

ПРИЛОЖЕНИЕ к статье "ПУЛКОВСКИЙ КАТАЛОГ ОРБИТ,
ПОЛУЧЕННЫХ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНО-ДВОЙНЫХ И КРАТНЫХ ЗВЕЗД
МЕТОДОМ ПАРАМЕТРОВ ВИДИМОГО ДВИЖЕНИЯ"

Комментарии и графики.

Л.Г.Романенко¹, О.В.Кияева¹, И.С. Измайлов¹,
Н.А. Шахт¹, Д.Л. Горшанов¹

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург,
Россия, e-mail: lrom1962@list.ru

Аннотация

В данном Приложении представлены комментарии и графики для каждой звезды. В комментариях кратко изложена история исследования системы и обоснование данного результата. Для всех графиков обозначения следующие: наблюдения из WDS [7] — зеленые кружки (в том числе, наблюдения В.Я. Струве — красные треугольники), пулковские фотографические наблюдения — [5, 6] — красные крестики, пулковские ПЗС наблюдения — [8, 9, 10] — сиреневые звездочки (цвет — magenta), наблюдения Гиппаркос [7] и Gaia DR2 [17] — желтые ромбы, линиями обозначены эфемериды орбит в сравнении с наблюдениями, оранжевая прямая линия — направление движения по данным Gaia DR2 на момент 2015.5.

Для орбит из таблицы 3 приведены следующие зависимости: $\rho(t)$, $\theta(t)$ и $y(x)$. График в картинной плоскости $y(x)$ иногда представлен в двух видах: фрагмент дуги, охваченной наблюдениями, и полная орбита за весь период. Тогда видно, насколько мала наблюденная дуга. Если известна относительная лучевая скорость, но при этом получаем 2 решения, то сплошная линия соответствует $\beta > 0^\circ$, штриховая — $\beta < 0^\circ$. Если модуль лучевой скорости подобран, то получаем 4 решения (2 пары орбит) и эфемериды каждой пары орбит совпадают на всем наблюдаемом участке.

Для всех семейств диапазон эфемерид удовлетворительных орбит в зависимости от β , представленный в таблице 4, ограничен красной и синей линией. Орбита, соответствующая минимальному периоду ($\beta = 0^\circ$), обозначена сплошной черной линией, а орбиты, соответствующие экстремальным значениям эксцентриситета, обозначены сплошной ($\beta > 0^\circ$) и штриховой ($\beta < 0^\circ$) линиями. Кроме того, графически представлена зависимость большой полуоси от эксцентриситета. Верхняя прямая линия ограничивает область, ниже которой влияние гравитационного поля Галактики несущественно. Для визуально-тройных звезд (ADS 48, ADS 7034 и ADS 10288) нижняя линия ограничивает область, выше которой тройная система устойчива (описание см. в статье [29]).

Ниже мы приводим СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, состоящий из списка ссылок для основной статьи Каталога, включая ссылки для табл. 1, и списка ссылок для Комментариев к исследованию звезд Каталога, расположенных по прямому восхождению.

27 ноября 2023 г.

