

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛУЧЕВЫХ СКОРОСТЕЙ КОМПОНЕНТ ВИЗУАЛЬНО-ДВОЙНОЙ ЗВЕЗДЫ ADS 7251

Л. Г. Романенко\*

По четырем пластинкам, полученным по специальной методике на 6-м телескопе (БТА САО АН СССР) с дисперсией 9 Å/мм, определена относительная лучевая скорость компонент одной из ближайших к Солнцу визуально-двойных звезд — ADS 7251. Эта величина необходима для применения пулковского метода определения орбит из наблюдений короткой дуги — метода параметров видимого движения (ПВД). Полученное значение ( $\Delta v_r = +0.5 \pm \pm 0.2$  км/с) отличается от выведенного по данным известных каталогов. Попутно определены индивидуальные лучевые скорости компонент этой звезды. Спектральная двойственность обеих компонент ADS 7251, обнаруженная Абтом и Леви, не подтверждается.

The relative radial velocity for components of one of the nearest to the Sun visually-binary star ADS 7251 has been determined from the 4 plates obtained on the 6-m telescope with a dispersion of 9 Å/mm using the special methods. This value is necessary when the pulkovo method of orbit determinations from observations of a short arc is used. This is the method of parameters for visual motion (PVM). The obtained value ( $v_r = 0.5 \pm 0.2$  km/s) differs from that determined from the data of the known catalogues. At the same time individual radial velocities of the components of this star are determined. Spectral duplicity of both components of ADS 7251, determined by Abt and Levy, is not confirmed.

Спектральные наблюдения на БТА объекта ADS 7251 проведены в рамках программы Пулковской обсерватории комплексных исследований визуально-двойных звезд, включающей определение относительных лучевых скоростей с точностью до 0.1—0.2 км/с. Пулковская программа, поставленная в 1960 г. А. Н. Дейчем и А. А. Киселевым, охватывает двойные звезды, удовлетворяющие следующим условиям:

$$\delta > 30^\circ; 3'' < \rho < 40''; \Delta m < 1^m; r < 25 \text{ пк},$$

где  $\delta$  — склонение звезды;  $\rho$  — угловое расстояние между компонентами;  $\Delta m$  — разность звездных величин компонент;  $r$  — расстояние до Солнца. В основном исследуемые звезды являются карликами поздних спектральных классов от F до M.

В 1980 г. А. А. Киселевым и О. В. Княевой (ГАО АН СССР) был разработан метод параметров видимого движения (ПВД), который позволяет получать орбиты широких пар с периодами 500—1000 лет по наблюдениям короткой дуги [1]. Для применения метода ПВД необходимы высокоточные данные: ряды фотографических положений, тригонометрические параллаксы и относительные лучевые скорости компонент, определенные на момент, близкий к среднему моменту астрометрических наблюдений. Под относительной лучевой скоростью подразумевается лучевая скорость компоненты В относительно главной звезды А.

В связи с тем что известные каталоги — Глизе [2], Вулли [3], Вильсона [4], Абта [5] — не содержат лучевых скоростей необходимой точности, в 1982 г. были организованы спектральные наблюдения визуально-двойных звезд нашей программы на БТА. Наблюдения и их обработка ведутся под руководством сотрудника САО АН СССР Е. Л. Ченцова. Программа включает наиболее яркие пары ( $m < 8^m$ ), для которых в Пулкове имеются высокоточные ряды позиционных наблюдений за период 15—20 лет [6]. Конечной целью этой программы

\* ГАО АН СССР.

является получение ПВД-орбит и масс исследуемых звезд на основе астрометрических и спектральных наблюдений, проведенных по специально разработанной методике.

Система ADS 7251 (BD+53°1320/21, HD 79211/10,  $\Sigma$  1324) представляет собой близкую к Солнцу ( $r=6$  пк) широкую ( $\rho=18''$ ) пару звезд-карликов почти равной звездной величины ( $7^m60$  и  $7^m70$ ) одного спектрального класса M0 V (по каталогу Роман [7]) или dM 0.5 (по работе Джоя и Абта [8]). В спектрах обеих компонент этой звезды прослеживается сильная эмиссия в линиях H и K пониженного кальция. Период орбитального движения, по определению Чанг [9] составляет 975 лет. В Пулкове ADS 7251 наблюдается с 1962 г. [10]. В 1971 г. Н. А. Шахт был получен тригонометрический параллакс этой системы [11].

