

УДК 524.62-32

С. П. Рыбка

Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины
03680, Киев ГСП, ул. Академика Заболотного 27

**Особенности галактического вращения
в окрестности Солнца
по данным о гигантах «красного сгущения»**

На основе трехмерной модели Огородникова — Милна исследовано поле тангенциальных скоростей более 53 000 местных звезд-гигантов в радиусе 1 кпк от Солнца, которые были выделены как наиболее вероятные кандидаты «красного сгущения» из каталога «Tycho-2». Приводятся результаты определения значений параметров галактического вращения для галактических широт $|b| < 30^\circ$ и $|b| \geq 30^\circ$. Первой группе звезд характерны статистически достоверные значения параметра сжатия $K = -6.3 \pm 1.1 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \text{кпк}^{-1}$ и параметра фазового сдвига $\varphi = 6.9 \pm 0.6^\circ$ в рамках модели Огородникова — Милна. Кроме того, для обеих звездных групп получены значения отклонения вертекса и полуосей эллипсоида пекулярных скоростей, а также определены компоненты движения Солнца относительно этих групп. Наиболее существенные расхождения в зависимости от галактической широты звезд показывает величина отклонения вертекса. Она составляет $5.9 \pm 0.7^\circ$ для звезд на широтах $|b| < 30^\circ$ и $0.1 \pm 0.6^\circ$ для более высоких широт.

ОСОБЛИВОСТІ ГАЛАКТИЧНОГО ОБЕРТАННЯ В ОКОЛІ СОНЦЯ ЗА ДАНИМИ ПРО ГІГАНТИ «ЧЕРВОНОГО ЗГУЩЕННЯ», Рыбка С. П. — На підставі тривимірної моделі Огороднікова — Мілна досліджено поле тангенціальних швидкостей понад 53 000 місцевих зір-гігантів у радіусі 1 кпк від Сонця, які були виділені як найімовірніші кандидати «червоного згушення» із каталогу «Tycho-2». Наводяться результати визначення параметрів галактичного обертання для галактичних широт $|b| < 30^\circ$ і $|b| \geq 30^\circ$. Першій групі зір характерні статистично достовірні значення параметра стискування $K = -6.3 \pm 1.1 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \text{кпк}^{-1}$ і параметра фазового зсуву $\varphi = 6.9 \pm 0.6^\circ$ у рамках моделі Огороднікова — Мілна. Крім того, для обох зоряних груп отримано значення відхилення вертекса та півосей еліпсоїда пекулярних швидкостей, а також визначено компоненти руху Сонця відносно цих груп. Найсуттєвіші розходження залежно від галактичної широти зір показує величина відхилення вертекса. Вона складає $5.9 \pm 0.7^\circ$ для зір на широтах $|b| < 30^\circ$ і $0.1 \pm 0.6^\circ$ для вищих широт.

PECULIARITIES OF GALACTIC ROTATION IN THE SOLAR NEIGHBOURHOOD FROM DATA ON RED CLUMP GIANTS, by Rybka S. P. — The local velocity field of more than 53000 Red Clump giants within one kiloparsec from the Sun was investigated by means of the three-dimensional Ogorodnikov-Milne model. These stars were identified to be the most probable Red Clump candidates from the «Tycho-2» catalogue. The values of galactic rotation parameters are presented for two stellar groups: $|b| < 30^\circ$ and $|b| \geq 30^\circ$. It was shown that galactic rotation of the first stellar group has some peculiarities, which is confirmed by statistically significant values of phase offset parameter $\varphi = 6.9 \pm 0.6^\circ$ and contraction parameter $K = -6.3 \pm 1.1 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \text{ kpc}^{-1}$ in the framework of Ogorodnikov-Milne model. The velocity ellipsoid of both stellar groups and the motion of the Sun relative to these groups were also determined. The vertex deviation is found to vary most significantly with the star sample. Its value is $5.9 \pm 0.7^\circ$ for Red Clump giants at $|b| < 30^\circ$ and $0.1 \pm 0.6^\circ$ for stars at $|b| \geq 30^\circ$.

