

# ОТНОШЕНИЕ МАСС КОМПОНЕНТ И ЭКСЦЕНТРИСИТЕТ МОЛОДЫХ СПЕКТРАЛЬНО-ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД

О. В. Еретнова

*Челябинский государственный университет*

Собраны данные о 83 молодых двойных звездах, наблюдаемых как спектрально-двойные с двумя линиями в спектре. Построены распределение молодых двойных звезд по отношению масс компонент, диаграмма «эксцентриситет — период» и проведен их анализ.

## THE MASS RATIO AND ECCENTRICITY OF YOUNG SPECTROSCOPIC BINARIES

O. V. Eretnova

*Chelyabinsk State University*

We collected the information about 83 pre-main sequence double-lined spectroscopic binaries. The mass ratio distribution and the eccentricity-period relation of young binaries are constructed and analyzed.

## Введение

Двойные звезды являются основным источником наших знаний о массах, радиусах, светимостях и других характеристиках звезд. Современные астрономические инструменты позволяют наблюдать в областях звездообразования молодые звезды, находящиеся на стадии сжатия к начальной главной последовательности (НГП) как спектрально-двойные. Число молодых двойных звезд, у которых из наблюдений получены абсолютные и фотометрические элементы, растет с каждым годом.

Для спектрально-двойных с двумя линиями в спектре надежно определяются из наблюдений отношение масс, эксцентриситет, период. Исследование закономерностей в распределении молодых звезд по этим параметрам несет информацию о преимущественном механизме образования двойных систем.

## Выборка молодых звезд

Исследуемая выборка содержит 83 системы, которые наблюдаются как спектрально-двойные с двумя линиями в спектре (СД2). Из них 32 являются затменными переменными (далее СД2+ЗПЗ), 4 — визуально-двойными (далее СД2+ВД).

К Ae/Be звездам Хербига (массы от  $2.5 M_{\odot}$  до  $\sim 8 M_{\odot}$ , спектральные классы — В и А) относятся 9 компонент, к звездам типа Т Тельца (спектральные классы от F до M, массы  $0.5 M_{\odot} < M < 2.5 M_{\odot}$ ) — 122 компонента. 35 компонент являются красными карликами, это продолжение звезд Т Тельца в область малых масс (спектральный класс M, массы  $0.15 M_{\odot} < M < 0.5 M_{\odot}$ ). Звезды находятся в различных областях звездообразования.

## Распределение молодых звезд по отношению масс и эксцентриситетам

Орбиты 40 из 83 молодых СД2 звезд являются круговыми или близкими к круговым, эксцентриситеты лежат в интервале от 0.0 до 0.1. Поскольку среди звезд нашей выборки есть как тесные, так и широкие пары, на рис. 1 представлена диаграмма «эксцентриситет — период».

На рис. 1 выделяются три группы звезд.

1. Короткопериодические двойные ( $P < 10^d$ ), подавляющее большинство имеют эксцентриситеты, близкие к нулю. Подобный результат получен на меньшем наблюдательном материале в работах [1, 2]. Это говорит о том, что у короткопериодических двойных систем уже на стадии сжатия к НГП произошла циркуляризация их орбит. Ряд теоретических работ подтверждает такую возможность в рамках приливного взаимодействия компонент [3, 4]. У систем CVSO 104A и RV 1786 (рис. 1) эксцентриситеты больше 0.4. Возраст маломассивных компонент ( $M < 0.6 M_{\odot}$ ) этих систем равен  $t = (1.5\text{--}5.0)$  млн лет, что меньше времени циркуляризации орбиты [5]. У короткопериодических двойных с компонентами, лежащими на главной последовательности, орбиты круговые [1].
2. Системы с  $10^d < P < 100^d$ , эксцентриситеты лежат в интервале от 0.1 до 0.7. Период двойных звезд в процессе эволюции может уменьшаться в результате потери орбитального углового момента, а орбита приближаться к круговой. Возможно, часть систем в ходе эволюции из этой группы переходит в группу с  $P < 10^d$ . Об этом говорит и возраст звезд, в первой группе практически отсутствуют звезды с возрастом не более 1 млн лет, в то время как во второй они составляют  $\sim 25\%$ .
3. Широкие двойные с  $P > 10^d$  и эксцентриситетом  $e > 0.2$ . Широкие системы могут быть образованы в результате захвата, в этом случае возможен большой эксцентриситет. Эффекты приливного взаимодействия в таких двойных звездах слабые и орбита не будет существенно изменяться в процессе эволюции.

Распределение молодых звезд по отношению масс компонент  $q = M_2/M_1$  представлено на рис. 2, где показано, что максимум распределения приходится на интервал  $q = (0.9\text{--}1.0)$ .

У короткопериодических систем ( $P < 10^d$ ) практически отсутствуют пары с  $q < 0.5$ , для  $\sim 50\%$  из них отношение масс лежит в интервале от 0.9 до 1.0 (рис. 2а). Это не противоречит теоретическим предположениям о том, что основными механизмами образования тесных двойных звезд являются фрагментация и деление [6]. Интересно отметить наличие второго максимума в области  $q$  от 0.5 до 0.6. Подобная особенность в распределении короткопериодических двойных по отношению масс была отмечена нами ранее [2] и сохранилась при увеличении числа СД2 звезд. Возможно, часть короткопериодических систем являются членами молодых скоплений с большой плотностью звезд и образуются путем захвата.

