

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗВЕЗД ПОЯСА ГУЛЬДА

В. В. Бобылев ¹

Главная астрономическая обсерватория ГАО РАН, Санкт-Петербург

Выполнен анализ пространственных скоростей звезд моложе ≈ 125 млн. лет, расположенных от Солнца не далее 650 парсек, входящих в структуру пояса Гюльда. Параметры вращения и расширения пояса Гюльда определены на основе предположения о наличии единого кинематического центра, направление на который найдено следующим $l_0 = 128^\circ$ и $R_0 = 150$ пк. Максимального значения линейные скорости достигают на расстоянии от центра ≈ 300 пк и составляют -6 км/с для вращения (направление данного вращения совпадает с галактическим) и $+4$ км/с для расширения. Показано, что использованная в данной работе модель вращения звезд дает более адекватное описание наблюдаемого поля скоростей по сравнению с линейной моделью, основанной на постоянных Оорта A_G и B_G . Приведены аргументы в пользу принадлежности к структуре пояса Гюльда молодых скоплений β Pic, Tuc/HorA и TWA.

Ключевые слова: Пояс Гюльда; Галактика (Млечный Путь); ОВ-ассоциации; TW Hydrae, β Pictoris, Tucana.

¹e-mail: электронный адрес для связи: vbobylev@gao.spb.ru

ВВЕДЕНИЕ

Звездно-газовые комплексы связанные с процессами звездообразования, в других галактиках, и в Галактике, имеют иерархическую структуру (Ефремов, 1998; Ефремов и др., 1988). Гигантские звездно-газовые комплексы (ГЗГ-комплекс) трассируют спиральный узор Галактики (Ефремов, 1988). ГЗГ-комплексы имеют массу $\approx 1 \times 10^6 M_{\odot}$, размер до 1000 пк, время жизни $\tau < 10^8$ лет. Менее массивные образования, такие как ОВ-ассоциации, рассеянные звездные скопления, гигантские молекулярные облака являются частью ГЗГ-комплекса. Солнце расположено внутри ГЗГ-комплекса, который известен под названием пояс Гульда (радиус ≈ 500 пк, время жизни $\tau \approx 60 \times 10^6$ лет). В то же время, пояс Гульда является частью более старого ($\tau \approx 5 \times 10^8$ лет) и более массивного ($\approx 2 \times 10^7 M_{\odot}$) образования, размером около 1000 пк, который известен как Местный рукав (рукав Ориона), или под другим названием как Местная система звезд (МСЗ). МСЗ понимается как гравитационно связанная долгоживущая система, и по кинематическим признакам ассоциируется (Олано, 2001) со звездным сверхскоплением Сириуса (Егген, 1984, 1992). Средняя остаточная скорость звезд, входящих в сверхскопление Сириуса по отношению к местному стандарту покоя мала, поэтому центр масс МСЗ совершил несколько оборотов вокруг центра Галактики по орбите, близкой к круговой. Пояс же Гульда за время своего существования, по-видимому, испытал однократное воздействие волны плотности.

Важным признаком устойчивости такой системы как пояс Гульда является наличие собственного вращения. Такое вращение достаточно надежно определяется из наблюдений звезд пояса Гульда (Линдблад, 2000; Бобылев, 2004). За время своего существования пояс Гульда по крайней мере один раз испытал влияние ударной волны, вызванной волной плотности. Анализ движений ОВ-ассоциаций, заполняющих межрукавное пространство ($r \leq 3$ кпк) показывает наличие сложной периодической структуры их остаточных скоростей, которая обусловлена влиянием волн плотности (Мельник и др., 2001; Заболотских и др., 2002; Мельник, 2003). Одной из таких особенностей является заметная структура в распределении радиального компонента остаточных скоростей от галактоцентрического расстояния в области пояса Гульда (рис. 3а в работе Мельник и др., 2001), которую мы ассоциируем с известным положительным K –эффектом, или расширением молодых звезд. В настоящей работе мы предполагаем изучить этот эффект подробнее на основе массива отдельных звезд, входящих в ОВ-ассоциации.

Целью работы является изучение движения пояса Гульда на основе звезд, имеющих надежные оценки возраста. Для этого мы используем молодые и близкие ОВ-ассоциации, для которых имеются оценки возраста, сделанные различными авторами на основе современных наблюдений и методов. Параметры вращения и расширения пояса Гульда определяются на основе предположения о наличии единого кинематического центра. Для этого использованы такой вид формул (формулы Боттлингера), который позволяет, одновременно с параметрами вращения и расширения-сжатия определить в аналитическом виде направление на единый кинематический центр.

1 МЕТОДЫ АНАЛИЗА

1.1 Формулы Боттлингера

В настоящей работе используются прямоугольная галактическая система координат с осями, направленными от наблюдателя в сторону галактического центра ($l=0^\circ$, $b=0^\circ$, ось x), в направлении галактического вращения ($l=90^\circ$, $b=0^\circ$, ось y) и в направлении северного полюса Галактики ($b=90^\circ$, ось z). Рабочие уравнения получены нами на основе известных формул Боттлингера (Огородников, 1965). На основе предположения о существовании единого кинематического центра вращения и расширения-сжатия (l_o , R_o) формулы преобразованы к следующему виду

$$V_r = u_G \cos b \cos l + \quad (1)$$

$$\begin{aligned} &+v_G \cos b \sin l + w_G \sin b - \\ &-D_1(R - R_o) \sin(l - l_o) \cos b - \\ &-D_2(R - R_o) \cos(l - l_o) \cos b - \\ &-F_1(R - R_o)^2 \sin(l - l_o) \cos b - \\ &-F_2(R - R_o)^2 \cos(l - l_o) \cos b + \\ &+k_o r \cos^2 b + k'_o r (R - R_o) \cos^2 b + \\ &+0.5k''_o r (R - R_o)^2 \cos^2 b, \end{aligned}$$

