

ОБ АБСОЛЮТНОЙ ВЕЛИЧИНЕ SS Cyg

Н. Ф. Войханская

Для звезд типа U Gem проведен анализ данных о собственных движениях и получена средняя абсолютная величина $M_V = 7^m.5$. Изучена пространственная структура области неба в направлении на SS Cyg и затем оценено расстояние до этой звезды. Для SS Cyg найдены следующие характеристики: $r = 72 \pm 10$ пс, $A_V = 0^m.1$, $E_{B-V} = 0^m.03$, $M_V = 7^m.4 \pm 0^m.3$.

For the U Gem-type stars an analysis of data on the proper motions is carried out and the mean absolute magnitude $M_V = 7^m.5$ is obtained. The spatial structure of the sky region in the direction of SS Cyg is studied and the star's distance is then estimated. For SS Cyg the following characteristics are found: $r = 72 \pm 10$ pc, $A_V = 0^m.1$, $E_{B-V} = 0^m.03$, $M_V = 7^m.4 \pm 0^m.3$.

Первое определение абсолютной величины звезд типа U Gem выполнено в 1934 г. Паренаго и Кукаркиным [1], которые измерили собственные движения μ двух самых ярких объектов этого типа — SS Cyg и U Gem. По полученным значениям μ были определены вековой параллакс и абсолютная величина M_V . Последняя оказалась одинаковой для обеих звезд и равной $+9^m.9$. Вскоре величины μ (а следовательно, и M_V), полученные в [1], были подтверждены [2]. В 1938 г. ван Маанен [3] опубликовал для этих двух звезд значения тригонометрических параллаксов: $\pi = +0^{\circ}.010$ для U Gem и $\pi = -0^{\circ}.012$ для SS Cyg. Последнее значение смысла не имеет, поэтому не было принято во внимание. В 1948 г. Стрэнд [4] получил для SS Cyg $\pi = +0^{\circ}.032 \pm 0^{\circ}.007$, что давало абсолютную величину $M_V = +9^m.3 \pm 0^m.5$. Так как это значение находилось в хорошем согласии с результатами [1], то утвердилось мнение, что для звезд типа U Gem $M_V \approx +10^m$.

В тех случаях, когда наблюдается спектр красного компонента системы, оказалось возможным определить его спектральный класс. При этом выяснилось, что красная звезда представляет собой карлик класса G или K. Средняя абсолютная величина оказалась равной $+5^m.3$ для красного компонента и $+4^m.8$ для всей системы. Таким образом, между значениями M_V , полученными тригонометрически и спектроскопически, обнаружилось расхождение в 5^m . Частично это расхождение может быть объяснено тем, что есть тенденция приписывать красному компоненту большую светимость, если он заполняет внутреннюю полость Роша.

В связи с малочисленностью и большой неопределенностью тригонометрических параллаксов и физической неопределенностью спектроскопических абсолютных величин желательно использовать другие возможности для оценок M_V звезд типа U Gem. Одна из них была использована Крафтом и Люйтеном [5]. По 25 собственным движениям из [6] и 11 лучевым скоростям они определили вековой параллакс и нашли, что средняя величина $M_V = +7^m.5$.

Мы провели повторное определение векового параллакса, собрав все опубликованные к настоящему времени результаты по собственным движениям и лучевым скоростям звезд типа U Gem [1—10]. На рис. 1 сопоставлены данные разных авторов. Сравнение проводилось только по звездам с одинаковыми направлениями компонентов собственного движения. Исключение составляют результаты [7], где не публиковались знаки компонентов μ ; поэтому данным из [7] в дальнейшем придавался малый вес. Видно, что данные [1, 4, 6, 10] довольно хорошо согласуются, кроме значения μ для RU Peg, которое не принималось во внимание. Данные [8],

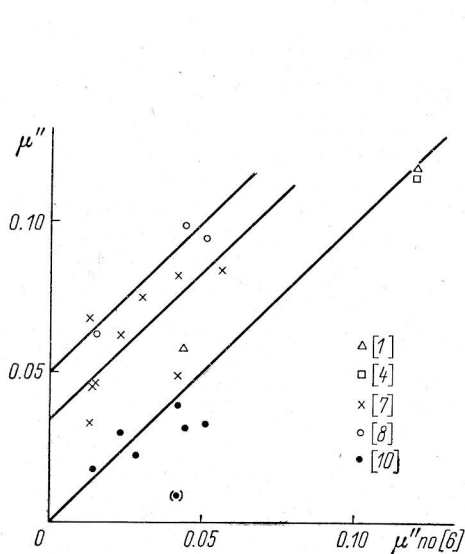


Рис. 1. Сопоставление собственных движений по данным разных авторов. По оси абсцисс отложены значения из [6], по оси ординат — данные других авторов. Точка в скобках соответствует RU Peg.