ВВЕДЕНИЕ

Применение высокоточных кинематических и фотометрических данных больших выборок звезд для определения параметров галактического вращения позволяет выявлять его тонкие особенности в окрестности Солнца. Так, в последнее время выяснилось, что в движении некоторых групп окосолнечных звезд, не принадлежащих поясу Гулда, имеются регулярные составляющие, обусловленные не только общим галактическим вращением и движением Солнца, но и другими факторами. Основными среди таких факторов являются сжатие звездной системы и расхождение между направлениями на кинематический и галактический центр. Выявленные кинематические особенности свидетельствуют о сравнительно небольших, но заметных отклонениях поля скоростей звезд в окрестности Солнца от классической теории Оорта, основанной на гипотезе о стационарности подсистем диска и осевой симметрии его вращения. Кинематические особенности как проявление эффектов сжатия и/или несовпадения кинематического и галактического центров характерны прежде всего для молодого населения диска. Сюда относятся О- и В-звезды высокой светимости на гелиоцентрических расстояниях больше 0.6 кпк [12, 18], гиганты спектральных классов А0-А5 [8], В-А-звезды главной последовательности [2] и классические цефеиды [19]. Однако и гигантам спектральных классов G5—K0, средний возраст которых значительно больше, чем всех перечисленных звездных групп, также свойственны похожие кинематические особенности. Это показано в работе [3] на основе надежного определения параметра сжатия $K = -7.3 \pm 1.3 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \text{ кпк}^{-1}$ и параметра фазового сдвига $\varphi = 7.4 \pm 1.3^\circ$, которые получены по собственным движениям 12 000 гигантов G5-K0 из каталога «Tycho-2». Чтобы уточнить оценки этих параметров, в настоящей работе проведено исследование поля тангенциальных скоростей гораздо большей выборки звезд, выделенных из того же каталога в качестве кандидатов красного сгущения (КС). Ведь звезды КС, доминируя среди местных гигантов G5—K0, тем самым определяют кинематические свойства последних. Кинематический анализ выполнен на основании трехмерной линейной модели Огородникова — Милна [1], которая по сравнению с моделью Оорта-Линдблада включает ряд дополнительных членов, в том числе обусловленных сжатием/расширением и фазовым сдвигом. Высокие и практически одинаковые светимости гигантов КС вместе с большой их пространственной плотностью — аргументы в пользу применения данных о звездах такого типа для определения и уточнения значений параметров вращения

Галактики в рамках этой сложной модели. Благодаря указанным свойствам значительное количество звезд КС можно уверенно отождествить в известных массовых каталогах и получить надежные оценки их гелиоцентрических расстояний фотометрическим способом. Использование ближнего ИК-диапазона излучения звезд КС вместо оптического позволяет повысить эффективность их отбора и существенно ослабить влияние межзвездного поглощения.

МАТЕРИАЛ

Данные для исследования взяты из каталога [5], содержащего 60910 местных звезд-кандидатов КС до предельной звездной величины $K_s = 8.2^m$, которые отобраны из каталога «Tycho-2». Отбор осуществлен в результате совместной обработки собственных движений «Tycho-2» и инфракрасных звездных величин 2MASS при помощи предложенного нами статистического метода [4]. В основе этого метода — разделение звезд с показателями цвета $J-K_s = 0.5...0.8^m$ по признаку «приведенные собственные движения в полосе K_s » на две группы с нормальными кривыми распределения, которые характеризуются различными параметрами. Значения параметров определяются методом максимального правдоподобия и используются для оценивания вероятностей принадлежности звезд красному сгущению. Результаты выделения звезд КС проверены на основе анализа распределения абсолютных звездных величин в полосе K_s , которые найдены по тригонометрическим параллаксам каталога HIPPARCOS. Показано, что около 85 % отобранных звезд имеют светимости, характерные для гигантов КС.

