

УДК 524.383-387

М. М. Закиров

Национальный университет Узбекистана
100174 Ташкент, Вузгородок
mamnun@astrin.uzsci.net, zamamnun@mail.ru

**Тесные двойные системы в кратных звездах.
I. Затменные переменные в орбитальных
визуально-двойных системах**

Сделана выборка затменных переменных из VI каталога орбитальных элементов визуально-двойных звезд. Полученный список переменных дополнен данными о физических характеристиках компонентов тройных звезд и некоторыми орбитальными элементами. Построена гистограмма распределения углов между плоскостями орбит тесных пар и долгопериодических систем. Показано, что в 2/3 случаях эти углы не превышают 20°, и разность углов увеличивается с увеличением величины большой полуоси визуальной орбиты. Распределение отношений периодов долгопериодических и короткопериодических орбит имеют локальные максимумы в определенных интервалах. Динамическая сумма масс компонентов тройных систем и суммы масс компонентов тесной пары, определенные точными методами, и третьих звезд по зависимости масса — светимость, хорошо согласуются друг с другом. Массы большей части третьих звезд вдвое меньше, чем сумма масс компонентов тесной пары. Получена оценка периодов прецессии плоскостей орбит тесных двойных систем, которые составляют от нескольких тысяч до несколько десятков миллионов лет.

ТИСНІ ПОДВІЙНІ СИСТЕМИ В КРАТНИХ ЗІРКАХ. I. ЗАТЕМНЮВАНІ ЗМІННІ В ОРБІТАЛЬНИХ ВІЗУАЛЬНО-ПОДВІЙНИХ СИСТЕМАХ, Закиров М. М. — Зроблено вибірки затемнюваних змінних з VI каталогу орбітальних елементів візуально-подвійних зірок. Отриманий список змінних доповнено даними про фізичні характеристики компонентів потрійних зірок і деякими орбітальними елементами. Побудовано гістограму розподілу кутів між площинами орбіт тісних пар і довгоперіодичних систем. Показано, що в 2/3 випадків ці кути не перевищують 20°, і різниця кутів збільшується із збільшенням великої півосі візуальної орбіти. Розподіл відношень періодів довгоперіодичних і короткоперіодичних орбіт мають локальні максимуми у певних інтервалах. Динамічна сума мас компонентів потрійних систем і суми мас компонентів тісної пари, визначені точними методами, та третіх зірок за залежністю маса —

світимість, добре узгоджуються між собою. Маси більшої частини третіх зірок удвічі менші, ніж сума мас компонентів тісної пари. Отримано оцінку періодів прецесії площин орбіт тісних подвійних систем, яка склала від кількох тисяч до кількох десятків мільйонів років.

CLOSE BINARY SYSTEMS IN MULTIPLE STARS. I. ECLIPSING VARIABLES IN ORBITAL VISUAL BINARY SYSTEMS, by Zakirov M. M. — A selection of eclipsing variables was made from the sixth catalogue of orbits of visual binary stars. The obtained list of variables was supplemented with physical parameters and some orbital elements of triple stars. The histogram of angles between orbital planes of close and wide pairs was constructed. It is shown that in 2/3 cases these angles do not exceed 20° and the difference of the angles increases with the enhancement of the major semi-axis of a visual orbit. The distribution of the long and short period ratios has local maxima at some intervals. The dynamical sum of masses of triple systems and sums of masses of close binaries which were found through precise methods and masses of tertiary components obtained using the mass-luminosity relation are in good agreement. Masses for most of tertiary components are two times less than ones for close pairs. Precession periods of close binary orbit planes were estimated to be between some thousand and some ten million years.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование тесных двойных систем (ТДС) в кратных системах дает возможность изучить ряд интересных астрофизических вопросов. Одним из них является проблема происхождения кратных звезд. В большинстве случаев проблема происхождения тесных двойных систем рассматривается отдельно от вопросов происхождения кратных систем [1, 51]. Между тем хорошо известно, что среди тройных звезд есть особый класс объектов, представленных очень тесной парой и третьей, более отдаленной звездой. Когда тесная пара является затменной или спектрально-двойной системой, то нам представляется уникальная возможность изучить вопросы, связанные с их происхождением. Если кратные системы образуются в результате случайных встреч звезд поля, то ориентация плоскостей орбит может быть произвольной. Некомпланарность плоскостей орбит ТДС и третьего компонента приводит к такому интересному явлению, как прецессия плоскости орбиты ТДС, в результате которой амплитуды затмения становятся переменной или даже могут исчезнуть затмения [36, 38, 45, 58]. Фотоэлектрические наблюдения затменной переменной V699 Cyg, которая раньше имела глубокий главный минимум (1.5^m pg), практически «выравнялась» и остался только «чистый» эффект отражения с амплитудой $\Delta B = 0.1^m$ [4]. Наиболее интересные явления произошли с затменной системой V907 Sco, у которой прекратились затмения и вновь возобновились [35].

В случае общего происхождения кратных систем из одного протозвездного облака, можно ожидать некоторую компланарность плоскостей орбит. Изучению этого вопроса в кратных системах посвящен ряд работ [24, 39, 46]. Интересная идея была высказана о компланарности орбит ТДС в рассеянных звездных скоплениях [1]. Такую возможность поддержали другие исследователи, которые рассмотрели некоторые рассеянные скопления с богатым содержанием спектрально-двойных и затменных переменных звезд [2, 3, 25].

Другая интересная проблема — изучение ряда важнейших характеристик компонентов ТДС и третьих звезд в тройных системах, таких как массы звезд, отношения масс компонентов, орбитальные периоды, большие полуоси орбит, возрасты звезд и т. д. В недавней конференции были

затронуты многие вопросы данной проблемы [50], в том числе и поиск маломассивных третьих компонентов и даже крупных планетных образований на основе комплексного анализа светового уравнения и данных астрометрии [44].

В данной работе мы хотели бы обратить внимание на важность исследования затменных переменных звезд с третьим визуальным компонентом в системе, физическая связь которых установлено достоверно. Изучение ТДС с эффектом наличия третьего тела в системе по наблюдениям моментов минимумов мы планируем рассмотреть в последующих работах.

В известной монографии Копала [31] отмечено, что около 10 % затменных систем могут иметь третий компонент. На широкую распространенность третьих компонентов в контактных системах типа W UMa также указано в работе [28]. Впервые на наличие переменных звезд в визуально-двойных системах обратил внимание Плаут, который и составил перечень таких звезд [41], а позже его дополнил [42]. В двух списках содержатся 51 затменная система. Почти одновременно публикуются два подобных списка [14] (59 затменных переменных) и [6] (70 систем, в которые включены затменные и две эллипсоидальные переменные). В работе [43] даны сведения о 91 затменной паре. Позже были опубликованы еще два списка, но там содержатся только затменные переменные [20.29]. В отличие от всех предыдущих списков, в этих работах содержится небольшой анализ данных. В работе [20] 37 затменных переменных отнесены к физическим кратным системам и даны некоторые величины, которые характеризуют каждую систему. Кроме того, там приведен дополнительный список из 41 затменной системы как список наиболее вероятных физических членов визуально-двойных звезд. В работе [29] содержатся 225 затменных и эллипсоидальных систем. В то же время в ОКПЗ (электронная версия, 2006 г.) можно найти указания на наличие третьего тела только у 32 затменных систем, что составляет всего лишь 1 % от общего числа звезд данного типа. В каталоге [19] отмечены 14 затменных систем с третьим членом, а в работе [7] таких систем девять, из которых пять — общие с предыдущим каталогом.