Число СД2 систем с  $P > 100^d$  невелико, поэтому мы объединили их с системами, имеющими период от  $10^d$  до  $100^d$  (рис. 2б). Из данных рис. 2 следует, что у систем с  $P > 10^d$  распределение по отношению масс более пологое по сравнению с короткопериодическими двойными. Только у  $\sim 30\%$  систем отношение масс лежит в интервале  $q = 0.9\text{--}1.0$ . 7 из 40 систем имеют отношение масс  $q < 0.5$ . Механизм образования широких двойных путем захвата предполагает преимущественно малое отношение масс в системе [6].

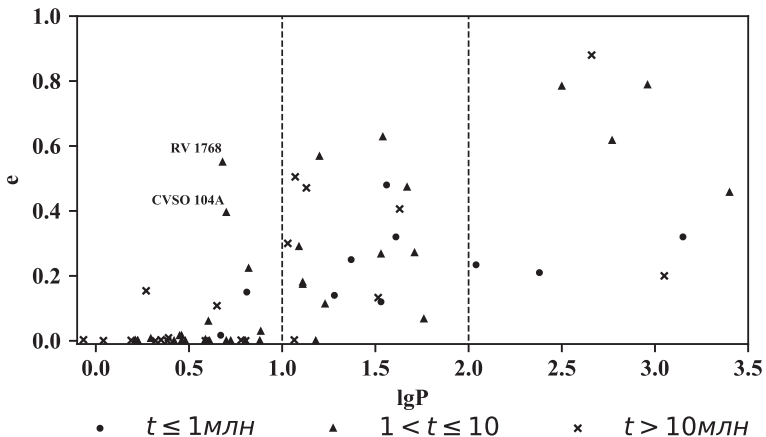


Рис. 1. Диаграмма «эксцентриситет — период» для молодых спектрально-двойных звезд. Круги изображают системы с возрастом  $t \leq 1$  млн лет, треугольники — системы с возрастом от 1 до 10 млн лет и крестиками — системы, возраст которых больше 10 млн лет

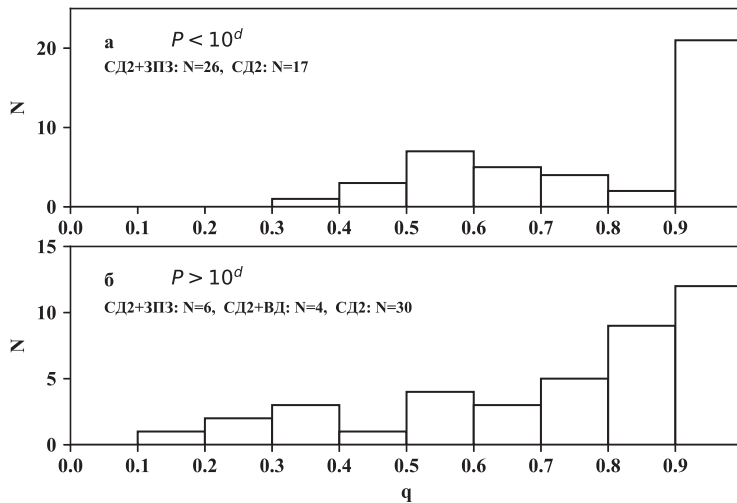


Рис. 2. Распределение молодых спектрально-двойных звезд по отношению масс  $q = M_2/M_1$

## Заключение

Построены диаграмма «эксцентриситет — период» и распределение по массам для 83 молодых двойных звезд, наблюдаемых как спектрально-двойные с двумя линиями в спектре. Анализ полученных распределений позволяет сделать следующие выводы:

- большинство молодых двойных звезды с периодом  $P < 10^d$  имеют круговые орбиты, что говорит о циркуляризации их орбит на стадии до НГП. Среди звезд этой группы практически отсутствуют очень молодые системы с возрастом  $t \leq 1$  млн лет, в то время как в группе двойных с  $10^d < P < 100^d$  и эксцентриситетом  $0.1 < e < 0.7$  они составляют около 25 %. Возможно, потеря орбитального углового момента компонент в ходе эволюции и приливное взаимодействие компонент может привести к уменьшению периода двойной системы, циркуляризации орбиты и пополнению группы короткопериодических систем;
- в распределении молодых двойных с  $P < 10^d$  по отношению масс компонент более явно выражен максимум в интервале  $q = 0.9-1.0$  и практически отсутствуют пары с  $q < 0.5$ . У пар с  $P > 10^d$  уже около 20 % имеют  $q < 0.5$  и лишь около трети — отношение масс в интервале  $q = 0.9-1.0$ . Распределение молодых двойных по отношению масс не противоречит теоретическим механизмами образования тесных двойных звезд (фрагментации и делению) и возможности образования широких пар путем захвата.

## Библиографические ссылки

- [1] *Mathieu R. D.* Pre-Main-Sequence Binary Stars // *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* — 1994. — Vol. 32. — P. 465–530.
- [2] *Dudorov A. E., Eretnova O. V.* Some characteristics of binary T Tauri stars // *Astron. Astroph. Trans.* — 2016. — Vol. 29. — P. 437–444.
- [3] *Zahn J. P., Bouche L.* Tidal evolution of close binary stars. II. Orbital circularization of late-type binaries // *Astron. Astrophys.* — 1989. — Vol. 223. — P. 112–118.
- [4] *Khaliullin Kh. F., Khaliullina A. L.* Orbital circularization of close binary stars on the pre-main sequence // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* — 2011. — Vol. 411. — P. 2804–2816.
- [5] *Frasca A., Boffin H. M. J., Manara C. F. et al.* PENELLOPE. II. CVSO 104: A pre-main sequence close binary with an optical companion in Ori OB1 // *Astron. Astrophys.* — 2021. — Vol. 656. — P. A138.
- [6] *Zinnecker H.* Binary Statistics and Star Formation // *Astrophys. Space. Sci.* — 1984. — Vol. 99. — P. 41–70.