В каталог не включены звезды красного сгущения с ненадежными данными о собственных движениях и J -, K_s -величинах, а также кратные и переменные объекты при наличии соответствующих признаков. Он содержит экваториальные координаты и собственные движения, скопированные из каталога «Tycho-2», инфракрасные звездные величины J , H , K_s , взятые из каталога 2MASS, и оценки вероятности того, что звезды являются гигантами красного сгущения. Точность собственных движений и звездных величин K_s составляет в среднем 1.5 мсд/год и 0.03^m соответственно.

ОЦЕНКИ РАССТОЯНИЙ

Индивидуальные гелиоцентрические расстояния звезд красного сгущения были найдены на основе их звездных величин K_s фотометрическим способом без учета межзвездного поглощения A_k по формуле

$$\lg r = 0.2(K_s - M_{ko}) + 1,$$

где M_{ko} — средняя абсолютная звездная величина гигантов КС в полосе K_s , а r — их расстояние до Солнца. При вычислении расстояний использовалось значение $M_{ko} = -1.61 \pm 0.03^m$, которое получил Алвес [6] в результате калибровки абсолютных звездных величин гигантов КС в полосе K_s по высокоточным тригонометрическим параллаксам из каталога HIPPARCOS. Точность этой калибровки составляет 0.22^m , что дает среднюю погрешность расстояний около 11 % при условии, что все исследуемые звезды являются гигантами КС. Эта оценка, по-видимому, близка к истинной погрешности, поскольку доля гигантов КС среди выделенных кандидатов достаточно высока и составляет, как уже отмечено, 85 %.

Правомочность вычисления расстояний без учета поглощения A_k основывалась на том, что оно пренебрежимо мало. Как известно, величина A_k

на порядок меньше поглощения в визуальном диапазоне и составляет примерно 0.06^m [1] на среднем расстоянии исследуемых звезд (0.5 кпк). Кроме того, указанная оценка была уточнена в результате анализа покраснения цвета звезд по формуле, приведенной в работе [14]:

$$A_k = E(J - K_s)/1.50, \quad (1)$$

где $E(J - K_s) = (J - K_s) - (J - K_s)_0$ — избыток цвета звезд, а $(J - K_s)_0$ — нормальный показатель их цвета, принятый равным 0.61^m по данным работы [15] с учетом преобразования [9] к фотометрической системе 2MASS. Такой нормальный показатель цвета характерен для гигантов спектрального класса K0, которые доминируют среди звезд КС в окрестности Солнца. Если рассматривать звезды на широтах $|b| < 20^\circ$, то разброс вычисленных при помощи соотношения (1) значений A_k составляет 0.02^m , а их среднее значение — 0.03^m . Следовательно, даже на низких галактических широтах поглощение A_k действительно мало.

ОТБОР ЗВЕЗД

Чтобы избежать возможного негативного влияния эффектов селекции на результаты кинематического анализа гигантов красного сгущения, применялись следующие ограничения. Исключались ближайшие звезды ($r < 100$ пк), поскольку определение параметров галактического вращения на основе таких объектов слишком неустойчиво из-за их больших пекулярных скоростей. Вводилось также ограничение на тангенциальные скорости звезд $|v| < 90$ км/с, причем принятый критерий в три раза превышает типичное для гигантов тонкого диска значение пекулярных скоростей (≈ 30 км/с). Это позволило уменьшить влияние ошибочных расстояний и сократить число звезд КС, принадлежащих толстому диску. В итоге для анализа осталось 53 038 звезд, которые были разделены на две группы по галактической широте: $|b| < 30^\circ$ и $|b| \geq 30^\circ$. При этом среднее z -расстояние первой группы звезд составляет 129, а второй — 380 пк. Деление произведено таким образом, чтобы получить надежные решения условных уравнений, составленных отдельно для каждой из образованных звездных групп, а затем сравнить кинематику гигантов КС на разных галактических широтах.