**Методика спектральных наблюдений визуально-двойных звезд на БТА и их обработки.** Для наблюдений исследуемых звезд используется Основной звездный спектрограф БТА, дисперсия 9 Å/мм, пластинки Kodak II aO. На одну пластинку экспонируются спектры обеих компонент двойной звезды вплотную друг к другу симметрично относительно середины изображения щели. Поскольку компоненты наших звезд в большинстве случаев имеют одинаковые спектральные классы, такая съемка позволяет определять относительную лучевую скорость  $\Delta v_r$  непосредственно по относительному смещению одних и тех же линий в спектрах компонент.

Можно надеяться, что при описанной методике наблюдений инструментальные и некоторые другие ошибки (см., например, [12]) окажут одинаковое влияние на величину лучевых скоростей компонент и не внесут существенного вклада в их разность. Основными источниками систематической ошибки определяемой величины являются: нестабильность спектрографа в течение одного наблюдения (при больших экспозициях) и асимметричное держание изображения звезды на щели (ошибка гидирования).

Контроль за стабильностью спектрографа обеспечивается двойным или тройным впечатыванием спектра лампы полого катода (ЛПК) в течение общей экспозиции. Измерение сдвига линий ЛПК, вызванного недостаточным термостатированием спектрографа, дает возможность вывести поправку положения звездных линий в зависимости от времени. О величине эффекта гидирования отчасти можно судить по систематическому изменению лучевых скоростей и их разности с длиной волны.

Для уменьшения влияния ошибок наблюдений с 1984 г. спектрограммы компонент визуально-двойных звезд нашей программы получают не последовательно, а «квазисовременно» с прерыванием экспозиции:

1983 ЛПК А ЛПК В ЛПК,  
1986 ЛПК А1 В1 ЛПК В2 А2 ЛПК,

где А1, В1, А2, В2 — первые и вторые половины экспозиций соответствующих компонент.

Звездные спектральные линии отождествляются с помощью атласов высокодисперсионных спектров Арктур [13] и Солнца [14], позволяющих проанализировать структуру бленд. Используются также таблицы длин волн спектров Солнца [15] и 61 Лебеда, последнее — по данным Д. А. Киселева и Е. Л. Ченцова. Используются не только резкие изолированные линии, но и бленды симметричной структуры. Обилие линий (100—150) позволяет снизить случайную ошибку относительной лучевой скорости для одной пластинки до 0.1 км/с.

Обработка измерений ведется по программам, составленным для ЕС-1033 ГАО АН СССР при использовании схемы редукции лучевых скоростей, описанной в статье В. В. Соколова и Е. Л. Ченцова [16].

**Результаты обработки спектральных наблюдений ADS 7251.** К настоящему времени для ADS 7251 обработаны четыре пластинки. В табл. 1 приведены: номер и дата получения пластинки, порядок съемки компонент,  $\beta$  — диаметр турбулентного диска изображения звезды,  $\bar{t}$  — часовой угол середины общей экспозиции,  $\Delta t^{\text{ЛПК}}$  — промежуток времени между моментами впечатывания спектра

ТАБЛИЦА 1

№ пл.	Дата наблюдений	Порядок	$\beta$	$i$	$\Delta t_{\text{ЛПК}}$	$\Delta v_{\text{r ЛПК}}$ , км/с	$\Delta t_{\text{ВА}}^*$	$\Delta v_{\text{r}}^*$ , км/с
19	2/3 февраля 1983	ВА	3—5''	—0 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	1 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	+0.42	—1 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	—0.96
25	3/4 февраля 1983	АВ	2—3	+1 28	1 00	+0.71	+1 02	+1.14
48	21/22 марта 1986	АВА	1.5—2	+1 00	1 52	—1.66	+0 03	—0.06
73	26/27 марта 1986	АВА	3—5	+0 07	1 12	—2.91	—0 10	+0.18

ЛПК (началом и серединой общей экспозиции) и  $\Delta v_{\text{r ЛПК}}$  — соответствующий ему сдвиг спектра сравнения, а также  $\Delta t_{\text{ВА}}^*$  — промежуток времени между эффективными серединами выдержек компонент двойной звезды и  $\Delta v_{\text{r}}^*$  — соответствующая ему поправка за нестабильность спектрографа.