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ТДС В ВИЗУАЛЬНО-ДВОЙНЫХ ЗВЕЗДАХ

В настоящее время есть довольно много исследований, связанных с изучением вопроса третьего тела в затменных переменных звездах. Первым объектом такого типа стал Алголь, который показывает смещение моментов минимумов по гармоническому закону с периодом 1.862 года. Более детальные исследования световой кривой звезды позволили выявить новое явление — большую неравномерность в движении компонентов.

Нам представляется важным провести целенаправленный поиск затменных и эллипсоидальных систем среди уверенно установленных физических визуально-двойных звезд с орбитальными элементами. Работа [15] является одной из небольшого числа работ, где приведен список переменных звезд в физических визуально-двойных системах. В ней содержатся 23 затменные переменные. В недавно опубликованной работе [38] дан небольшой список таких затменных переменных. С увеличением количества астрометрических измерений визуально-двойных звезд, особенно с применением спекл-интерферометрических методов и запуском HIPPARCOS, увеличилось количество обнаруженных орбитальных кратных систем. Современный каталог орбитальных элементов визуально-двойных звезд помещен его шестом издании (далее — VI каталог), который можно найти на сайтах Морской обсерватории Вашингтона (<http://ad.usno.navy>). Мы произвели поиск затменных и

эллиптических переменных в VI каталоге, используя ОКПЗ (электронная версия 2006 г.). Ключом для отождествления затменных переменных в каталоге служила идентификация ТДС со звездами каталога BD. В результате компьютерного поиска удалось найти 35 затменных систем. Однако при детальном рассмотрении оказалось, что 13 визуально-двойных систем из этой выборки оказались разрешенными на двойственность затменными переменными, и мы исключили их из дальнейшего рассмотрения. Среди этих звезд оказались такие популярные переменные, как VV Ser и ϵ Aug. Полученный список ТДС в визуальных парах помещен в табл. 1. В первых четырех графах указаны название ТДС и их номера по WDS (в системе Вашингтонской морской обсерватории), ADS и HIP. В пятой графе дана классификация затменных переменных принятая в ОКПЗ, в шестой и седьмой — визуальные величины V_{phot} и V_{vis} ТДС и третьего компонента, в восьмой и девятой — орбитальные периоды ТДС в сутках и долгопериодической орбиты (ДПО) в годах, в десятой — период светового уравнения, если он обнаружен, в одиннадцатой, двенадцатой и тринадцатой — углы наклона плоскости орбит ТДС и ДПО и их разности, в четырнадцатой и пятнадцатой — спектры компонентов ТДС и третьего компонента. К сожалению, не для всех затменных переменных определены периоды, не говоря про другие важнейшие элементы системы. Так, не указаны периоды трех затменных переменных, две из которых обнаружены в ходе выполнения миссии HIPPARCOS. Ввиду особой исключительности в табл. 1 были включены две системы: YY Gem (Кастор C) со вспыхивающим компонентом и визуально-двойная ADS 9537, состоящая из пары затменных переменных BV Dra и BW Dra. Первая ТДС входит в известную шестикратную систему Кастор, и получены элементы орбит двух ярких визуальных компонентов, а вторая система содержит две затменные пары.

В табл. 2 приведены некоторые физические величины тройных звезд полученного списка, которые взяты из VI каталога, данных HIPPARCOS и каталогов [7, 9, 10, 48, 49], а также из наших вычислений. В первой графе дано название ТДС, во второй — большая полуось a орбиты в секундах дуги, в третьей — параллакс π по измерениям HIPPARCOS, в четвертой — большая полуось a ДПО в а. е., в пятой — сумма Σ_{3dyn} масс компонентов тройной системы, вычисленной по третьему закону Кеплера (динамическая масса), в шестой и седьмой — массы M_1 и M_2 компонентов ТДС из различных каталогов и оригинальных работ, в восьмой — масса M_3 третьего компонента, вычисленной нами или взятой из литературных источников, в девятой — сумма масс Σ_3 всех компонентов системы, в десятой — отношение q_3 массы третьего компонента к массе ТДС, в одиннадцатой и двенадцатой — вычисленные и наблюдаемые полуамплитуды светового уравнения в сутках, в тринадцатой — ожидаемый период прецессии P_{node} .

В некоторых случаях динамическая сумма масс компонентов тройных систем оказались неправдоподобно большими или малыми. Они вычислялись с использованием третьего закона Кеплера, где зависимость суммы масс от большой полуоси орбиты кубическая. Возможно, причина таких аномалий заключена не столько в точности элементов орбиты визуальной пары, а в определении расстояния. Полуамплитуда ожидаемого светового уравнения ТДС вычислена по формуле [36]

$$A = \frac{a \sin i_{vis} \sqrt{1 - e^2 \cos^2 \omega}}{173.15},$$

где a — большая полуось в а. е., e — эксцентриситет, ω — долгота периастра ДПО.