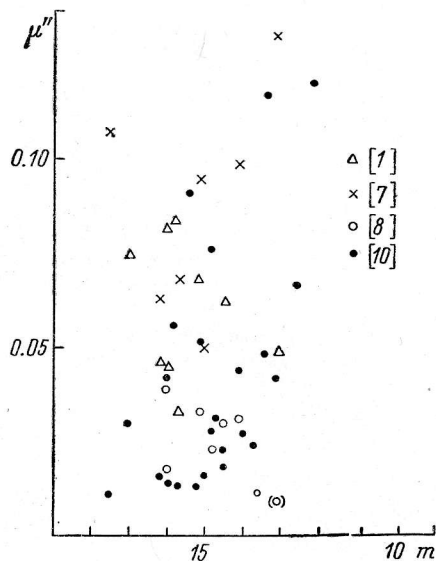


Рис. 2. Зависимость значений μ от видимой величины m по измерениям разных авторов. Кругок в скобках соответствует RU Peg.

если отбросить два очень больших значения μ для FO Aql и RU Peg, систематически больше на $0''.05$, а данные [7] — на $0''.035$. На рис. 2 приведена зависимость значений μ от видимой величины m . Как и следовало ожидать, разброс точек велик, но после усреднения оказывается, что между значениями m и μ из [6] существует прямая зависимость. В данных [10], если отбросить точку, соответствующую RU Peg, зависимости между m и μ нет. В данных [7, 8] отчетливой зависимости также нет, но в [7] она как будто бы получается обратной. Однако точек на графике мало, а разброс их слишком велик, чтобы утверждать это уверенно.

С учетом результатов проведенного сравнения был составлен новый список собственных движений. Он мало отличается от списка [6]. Поскольку число и величины известных лучевых скоростей не изменились со времени выхода работы [5], значения экваториальных координат апекса Солнца A , D и скорости V_{\odot} были взяты из [5]. В итоге для звезд типа U Gem получилось $\bar{M}_V = 7.75$, что совпадает с результатом [5].

Таким образом, значение $\bar{M}_V = +7.75$ представляется в настоящее время наиболее вероятным для звезд типа U Gem (см., например, [11]). Следует однако указать на то, что хотя это значение \bar{M}_V значительно ближе к значению \bar{M}_V , определенному спектроскопически, расхождение между ними остается. Возможно, это связано с неполнотой и неточностью данных о собственных движениях и особенно лучевых скоростях звезд типа U Gem,

что не позволяет получить уверенно параметры движения этой группы звезд относительно Солнца, а стало быть и вековые параллаксы. В связи с этим кажется правомерным применить к звездам типа U Gem эмпирические соотношения между величинами μ и \bar{M}_V :

$$\bar{M}_V = a + bH \text{ или } \bar{M}_V = x + y\bar{H},$$

где

$$H = m + 5 + 5 \lg \mu, \quad \bar{H} = m + 5 \lg \mu.$$

Люйтен примерно по 100 000 звезд южного полушария нашел, что $a = -3.5$, $b = 0.86$. Согласно Каптейну и ван Рейну, $a = -1.675$, $b = 0.645$. Босс установил, что величины a и b меняются со спектральным классом и светимостью. Для звезд главной последовательности классов G—M $a = -2.0$, $b = 0.35$. Для звезд с $\mu > 0.04$ и \bar{H} от 7.4 до 15.8 ван Маанен и Виллис получили $\bar{M}_V = 0.862 \bar{H} - 1.04 + 0.087 m$. Для звезд с $\mu > 0.04$, $\bar{H} = 7.5 \div 14.5$ и $m = 5 \div 19$ Сирс нашел $x = 0.135$ и $y = 0.912$. По этим соотношениям получается $\bar{M}_V = 6.9$. Если же взять μ из [6, 10] и вычислить \bar{M}_V по формуле Босса, то получим значение, заслуживающее большего доверия: 6.4 . Это почти на одну величину меньше полученного ранее значения $\bar{M}_V = 7.5$. Между этими двумя значениями трудно сделать уверенный выбор. Можно привести ряд доводов за и против каждого из них. Однако значение $\bar{M}_V = 7.5$ представляется более надежным.