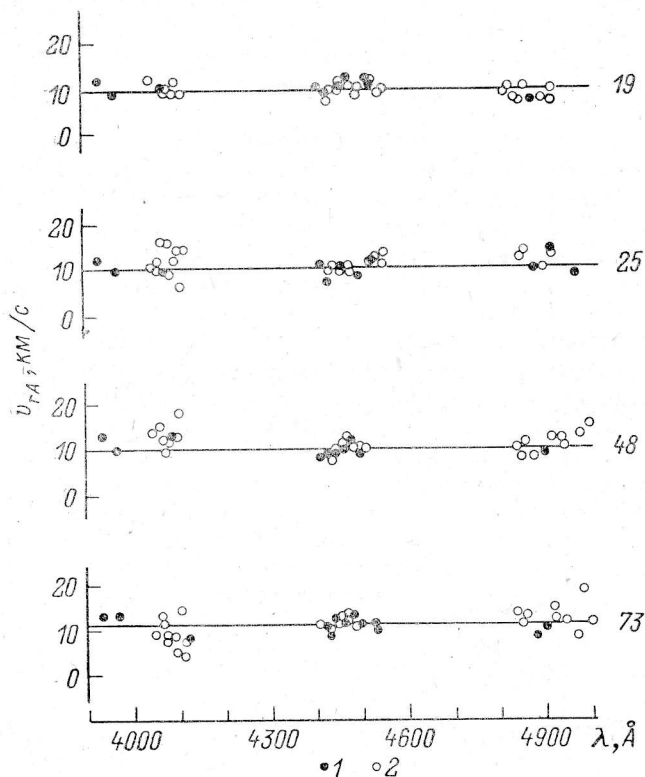


Рис. 1. Лучевая скорость компоненты А.

1 — линии наибольшего веса ( $p=6$  и  $5$ ); 2 — линии среднего и низкого качества ( $p < 5$ ).

Табл. 1 показывает, что хотя нестабильность спектрографа сказалась больше на наблюдениях 1986 г. (см. величины  $\Delta v_{\text{r ЛПК}}$ ), методика квазисовременного экспонирования дает значительно меньшую поправку  $\Delta v_{\text{r}}^*$ , сравнимую с ошибкой определения относительной лучевой скорости.

На рис. 1—3 нанесены: индивидуальные лучевые скорости главной звезды (рис. 1) и звезды-спутника (рис. 2), а также относительные лучевые скорости (рис. 3), определенные по отдельным спектральным линиям. Прямые на графиках показывают значения лучевых скоростей, средневзвешенные по пластинкам. Средние значения мало отличаются от средневзвешенных и на графиках практически сливаются с ними. Веса назначались при измерениях спектральных линий по степени их изолированности и симметричности. Справа на рис. 1—3 указаны номера соответствующих пластинок.

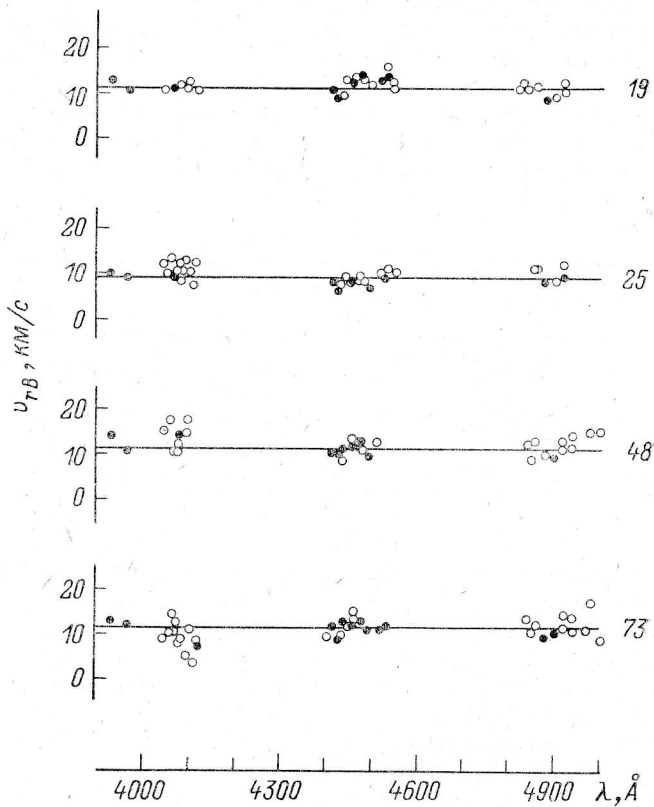


Рис. 2. Лучевая скорость компоненты В.  
Условные обозначения см. на рис. 1.