$$4.74r\mu_l \cos b = -u_G \sin l + v_G \cos l + \quad (2)$$

$$\begin{aligned} &+\omega_o r \cos b + \omega'_o r (R - R_o) \cos b + \\ &+0.5\omega''_o r \cos b (R - R_o)^2 - \\ &-D_1(R - R_o) \cos(l - l_o) + D_2(R - R_o) \sin(l - l_o) - \\ &-F_1(R - R_o)^2 \cos(l - l_o) + F_2(R - R_o)^2 \sin(l - l_o), \end{aligned}$$

$$4.74r\mu_b = -u_G \cos l \sin b - \quad (3)$$

$$\begin{aligned} &-v_G \sin l \sin b + w_G \cos b + \\ &+D_1(R - R_o) \sin(l - l_o) \sin b + \\ &+D_2(R - R_o) \cos(l - l_o) \sin b + \\ &+F_1(R - R_o)^2 \sin(l - l_o) \sin b + \\ &+F_2(R - R_o)^2 \cos(l - l_o) \sin b - \\ &-k_o r \cos b \sin b - k'_o r (R - R_o) \cos b \sin b - \\ &-0.5k''_o r (R - R_o)^2 \cos b \sin b. \end{aligned}$$

Здесь коэффициент $k = 4.74$ представляет собой частное от деления числа километров в астрономической единице на число секунд в тропическом году; $r = 1/\pi$ – гелиоцентрическое расстояние звезды; R_o – расстояние от Солнца до кинематического центра; R – расстояние от звезды до кинематического центра; мы освобождаем наблюдаемые движения от пекулярной скорости Солнца относительно местного стандарта покоя (Денен, Бинни, 1998), поэтому u_G , v_G , w_G являются (в отличие от стандартного подхода знаки нами изменены на противоположные) компонентами скорости центроида рассматриваемых звезд относительно местного стандарта покоя; компоненты собственного движения звезды $\mu_l \cos b$ и μ_b выражены в мсд/год (миллисекунды дуги в год), лучевая скорость V_r в км/с, параллакс π в мсд (миллисекунды

дуги), расстояния R , R_\circ и r в кпк. Величина ω_\circ является угловой скоростью вращения звездной системы на расстоянии R_\circ , величина k_\circ является скоростью радиального расширения (или сжатия) звездной системы на расстоянии R_\circ , величины ω'_\circ , ω''_\circ и величины k'_\circ , k''_\circ являются соответствующими производными по гелиоцентрическому расстоянию взятые на расстоянии R_\circ . Величина l_\circ – направление на кинематический центр. Величина R вычисляется в соответствии с выражением

$$R^2 = (r \cos b)^2 - 2R_\circ r \cos b \cos(l - l_\circ) + R_\circ^2. \quad (4)$$

В уравнениях (1)–(3) используются неизвестные D_1, D_2, F_1, F_2

$$\begin{aligned} D_1 &= D \cos l_\theta, \\ D_2 &= -D \sin l_\theta, \\ F_1 &= F \cos l_\theta, \\ F_2 &= -F \sin l_\theta, \end{aligned} \quad (5)$$

где $D = \sqrt{D_1^2 + D_2^2} = \omega' R_\circ$ и $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 0.5\omega'' R_\circ$. На основе соотношений (5) определяем дважды направление на центр вращения или поправку к принятому значению l_\circ

$$\begin{aligned} \tan(l_\theta)_D &= -D_2/D_1, \\ \tan(l_\theta)_F &= -F_2/F_1, \end{aligned} \quad (6)$$

в этом случае новым направлением будет $l_\circ + l_\theta$. С другой стороны, для расширения можем ввести аналогичные величины $G = k' R_\circ$ и $H = 0.5k'' R_\circ$ с неизвестными G_1, G_2, H_1, H_2 , тогда

$$\begin{aligned} G_1 &= G \cos l_R = -G \sin l_\theta, \\ G_2 &= -G \sin l_R = G \cos l_\theta, \\ H_1 &= H \cos l_R = -H \sin l_\theta, \\ H_2 &= -H \sin l_R = H \cos l_\theta. \end{aligned} \quad (7)$$

В соотношениях (7) отражен факт ортогональности эффектов расширения и вращения ($l_\theta = l_R + 90^\circ$), который приводит к тому, что в формулах (1)–(3) неизвестные не разделяются. Поэтому для определения направления на кинематический центр в формулах (1)–(3) достаточно использовать один из наборов неизвестных, например, D_1, D_2, F_1, F_2 . На основе изложенного подхода имеется возможность получить независимую оценку расстояния от Солнца до кинематического центра. Такую оценку можно получить из формул, которые вытекают из соотношений (5)–(7)

$$\begin{aligned} D &= R_\circ |\omega'_\circ - k'_\circ|, \\ F &= 0.5R_\circ |\omega''_\circ - k''_\circ|. \end{aligned} \quad (8)$$

Уравнения (1)–(3) содержат тринадцать искомым неизвестных: $u_\circ, v_\circ, w_\circ, \omega_\circ, \omega'_\circ, \omega''_\circ, k_\circ, k'_\circ, k''_\circ, D_1, D_2, F_1, F_2$, которые определяются методом наименьших квадратов.