МОДЕЛЬ ГАЛАКТИЧЕСКОГО ВРАЩЕНИЯ

В модели галактического вращения, предложенной Огородниковым и Милном, рассматриваются произвольные движения звезд на сравнительно небольших расстояниях от Солнца $r \approx 1 \dots 1.5$ кпк. Полная скорость каждой звезды представляется суммой скорости центраида в той точке, где находится звезда, и остаточной скорости относительно центраида. Предполагается, что остаточные скорости распределены по какому-либо статистическому закону. Согласно Огородникову [1] скорость центраида $V(r)$, выражающая участие звезды в упорядоченном движении звездной системы, описывается уравнением

$$V(r) = S_0 + Wr + Mr.$$

Здесь S_0 — скорость поступательного перемещения, которое обусловлено движением Солнца $-S_0(u_0, v_0, w_0)$ относительно центраида; W — матрица локального вращения, содержащая три независимых компонента (W_{21} , W_{13} , W_{32}); M — матрица локальной деформации, включающая шесть компонентов (M_{12} , M_{13} , M_{23} , M_{11} , M_{22} , M_{33}). При этом рассматривается

прямоугольная галактическая система координат, где первая ось направлена от наблюдателя к центру Галактики, вторая — в сторону галактического вращения, а третья — к северному полюсу Галактики. Из анализа тангенциальных скоростей звезд можно определить параметры локального вращения W_{21} , W_{13} , W_{32} , параметры локальной деформации M_{12} , M_{13} , M_{23} , $C = 0.5(M_{11} - M_{22})$, $K - H = 0.5(M_{11} + M_{22}) - M_{33}$ и компоненты пекулярной скорости Солнца u_0 , v_0 , w_0 , т. е. в общем одиннадцать неизвестных. Условные уравнения, которые применялись в данной работе для определения этих неизвестных по тангенциальным скоростям гигантов КС, имели следующий вид:

$$kr\mu_l \cos b = f_1(u_0, v_0, W_{21}, M_{12}, C, M_{13}, M_{23}, W_{13}, W_{32}), \quad (2)$$

$$kr\mu_b = f_2(u_0, v_0, w_0, M_{12}, C, K - H, M_{13}, M_{23}, W_{13}, W_{32}), \quad (3)$$

где μ_l , μ_b — компоненты собственных движений по галактической долготе l и широте b ; $k = 4.74$ — переходной множитель, соответствующий измерению собственных движений в секундах дуги в год, скоростей — в км/с, расстояний — в парсеках; f_1 и f_2 являются функциями галактических координат звезд, детальное описание которых приведено в работе [2]. Необходимо отметить, что параметры M_{12} и W_{21} идентичны постоянным Оорта A и B в рамках классической модели Оорта — Линдблада; $K - H$ является по существу коэффициентом глобального расширения или сжатия относительно наблюдателя с точностью до неопределенной величины M_{33} , которую приходится приравнивать нулю; а на основании параметра C можно вычислить величину фазового сдвига, т. е. отклонение направления на центр вращения от общепринятого направления на центр Галактики при помощи формулы $\varphi = 0.5 \operatorname{arctg}(-C/M_{12})$. Кроме того, из-за сильной корреляции между W_{13} и M_{13} , W_{32} и M_{23} можно определить лишь разность первых и сумму вторых. В итоге количество искомым неизвестных сократилось до девяти, среди которых три составляющие пекулярной скорости Солнца u_0 , v_0 , w_0 и шесть кинематических параметров W_{21} , M_{12} , C , K , $W_{13} - M_{13}$, $W_{32} + M_{23}$. Перечисленные неизвестные находились способом наименьших квадратов из совместного решения условных уравнений (2) и (3), составленных отдельно для звезд на галактических широтах $|b| < 30^\circ$ и $|b| \geq 30^\circ$. Результаты представлены в табл. 1 и 2. Следует отметить, что коэффициенты корреляции между различными неизвестными оказались несущественными в обоих случаях решения, а это подтверждает правильность проведенного разделения звезд по галактической широте.