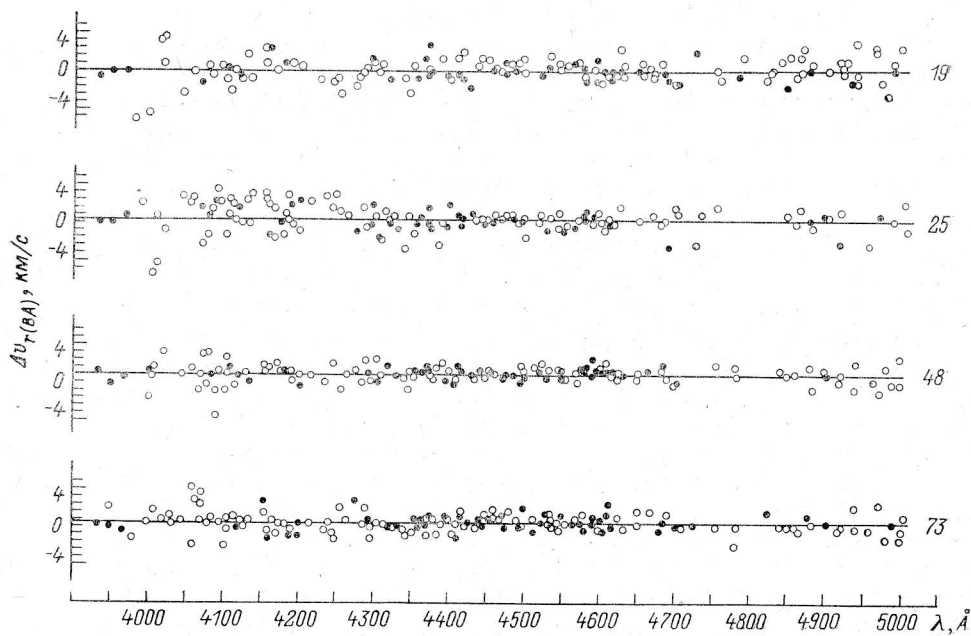


Рис. 3. Относительная лучевая скорость.  
Условные обозначения см. на рис. 1.

Индивидуальные лучевые скорости компонент определялись в основном для исследования ошибок наблюдения. Поэтому для упрощения привязка к спектру сравнения сделана только для трех участков спектра. Рисунки показывают, что заметной зависимости лучевой скорости от длины волны не обнаружено.

В табл. 2 приведены результаты обработки вышеуказанных наблюдений: ( $v_{rA}$  и  $v_{rB}$  — лучевые скорости компонент,  $\Delta v_r$  — относительная лучевая скорость,  $\sigma$  — среднеквадратичная ошибка результата,  $n$  — количество спектральных линий, по которым определено соответствующее средневзвешенное значение.

ТАБЛИЦА 2

№ пл.	$v_{rA} \pm \sigma_A$	$n$	$v_{rB} \pm \sigma_B$	$\Delta v_r \pm \sigma_\Delta$	$n_\Delta$
19	$9.5 \pm 0.7$	34	$11.3 \pm 0.5$	$+0.1 \pm 0.1$	144
25	$10.8 \pm 0.2$	32	$9.3 \pm 0.5$	$+0.4 \pm 0.1$	144
48	$10.3 \pm 0.5$	31	$11.2 \pm 0.4$	$+1.0 \pm 0.1$	151
73	$11.3 \pm 0.2$	36	$11.6 \pm 0.3$	$+0.6 \pm 0.1$	161
Среднее	$10.5 \pm 0.4$	33	$10.9 \pm 0.5$	$+0.5 \pm 0.2$	150

В последней строке табл. 2 указаны значения, усредненные по всем четырем пластинкам. Разность средних значений лучевых скоростей компонент ( $\bar{v}_{rB} - \bar{v}_{rA} = +0.4 \pm 0.5$  км/с) согласуется со средней относительной лучевой скоростью  $\Delta v_r = +0.5 \pm 0.2$  км/с), которую мы и принимаем за окончательный результат. Достигнутая точность позволяет использовать полученную величину для определения ПВД-орбиты ADS 7251.

**Спектральная двойственность обеих компонент ADS 7251.** В 1973 г. была опубликована работа Абта и Леви [17], в которой утверждается, что каждая компонента ADS 7251 является спектрально-двойной со спутниками, много меньшими по массе главных звезд. На рис. 4 и 5 приведены кривые лучевых скоростей, вычисленные по элементам орбит, приведенным в вышеуказанной работе. Точки 1 соответствуют кудэ-спектрограммам, полученным авторами на обсерватории Китт Пик с дисперсией  $14 \text{ \AA}/\text{мм}$ .