При известном направлении на кинематический центр уравнения имеют исходный вид

$$V_r = u_G \cos b \cos l + \quad (9)$$

$$\begin{aligned} &+ v_G \cos b \sin l + w_G \sin b - R_o(R - R_o) \times \\ &\times \sin(l - l_o) \cos b \omega'_o - 0.5 R_o(R - R_o)^2 \times \\ &\times \sin(l - l_o) \cos b \omega''_o + \cos^2 b k_o r + \\ &+ (R - R_o)(r \cos b - R_o \cos(l - l_o)) \times \\ &\times \cos b k'_o + 0.5(R - R_o)^2(r \cos b - \\ &- R_o \cos(l - l_o)) \cos b k''_o, \end{aligned}$$

$$4.74 r \mu_l \cos b = -u_G \sin l + \quad (10)$$

$$\begin{aligned} &+ v_G \cos l - (R - R_o)(R_o \cos(l - l_o) - \\ &- r \cos b) \omega'_o - 0.5(R - R_o)^2(R_o \cos(l - l_o) - \\ &- r \cos b) \omega''_o + r \cos b \omega_o + R_o(R - R_o) \times \\ &\times \sin(l - l_o) k'_o + 0.5 R_o(R - R_o)^2 \times \\ &\times \sin(l - l_o) k''_o, \end{aligned}$$

$$4.74 r \mu_b = -u_G \cos l \sin b - \quad (11)$$

$$\begin{aligned} &- v_G \sin l \sin b + w_G \cos b + R_o(R - R_o) \times \\ &\times \sin(l - l_o) \sin b \omega'_o + 0.5 R_o(R - R_o)^2 \times \\ &\times \sin(l - l_o) \sin b \omega''_o - \cos b \sin b k_o r - \\ &- (R - R_o)(r \cos b - R_o \cos(l - l_o)) \times \\ &\times \sin b k'_o - 0.5(R - R_o)^2(r \cos b - \\ &- R_o \cos(l - l_o)) \sin b k''_o. \end{aligned}$$

Уравнения (9)–(11) содержат девять искоемых неизвестных: u_\odot , v_\odot , w_\odot , ω_\odot , ω'_\odot , ω''_\odot , k_\odot , k'_\odot , k''_\odot .

Особенностью данного метода является то, что требуется существование производных только от расстояния. Это требование может обеспечить массив звезд, равномерно распределенный даже в одном галактическом квадранте.

1.2 Статистический метод

Используем известный статистический метод (Трамплер, Уивер, 1953; Паренаго, 1954; Огородников, 1965). Метод заключается в определении и анализе симметричного тензора моментов или тензора дисперсий остаточных скоростей звезд. При совместном использовании лучевых скоростей и собственных движений звезд для нахождения шести неизвестных компонент тензора дисперсий имеем шесть уравнений, которые дает каждая звезда. Из анализа собственных значений тензора дисперсий определяются полуоси эллипсоида остаточных скоростей (эллипсоид Шварцшильда), которые обозначаем $\sigma_{1,2,3}$. Направления главных осей данного эллипсоида обозначаем $l_{1,2,3}$, $b_{1,2,3}$. Особенностью подхода, применяемого в настоящей работе является то, что в качестве остаточных используются скорости звезд, освобожденные и от пекулярной скорости Солнца относительно местного стандарта покоя, и от общего галактического вращения.

1.3 Модель Огородникова-Милна

В линейной модели Огородникова-Милна придерживаемся тех обозначений, которые были введены в работах Клюбса (1972, 1973), и применялись в работах Монта (1977, 1978). Линейную модель, созданную для описания общего галактического вращения модифицируем для описания собственных особенностей поля скоростей близких звезд. Наблюдаемая скорость звезды $\mathbf{V}(r)$, имеющая гелиоцентрический радиус-вектор \mathbf{r} , с точностью до членов первого порядка малости $r/R_\odot \ll 1$, описывается уравнением в векторной форме

$$\begin{aligned}\mathbf{V}(r) - \mathbf{V}_{GR} - \mathbf{V}_{\odot LSR} = \\ = \mathbf{V}_G + M\mathbf{r} + \mathbf{V}'.\end{aligned}\quad (12)$$

Здесь \mathbf{V}_{GR} есть систематическая скорость звезды, причиной которой является общее галактическое вращение; $\mathbf{V}_{\odot LSR}$ пекулярное движение Солнца относительно местного стандарта покоя; $\mathbf{V}_G(u_G, v_G, w_G)$ есть скорость центроида рассматриваемых звезд относительно местного стандарта покоя, \mathbf{V}' есть остаточная скорость звезды и здесь предполагается, что остаточные скорости звезд имеют случайное распределение; M есть матрица смещений, которая описывает систематические движения типа собственного вращения и эффекты расширения-сжатия. Компонентами M являются частные производные $\mathbf{u}(u_1, u_2, u_3)$ по $\mathbf{r}(r_1, r_2, r_3)$

$$M_{pq} = \left(\frac{\partial u_p}{\partial r_q} \right)_\odot, \quad (p, q = 1, 2, 3). \quad (13)$$

Матрица M может быть разделена на симметричную M^+ и антисимметричную M^- части, их, следуя Огородникову (1965), мы называем тензором локальной деформации и тензором локального вращения:

$$\begin{aligned}M_{pq}^+ &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_p}{\partial r_q} + \frac{\partial u_q}{\partial r_p} \right)_\odot, \\ M_{pq}^- &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_p}{\partial r_q} - \frac{\partial u_q}{\partial r_p} \right)_\odot, \\ (p, q &= 1, 2, 3).\end{aligned}\quad (14)$$