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Рассмотрим результаты определения кинематических параметров. Среди всех найденных параметров лишь $W_{13} - M_{13}$ и $W_{32} + M_{23}$ получились на уровне ошибок их определения для обеих звездных групп. Поэтому в табл. 1 представлены оценки остальных параметров W_{21} , M_{12} , C , φ и K , причем значение φ вычислено на основании предварительно найденных M_{12} и C . Видно, что значения параметров C , φ и K , описывающих фазовый сдвиг и сжатие звездной системы соответственно, получились статистически достоверными только для низкоширотных звезд ($|b| < 30^\circ$). Напротив, параметры общего галактического вращения W_{21} и M_{12} определяются надежно в обоих случаях, а их значения больше по абсолютной величине, чем C и K . Таким образом, как и следовало ожидать, основная составляющая систематического движения всех звезд КС обусловлена вращением Галактики.

Таблица 1. Кинематические параметры и их средние квадратичные ошибки, найденные для двух групп гигантов КС на разных галактических широтах

Группа	$W_{21}^{(B)}$, км·с ⁻¹ кпк ⁻¹	$M_{12}^{(A)}$, км·с ⁻¹ кпк ⁻¹	C , км·с ⁻¹ кпк ⁻¹	φ , град	K , км·с ⁻¹ кпк ⁻¹
30328 звезд на широтах $ b < 30^\circ$	-14.8 ± 0.3	18.0 ± 0.4	-4.4 ± 0.4	6.9 ± 0.6	-6.3 ± 1.1
22720 звезд на широтах $ b \geq 30^\circ$	-12.8 ± 0.6	13.3 ± 0.7	-0.9 ± 0.7	2.0 ± 1.4	-0.8 ± 0.9

Вместе с тем, если на широтах $|b| \geq 30^\circ$ поле звездных скоростей можно представить при помощи модели оортовского вращения, где $C = \varphi = K = 0$, то на более низких широтах имеются заметные отклонения от этой модели. Собственные кинематические особенности (аномалии) низкоширотных звезд характеризуются статистически достоверными значениями параметра сжатия $K = -6.3 \pm 1.1$ км·с⁻¹кпк⁻¹ и параметра фазового сдвига $\varphi = 6.9 \pm 0.6^\circ$ в рамках модели Огородникова — Милна (табл. 1). Тем самым подтверждаются и уточняются результаты определения параметров $K = -7.3 \pm 1.3$ км·с⁻¹кпк⁻¹ и $\varphi = 7.4 \pm 1.3^\circ$ по тангенциальным скоростям около 12 000 гигантов G5—K0 [3].

Как уже отмечено, в движении звезд КС, находящихся на широтах $|b| \geq 30^\circ$, не обнаружено заметных по величине систематических составляющих, обусловленных эффектами сжатия или фазового сдвига. Это следует из статистически несущественных величин $K = -0.8 \pm 0.9$ км·с⁻¹кпк⁻¹ и $\varphi = 2.0 \pm 1.4^\circ$, найденных для таких звезд (см. табл. 1). Поскольку в данном случае нет существенных отклонений от теории Оорта, то на основе введенных им постоянных A и B можно определить достоверное значение круговой скорости вращения Галактики $V_o = (A - B)R_o$ на расстоянии Солнца от ее центра R_o . Принимая $M_{12} = A$, $W_{21} = B$ и $R_o = 8.5$ кпк, мы нашли значение $V_o = 214 \pm 8$ км/с, которое близко к рекомендованному МАС $V_o = 220$ км/с, однако существенно отличается от $V_o = 252 \pm 10$ км/с, полученного в работе [19] по собственным движениям 23 200 К—М-гигантов из каталога HIPPARCOS. Последнее значение V_o по всей вероятности завышено, поскольку находится в противоречии с давно установленной зависимостью, согласно которой скорость вращения различных групп звезд вокруг центра Галактики уменьшается с увеличением дисперсии их пекулярных скоростей (явление асимметрии движений). Так, в работе [11] по собственным движениям классических цефеид найдено $V_o = 231 \pm 9$ км/с, а они, как известно, моложе, чем К-М-гиганты и обладают меньшей дисперсией скоростей.