Таблица 1. Затменные переменные в орбитальных визуально-двойных системах

| CBS | WDS | ADS | HIP | Тип | V_{ph} | V_{vis} | P_{ph} , сут | P_{vis} , лет | P_{LTT} , лет | i_{ph} | i_{vis} | φ | $S_{p,ph}$ | $S_{p,vis}$ |
|----------------------|------------|------|--------|-----------------|----------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|----------|-----------|-----------|-----------------------|-------------|
| V348 And | 00153+4412 | 1256 | 1233 | EA | 7.3 | 7.5 | | 330 | | | 73.8 | | B9IV | |
| QS Aql | 19411+1349 | | 96840 | EA/SD | 6.69 | 6.75 | 2.5133 | 61.72 | 68.21 | 72 | 65.4 | 6.6 | B5V+[A8IV] | B4 |
| δ Boo | 15038+4739 | 9494 | 73695 | EW/KW | 5.80 | 6.10 | 0.2678 | 206 | | 70.5 | 84 | 49.7 | G2+G2V | |
| V559 Cas | 02257+6133 | 1833 | 11318 | EA | 7.51 | 8.16 | 1.5806 | 836 | | 77 | 45.4 | 31.6 | B9V | |
| V640 Cas | 00063+5826 | 61 | 518 | E: | 6.42 | 7.32 | 1.127 | 106.7 | | 31 | 45 | 14 | G3V+G8V | |
| V831 Cen | 13123-5955 | | 64425 | EII | 5.3 | 6.0 | 0.642 | 27.0 | | 86: | 68.3 | 18: | B8V | |
| VW Cep | 20374+7536 | | 101750 | EW/KW | 7.68 | 10.48 | 0.2783 | 31 | 57 | 72 | 39.3 | 32.7 | G5+K0Ve | |
| KR Com | 13203+1746 | 8863 | 65069 | EB: | 7.78 | 8.38 | | 11.15 | | 76.3 | 71.4 | | F8V | |
| BV Dra | 15113+6156 | 9537 | 74370 | EW/KW | 7.88 | | 0.3501 | (24000) | | 74.4 | | 1.9 | F9V+F8V | |
| BW Dra | | | 74368 | EW/KW | 8.61 | | 0.2922 | | | 86.5 | | 28.1 | G3V+G03 | |
| YY Gem (Castor C) | 07346+3153 | 6175 | 36850A | EA/DM +UV | | 1.99A 2.85B | 0.8143 | 444.95AB (13800) | | | 114.6 | | M1Ve+M1Ve | |
| V772 Her | 18058+2127 | 132 | 88637 | E | 7.39 | 8.82 | 0.8795 | 20.08 | | 67 | 77.0 | 10 | G0V+G5V | |
| V819 Her | 17217+3958 | | 84949 | EA/D+BY | 5.59 | | 2.2296 | 5.525 | | 79.0 | 57.09 | 21.9 | F2V+F8V | |
| LO Hya | 08285-0231 | 6828 | 41564 | EA/DM | 7.0 | 7.1 | 2.4997 | 54.70 | | 86.2 | 83.7 | 2.5 | A5m | |
| XY Leo | 10017+1725 | | 49136 | EW/KW | 9.63 | | 0.2841 | 19.59 | | 87 | 94.4 | 7.4 | K0V+K0 | |
| V635 Mon | 08017-0836 | 6526 | 39264 | EA/DM | 7.81 | 8.70 | 1.8078 | 152.39 | | 75 | 80.4 | 5.4 | F5+A2 | |
| V2388 Oph | 17542+1108 | | 87655 | EB | 7.0 | 7.2 | 0.8023 | 8.925 | | 74.7 | 156.4 | 51.1 | B0.5Ve α + B3V | |
| η Ori | 05245-0224 | 53 | 25281 | EA+ β Cep | 3.35 | 4.88 | 7.9893 | 19.24 | | 81 | 103.7 | 4.7 | B8V+K2IV | |
| β Per | 03082+4057 | 30 | 14576 | EA | 2.12 | 4.6 | 2.8673 | 1.862 | 1.862 | 82.5 | 83.98 | 1.5 | G9III-II+A2III | |
| γ Per | 03048+5330 | 2324 | 14328 | EA/GS | 2.93 | 4.4 | | 14.593 | | 89: | 90.6 | | A2V | |
| b Per | 04182+5018 | | 20070 | EII | 4.60 | | 1.5273 | 1.921 | | 86: | 83.4 | 5.6: | B6V+B9V | |
| ζ Phe | 01084-5515 | | 5348 | EA/DM | 4.02 | 6.80 | 1.6698 | 210.4 | | 81 | 62 | 24: | A2V+G5IV | |
| V505 Sgr | 19531-1436 | | 97849 | EA/SD | 9.25 | 6.64 | 1.1829 | 60.14 | 38.1 | 81 | 137.1 | 38.1 | K3V+K4V | M2V |
| BB Scl | 01350-2955 | | 7372 | E | 7.2 | 11.5 | 6.29 | 111.8 | | 81.5 | 29.3 | 41.8 | A8+A9 | |
| DN UMa | 11551+4629 | 92 | 58112 | EA | 6.5 | 9.0 | 1.7304 | 136.54 | | 90 | 105.2 | 47.3 | A1V | |
| δ Vel | 08447-5443 | | 42913 | EA | 2.1 | 5.1 | 45.149 | 142.0 | | | 42.7 | | F8V+F0 | |
| HT Vir | 13461+0507 | 9019 | 67186 | EW/KW | 7.89 | 8.10 | 0.407 | 274 | | | | | | |