Рабочие уравнения имеют вид

$$\begin{aligned}V_r &= u_G \cos b \cos l + \\ &+ v_G \cos b \sin l + w_G \sin b + \\ &+ r(\cos^2 b \cos^2 l M_{11} + \cos^2 b \cos l \sin l M_{12} + \\ &+ \cos b \sin b \cos l M_{13} + \cos^2 b \sin l \cos l M_{21} + \\ &+ \cos^2 b \sin^2 l M_{22} + \cos b \sin b \sin l M_{23} + \\ &+ \sin b \cos b \cos l M_{31} + \cos b \sin b \sin l M_{32} + \\ &+ \sin^2 b M_{33}), \\ 4.74r\mu_l \cos b &= -u_G \sin l + v_G \cos l + \\ &+ r(-\cos b \cos l \sin l M_{11} - \cos b \sin^2 l M_{12} - \\ &- \sin b \sin l M_{13} + \cos b \cos^2 l M_{21} +\end{aligned}\quad (15)$$

$$\begin{aligned}
& + \cos b \sin l \cos l M_{22} + \\
& + \sin b \cos l M_{23}), \\
4.74r\mu_b = & -u_G \cos l \sin b - \\
& -v_G \sin l \sin b + w_G \cos b + \\
& + r(-\sin b \cos b \cos^2 l M_{11} - \\
& -\sin b \cos b \sin l \cos l M_{12} - \\
& -\sin^2 b \cos l M_{13} - \sin b \cos b \sin l \cos l M_{21} - \\
& -\sin b \cos b \sin^2 l M_{22} - \sin^2 b \sin l M_{23} + \\
& + \cos^2 b \cos l M_{31} + \cos^2 b \sin l M_{32} + \\
& + \sin b \cos b M_{33}),
\end{aligned} \tag{17}$$

где в левых частях находятся компоненты скорости звезд, исправленные за общее галактическое вращение и за пекулярное движение Солнца относительно местного стандарта покоя. Уравнения (15)–(17) содержат двенадцать искоемых неизвестных — три компоненты скорости $\mathbf{V}_G(u_G, v_G, w_G)$ и девять компонент M_{pq} , которые определяются методом наименьших квадратов. Компоненты тензоров деформации и вращения вычисляются с использованием найденных величин M_{pq} на основе соотношений (14).

В данном методе требуется существование всех производных от координат. Для выполнения этого требования необходим массив звезд, достаточно плотно заполняющий каждую координатную ось.

2 НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

2.1 Данные о звездах

Наш рабочий список звезд, расположенных от Солнца не далее ≈ 650 пк составлен на основе следующих источников: номера звезд каталога HIPPARCOS (1997) для ассоциаций Col 121, Per OB2, Vel OB2, Tr 10, LCC, UCL, US, Cep OB2, Lac OB1, Cep OB6, α Per (Per OB3) и Cas Tau взяты из работа Зева и др. (1999); для ассоциаций Ori OB1 a–d из работы Брауна и др. (1994); для скоплений IC 2391, IC 2602, NGC 2232, NGC 2451, NGC 2516, NGC 2547 и Плеяд из списка Робикона и др. (1999); список членов ассоциаций TW Hydrae (TWA), β Pic и Tucana/HogA из работы Сонга и др. (2003); для скопления α Cas из работы Платайса и др. (1998). Из работы Макарова (2003) нами взяты данные о 24 звездах с рентгеновским излучением, находящихся не далее 50 пк от Солнца, где они обозначены как массив “XY”. При этом звезда HIP 30030 списка Макарова является членом скопления TWA, входит в группу Tucana/HogA и обозначается TWA42 (Сонг и др., 2003). Из работ Вихмана и др. (2000, 2003) нами взяты данные о 34 звездах находящихся не далее 100 пк от Солнца. Четыре звезды не пересекаются с другими списками, и отнесены нами к группе 2. В таблице 1 даны сведения о возрасте отобранных нами скоплений. Экваториальные координаты, параллаксы и собственные движения звезд взяты нами из каталога HIPPARCOS (1997), лучевые скорости взяты из каталога Барбье-Бросса, Фигона (2000). Мы используем только одиночные звезды (отброшены астрометрические орбитальные двойные, отмеченные символом “O”), которые одновременно имеют

Таблица 1: Данные о близких скоплениях и ОВ-ассоциациях.

Название скопления или ассоциации	Возраст, млн.лет	Источник оценки возраста	N_{\star}
ГРУППА 1			
Ori OB1a	11.4 ± 1.9	Браун и др., 1994	29
Ori OB1b	1.7 ± 1.1	Браун и др., 1994	20
Ori OB1c	4.6 ± 2	Браун и др., 1994	25
Ori OB1d	< 1	Браун и др., 1994	3
Col 121	5	Зев и др., 1999	20
TW Hydrae (TWA)	≤ 10	Сонг и др., 2003 (е)	17
ГРУППА 2			
Per OB2	2–15	Гименез, Клаузен 1994	9
NGC 2232	30–60	Торра и др., 2000	4
NGC 2451	50	Кэри и др., 1999 (в)	5
NGC 2516	30–60	Торра и др., 2000	6
NGC 2547	30–40	Джеффрис, Толи 1998	5
Vel OB2	20	Зев и др., 1999	29
IC 2391	35–55	Монтес и др., 2001 (г)	10
Tr 10	15–30	Зев и др., 1999 (в)	6
a Car	< 60	Платайс и др., 1998 (в)	4
IC 2602	30	Лахман 2001 (в,г,ж)	8
LCC	16–20	Сартори и др., 2003 (а)	46
UCL	16–20	Сартори и др., 2003 (б)	67
US	8–10	Сартори и др., 2003	44
Sep OB2	5–10	Зев и др., 1999	16
Lac OB1	15–25	Зев и др., 1999	29
β Pic	< 30	Сонг и др., 2003	8
Tucana/HorA	< 30	Сонг и др., 2003 (з)	8
Макаров (XY)	< 60	Макаров 2003	24
Wichmann-1	< 14	Вихман и др., 2000	2
Wichmann-2 (ZAMS)	$\ll 90$	Вихман и др., 2003	2
ГРУППА 3			
Sep OB6	≈ 50	Зев и др., 1999 (д)	10
α Per (Per OB3)	≈ 50	Зев и др., 1999	46
Cas Tau	≈ 50	Зев и др., 1999 (д)	56
Pleiades	70–125	Содерблом и др., 1993	14
Wichmann (PL)	≈ 100	Вихман и др., 2003	30