Список литературы

- [1] A. Hale, *Astron. J.*, **107**, 306 (1994).
- [2] J.-L. Agati, D. Bonneau, A. Jorissen, E. Soulie, S. Udry, P. Verhas, and J. Dommangeat, *Astron. Astrophys.* **574**, A6 (2015).
- [3] A. Tokovinin, *Universe* **7**, 352 (2021), <https://doi.org/10.3390/universe7090352>
- [4] Н. А. Шахт, Л. Г. Романенко, Д. Л. Горшанов, О. О. Василькова, *Астрон. вестник* **50**, 60 (2016); N. A. Shakht, L. G. Romanenko, D. L. Gorshanov, and O. O. Vasilkova, *Solar System Research* **50**, 56 (2016).
- [5] А. А. Киселев, О. В. Кияева, И. С. Измайлов, Л. Г. Романенко, О. А. Калиниченко, О. О. Василькова, Т. А. Васильева, Н. А. Шахт, Д. Л. Горшанов и Е. А. Рощина, *Пулковский каталог относительных положений и движений визуально-двойных и кратных звезд на основе фотографических наблюдений на 26-дюймовом рефракторе в 1960–2007гг.*, *Астрон. журн.* **91**, 130 (2014).
- [6] И. С. Измайлов, Е. А. Рощина, А. А. Киселев, Т. П. Киселева, О. А. Калиниченко, О. П. Быков, О. В. Кияева, Л. Г. Романенко, Н. А. Шахт, К. Л. Масленников, *Письма в Астрон. журн.* **42**, 46 (2016).
- [7] B. D. Mason, G. L. Wycoff, and W. I. Hartkopf, *The Washington Visual Double Star Catalogue* (Washington: US Naval Observatory, <http://ad.usno.navy.mil/wds/wds.html>, 2016).
- [8] И. С. Измайлов, М. Л. Ховричева, М. Ю. Ховричев, О. В. Кияева, Е. В. Хруцкая, Л. Г. Романенко, Е. А. Грошева, К. Л. Масленников, О. А. Калиниченко, *Письма в Астрон. журн.* **36**, 365 (2010).
- [9] I. S. Izmailov, E. A. Roshchina, *Astrophysical Bulletin* **71**, 225 (2016), <http://izmccd.puldb.ru/vds.htm>.
- [10] I.S.Izmailov, A.N.Rublevsky, A.A.Apetyan, *Asrtonomische Nachr.* **341**, 762 (2020).

- [11] А. А. Киселев, О. В. Кияева, Астрон. журн. **57**, 1227 (1980).
- [12] А. А. Киселев, О. П. Быков, Астрон. журн. **50**, 1298 (1973);
- [13] J. Hopmann, Mitt. Univ. Sternwarte Wien **10**, 155 (1960).
- [14] H. M. Hauser and G. W. Marcy, Publs Astron. Soc. Pacif. **111**, 321 (1999).
- [15] M. Yu. Khovritchev, I. S. Izmailov and E.V. Khrutskaya, MNRAS **435**, 1083 (2013).
- [16] *The Hipparcos and Tycho Catalogues*, ESA 1997, <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=I/239>.
- [17] A. G. A. Brown, A. Vallenari, T. Prusti, J. H. J. de Bruijne, C. Babusiaux, C. A. L. Bailer-Jones, M. Biermann, D. W. Evans et al., Astron. Astrophys. **616**, A1 (2018).
- [18] G. W. Marcy and K. J. Benitz, Astrophys. J. **344**, 441 (1989).
- [19] A. Duquennoy, M. Mayor, Astronomy & Astrophys. **248**, 485 (1991).
- [20] А. А. Токовинин, Астрон. журн. **64**, 196 (1987).
- [21] А. А. Tokovinin, M. G. Smekhov, Astron. Astrophys. **382**, 118 (2002).
- [22] А. А. Tokovinin, Astron. & Astrophys. Sup. **136**, 373 (1999).
- [23] C. Allen, *Allen's astrophysical quantities. Fourth edition*, A. N. Cox editor, Springer(1999).
- [24] L. Girardi, A. Bressan, G. Bertelli, and C. Chiosi, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. **141**, 371 (2000).
- [25] A. Bressan, P. Marigo, L. Girardi et al., MNRAS **427**, 127 (2012).
- [26] A. Tokovinin. *The Updated Multiple Star Catalog*, Astrophysical J. Suppl. **235**, 6 (2018); <http://www.ctio.noirlab.edu/~atokovin/stars/index.html>.
- [27] L. G. Romanenko, O. A. Kalinichenko, Astron. and Astroph. Trans. **31**, 7 (2019).
- [28] А.А.Киселев, Л.Г.Романенко, О.А.Калиниченко, Астрон. журн. **86**, 148 (2009).
- [29] О. В. Кияева, Л. Г. Романенко, Письма в Астрон. журн. **46**, 590 (2020).
- [30] N. A. Shakht, D. L. Gorshanov, I. S. Izmailov, L. G. Romanenko, Astrophysics, **63**, 583 (2020).
- [31] Л. Г. Романенко, И. С. Измайлов, Астрон. журн. **98**, 239 (2021).