С целью определения \bar{M}_V звезды SS Cyg двумя независимыми способами была выяснена пространственная структура области неба в направлении на эту звезду, затем оценено расстояние до нее и ее абсолютная величина. Использовался метод звездных подсчетов К. Ф. Огородникова. Была выбрана площадка размером $\alpha_{1900} = 21 - 22^h$, $\delta_{1900} = 36 - 49^\circ$. Путем подсчета числа звезд величины m была выяснена «топография» изучаемой области, после чего в ней были выбраны три более или менее однородные и равные по площади площадки: две предположительно без поглощения и одна, содержащая изучаемую звезду. Пусть $A(m)$ — число звезд, величины которых заключены в пределах $m \pm 1/2$, $N(m)$ — число всех звезд ярче m , тогда имеет место соотношение

$$N'(A/N - A'/N') = \omega \varepsilon D_0 \varphi(M) e^{c(3-\lambda)\rho_0}. \quad (1)$$

Здесь величины A и N относятся к области, где нет поглощения, A' и N' — к области с поглощением; ω — телесный угол, в котором производится подсчет; c — некоторая постоянная; ε — искомая величина общего поглощения; $\rho_0 = m - M$ — расстояние, на котором начинается поглощающая область; $D_0 \varphi(M)$ — функция светимости. Величина λ определяется по области без поглощения. Для такой области можно написать

$$N(m) = N(0) e^{c(3-\lambda)m} \quad (2)$$

или, прологарифмировав,

$$\lg N(m) = (3 - \lambda)m/5 + \text{const}. \quad (3)$$

Строим зависимость $\lg N(m) - m$. Она хорошо аппроксимируется прямой, наклон которой равен $(3 - \lambda)/5$. По двум выбранным «светлым» областям получилось $\lambda = 0.86$ и 0.6 . В дальнейшем использовалось среднее значение $\lambda = 0.73$.

Уравнение (1) преобразуем следующим образом:

$$\lg N'(A/N - A'/N') = \lg P + \lg D_0 \varphi(M), \quad (4)$$

где

$$P = \cos \epsilon e^{(3-\lambda)\rho_0}.$$

Имеется много аргументов в пользу того, что звезда SS Cyg расположена близко к Солнцу, поэтому функцию светимости берем для его ближайших окрестностей из [12]. По «светлым» и поглощающей областям строим левую часть (4) и совмещаем с графиком $\lg D_{0\varphi}(M) - M$. Смещение по абсциссе дает $\rho_0 = m - M$, по ординате — $\lg P$.

Проделав все необходимые подсчеты, мы получили $\rho_0 = 3^m 6$, что соответствует 52 пс, и $\lg P = -2.2$, что дает $\epsilon = 0^m 1$. Таким образом, в направлении на SS Cyg на расстоянии 52 пс начинается слабая поглощающая область с общим поглощением $0^m 1$.

Пространственная структура области неба в направлении на SS Cyg была исследована еще раз по избыткам цвета. С этой целью для звезд в изучаемой области по каталогам [13—18] были собраны

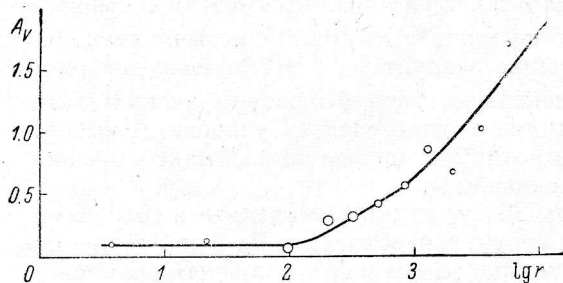


Рис. 3. Изменение общего поглощения A_V с расстоянием r от Солнца.

Диаметры кружков пропорциональны числу усредненных точек.

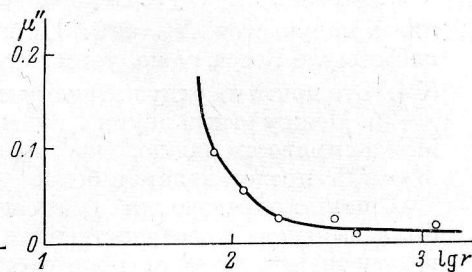


Рис. 4. Зависимость величины собственного движения μ от расстояния r от Солнца.