Большинство известных оценок параметра K указывает на то, что подсистема молодых околосолнечных звезд вне пояса Гулда находится в состоянии сжатия. Так, в работе [18] на основе данных каталога HIPPARCOS получено отрицательное значение параметра K от -4 до -9.7 с ошибками $2-4$ км·с⁻¹кпк⁻¹ в зависимости от гелиоцентрического расстояния и возраста местных О-В-звезд. Из анализа поля скоростей классических цефеид в работе [19] также выявлены признаки медленного сжатия в диске Галактики ($K = -2.6 \pm 1.1$ км·с⁻¹кпк⁻¹). Более существенные величины этого параметра были получены для В—А-звезд главной последовательности ($K = -8.2 \pm 0.9$ км·с⁻¹кпк⁻¹ [2]) и гигантов А0-А5 ($K = -13 \pm 2$ км·с⁻¹кпк⁻¹ [8]). Обращаем внимание, что в настоящей работе мы подтверждаем наличие

сжатия в окрестности Солнца по данным о гигантах КС, имеющих в среднем больший возраст, чем все перечисленные выше типы звезд.

Кроме оценок параметра сжатия K , в литературных источниках можно найти также оценки параметра фазового сдвига φ . Несущественные величины последнего параметра получены для О—В-звезд [2, 12] и гигантов спектрального классов К1—К5 [3]. Заметные величины фазового сдвига найдены в галактическом вращении звезд главной последовательности спектральных классов А0—F4 ($10.4 \pm 2.1^\circ$ [2]) и гигантов G5—K0 ($7.4 \pm 1.3^\circ$ [3]). В работе [16] получен фазовый сдвиг около 6° для всех звезд в интервале А0—М5 без разделения на классы светимости.

Наблюдаемые в окрестности Солнца аномалии звездных движений чаще всего объясняют как результат влияния центрального бара Галактики или ее спиральной структуры [12]. Однако окончательных выводов об их происхождении еще не получено.

ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА И ЭЛЛИпсоИД СКОРОСТЕЙ ГИГАНТОВ КРАСНОГО СГУЩЕНИЯ

Кроме кинематических параметров из совместного решения уравнений (2) и (3), составленных отдельно для двух групп звезд КС, были также определены компоненты солнечной скорости u_0 , v_0 , w_0 . Остаточные отклонения этих уравнений использовались далее для определения параметров эллипсоида пекулярных скоростей гигантов КС по методике, изложенной в книге [1]. В табл. 2 приводятся найденные значения u_0 , v_0 , w_0 , полуосей эллипсоида скоростей σ_u , σ_v , σ_w и отклонения вертекса l_v . Последний параметр, как известно, определяет ориентировку эллипсоида пекулярных скоростей и служит индикатором динамического состояния звездных систем. В стационарной звездной системе, вращающейся с осевой симметрией, направление наибольшей оси эллипсоида скоростей должно совпадать с направлением на галактический центр. В противном случае значительное отклонение вертекса указывает на наличие возмущений в диске, которые могут быть вызваны спиральными волнами плотности или из-за нарушения динамического равновесия звездными потоками [10].