- [32] Olga V. Kiyayeva, Maxim Yu. Khovritchev, Agrippina M. Kulikova, Natalya V. Narizhnaya, Tatyana A. Vasilyeva and Arina A. Apetyan, *Research in Astronomy and Astrophysics (RAA)* **21**, 291 (2021).
- [33] О. В. Кияева, *Изв. ГАО АН СССР*, N 201, 44 (1985).
- [34] А. А. Киселев, О. В. Кияева, Л. Г. Романенко, Н. А. Горыня, *Астрон. журн.* **89**, 581 (2012).
- [35] А. А. Киселев, Л. Г. Романенко, *Астрон. журн.* **73**, 875 (1996).
- [36] О. В. Кияева, *Астрон. журн.* **60**, 1208 (1983).
- [37] A. Tokovinin, in: *Complementary Approaches to Double and Multiple Stars Research*, Proc. IAU Coll. N 135, eds H. A. McAlister, W. I. Hartkopf, ASP Conf. Ser. 32, 573 (1992).
- [38] М. Ф. Субботин *Введение в теоретическую астрономию*. М.: Наука, 1968. 800с.
- [39] К. В. Холшевников, В. Б. Титов, *Задача двух тел*, СПб: СПбГУ, 2007, 178 с.
- [40] S. J. Aarseth, *Gravitational N-body Simulations. Tools and Algorithms*, Cambridge Univ. Press, 2003.
- [41] Р. Я. Жучков, О. В. Кияева, В. В. Орлов, *Астрон. журн.* **87**, 43 (2010).
- [42] О. В. Кияева, Р. Я. Жучков, И. С. Измайлов, *Астрофиз. Бюллетень* **75**, №4, 478 (2020).
- [43] R. G. Aitken, Eric Doolittle, *New General Catalogue of Double Stars within 120⁰ of the North Pole* (Washington: Carnegie Inst., 1932).
- [44] Т. А. Агекян, *Звезды, галактики, Метагалактика.*, М.: Наука, 1981.
- [45] О. В. Кияева, Л. Г. Романенко, Р. Я. Жучков, *Письма в Астрон. журн.* **43**, 316 (2017).
- [46] О. В. Кияева, А. А. Киселев, Е. В. Поляков, В. Б. Рафальский, *Письма в Астрон. журн.* **27**, 456 (2001).
- [47] О. В. Кияева, И. С. Измайлов, *Письма в Астрон. журн.* **44**, 857 (2018).
- [48] О. В. Кияева, Л. Г. Романенко, *Астрон. журн.* **100**(5), 452 (2023).
- [49] O. V. Kiyayeva, R. Ya. Zhuchkov, *Open Astronomy* **26**, 64 (2017).