Примечание: а) 17–20 млн. лет, Мамаек и др. (2002); б) 15–22 млн. лет, Мамаек и др. (2002); в) 30–60 млн. лет, Торра и др. (2000); г) 30 млн. лет, Стауфер и др. (1997); д) 50–60 млн. лет, Асиэйн и др. (1999); е) 10 млн. лет, Лахман (2001); ж) 30 млн. лет, Рандих и др. (1997); з) 30^{+20}_{-5} млн. лет, Лахман (2001).

параллаксы, лучевые скорости и собственные движения. На основе данных о возрасте звезд (таблица 1) мы разбили звезды на три группы: а) самые молодые звезды с возрастом < 10 млн. лет, которую обозначаем группа 1; б) звезды со средним возрастом 10–60 млн. лет, которую обозначаем группа 2; в) старые звезды с возрастом 60–125 млн. лет, которую обозначаем группа 3.

2.2 Учет галактического вращения

1. Общее галактическое вращение учтено с использованием параметров, найденных в работе Бобылева (2004): $\omega_o = -28.0 \pm 0.6$ км/с/кпк, $\omega'_o = +4.17 \pm 0.14$ км/с/кпк² и $\omega''_o = -0.81 \pm 0.12$ км/с/кпк³. При этом расстояние от Солнца до центра Галактики принимается равным $R_o = 7.1$ кпк, что соответствует короткой шкале расстояний (Дамбис и др., 2001).

2. Лучевые скорости и собственные движения звезд исправлены за пекулярное движение Солнца относительно местного стандарта покоя с использованием величин, полученных в работе Денена, Бинни (1998): $(u_\odot, v_\odot, w_\odot) = (10.0, 5.3, 7.2)$ км/с.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ

Предварительный анализ пространственных скоростей звезд показал необходимость применения ограничения на общую остаточную скорость звезды $\sqrt{U^2 + V^2 + W^2} < 30$ км/с, которое и применяется нами в дальнейшем. Остаточные скорости U , V , W вычислены на основе известных формул (Куликовский, 1985). Мы использовали звезды с параллаксами $\pi > 1.5$ мсд ($r < 667$ пк). В последней колонке таблицы 1 указано количество использованных звезд. Таким образом в каждой группе 1, 2, 3 всегда имеется фиксированное количество звезд 114, 342 и 150 соответственно. Для данной выборки звезд средняя ошибка параллакса составляет $15 \div 17$ %. Величины средних ошибок компонентов собственных движений звезд $4.74r\mu_l \cos b$, $4.74r\mu_b$ с учетом ошибок параллаксов составляют ≈ 1 км/с. Для ≈ 40 % звезд данные об ошибках определения лучевых скоростей отсутствуют (Барбье-Бросса, Фигон, 2000), для звезд с имеющейся информацией об ошибках средняя величина составляет ≈ 3.5 км/с.

Звезды группы 1 распределены исключительно в III-ем галактическом квадранте. Звезды группы 2 наиболее равномерно заполняют околосолнечную окрестность радиусом $r \approx 650$ пк. Звезды группы 3 плотно заполняют компактную зону вблизи от Солнца радиусом $r \approx 50$ пк, во II-м квадранте. Мы также образовали объединенную группу молодых (< 60 млн. лет) звезд, состоящую из звезд групп 1 и 2. Для последней объединенной группы применение всех кинематических моделей оказалось возможным.

В качестве первого приближения для направления на кинематический центр мы принимаем значения $l_o = 160^\circ$, $R_o = 150$ пк (Бобылев, 2004). В результате решения системы уравнений (1)–(3) для объединенной группы молодых звезд (группа 1+ группа 2) получены следующие кинематические параметры линейного движения звезд $(u_G, v_G, w_G) = (0.0 \pm 0.7, -12.3 \pm 0.7, 1.3 \pm 0.3)$ км/с. Следовательно, рассматриваемые звезды движутся относительно местного стандарта покоя со скоростью

$V_G = 12.3 \pm 0.7$ км/с в направлении $L_G = 270 \pm 3^\circ$, $B_G = 6 \pm 1^\circ$. Далее

$$\begin{aligned}
\omega_o &= -32.4 \pm 3.8 \text{ км/с/кпк}, \\
\omega'_o &= +93.2 \pm 28.3 \text{ км/с/кпк}^2, \\
\omega''_o &= -170.5 \pm 107.8 \text{ км/с/кпк}^3, \\
k_o &= +27.9 \pm 3.8 \text{ км/с/кпк}, \\
k'_o &= -122.3 \pm 28.3 \text{ км/с/кпк}^2, \\
k''_o &= +233.7 \pm 107.8 \text{ км/с/кпк}^3, \\
l_o &= 128^\circ, \\
(l_\theta)_D &= 2^\circ, \\
(l_\theta)_F &= 181^\circ, \\
(R_o)_D &= 180 \text{ пк}, \\
(R_o)_F &= 410 \text{ пк}.
\end{aligned} \tag{18}$$