По данным табл. 2 видно, что различие высот звезд красного сгущения над плоскостью Галактики оказывает незначительное влияние на результаты определения пекулярной скорости Солнца и эллипсоида скоростей. Исключение составляет отклонение вертекса, значение которого равно $5.9 \pm 0.7^\circ$ для звезд на широтах $|b| < 30^\circ$ и $0.1 \pm 0.6^\circ$ для более высоких широт. Несколько другая зависимость получена в работе [17] при исследовании выборки 400 звезд КС около северного галактического полюса. Найдено, что отклонение вертекса у звезд с высокой металличностью $[Fe/H] > -0.25$ dex изменяется от 16.4 до 5.6° , если $z \leq 125$ и $z > 400$ пк

Таблица 2. Значения составляющих скорости Солнца u_0 , v_0 , w_0 , полуосей эллипсоида скоростей σ_u , σ_v , σ_w и отклонения вертекса l_v , которые определены для двух групп гигантов КС на разных галактических широтах

Группа	u_0 , км/с	v_0 , км/с	w_0 , км/с	σ_u , км/с	σ_v , км/с	σ_w , км/с	l_v , град
30 328 звезд на широтах $ b < 30^\circ$	9.9 ± 0.2	21.6 ± 0.2	9.1 ± 0.2	34.3 ± 0.1	24.8 ± 0.2	20.8 ± 0.1	5.9 ± 0.7
22 720 звезд на широтах $ b \geq 30^\circ$	9.4 ± 0.2	23.1 ± 0.2	8.5 ± 0.3	39.2 ± 0.1	27.0 ± 0.2	24.5 ± 0.3	0.1 ± 0.6

соответственно, а малометаллические звезды вблизи галактической плоскости не показывают заметного отклонения вертекса. Работа [17], возможно, единственная, где направление вертекса найдено непосредственно у звезд КС. Однако есть оценки вертекса у поздних гигантов в окрестности Солнца, среди которых звезды КС составляют лишь большинство. Например, в работе [10] по пространственным скоростям К- и М-гигантов найдено значение $l_v = 10.9 \pm 1.6^\circ$, а в работе [7] по собственным движениям и параллаксам каталога HIPPARCOS получено для звезд того же типа $l_v = 13.2^\circ$. Согласно данным [13] максимальная величина отклонения вертекса 25° наблюдается у наиболее молодых звезд и уменьшается до нуля при возрастах более 4 миллиардов лет.

Как уже отмечалось, результаты определения составляющих пекулярной скорости Солнца и полуосей эллипсоида скоростей слабо зависят от галактической широты звезд КС. Поэтому все исследуемые звезды КС можно характеризовать следующими усредненными по двум группам данными: $(u_o, v_o, w_o) = (9.7 \pm 0.2, 22.5 \pm 0.2, 8.9 \pm 0.2)$ км/с и $(\sigma_u, \sigma_v, \sigma_w) = (36.3 \pm 0.2, 25.4 \pm 0.2, 22.5 \pm 0.2)$ км/с. Полученные таким образом оценки хорошо согласуются с результатами [10, 17, 19].

ВЫВОДЫ

В результате анализа тангенциальных скоростей более 53 000 местных гигантов красного сгущения на основе модели Огородникова — Милна выявлены существенные различия в кинематике этих звезд в зависимости от их галактической широты. Низкоширотные звезды КС ($|b| < 30^\circ$) в отличие от звезд на более высоких галактических широтах имеют такие кинематические характеристики, которые нельзя объяснить лишь следствием отраженного движения Солнца и галактического вращения в рамках классической модели Оорта — Линдблада. Собственные кинематические особенности низкоширотных звезд указывают на пространственное сжатие звездной системы ($K = -6.3 \pm 1.1$ км·с⁻¹кпк⁻¹) и расхождение направлений на кинематический и общепринятый галактический центр ($\varphi = 6.9 \pm 0.6^\circ$). Из анализа остаточных скоростей этих звезд получено также заметное отклонение вертекса $5.9 \pm 0.7^\circ$.