- [50] N.A.Shakht, E.A.Grosheva, D.L.Gorshanov, Proc. IAU Symp. **240**, 119 (2007).
- [51] Л. Г. Романенко, А. А. Киселев, Астрон. журн. **91**, 47 (2014).
- [52] Л. Г. Романенко, Изв. ГАО в Пулкове **225**, 241 (2018).
- [53] Е. А. Грошева, *Визуально-двойные звезды околополярной области по наблюдениям на 26"рефракторе в Пулкове*, канд. дисс. (С.-Пб.: Главн. астрон. обсерв. РАН, 2006).
- [54] А. А. Киселев, Л. Г. Романенко, И. С. Измайлов, Е. А. Грошева, Изв. ГАО в Пулкове **214**, 239 (2000).
- [55] О. В. Кияева, И. С. Измайлов, Н. В. Нарижная, Л. Г. Романенко, Изв. ГАО в Пулкове **229**, 24 (2023); O. V. Kiyayeva, I. S. Izmailov, N. V. Narizhnaya, L. G. Romanenko, arXiv e-prints, arXiv: 2307.16861, doi: 10.48550/arXiv.2307.16861.
- [56] Л. Г. Романенко, Астрон. журн. **94**, 224 (2017).
- [57] N. A. Shakht, D. L. Gorshanov, O. O. Vasilkova, Astrophysics **60**, 507 (2017).
- [58] E. A. Grosheva, Astrophysics **49**, 397 (2006).
- [59] G. H. Schaefer, L. Prato, M. Simon, J. Patience, Astron. J. **147**, 157 (2014).
- [60] R. Köhler, M. Kasper, T. Herbst, T. Ratska, G. H.-M. Bertrang, Astron.& Astrophys. **587**, 35 (2016).
- [61] R. Köhler, M. Kasper, T. Herbst, T. Ratska, G. H.-M. Bertrang, Astron.&Astrophys. **482**, 929 (2008).
- [62] L. Loinard, R. M. Torres, A. J. Mioduszewski, L. F. Rodriguez, R. A. Gonzalez-Lopezlira, R. Lachaume et al., Astrophys. J. **671**, 546 (2007).
- [63] G. H. Schaefer, T. L. Beck, L. Prato, M. Simon, Astron.J. **160**, 35, (2020).
- [64] Gaia Collaboration (2022). VizieR Online Data Catalog: *Gaia DR3 Part 1. Main source* (Gaia Collaboration, 2022). VizieR Online Data Catalog, I/355.
- [65] О. В. Кияева, *Исследование метода параметров видимого движения для определения орбит визуально-двойных звезд по коротким дугам*, канд. дисс. (Ленинград: Главн. астрон. обсерв. РАН, 1985), Российская Государственная Библиотека. Шифр хранения: OD 61 86-1/1705, Ленинград, 1985, 198 стр.
- [66] K. A. Strand, Astrophys.J. **120**, 322 (1954).

- [67] K. A. Strand, *Astron. J.* **60**, 42 (1955).
- [68] И. С. Измайлов, *Письма в астрономический журнал*. **45**, 35 (2019).
- [69] V. Neves, X. Bonfils, N. C. Santos, et al., *Astron. and Astrophys.* **551**, A36 (2013).
- [70] А. А. Токовинин, *Каталог измерений лучевых скоростей звезд. Каталог собственных движений*, М.: Изд. МГУ, 92 с. (1990).
 А. А. Tokovinin, in: *Catalogue of stellar radial velocities. Catalogue of proper motions.*, Moscow State Univ., Moscow, 1990, 92 pp.
- [71] C. Soubiran, G. Jasiewicz, L. Chemin et al., *Gaia Data Release 2. The catalogue of radial velocity standard stars*, *Astron. & Astrophys.* **616**, A7 (2018).
- [72] Gaia Collaboration (2022). *VizieR Online Data Catalog: Gaia DR3 Part 3. Non-single stars* (Gaia Collaboration, 2022). *VizieR Online Data Catalog*, I/357.
- [73] А. А. Токовинин, *Astron. J.* **165**, 220 (2023).
- [74] Ван Лейвен (F. Van Leeuwen), *Astron. Astrophys.* **474**, 653 (2007).
- [75] А. Токовинин, О. Кияева, *MNRAS* **456**, 2070 (2016).
- [76] S. L. Lippincott, *Astron. J.* **77**, 165 (1972).
- [77] О. В. Кияева, А. А. Киселев, И. С. Измайлов, *Письма в Астрономический журнал*. **34**, 446 (2008).
- [78] P. Kervella, F. Arenou, F. Mignard, F. Thevenin, *Astron. Astrophys.* **623**, 72 (2019).
- [79] D. L. Nidever, G. W. Marcy, R. P. Butler, and D. A. Fischer, *Astrophys. J. Suppl. Ser.* **141**, 503 (2002).
- [80] А. А. Токовинин, *Astron. J.* **152**, 10 (2016).
- [81] Riddle R.L., Tokovinin A., Mason B.D., Hartkopf W.I., Roberts L.C.Jr., Baranec C., Law N.M., Bui K., Burse M.P., Das H.K., Dekany R.G., Kulkarni S., Punnadi S., Ramaprakash A.N., Tendulkar S.P., *Astrophys. J.* **799**, 4 (2015).
- [82] А. А. Токовинин, *Астрономический журнал*. **71**, 293 (1994).
- [83] H. Zirm, *Inf. Circ.* **166**, 1 (2008).
- [84] R. Genet, H. Zirm, F. Rica, J. Richards, D. Rowe, and D. Gray, *J. Double Star Observ.* **11**, 200 (2015).