Кривая лучевой скорости для компоненты А (рис. 4) показывает, что разброс этих наблюдений велик, сами авторы считают эту орбиту ненадежной. Разброс для кривой компоненты В (рис. 5) много меньше, но ни одно из наблюдений не попадает в пик этой кривой. Поэтому его положение и величина эксцентриситета и полуамплитуды лучевой скорости орбиты В также ненадежны.

На рис. 4 и 5 кружками 2 отмечены наблюдения Адамса и Кольшюттера [18], проведенные в 1913 г. на обсерватории Маунт Вилсон с дисперсией  $36 \text{ \AA}/\text{мм}$ . Данные именно этих наблюдений фигурируют в каталогах [2—5]. Величина кружка на рисунке соответствует величине ошибки определения  $v_r$ .

В 1967 г. О. С. Вильсон опубликовал [19] наблюдения на Паломарской обсерватории с дисперсиями 38 и  $10 \text{ \AA}/\text{мм}$ . Поскольку точные даты этих наблюдений в упомянутой работе не приведены, на рис. 4 и 5 они показаны полосой 3, окаймленной штриховыми линиями для более низкой дисперсии и штрихпунктирной линией. Ширина полосы соответствует величине ошибки.

Как видно из рисунков, наши наблюдения (крестики 4 на рис. 4 и 5), хорошо согласуясь с паломарскими, лежат систематически ниже кривых Абта. К сожалению, наблюдения компоненты А на БТА оказались проведенными в близких фазах, что не позволяет сделать определенные выводы. Наблюдения компоненты В достаточно разнесены по периоду и, по-видимому, периодичности не подтверждают. Для разрешения вопроса о спектральной двойственности обеих компонент ADS 7251 необходимы дальнейшие наблюдения лучевых скоростей высокой точности.

Следует отметить, что в задаче определения орбиты методом ПВД спектральная двойственность компонент визуально-двойной звезды не имеет принципиального значения, при условии, если сумма масс компонент может быть

определена на основе астрометрических наблюдений, далеко отстоящих по времени от основного ряда [20].

При наличии надежной орбиты спектроскопической двойной компоненты визуально-двойной звезды для использования метода ПВД достаточно знать лучевую скорость ее центра масс, т. е. элемент  $\gamma$ , с точностью до 0.1 км/с. Тогда спектральные наблюдения нужны только для подтверждения кривой лучевой скорости. В противном случае наблюдения необходимы для уточнения имеющейся спектроскопической орбиты или определения новой.

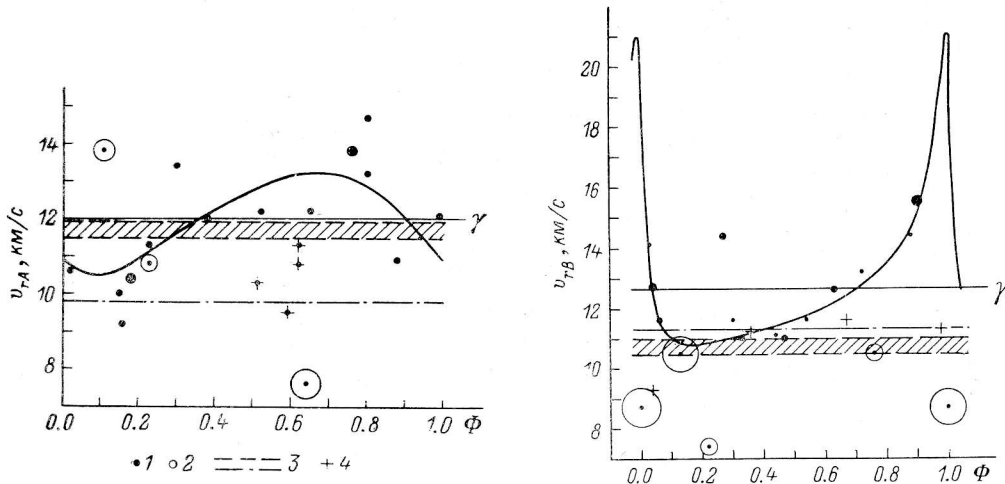


Рис. 4. Кривая лучевой скорости компоненты А.

1 — Китт Пик, 1973, 14 Å/мм; 2 — Маунт Вилсон, 1914, 36 Å/мм; 3 — Маунт Паломар, 1967, 38 и 10 Å/мм; 4 — БТА САО АН СССР, 1986, 9 Å/мм.