Таблица 2. Некоторые характеристики компонентов тройных систем

| ТДС | α | Параллакс, мсд | a , а. е. | Сумма масс $\Sigma_{3 \text{дин}}, M_{\odot}$ | M_1/M_{\odot} | M_2/M_{\odot} | M_3/M_{\odot} | Сумма масс Σ_3, M_{\odot} | $q_3 =$ $M_3/M_{\text{ТДС}}$ | Полумплитуда светового уравнения, сут | | Период прецессии в годах (igP_{node}) | |
|--------------|----------|-------------------|----------------|--------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------|------|
| | | | | | | | | | | Теория | Наблюдения | | |
| V348 And | 0.29" | 4.05 ± 0.76 | 69.31 ± 6.28 | 3.06 ± 0.84 | 3.34 | 3.13 | 6.47 | 0.380 | 0.177 | 0.0404 | 0.148 | 4.48 | |
| QS Aql | 0.153 | 1.98 | 0.82 | 65.1 | 21.0 | 72.6 | 70.0 | 4.60 | 1.20 | 4.8 | 10.6 | 0.097 | 4.88 |
| i Boo | 0.099 | 50.0 | 15.6 | 32.8 | 25.1 | 0.92 | 2.16 | 0.78 | 0.46 | 0.78 | 2.16 | 0.257 | 8.11 |
| V559 Cas | 3.8 | 78.39 | 1.03 | 48.6 | 0.4 | 2.71 | 0.07 | 2.8 | 2.55 | 1.94 | 7.29 | 0.641 | 8.60 |
| V640 Cas | 0.795 | 4.43 | 1.51 | 155.8 | 43.3 | 5.41 | 4.51 | 2.04 | 1.85 | 0.95 | 5.83 | 0.117 | 7.06 |
| V831 Cen | 1.44 | 49.30 | 1.05 | 28.8 | 0.2 | 2.10 | 0.04 | 0.95 | 0.31 | 0.95 | 2.21 | 0.0907 | 6.18 |
| VW Cep | 0.1851 | 36.16 | 0.97 | 13.58 | 0.97 | 2.61 | 0.56 | 2.54 | 1.76 | 2.24 | 6.55 | 0.0491 | 6.78 |
| KR Com | 0.485 | 13.07 | 0.87 | 9.08 | 0.13 | 6.02 | 0.08 | 1.20 | 0.90 | 0.50 | 2.60 | 0.0442 | |
| BV Dra | 0.1195 | | | | | | | 1.10 | 0.45 | 1.13 | 2.80 | | |
| BW Dra | | | | | | | | 0.95 | 0.30 | | | | |
| YY Gem | (73) | 63.27 | 1.23 | | | | | 0.59 | 0.59 | | | | |
| (Castor C) | | | | | | | | | | | | | |
| V772 Her | 0.253 | 26.51 | 1.35 | 9.87 | 0.46 | 2.38 | 0.33 | 1.08 | 0.86 | 0.74 | 2.68 | 0.0165 | 4.28 |
| V819 Her | 0.079 | 15.53 | 1.16 | 5.05 | 0.14 | 4.23 | 0.35 | 1.43 | 1.08 | 1.76 | 4.27 | 0.0211 | 3.86 |
| LO Hya | 0.283 | 11.73 | 0.94 | 24.05 | 0.45 | 4.65 | 0.26 | 1.56 | 1.07 | 1.61 | 4.24 | 0.128 | 6.04 |
| XY Leo | 0.0556 | 15.86 | 1.80 | 3.50 | 0.38 | 0.11 | 0.04 | 0.58 | 0.46 | 1.38 | 4.43 | 0.0201 | 6.68 |
| V635 Mon | 0.482 | 3.06 | 1.04 | 160 | 38 | 176 | 126 | 2.15 | 0.90 | | | 0.0231 | 7.81 |
| V2388 Oph | 0.0873 | 14.72 | 0.81 | 5.94 | 0.21 | 2.63 | | 1.80 | 0.34 | 1.40 | 3.54 | 0.0134 | 6.24 |
| η Ori | 0.059 | 3.62 | 0.88 | 21.71 | 2.30 | 27.6 | 8.8 | 13.9 | 11.9 | 14.0 | 39.8 | 0.122 | 3.82 |
| β Per | 0.09461 | 35.14 | 0.90 | 2.74 | 0.06 | 19.1 | 0.65 | 3.70 | 0.81 | 1.68 | 6.19 | 0.0156 | 3.27 |
| γ Per | 0.1439 | 12.72 | 0.71 | 11.51 | 0.58 | 7.16 | 1.08 | 5.92 | 0.29 | 2.35 | 9.06 | 0.0422 | |
| b Per | 0.0051 | 10.25 | 0.87 | 0.498 | 0.69 | 0.033 | 0.01 | 2.25 | 1.3 | 6.71 | 0.00286 | 0.00286 | |
| ζ Phe | 0.804 | 11.66 | 0.77 | 69.14 | 6.77 | 7.47 | 2.17 | 3.93 | 2.55 | 1.76 | 8.24 | 0.352 | 7.78 |
| V505 Sgr | 0.268 | 8.58 | 1.38 | 31.36 | 2.00 | 8.52 | 1.63 | 2.15 | 1.50 | 1.14 | 4.79 | 0.108 | 6.61 |
| BB Scl | 0.178 | 42.29 | 1.46 | 34.05 | 2.19 | 3.20 | 0.60 | 0.80 | 0.80 | 0.47 | 2.07 | 0.0717 | 7.32 |
| DN UMa | 0.225 | 4.07 | 1.24 | 55.1 | 12.4 | 8.98 | 4.97 | 2.02 | 1.91 | 1.80 | 5.73 | 0.179 | |
| δ Vel | 1.990 | 40.90 | 0.38 | 49.75 | 4.41 | 20.16 | 1.63 | | | 1.11 | 3.75 | 0.245 | 8.48 |
| HT Vir | 1.010 | 15.39 | 2.72 | 65.65 | 5.05 | 3.77 | 0.87 | 1.53 | 1.11 | 1.11 | 0.42 | 0.251 | |

Остановимся вкратце на особенностях некоторых систем, приведенных в табл. 1 и 2.

V348 And. Переменность обнаружена в ходе выполнения космической миссии HIPPARCOS, и поэтому ТДС практически не исследована. В работе [23] дана оценка масс визуальных компонентов, которая почти вдвое превышает динамическую сумму масс, оценена масса яркого компонента, которым является ТДС в предположении одиночной звезды.

QS Aql. Имеется два набора данных компонентов ТДС [7, 48], которые несколько отличаются друг от друга. В табл. 2 даны массы компонентов по последнему каталогу. Динамическая сумма масс компонентов тройной системы существенно завышена в обоих вариантах орбитальных элементов астрометрической пары и вычислена с очень большими ошибками. В работе [27] также обсуждается проблема оценки расстояния и масс компонентов, но с орбитальным периодом 17.5 лет. Мы считаем, что основная причина неудачи в оценке масс компонентов связана с низкой точностью измерения параллакса звезды HIPPARCOS. Исходя из абсолютной болометрической светимости главного компонента ТДС, мы оценили спектральный параллакс системы и с этим расстоянием (250 пк) нашли сумму масс компонентов тройной звезды. Наша оценка расстояния совпала с данными каталога [18]. Несмотря на это, динамическая сумма масс компонентов тройной системы оказалась немного меньше, чем это получается из данных каталогов [7, 48] для ТДС и нашей оценки массы третьего компонента. Для согласия этих результатов нужно положить расстояние до тройной системы равным 265 пк (первый вариант решения визуальной орбиты) и 270 пк (второй вариант).

Теоретическая кривая светового уравнения, вычисленная с периодом $P = 68.21$ лет, хорошо описывает наблюдения [38]. Однако эта кривая построена по другим элементам, чем в VI каталоге. Наибольшее различие допущено в величине большой полуоси орбиты: в работе [38] принято $a = 13$ а. е., что почти в 4-5 раза меньше ее каталожных значений.

Необходимо заметить, что визуальная орбита имеет очень большой эксцентриситет и ориентация орбиты такова, что линия апсид сильно вытянутого эллипса немного отклоняется от луча зрения.

i Boo. Принимая график О-С [33] за половину волны синусоиды, можно оценить ее амплитуду около 0.10^d и период более 100 лет.

V640 Cas. Затменной парой является В-компонент системы [55]. Оценены массы компонентов тройной звезды. В табл. 2 приведены массы звезд по данным [26], а угол i_{ph} оценен нами из функции масс ТДС.

V831 Cep. Оценка параметров ТДС получена нами по подобию с ζ Phe [53].

KR Com. Переменность обнаружена HIPPARCOS и ТДС не исследована.

BV Dra и BW Dra. Угол φ представляет собой разность углов наклона плоскостей орбит двух ТДС.

YY Gem. Приведен угол φ между затменной парой (компонент С) и орбитой визуально-двойной (компоненты А и В).

V772 Her. ТДС входит в визуальную шестикратную звезду. Отношение орбитальных периодов компонентов АВ к ТДС самое минимальное среди звезд нашего списка.

V819 Her. ТДС является В-компонентом визуальной пары. Угол $\varphi = 23.6 \pm 4.9^\circ$ [40].

LO Hya. Элементы ТДС определены в работе [16], по которым нами оценена масса компонентов. Наша оценка масс компонентов ТДС соответствует полученной функции масс звезд в [16]. Система состоит из затменной переменной и 6-сут спектрально-двойной звезды.

XY Leo. ТДС имеет признаки звезд типа BY Dra [17]. В работе [34] получено световое уравнение $0.0213\sin(0.000243E+0.56)$. Коэффициент гармонического члена и период широкой пары (20.1 года) практически совпадают с данными таблицы. Близкие данные получены в работе [56]. Оценка суммы масс по третьему закону Кеплера сильно занижена. Возможно, расстояние до звезды больше, чем измеренное HIPPARCOS.