- [85] A. A. Tokovinin, A. Duquennoy, J.-L. Hallwachs, and M. Mayor, *Astron. & Astrophys* **282**, 831 (1994).
- [86] Ja. B. Zeldovich, O. H. Guseinov, *Astrophys. J.* **144**, 840 (1966).
- [87] V. L. Trimble, K. S. Thorne, *Astrophys. J.* **156**, 1013 (1969).
- [88] Н. А. Шахт, *Изв. ГАО в Пулкове* **214**, 77 (2000).
- [89] R. Wooley, E. A. Epps, M. J. Penston, and S. B. Pocock, *Catalogue of stars within 25 parsec of the Sun*, Royal Obs. Annal 5, 1970.
- [90] H. A. Abt, *Astrophys. J. Suppl. Ser.* **11**, 429 (1965).
- [91] R. E. Wilson, *General Catalogue of Stellar Radial Velocities*, Carnegie Inst. Washington D.C. Publ. 601, 0 (1953).
- [92] E. A. Grosheva, in *Visual Double Stars: Formation, Dynamics and Evolutionary Tracks*, eds J. A. Docobo, A. Elipe, H. McAlister (Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1997), p.85.
- [93] A. A. Tokovinin, *Astron. & Astroph., Suppl. Ser.* **121**, 71 (1997).
- [94] N. A. Shakht, D. L. Gorshanov, E. A. Grosheva, A. A. Kiselev, E. V. Poliakov, *Astrophysics*, **53**, 227 (2010).
- [95] K. Chang, *Astron. J.*, **77**, 759 (1972).
- [96] H. A. Abt, S. G. Levy, *Astron. J.*, **78**, 1093 (1973).
- [97] Л. Г. Романенко, *Астрофиз. иссл. (Изв. САО)* **27**, 60 (1988).
- [98] B. D. Mason, W. I. Hartkopf, G. L. Wycoff, et al, *Astron. J.* **132**, 2219 (2006).
- [99] А. А. Киселев, Л. Г. Романенко, Н. А. Шахт, О. В. Кияева, Е. А. Грошева, И. С. Измайлов, *Изв. ГАО в Пулкове* **219**, 135 (2009).
- [100] J. S. Plaskett, *Publ. Dominion Astrophys. Obs.* **3**, 247 (1926).
- [101] W.F. van Altena, J.T.-L. Lee and E.D. Hoffleit, *The General Catalogue of Trigonometric Stellar Parallaxes (1991): a Preliminary Version*, (Yale Univ. Obs., New Haven, 1991).
- [102] D. Seymour, B. D. Mason, W. I. Hartkopf, and G. L. Wycoff, *Astron. J.* **123**, 1023 (2002).