1. Огородников К. Ф. Динамика звездных систем. — М.: Физматгиз, 1958.—627 с.
2. Рыбка С. П. Кинематика карликов в окрестности Солнца по данным каталога «Tycho-2» // Кинематика и физика небес. тел.—2004.—20, № 2.—С. 133—141.
3. Рыбка С. П. Кинематический анализ данных о красных звездах-гигантах в окрестности Солнца // Кинематика и физика небес. тел.—2004.—20, № 5.—С. 437—443.
4. Рыбка С. П. Выделение гигантов красной горизонтальной ветви по приведенным собственным движениям // Кинематика и физика небес. тел.—2006.—22, № 3.—С. 225—230.
5. Рыбка С. П. Каталог звезд-кандидатов Красного Сгущения в «Tycho-2» // Кинематика и физика небес. тел.—2007.—23, № 2.—С. 102—106.
6. Alves D. R. K-band calibration of the red clump luminosity // *Astrophys. J.*—2000.—539, N 2.—P. 732—741.
7. Bienayme O. The local stellar velocity distribution of the Galaxy. Galactic structure and potential // *Astron. and Astrophys.*—1999.—341, N 1.—P. 86—97.
8. Bobylev V. V., Gontcharov G. A., Bajkova A. T. The OSACA database and a kinematic analysis of stars in the solar neighborhood // *Astron. Rep.*—2006.—50, N 9.—P. 733—747.
9. Carpenter J. M. Color transformation for the 2MASS second incremental data release // *Astron. J.*—2001.—121, N 5.—P. 2851—2871.
10. Famaey B., Jorissen A., Luri X., et al. Local kinematics of K and M giants from CORAVEL/Hipparcos/Tycho-2 data. Revisiting the concept of superclusters // *Astron. and Astrophys.*—2005.—430, N 1.—P. 165—86.
11. Feast M. W., Whitelock P. A. Hipparcos parallaxes and proper motions of cepheids and their applications // *Proc. of the ESA Symp. «Hipparcos-Venice 97»* / Ed. B. Battrock. — Noordwijk: ESA Publ., 1997.—P. 625—628.

12. *Fernandez D., Figueras F., Torra J.* Kinematics of young stars. II. Galactic spiral structure // *Astron. and Astrophys.*—2001.—**372**, N 6.—P. 833—850.
13. *Gomez A. E., Grenier S., Udry S., et al.* Kinematic of disc stars in the solar neighborhood // *Proc. of the ESA Symp. «Hipparcos-Venice 97»* / Ed. B. Battrock. — Noordwijk: ESA Publ., 1997.—P. 621—623.
14. *Indebetouw R., Mathis J. S., Barber B. L., et al.* The wavelength dependence of interstellar extinction from 1.25 to 8 microns using GLIMPSE data // *Astrophys. J.*—2005.—**619**, N 2.—P. 931—938.
15. *Koornneef J.* Near-infrared photometry. II. Intrinsic colours and the absolute calibration from one to five micron // *Astron. and Astrophys.*—1983.—**128**, N 1.—P. 84—93.
16. *Mignard F.* Local galactic kinematics from Hipparcos proper motions // *Astron. and Astrophys.*—2000.—**354**, N 2.—P. 522—536.
17. *Soubiran C., Bienayme O., Siebert A.* Vertical distribution of Galactic disc stars. I. Kinematics and metallicity // *Astron. and Astrophys.*—2003.—**398**, N 1.—P. 141—151.
18. *Torra J., Gomez A. E., Figueras F., et al.* Young stars: irregularities of the velocity field // *Proc. of the ESA Symp. «Hipparcos-Venice 97»* / Ed. B. Battrock. — Noordwijk: ESA Publ., 1997.—P. 513—518.
19. *Zhu Z.* Kinematics of the galaxy from Hipparcos proper motions // *Publs Astron. Soc. Jap.*—2000.—**52**, N 6.—P. 1133—1139.

Поступила в редакцию 31.05.07