V635 Mon. Динамическая масса определена с большой ошибкой из-за ошибки измерения параллакса. В работе [23] получена оценка масс всех компонентов $3.83M_{\odot}$.

V2388 Oph. Массы компонентов указаны по данным [57].

γ Peg. По спектральным исследованиям улучшены элементы спектроскопической орбиты. Орбита получилась круговой, и замечены линии третьего компонента [32].

ζ Phe. Если принять диаграмму $O-C$ [33] за половину волны синусоиды, то ее амплитуда примерно 0.15^d и период 100 лет [33].

V505 Sgr. Полученное световое уравнение в [37] подтверждено дальнейшими наблюдениями [30]. Полученные элементы орбиты в этих работах из анализа световой кривой ТДС не отличаются существенно, однако они не согласуются с данными VI каталога, за исключением эксцентриситета. Особенно это различие в периоде: астрометрический период почти в полтора раза больше периода светового уравнения. Как следствие, амплитуды светового уравнения отличаются на порядок. В работе [21] $O-C$ -кривая аппроксимирована квадратичной формулой и синусоидами с периодами 38.1 и 44.6 года. С учетом новых интерферометрических измерений звезды орбитальный период визуально-двойной равняется 60 годам. Предположено, что несоответствие периодов возможно вызвано другой причиной (четвертый компонент?).

BB Scl. Малоамплитудная переменная (0.07^mV) на расстоянии 18 пк.

δ Vel. Обнаружена HIPPARCOS и не исследована.

HT Vir. Имеется решение фотометрической орбиты [54]. Массы компонентов оценены нами с использованием этих элементов фотометрической орбиты.

НЕКОТОРЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПИСКА ТРОЙНЫХ ЗВЕЗД

Нам представляется интересным провести некоторые статистические исследования полученного списка ТДС в тройных звездах, которые будут полезны при изучении вопросов происхождения кратных звезд. Важность этих исследований заключается еще в том, что подобные работы встречаются крайне редко.

Распределение разности углов наклона плоскостей орбит. Рассмотрим на базе полученного списка распределение разностей между углом наклона плоскостей тройной системы и ТДС:

$$\cos\varphi = \cos i_{vis}\cos i_{ph} + \sin i_{vis}\sin i_{ph}\cos(\Omega_{vis} - \Omega_{ph}),$$

где Ω_{vis} и Ω_{ph} — долгота восходящего узлов тройной системы и ТДС. Значения восходящих узлов можно определить только для широкой пары при условии наблюдения лучевых скоростей. Отличия углов наклона плоскостей заключены в пределах $0-180^\circ$, что определяет знак второго члена приведенной формулы. Таким образом, разность углов наклона ограничена в следующих пределах:

$$i_{vis} - i_{ph} \leq \varphi \leq i_{vis} + i_{ph}.$$

В табл. 2 даны минимальные значения углов φ , и на рис. 1 показано

Рис. 1. Распределение f ТДС и ДПО по разностям φ углов наклона плоскостей их орбит. Штриховые линии — данные [24]

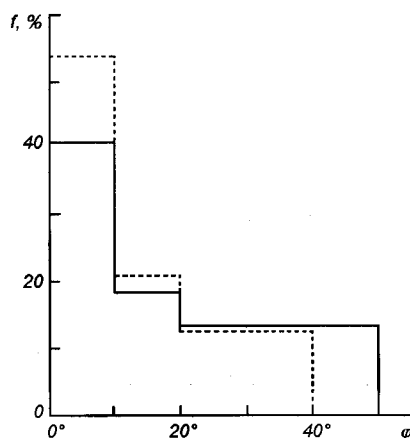
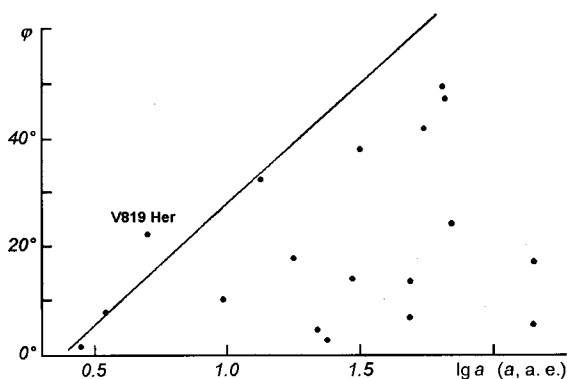


Рис. 2. Зависимость разности φ углов наклона плоскостей орбит ТДС и ДПО от величины большой полуоси a ДПО



распределение этих углов. Как видно из рис. 1, разности углов около двух третей систем находятся в пределах $0-20^\circ$. Отметим, что наибольшее различие доходит до 50° , т. е. ориентации орбит далеки от ортогональности. На этом основании можно сказать, что плоскости орбит ТДС и ДПО в первом приближении компланарны.

На рис. 2 показана зависимость угла φ от значения большой полуоси a орбиты широкой пары. Как видно, прямая линия $\varphi = -(17 \pm 1^\circ) + (44.4 \pm 1.4^\circ) \lg a$, практически ограничивает верхнюю границу этого распределения. Отсюда следует ожидать, что наблюдается увеличение разброса угла φ с увеличением большой полуоси ДПО. В работе [24] рассмотрена ориентация плоскостей орбит 23 тройных звезд, из которых семь — затменные, а 16 — спектрально-двойные. Автор пришел к заключению, что по крайней мере треть из них могут быть некомпланарными. В работе [12] этот вопрос исследован для визуально-кратных систем, и не обнаружено предпочтений ни компланарности орбит, ни их случайной ориентации. В работе [47] показано, что корреляцию углов наклона плоскостей орбит в визуально-тройных звездах можно объяснить их происхождением в результате распада небольших скоплений. В работе [40] найдено, что взаимная ориентация плоскостей орбит тройных систем неслучайна на уровне статистической достоверности 94 %.

Распределение отношений орбитальных периодов. Статистическое соотношение между периодами широкой пары и ТДС представляет определенный интерес в изучении вопросов происхождения тройных звезд. На

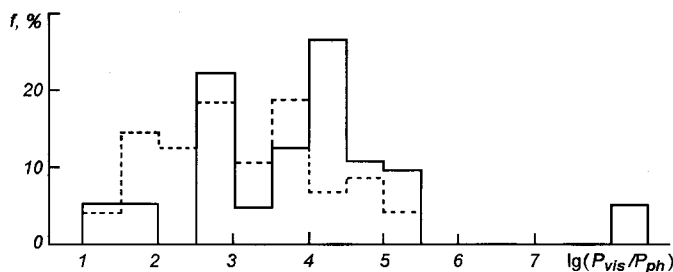


Рис. 3. Распределение числа f ТДС и ДПО по значениям отношений орбитальных периодов ДПО к ТДС. Штриховые линии — данные [24]

рис. 3 показано такое распределение периодов нашего списка. Можно отметить два относительно выраженных максимума в области интервалов $\lg P_{\text{vis}}/P_{\text{ph}} = 2.5 \dots 3.0$ и $4.0 \dots 4.5$. Аналогичные распределения получены в случае тройных систем, когда ТДС представлены спектрально-двойными звездами [24]. Это распределение показано штриховыми линиями. В некоторых интервалах отношений периодов эти распределения схожи друг с другом, но в других областях они заметно отличаются.

