–2006 Positional Measurements

I. I. Balega, Yu. Yu. Balega, L. T. Gasanova, V. V. Dyachenko, A. F. Maksimov,  
E. V. Malogolovets, D. A. Rastegaev, Z. U. Shkhagosheva

We present the measurements of positional parameters of 194 nearby binary stars performed at the 6-m BTA telescope of the SAO RAS from 2002 through 2006 applying the speckle interferometric technique. The observations were conducted at central filter wavelengths ranging from 545 to 800 nm using a speckle interferometer equipped with a fast CCD and a three-stage image intensifier. A significant part of the observed systems (80 stars) are pairs, the duality of which was discovered or suspected from the Hipparcos satellite observations. The remaining stars are visual binaries and interferometric binary systems with orbital motion period estimates from several to tens of years, as well as the pairs with slow relative motion of the components, used for gaging the image scales and positional angle calibrations.

Keywords: *stars: binaries—stars: binaries (including multiple): close—stars: binaries: eclipsing—stars: binaries: spectroscopic—methods: observational: speckle interferometry*