Самые верхние точки на рисунке не показаны.

данные о показателях цвета C_1 и $B-V$, спектральных классах и классах светимости. Нормальные показатели цвета брались из [19] для системы C_1 и из [20] для системы $B-V$. По известному спектральному классу и классу светимости звезде можно приписать [21] абсолютную величину M_V . Располагая всеми этими данными, можно было по полученным избыткам цвета вычислить полное поглощение A_V [22] и далее определить $m - M$ или r . На рис. 3 представлено изменение величины A_V с расстоянием для исследуемой области. Видно, что до значений $\lg r \approx 2.2$ величина A_V постоянна и равна $0^m 1$, что хорошо согласуется с результатом, полученным по звездным подсчетам ($\epsilon = 0^m 1$).

Для того чтобы определить положение исследуемой звезды среди звезд сравнения, расположенных вблизи луча зрения, воспользуемся данными о собственных движениях μ . Значения μ брались из каталога [23]. При этом отбирались звезды, у которых компоненты собственного движения имеют направления, одинаковые с компонентами собственного движения изучаемой звезды, и величина лучевой скорости V_r близка к значению V_r для SS Cyg. Зависимость μ от $\lg r$ приведена на рис. 4. По этой зависимости для SS Cyg ($\mu = 0^m 117$) получаем $\lg r = 1.86$, т. е. $r = 72$ пс. Некоторая неуверенность в проведении кривой на рис. 4 в области ее крутого подъема дает ошибку в значении $r \pm 10$ пс.

Таким образом, для SS Cyg найдены следующие характеристики: $r = 72 \pm 10$ пс, $A_V = 0^m 1$, $E_{B-V} = 0^m 03$. Приняв за среднее значение $m = 11^m 8$, получаем $M_V = 7^m 4 + 0^m 3$, что хорошо согласуется со средним значением \bar{M}_V , определенным по собственным движениям.

Литература

1. П. П. Паренаго, Б. В. Кукаркин, Переменные звезды, 4, 249, 1934.
2. С. Рауне—Garoschkin and S. Garoschkin. Variable stars. 1938, p. 283.
3. A. van Maanen, Astrophys. J., 87, 424, 1938.
4. K. Aa. Strand, Astrophys. J., 107, 106, 1948.
5. R. P. Kraft, W. J. Luyten, Astrophys. J., 142, 1041, 1965.
6. W. J. Luyten and H. S. Hughes. A search for faint blue stars. XXXVI, 1965.
7. G. Mannino and L. Rosino, Contr. Oss. astrofis. Univ. Padova, № 14, 1950.
8. G. R. Miczaika und U. Becker, Heidelberg Veröff. (Königsstuhl), 15, 79, 1953.
9. А. М. Лозинский, Сообщ. ГАИШ, № 81, 20, 1952.
10. Ш. Примкулов, Цирк. астрон. инст. (Ташкент), № 8 (355), 13, 1967.
11. Th. Schmidt-Kaler, Kleine Veröff. Reims—Sternw., № 34, 109, 1962.
12. A. R. Sandage. Proc. Vatican Conference on Stellar Populations. 1957, p. 75.
13. J. Stebbins, C. M. Huffer and A. E. Whitford, Astrophys. J., 91, 20, 1940.
14. W. W. Morgan, A. D. Code and A. E. Whitford, Astrophys. J. Suppl., 14, 41, 1955.
15. H. L. Johnson et al., Commun. lunar planet Lab., 4, 99, 1966.
16. W. Buscombe, Mt. Stromlo Obs. mimeogram, № 8, 1964.
17. V. M. Blanco et al., Publ. U. S. nav. Obs., 21, 1968.
18. C. Jaschek, Publ. astron. Univ. nac. La Plata, 28 (2), 1964.
19. И. М. Копылов, Изв. Крымск. астрофиз. обс., 18, 41, 1958.
20. M. P. Fitzgerald, Astron. Astrophys., 4, 234, 1970.
21. Basic astronomical data. Ed. K. Aa. Strand, 1969, p. 401.
22. W. W. Morgan, D. L. Harris and H. L. Johnson, Astrophys. J., 118, 92, 1953.
23. Star catalog of positions and proper motions of 258997 stars for the epoch and equinox of 1950.0. Smithsonian Inst., 1966.

Декабрь 1971 г.