- [103] О.В. Кияева, А.А. Токовинин, О.А. Калиниченко, Письма в Астрон. журн. **24**, 868 (1998).
- [104] Бэкос (G. A. Bakos), *Astron. J.* **91**, 1416 (1986).
- [105] О. В. Кияева, Письма в Астрономический журнал **32**, 928 (2006).
- [106] О.В.Кияева, Н.А.Горыня, И.С.Измайлов. Письма в Астрон. ж., **36**, 216 (2010).
- [107] A. J. Cannon and E. C. Pickering, *VizieR Online Data Catalog: Henry Draper Catalogue and Extension, published in Ann. Harvard Obs. 91-100 (1918-1925)*, CDS/ADC Collection of Electronic Catalogues, **3135**, 0 (1993).
- [108] А. А. Киселев, Л. Г. Романенко, Н. А. Горыня, *Астрон. журн.* **86**, 1216 (2009).
- [109] W. D. Heintz, *Pub. Astron. Soc. Pasific* **93**, 90 (1981).
- [110] J.-L. Prieur, M. Scardia, L. Pansecchi, R. W. Argyle & M.Sala, *MNRAS* **422**, 1057 (2012).
- [111] А. А. Tokovinin, Y. Y. Balega, E. A. Pluzhnik, N. I. Shatsky, N. A. Gorynya, G. Weigelt, *Astron. Astrophys.* **409**, 245 (2003).
- [112] А. А. Afanasyeva, E. A. Grosheva, *Astrophysics* **55**, 231 (2012).
- [113] K. Kamper, *Astron.J.* **71**, 389 (1966).
- [114] P. Baize, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* **26**, 177 (1976).
- [115] J. I. Hershey, *Astron.J.* **87**, 145 (1982).
- [116] Н. А. Шахт, Письма в астрон. журн. **10**, 765 (1984).
- [117] Н. А. Шахт, А. А. Киселев, Е. В. Поляков, Е. А. Грошева, В. Б. Рафальский, Препринт ГАО РАН No.16 (1999).
- [118] A. W. Mann, G. A. Feiden, E. Gaidos et al., *Astrophys. J.* **804**, 64 (2015).
- [119] W. D. Heintz, *PASP* **99**, 1084 (1987).
- [120] W. Gliese, *Catalogue of Nearby Stars* (Karlsruhe: Verlag G. Braun, 1969).
- [121] О.В.Кияева, А.А.Киселев, Л.Г.Романенко, О.А.Калиниченко, Т.А.Васильева, *Астрон. журн.* **89**, 1045 (2012).
- [122] W.D.Cochran, A.P.Hatzes, R.P.Butler, G.W.Marcy, *Astrophys.J.*, **483**, 457 (1997).

- [123] А. А. Киселев, Л. Г. Романенко, *Астрон. журн.* **88**, 530 (2011).
- [124] *Gliese Catalog of Nearby Stars, 3d edition* (Gliese+,1991), <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-2/Cat?-source=V/20A>.
- [125] О. В. Кияева, Н. А. Горыня, *Письма в Астрон. журн.* **41**, 455 (2015).
- [126] К. А. Strand, *Pub. Astron. Soc. Pasific* **55**, 322 (1943).
- [127] А. Н. Дейч, *Письма в Астрон. журн.* **4**, 95 (1978).
- [128] F. J. Josties, *Lowell Obs. Bull.* **No167**, 16 (1983).
- [129] D. L. Gorshanov, N. A. Shakht, A. A. Kiselev, *Astrophysics* **49**, 386 (2006).
- [130] Л. Г. Романенко, Е. Л. Ченцов, *Астрон. журн.* **71**, 278 (1994).
- [131] И. С. Измайлов, Н. А. Шахт, Е. В. Поляков, Д. Л. Горшанов, М. А. Погодин, *Астрофизика* **64**, 181 (2021).
- [132] L. F. Jenkins, *General catalogue of trigonometric stellar parallaxes*, New Haven: Yale Univ. Observ., 1952.
- [133] R. F. Griffin, *The Observatory* **107**, 1 (1987).
- [134] R. F. Sanford, *Astrophys. J.* **65**, 295 (1927).
- [135] C. R. Vickers, C. D. Scarfe, *PASP* **88**, 944 (1976).
- [136] H. McAlister, *Astrophys. J.* **236**, 522 (1980).
- [137] D. Paurbaix, *A&A Suppl.* **145**, 215 (2000).
- [138] C. D. Farrington, T. A. Ten Brummelaar, B. D. Mason et al., *Astron J.* **148**, 48 (2014).
- [139] G. Zeller, *Ann. Univ. Sternw. Wien*, **26**, 107 (1965).
- [140] О. В. Кияева, И. С. Измайлов, *Изв. ГАО в Пулкове*, **216**, 191 (2002).
- [141] И. С. Измайлов, *ПЗС-наблюдения визуально-двойных звезд, спутников больших планет и астероидов с помощью длиннофокусного рефрактора*, канд. дисс. (Санкт-Петербургский университет, 2001).
- [142] W. I. Hartkopf, B. D. Mason, *Astron.J.* **142**, 56 (2011).