Результаты решения (18) отражены на рис. 1, где линия 1 показывает найденную кривую расширения с найденными параметрами k_o , k'_o , k''_o , линия 2 показывает кривую вращения с найденными параметрами ω_o , ω'_o , ω''_o . Как видно из решения (18) вычисленное значение $R_o = 180$ пк на основе первых производных достаточно хорошо согласуется с величиной $R_o = 150$ пк, найденной автором в работе Бобылев (2004). Кривая расширения, построенная на основе решения (18) имеет максимум скорости $V = 4.4$ км/с при $R = 200$ пк от центра. На основе этих данных мы определяем время, прошедшее с начала расширения, которое оказывается равным $\tau = 44$ млн. лет и оно находится в хорошем согласии с возрастом рассматриваемых звезд.

На основе применения модели Огородникова-Милна (уравнения (15)–(17)) для объединенной группы молодых звезд (группа 1+ группа 2) найдены следующие компоненты тензоров M , M^+ и M^- (км/с/кпк)

$$\begin{aligned}
M &= \begin{pmatrix} 13.0_{(3.3)} & 8.1_{(1.4)} & -4.4_{(8.6)} \\ -21.5_{(3.3)} & 2.9_{(1.4)} & -7.0_{(8.6)} \\ 4.6_{(3.3)} & 4.3_{(1.4)} & -18.8_{(8.6)} \end{pmatrix}, \\
M^+ &= \begin{pmatrix} 13.0_{(3.3)} & -6.7_{(1.8)} & 0.1_{(4.6)} \\ -6.7_{(1.8)} & 2.9_{(1.4)} & -1.4_{(4.3)} \\ 0.1_{(4.6)} & -1.4_{(4.3)} & -18.8_{(8.6)} \end{pmatrix}, \\
M^- &= \begin{pmatrix} 0 & 14.8_{(1.8)} & -7.1_{(5.0)} \\ -14.8_{(1.8)} & 0 & -4.5_{(4.6)} \\ 4.5_{(4.6)} & 5.7_{(4.3)} & 0 \end{pmatrix}.
\end{aligned} \tag{19}$$

Постоянные Оорта таковы: $A_G = M_{21}^+ = -6.7 \pm 1.8$ км/с/кпк, $B_G = M_{21}^- = -14.8 \pm 1.8$ км/с/кпк, $C_G = 0.5(M_{11}^+ - M_{22}^+) = 5.1 \pm 1.8$ км/с/кпк. $K_G = 0.5(M_{11}^+ + M_{22}^+) = 8.0 \pm 1.8$ км/с/кпк. В уравнениях (15)–(17) ось x направлена на галактический центр ($l_o = 0^\circ$). Тензор деформации в главных осях M_G^+ имеет следующий вид (км/с/кпк)

$$M_G^+ = \begin{pmatrix} 16.4 & 0 & 0 \\ 0 & -0.4 & 0 \\ 0 & 0 & -18.9 \end{pmatrix},$$

Таблица 2: Главные полуоси эллипсоида остаточных скоростей $\sigma_{1,2,3}$ в км/с и их направления $l_{1,2,3}$, $b_{1,2,3}$.

группа, возраст млн.лет	σ_1 σ_2 σ_3	l_1 l_2 l_3	b_1 b_2 b_3
1+2, < 60	9.1 ± 1.9 6.8 ± 1.9 2.8 ± 1.9	$132.7 \pm 0.4^\circ$ $225 \pm 27^\circ$ $206 \pm 27^\circ$	$-6.0 \pm 0.0^\circ$ $-19 \pm 4^\circ$ $70 \pm 3^\circ$
1, < 10	7.6 ± 2.3 7.2 ± 2.3 3.5 ± 2.2	$172 \pm 1^\circ$ $263 \pm 42^\circ$ $186 \pm 42^\circ$	$-10 \pm 2^\circ$ $-2 \pm 6^\circ$ $80 \pm 6^\circ$
2, 10–60	9.4 ± 2.0 5.5 ± 2.0 2.7 ± 1.9	$131 \pm 1^\circ$ $224 \pm 18^\circ$ $205 \pm 18^\circ$	$-7 \pm 1^\circ$ $-22 \pm 5^\circ$ $66 \pm 4^\circ$
3, 50–125	10.3 ± 2.3 6.1 ± 2.3 2.5 ± 2.3	$36 \pm 1^\circ$ $127 \pm 10^\circ$ $293 \pm 10^\circ$	$4 \pm 0^\circ$ $17 \pm 4^\circ$ $73 \pm 5^\circ$
β Pic+	5.6 ± 1.7	47°	34°
+Tuc+	3.5 ± 1.7	126°	-16°
+TWA	2.1 ± 1.6	194°	51°

направления главных осей таковы

$$\begin{aligned}
L_1 &= 153.5 \pm 0.2^\circ, & B_1 &= -1.1 \pm 0.0^\circ, \\
L_2 &= 243 \pm 10^\circ, & B_2 &= 4 \pm 8^\circ, \\
L_3 &= 81 \pm 10^\circ, & B_3 &= 86 \pm 11^\circ.
\end{aligned} \tag{20}$$

Отклонение вертекса в плоскости xy , которое определяем по формуле $\tan 2l_{xy} = -C/A$, составляет $l_{xy} = 19 \pm 6^\circ$ и указывает на одно из направлений на центр вращения, другое направление будет равным $l = 109^\circ$ и находится достаточно близко к направлению на кинематический центр $l_o = 128^\circ$, найденному нами на основе уравнений (1)–(3).