Рис. 5. Кривая лучевой скорости компоненты В.

Условные обозначения см. на рис. 4.

В заключение можно сделать вывод о том, что вышеописанная методика определения относительных лучевых скоростей визуально-двойных звезд на БТА позволяет получать результаты достаточно высокой точности. Возможно, существуют резервы упрощения или улучшения этой методики. В связи с этим в ближайшее время планируется исследовать ее с использованием звезд-стандартов.

Автор выражает благодарность Е. Л. Ченцову за консультации по вопросам спектроскопии и неоценимую помощь в проделанной работе, а также А. А. Киселеву за постановку задачи, постоянное внимание к работе, обсуждение результатов и ценные замечания.

#### Литература

1. Киселев А. А., Кияева О. В. Определение орбиты визуально-двойной звезды методом параметров видимого движения из наблюдений короткой дуги // *Астрон. журн.* 1980. 57. С. 1227—1241.
2. Gliese W. *Catalogue of nearby stars.* Karlsruhe, Veröffentlichungen des Astronomischen Rechen-Instituts Heidelberg. 1969. Nr. 22.
3. *Catalogue of stars within twenty-five parsecs of the Sun* / Wolley R., Epps E. A., Penston M. J., Pocock S. B. // *Herstmonceux, Joint publ. of the Royal Greenwich and Cape Obs.* 1970. Annals nr 5.
4. Wilson R. E. *General catalogue of stellar radial velocities.* Washington, Publ. Carnegie Inst. 1953. Nr 601.
5. Abt H. A. *Catalogue of individual radial velocities, O<sup>h</sup>—12<sup>h</sup>, measured by astronomers of the Mt Wilson Observatory* // *Astrophys. J.* 1970. 19. P. 387—506.
6. Киселев А. А. Наблюдения визуально-двойных звезд и звезд с невидимыми спутниками в Пулковке на 26'' рефракторе. Состояние и перспективы // *Сообщ. САО.* 1985. 45. С. 9—13.
7. Roman N. G. *A catalogue of high-velocities stars* // *Astrophys. J. Suppl.* 1955. 2. P. 195—224.
8. Joy A. H., Abt H. A. *Spectral Typs of M Dwarf Stars* // *Astrophys. J. Suppl.* 1974. 28. P. 1—18.

9. Chang K. Parallax, proper motion and orbital motion of the visual binary  $\Sigma$  1321 // *Astron. J.* 1972. 77. P. 759—761.
10. Шахт Н. А. Результаты фотографических наблюдений ADS 7251 в Пулкове // *Изв. ГАО.* 1976. № 194. С. 130—138.
11. Шахт Н. А. Определение тригонометрического параллакса ADS 7251 // *Астрон. циркуляр.* 1971. № 608. С. 3—4.
12. Шайн Г. А., Мельников О. А. Систематические и случайные ошибки при определении лучевых скоростей // *Курс астрофизики и звездной астрономии.* М.: Наука, 1983. С. 360—372.
13. Griffin R. F. A photometric atlas of the spectrum of Arcturus.  $\lambda\lambda$  3600—8825 Å / Cambridge Philosophical Society, England, 1968.
14. Delbouille L., Roland G., Neven L. Atlas photométrique du spectre solaire de  $\lambda$  3000 à  $\lambda$  10 000. Liège, Obs. Royal de Belg., 1973.
15. Peierse A. K., Breckinridge J. B. The Kitt Peak table of photographic solar spectrum wavelengths // *Contr. Kitt Peak National Obs.* 1973. Nr 559.
16. Соколов В. В., Ченцов Е. Л. Атмосфера сверхгиганта 6Cas. III: Дифференциальные сдвиги и аномалии профилей линий как проявления расширения атмосферы и потери ею вещества // *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО). 1984. 18. С. 10.
17. Abt H. A., Levy S. G. Visual multiples. I: ADS 7251 // *Astron. J.* 1973. 78. P. 1093—1095.
18. Adams W. S., Kohlschütter A. The Radial Velocities of One Hundred Stars with measured Parallaxes // *Astrophys. J.* 1914. 39. P. 341—349.
19. Wilson O. C. Radial Velocities of dK and dM Stars // *Astron. J.* 1967. 72. P. 905—912.
20. Кияева О. В. Использование далеких по времени наблюдений для уточнения орбиты визуально-двойной звезды, полученной методом параметров видимого движения по короткой дуге // *Астрон. журн.* 1983. 60. С. 1208—1216.

Поступила в редакцию 10 марта 1987 г.