Массы компонентов тройных систем. Знание большой полуоси орбиты и орбитального периода легко позволяет вычислить сумму масс компонентов тройной системы по третьему закону Кеплера. В VI каталоге большие полуоси орбиты систем даны в угловых единицах, которые можно перевести в линейные при знании параллакса звезды. Последние величины были взяты из измерений HIPPARCOS. Вычисленные суммы масс звезд помещены в пятой графе табл. 2. Сумму масс тройных систем мы можем также получить, используя каталоги абсолютных элементов затменных двойных систем [7, 9, 48, 49] и статистическими соотношениями между важнейшими характеристиками звезд. В VI каталоге приведены визуальные звездные величины компонентов широких пар, что дает нам возможность использовать их для определения массы третьего компонента. Нами была использована статистическая зависимость масса — светимость, полученная М. А. Свечниковым [8] для компонентов ТДС, находящихся на ГП:

$$\lg M = 0.466 - 0.105 M_b,$$

где M — масса в единицах массы Солнца, а M_b — абсолютная болометрическая звездная величина. Переход от абсолютной визуальной величины компонентов в болометрические величины был получен с использованием соответствующих болометрических поправок [11].

Таким образом, сумма масс компонентов находится сложением масс компонентов ТДС и третьего компонента (девятая графа табл. 2). Мы должны ожидать, что динамическая сумма масс тройных звезд $\Sigma_{3\text{дин}} = (M_1 + M_2 + M_3)_{\text{дин}}$ и определенная описанным выше способом $M = M_{\text{ТДС}} + M_{3\text{комп}}$ должны быть близки друг другу. На рис. 4 показана зависимость этих сумм, которую можно аппроксимировать линейной функцией. Методом наименьших квадратов нами получена следующая связь сумм масс:

$$(M_1 + M_2 + M_3)_{\text{дин}} = (-0.24 \pm 0.44) + (1.02 \pm 0.09)(M_{\text{ТДС}} + M_{3\text{комп}}).$$

т. е. в пределах погрешностей суммы масс, полученные разными методами, совпадают. Практическое использование этой зависимости мы видим при оценке периода долгопериодической орбиты, когда компоненты тройной

Рис. 4. Зависимость суммарной массы компонентов тройных систем, полученных по третьему закону Кеплера и по соотношению масса — светимость

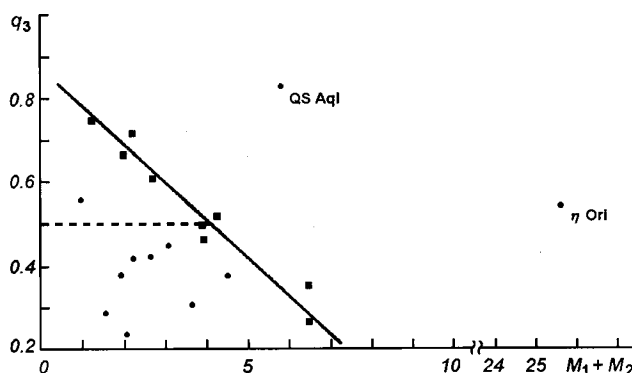
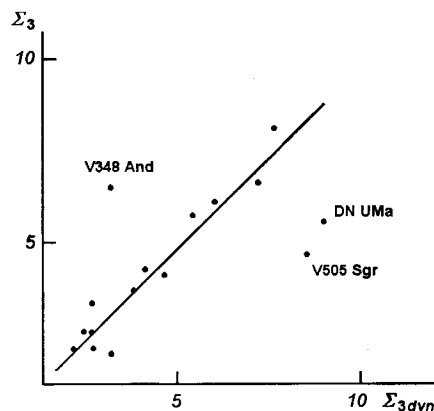


Рис. 5. Распределение отношений масс третьего компонента по массе ТДС (квадратиками обозначены точки, использованные при построении аппроксимационной прямой)

звезды состоят из ТДС и далекой третьей звезды. Этот результат мы планируем использовать в наших дальнейших исследованиях, когда не доказана физическая связь компонентов визуально-тройных звезд, одна из которых является затменной переменной.

Распределение отношений масс третьего компонента к ТДС. На рис. 5 показано распределение отношения массы третьего компонента к сумме масс звезд ТДС $q_3 = M_3 / (M_1 + M_2)$. Если бы все компоненты тройных систем были близки по массе, то точки на графике концентрировались бы вдоль линии $q_3 = 0.5$. Такой же результат получился бы, если ТДС были бы вдвое массивнее своих визуальных спутников. Однако большая часть точек лежит ниже этой линии, а значит, масса третьих компонентов заметно меньше массы ТДС. Можно обозначить прямую линию, ограничивающую крайние точки на этом графике. Ее можно описать формулой, полученной с использованием метода ортогональной регрессии:

$$q_3 = (0.846 \pm 0.004) - (0.086 \pm 0.006)M_{\text{ТДС}}.$$

Отсюда можно ожидать, что с увеличением массы ТДС относительная масса третьего компонента уменьшается. Возможно, в этом заключается причина того, что в большинстве случаев мы не видим третьих компонентов ТДС, у которых найдены световые уравнения. Если компоненты тройных звезд образовались одновременно, то при формировании массивной ТДС

основная часть вещества захватывается ТДС, и третья звезда получается относительно маломассивной.

Вращение линии узлов орбиты ТДС. ТДС в поле гравитации третьей звезды испытывает прецессионное движение плоскости орбиты, приводящей к движению линии узлов. В работе [45] получена удобная формула для расчета периода вращения линии узлов ТДС:

$$P_{node} = \frac{4}{3} \left(1 + \frac{m_1 + m_2}{m_3} \right) \frac{P_2^2}{P_1} (1 - e_2^2)^{3/2} \left(\frac{C}{G_2} \cos \varphi \right)^{-1},$$

где m_k — масса k -го компонента, P_1 и P_2 — орбитальные периоды, e_1 и e_2 — эксцентриситеты ТДС и ДПО. Значения C и G_k вычисляются с помощью формул

$$C = H_1 + H_2,$$

$$H_k = G_k \cos i_k,$$

$$G_k = L_k (1 - e_k^2)^{1/2},$$

$$L_1 = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} [G(m_1 + m_2) a_1]^{1/2},$$

$$L_2 = \frac{(m_1 + m_2) m_3}{m_1 + m_2 + m_3} [G(m_1 + m_2 + m_3) a_2]^{1/2}.$$