Анализ тензора деформации (19), (20) позволяет сделать важное заключение (которое мы не можем сделать на основе модели (1–3)) о том, что расширение происходит исключительно в галактической плоскости xy .

Результаты применения статистического метода даны в таблице 2. Как можно видеть из таблицы для объединенной группы звезд (группа 1+2) направление на центр вращения определяется достаточно точно и составляет $l_1 = 132.7 \pm 0.4^\circ$. Как можно видеть из таблицы 2, направление первой оси эллипсоида остаточных скоростей (отклонение вертекса) меняет свое положение в зависимости от возраста рассматриваемых звезд. Данный факт находится в согласии с динамической моделью Олано (2001). Как показано в работе Олано, направление вращения вертекса зависит от значения критической звездной плотности в околосолнечной окрестности ρ/ρ^* , где ρ выражается в $M_\odot/\text{пк}^3$. Следуя оценкам Олано ($\rho/\rho^* = 1.5$) мы считаем, что изменение происходит против часовой стрелки в рассматриваемой нами системе

Таблица 3: Кинематические параметры звезд пояса Гюльда, найденные на основе уравнений (9)–(11) с принятыми значениями $l_o = 128^\circ$, $R_o = 150$ пк для группы 1+2 и $l_o = 36^\circ$, $R_o = 150$ пк для группы 3.

группа, возраст млн.лет	u_G v_G w_G	V_G L_G B_G	ω_o ω'_o ω''_o	k_o k'_o k''_o
1+2, < 60	1.1 ± 0.4 -11.8 ± 0.4 1.3 ± 0.3	11.9 ± 0.4 $275 \pm 2^\circ$ $6 \pm 1^\circ$	-35.3 ± 3.6 132.6 ± 25.7 -292.5 ± 87.9	12.1 ± 2.7 -9.0 ± 13.2 -47.6 ± 29.9
1+2, < 60	2.3 ± 0.3 -11.1 ± 0.3 1.3 ± 0.3	12.0 ± 0.4 $285 \pm 2^\circ$ $6 \pm 2^\circ$	-23.1 ± 2.2 31.3 ± 6.5 —	14.0 ± 2.2 -27.3 ± 6.5 —
3, 50 – 125	0.7 ± 0.8 -11.2 ± 0.8 -0.1 ± 0.5	11.2 ± 0.8 $273 \pm 4^\circ$ $-1 \pm 2^\circ$	54.7 ± 9.2 -103.5 ± 42.6 —	-23.2 ± 9.2 123.4 ± 42.7 —

Примечание: скорости u_G , v_G , w_G и V_G даны в км/с, угловые скорости ω_o и k_o даны в км/с/кпк, производные ω'_o и k'_o даны в км/с/кпк², производные ω''_o и k''_o даны в км/с/кпк³.

координат. Таким образом, отклонение вертекса изменяется от $l_1 = 36^\circ$ для выборки старых звезд (группа 3) к $l_1 = 131^\circ$ для выборки звезд среднего возраста (группа 2) до $l_1 = 172^\circ$ для выборки самых молодых звезд (группа 1). Связывая данное направление с направлением на кинематический центр, можем видеть, что центр не остается постоянным. Поэтому требуется его независимое определение для каждой выборки звезд. Имеется хорошее согласие найденной нами (таблица 2) ориентации тензора остаточных скоростей для звезд группы 1 и группы 2 с геометрическими характеристиками пояса Гюльда (Торра и др., 2000). Например, для звезд группы 2 направления $l_2 = 224 \pm 18^\circ$ и $b_2 = -22 \pm 5^\circ$ практически совпадают с характеристиками пояса Гюльда $\Omega_G = 275 \div 295^\circ$ и $i_G = 16 \div 20^\circ$ (здесь Ω_G есть направление линии узлов диска пояса Гюльда и i_G наклон диска к галактической плоскости), найденными в работе Торры и др., (2000).

Для объединенной группы звезд (группа 1+2) были получены решения уравнений вида (9)–(11), в которых мы использовали величины $l_o = 128^\circ$ и $R_o = 150$ пк. Уравнения (9)–(11) были решены для двух случаев – в первом случае с девятью неизвестными, во втором случае с семью, в предположении равенства нулю вторых производных ω''_o и k''_o . Результаты даны в таблице 3 и отражены на рис. 2. На рис. 2 кривые 1 и 2 построены на основе результатов верхней части таблицы 3, кривые 5 и 6 построены на основе результатов нижней части таблицы 3 (семь неизвестных). Кривая 4 на рис. 2 отражает результаты применения модели Оорта-Линдблада, которые при $l_o = 128^\circ$ таковы $A_G = 6.5 \pm 1.8$ км/с/кпк и $B_G = -14.8 \pm 1.8$ км/с/кпк (найжены на основе уравнений модели Огородникова-Милна, но кривая по сути является приближением Оорта-Линдблада). Время, прошедшее с начала расширения, для кривых 2 и 6 рис. 2 составляет около $\tau = 120$ млн. лет и оно существенно превышает оценку, полученную на основе решения (18).