Здесь a_k — большая полуось орбиты ТДС и ДПО, а G — постоянная Гаусса. В таком случае массы звезд выражаются в солнечных единицах, большие полуоси орбит — в а. е., а орбитальные периоды — в годах. В тринадцатой графе табл. 2 даны периоды прецессии орбит ТДС. Как видно, эти периоды составляют тысячи и миллионы лет. За это время направление оси вращения ТДС описывает конус с углом раствора φ . Это явление приведет к постепенному изменению глубины затмения и даже к прекращению затмений [35, 52].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы получили список затменных систем, входящих в физические тройные системы с вычисленными элементами визуальных орбит из VI каталога. Построена гистограмма распределения разности углов наклона плоскостей орбит ТДС и тройной системы. Разности углов около 60 % тройных звезд не превышают 20°. Разброс этих углов коррелирует с величиной большой полуоси орбиты долгопериодической системы. Частота отношений периодов долгопериодической орбиты и ТДС показывает небольшие максимумы. Линейная зависимость суммы масс тройных звезд, полученных из третьего закона Кеплера и другими методами, позволит использовать ее для оценки периодов визуальных пар. Показано, что большая часть третьих звезд имеет малую массу по сравнению с компонентами ТДС.

Мы отдаем себе отчет, что в данную статистику вовлечено небольшое число тройных систем, однако полученный нами предварительный результат заслуживает доверия. Расширение данных мы видим в изучении ТДС списка, для которых не выполнен необходимый анализ. Они составляют около 25 % от всего списка, и поэтому их изучение становится крайне актуальным. Увеличение числа новых орбитальных визуально-двойных звезд и постановка наблюдений с целью поиска новых затменных переменных среди звезд VI каталога также представляется перспективным направлением в решении вопросов происхождения кратных систем.

Автор выражает свою благодарность Б. Масону (Вашингтонская морская обсерватория), Дж. Домманже (Королевская обсерватория Бельгии), Дж. Крейнеру (Краковский пединститут) за любезно предоставленные каталоги, а также сотрудникам П. Майеру (Астрономический институт Чешской академии наук), Т. Прибулле (Астрономический институт Словацкой академии наук), И. Рибасу (Институт исследований Каталонии, Испания), Ш. Халикову и С. Ю. Мельникову (Астрономический институт АН РУз) за активную информационную помощь.

Считаю своим приятным долгом выразить особую благодарность моему рецензенту за очень полезные замечания и рекомендации.

В работе использовался информационный банк SIMBAD Центра астрономических данных в Страсбурге (Франция).

Исследования были выполнены в рамках гранта Ф-2.1.76 Центра науки и технологиям Республики Узбекистан.

1. Бэттен А. Двойные и кратные звезды. — М.: Мир, 1976.—323 с.
2. Закиров М. М. Поиск затменных переменных и ориентация плоскостей орбит спектрально-двойных звезд в рассеянном скоплении IC 4665 // Кинематика и физика небес. тел.—1987.—3, № 1.—С. 25—29.
3. Закиров М. М. Компланарность орбит двойных систем в рассеянных скоплениях // Звездные скопления / Под ред. К. А. Бархатовой. — Свердловск: Уральский гос. ун-т, 1987.—С. 53—57.
4. Закиров М. М. Тесные двойные системы в областях звездообразования. KV Cyg, V435 Cyg и V669 Cyg в ассоциации Cyg OB1 // Письма в Астрон. журн.—1999.—25, № 4.—С. 276—290.
5. Кутто П. Наблюдения визуально-двойных звезд. — М.: Мир, 1981.—238 с.
6. Перова Н. Б. Список кратных систем, компоненты которых являются переменными или заподозренными в переменности звездами // Перем. звезды.—1963.—14, № 5.—С. 356—401.
7. Свечников М. А. Каталог орбитальных элементов и светимостей тесных двойных звезд. — Иркутск: Иркутский ун-т, 1986.—225 с.—(Svechnikov M. A., Bessonova L. A. Catalog of orbital elements, masses and luminosities of close double stars — ftp://cdsarc.u-strasbg.fr/pub/cats/V/42).
8. Свечников М. А. Статистические исследования тесных двойных звезд // Исследование эффектов взаимодействия в тесных двойных системах с нерелятивистскими компонентами. — Таллин: Валгус, 1990.—С. 26—89.
9. Свечников М. А., Кузнецова Э. Ф. Каталог приближенных фотометрических абсолютных элементов затменных переменных звезд. — Свердловск: Уральский гос. ун-т, 1900.—Т. 1.—224 с.—(Svechnikov M. A., Kuznetsova E. F. Approximate elements of eclipsing binaries / Vizier on-line data catalog: V/121 (2004yCat5121.0S)).
10. Свечников М. А., Кузнецова Э. Ф. Каталог приближенных фотометрических абсолютных элементов затменных переменных звезд. — Свердловск: Уральский гос. ун-т, 1900.—Т. 2.—230 с.—(Svechnikov M. A., Kuznetsova E. F. Approximate elements of eclipsing binaries / Vizier on-line data catalog: V/121 (2004yCat5121.0S).)
11. Страйжис В. Звезды с дефицитом металлов — Вильнюс: Моклас, 1982.—312 с.
12. Токовинин А. А. Взаимная ориентация вращательных моментов в кратных звездных системах // Письма в Астрон. журн.—1993.—19, № 10.—С. 944—956.
13. Azimov A., Zakirov M. Anigmatic close binary V699 Cygnii // Inform. Bull. Var. Stars.—1991.—N 3667.—2 p.
14. Baize P. Catalogue d'étoiles doubles ayant une composante variable // J. Observatory.—1962.—45, N 6-7.—P. 117—178.
15. Baize P., Petit M. Etoiles doubles orbitales a composantes variables // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.—1989.—77, N 3.—P. 497—511.
16. Bakos G. A. The quadruple system HR 3337 // J. Roy. Astron. Soc. Can.—1985.—79, N 3.—P. 119—129.
17. Barden S. C. Detection of a BY Draconis-like binary companion to the contact binary XY Leonis // Astrophys. J.—1987.—317, N 1.—P. 333—342.
18. Branczewicz H. K., Dworak T. Z. A catalogue of parameters for eclipsing binaries // Acta Astron.—1980.—30, N 4.—P. 501—524.
19. Cester B., Fedel B., Giuricin G., et al. A catalogue of modern light curve synthesis photometric

- solutions of close binary system // *Mem. Soc. Astron. Ital.*—1979.—50, N 4.—P. 551—802.
20. *Chambliss C. R.* Eclipsing binaries in multiple-star systems // *Publs Astron. Soc. Pacif.*—1992.—104, N 678.—P. 663—677.
 21. *Chochol D., Pribulla T., Vanko M., et al.* Light-time effect in the eclipsing binaries GO Cyg, GW Cyg, AR Aur and V505 Sgr // *Astrophys. Space Sci.*—2006.—304, N 1.—P. 93—96.
 22. *Cutispoto G., Pallavicini R., Kuerster M., Rodono M.* // Photometry of cool stars in extreme-ultraviolet (FUV) all-sky surveys // *Astron. and Astrophys.*—1995.—297, N 2.—P. 764—770.
 23. *Cvetkovic Z., Novakovic B.* Orbits for sixteen binaries // *Serb. Astron. J.*—2006.—N 173.—P. 73—82.
 24. *Fekel F. C.* The properties of close multiple stars // *Astron. J.*—1981.—246, N 3.—P. 879—898.
 25. *Ferrer O., Jachek C.* Complanary in open clusters // *Publs Astron. Soc. Pacif.*—1973.—85, N 504.—P. 207—212.
 26. *Griffin R. F.* Spectroscopic binary orbits from photoelectrical radial velocities: Paper 144: HR5B // *Observatory.*—1999.—N 119.—P. 27—45.
 27. *Heintze J. R. W., Spronk W., Hoekzema N.* The algol-type binary QS Aql // *Space Sci. Revs.*—1989.—50, N 1/2.—P. 344—345.
 28. *Hendry P. D., Monchacki S. W.* Detection of tertiary components in W Ursae Majoris systems // *Astrophys. J.*—1998.—504, N 2.—P. 978—982.
 29. *Hoffleit D.* A catalogue of correlations between eclipsing and other categories of double stars// *J. Amer. Assoc. Var. Star Observ.*—1996.—24, N 2.—P. 105—116.
 30. *Ibanoglu C., Cakirli O., Degirmenci O. et al.* The BV light and O—C curves analyses of the triple system V505 Sagittarii // *Astron. and Astrophys.*—2000.—354, N 1.—P. 188—192.
 31. *Kopal Z.* Close binary systems. The International astrophysical series. — London: Chapman & Hall Ltd, 1959.—Vol. V.—558 p.
 32. *Koubisky P., Hadrava P., Sarounova L.* Study of b Per: an attempt to find lines of other components in the SB1 system // *ASP Conf. Ser.*—2004.—318.—P. 103—106.
 33. *Kreiner J. M., Kim C. H., Nha I. S.* An atlas of diagrams of eclipsing binary stars. — Krakow: Wydawnictwo naukowe AP.—2000.—Vol. 1—6.—(<http://www.as.ap.krakow.pl/o-c>).
 34. *Krziesinski J., Kuczawka E., Kurpinska-Winiarska M.* Photoelectric observations of XY Leonis and its period changes // *Inform. Bull. Var. Stars.*—1990.—N 3458.—P. 1—2.
 35. *Lacy S. C., Helt B. E., Vaz L. P. R.* V907 Scorpii: A remarkable binary star whose eclipses turn on and off and on and off // *Astron. J.*—1999.—117, N 1.—P. 541—547.
 36. *Mayer P.* Eclipsing binaries with light-time effect // *Bull. Astron. Inst. Czech.*—1990.—41, N 4.—P. 231—236.
 37. *Mayer P.* The three-body system V505 Sagittarii // *Astron. and Astrophys.*—1997.—324, N 3.—P. 988—990.
 38. *Mayer P.* Systems with the third body // *ASP Conf. Ser.*—2004.—318.—P. 233—241.
 39. *Mayer P.* Triple and multiple systems // *Astrophys. Space Sci.*—2005.—296, N 1—4.—P. 113—119.
 40. *Muterspaugh M. W., Lane B. F., Konacki M., et al.* PHASES differential astrometry and the mutual inclination of the V819 Herculis triple star system // *Astron. and Astrophys.*—2006.—446, N 2.—P. 723—732.
 41. *Plaut L.* List of double stars of which one component is variable // *Bull. Astron. Inst. Neth.*—1934.—VII, N 257.—P. 181—186.
 42. *Plaut L.* Additional list of double stars of which one component is variable // *Bull. Astron. Inst. Neth.*—1940.—IX, N 324.—P. 49—51.
 43. *Proust D., Ochsenein F., Pettersen B. R.* A catalogue of variable-visual binary stars // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1981.—44, N 1.—P. 179—187.
 44. *Ribas I.* Combining astrometry and light-time effect: Low-mass companions around eclipsing systems // *ASP Conf. Ser.*—2005.—335.—P. 55—64.
 45. *Soderhjelm S.* The three-body problem and eclipsing binaries. Application to Algol and lambda Tauri // *Astron. and Astrophys.*—1975.—42, N 2.—P. 229—236.
 46. *Sterzik M. F., Tokovinin A. A.* Relative orientation of orbits in triple stars // *Astron. and Astrophys.*—2002.—384, N 3.—P. 1030—1037.
 47. *Sterzik M. F., Tokovinin A. A., Shatsky N. I.* Orbit orientations and eccentricities in triples: Implications on their formation and evolution // *ASP Conf. Ser.*—2003.—287.—P. 403—408.
 48. *Surkova L. P., Svechnikov M. A.* Semi-detached eclipsing binaries // *VizieR on-line data catalog: V/115 (2004yCat.5115.0S)*.
 49. *Svechnikov M. A., Perevozkina E. L.* Catalog of DMS-type eclipsing binaries // *VizieR on-line data catalog: V/124 (2004yCat5124.0S)*.
 50. The light-time effect in Astrophysics — causes and curves of the O—C diagram / Ed. by C. Sterken // *ASP Conf. Ser.*—2005.—335.—357 p.
 51. *Tohline J. E.* The origin of binary stars // *Annu. Rev. Astron. and Astrophys.*—2002.—40.—P. 349—385.

52. *Torres G.* The change in the inclination angles of the noneclipsing binary SS Lacertae: Future eclipses // *Astron. J.*—2001.—121, N 4.—P. 2227—2238.
53. *Waelkens C., Bertholdi P.* HR 4975: a possible early-type contact system with unequal components // *Astron. and Astrophys.*—1982.—108, N 1.—P. 51—54.
54. *Walker R. L.* A W Ursae Majoris variable in the multiple system ADS 9019 // *Bull. Amer. Astron. Soc.*—1984.—16.—P. 473.
55. *Weber M., Strassmeier K. G.* Spectroscopic and photometric variations of HR5 // *Inform. Bull. Var. Stars.*—1998.—N 4573.—P. 1—5.
56. *Yakut K., Ibanoglu C., Kalomeni B., Degirmenci O. L.* New light curve analysis and period changes of the overcontact binary XY Leonis // *Astron. and Astrophys.*—2003.—401, N 3.—P. 1015—1100.
57. *Yakut K., Kalomeni B., Ibanoglu C.* An analysis of the light curves of the overcontact binary system V2388 Ophiuchi // *Astron. and Astrophys.*—2004.—417, N 2.—P. 725—730.
58. *Zakirov M., Azimov A.* The disappearance of minima of eclipsing binary SS Lac in open cluster NGC 7209 // *Inform. Bull. Var. Stars.*—1990.—N 3487.—2 p.

Поступила в редакцию 23.04.07