В нижней части таблицы 3 даны результаты решения уравнений вида (9)–(11)

для группы 3. Полученные для группы 3 параметры имеют существенные отличия от параметров молодых звезд: противоположные знаки вращения и расширения. С данными звездами мы связываем кинематические особенности местной системы звезд, которые были получены в работах Цветкова (1995a, 1995b, 1997) на основе изучения звезд спектральных классов А и F. Именно влияние звезд группы 3 привело к такому парадоксу, что более молодые ОВ-звезды показали более медленное вращение по сравнению с более старыми (Бобылев, 2004).

На рис. 3–4 даны остаточные скорости U , V , W звезд пояса Гюльда среднего возраста в проекции на галактические плоскости xu и xz . Остаточными они являются в полном смысле, так как освобождены и от пекулярного движения Солнца, и от найденной нами общей скорости V_G . Таким образом, мы относим скорости к системе координат, центром которой является центр масс пояса Гюльда, движущийся относительно местного стандарта покоя.

На рис. 5 даны остаточные скорости звезд молодых скоплений β Pic, Tuc/HorA совместно со звездами скопления TWA.

4 ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами на основе линейной модели Огородникова-Милна кинематические параметры прекрасно согласуются с кинематической моделью пояса Гюльда, предложенной Линдбладом (2000), которая основана на анализе результатов работ Коме-рона (1999), Торры и др. (1997) для интервала возрастов звезд пояса Гюльда 20–40 млн. лет. Модель Линдблада предполагает наличие собственного вращения звезд пояса Гюльда с угловой скоростью $\omega_G = B - A_\omega = -24$ км/с/кпк, ($A_\omega = 6.4$ км/с/кпк и $B = -17.4$ км/с/кпк), а также наличие расширения с величиной $K = 11.3$ км/с/кпк при направлении на центр $l_0 = 127^\circ$. Как показывает анализ кривых на рис. 2, применение линейной модели адекватно описывает наблюдаемое поле скоростей рассматриваемых звезд на расстояниях от кинематического центра не далее $200 \div 300$ пк.

Найденные нами параметры вращения пояса Гюльда находятся в согласии с моделью Олано (2001), в согласии с моделью эволюции движущихся наиболее молодых скоплений работы Асиэйна и др., (1999).

В настоящее время дискутируется вопрос о принадлежности скоплений β Pic, Tuc/HorA и TWA к структуре пояса Гюльда. Макаров и Фабрициус (2001) прямо связывают данные скопления с поясом Гюльда, в работе Сонга и др. (2003) высказано сомнение относительно этого факта. По нашему мнению, сопоставление остаточных скоростей звезд всех скоплений β Pic, Tuc/HorA и TWA на рис. 5 с найденными нами кривыми вращения и расширения говорит в пользу принадлежности данных звезд к структуре пояса Гюльда. В последней строке таблицы 2 для всех 33 звезд скоплений β Pic, Tuc/HorA и TWA нами вычислены параметры эллипсоида остаточных скоростей. Анализ величин $l_1, b_1, l_2, b_2, l_3, b_3$, а также сравнение рисунков 4 и 5 указывает на принадлежность данных звезд к диску пояса Гюльда. В работе Ортеги и др. (2002) выполнены модельные расчеты траектории движения в галактическом поле притяжения членов скопления β Pic для интервала 11.5 млн. лет, на основе которых определяется место рождения скопления. Как следует из анализа найденной нами кривой вращения пояса Гюльда (линия 1 на рис. 2) структура пояса Гюльда имеет значительную массу, поэтому, на наш взгляд, в задаче определения места рожде-

ния скоплений β Pic, Tuc/HorA и TWA необходим учет гравитационного потенциала пояса Гульда ($\approx 2 \times 10^6 M_\odot$) либо всей местной системы звезд ($\approx 2 \times 10^7 M_\odot$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнен анализ поля остаточных скоростей близких и молодых звезд, входящих в структуру пояса Гульда на основе предположения о наличии единого кинематического центра (центра собственного вращения и расширения). Направление на кинематический центр пояса Гульда найдено следующим $l_o = 128^\circ$, $R_o = 150$ пк.

Применение модели Огородникова-Милна показало, что векторы радиальной составляющей поля остаточных скоростей (положительный К-эффект) лежат в галактической плоскости xy , не связанной с плоскостью симметрии диска пояса Гульда. На основе этого мы заключаем, что данный эффект является следствием воздействия волны плотности, распространяющейся именно по галактическому диску, на облако газа, из которого впоследствии образовались рассматриваемые звезды. Эффект собственного вращения, напротив, тесно связан с плоскостью симметрии диска пояса Гульда.

Рассмотрен подход, позволяющий получить, на наш взгляд, более адекватное описание наблюдаемого поля остаточных скоростей звезд пояса Гульда по сравнению с линейной моделью (модель Оорта-Линдблада). Найденные нами для выборки звезд моложе 60 млн. лет линейные скорости достигают максимального значения на расстоянии от кинематического центра ≈ 300 пк и составляют -6 км/с для вращения и $+4$ км/с для расширения. Построенная нами кривая собственного вращения выборки молодых звезд свидетельствует о наличии значительной массы, входящих в структуру пояса Гульда. Такой вывод находится в согласии с пространственным распределением слабых звезд с рентгеновским излучением (Гвилло и др., 2001).

Приведены аргументы в пользу того, что молодые скопления β Pic, Tuc/HorA и TWA принадлежат к структуре пояса Гульда.

Автор выражает признательность рецензенту за полезные замечания. Автор благодарен А. Т. Байковой за помощь и полезные обсуждения результатов работы. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант No 02-02-16570).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асиэйн и др. (R. Asiain, F. Figueras and J. Torra), *Astron. Astrophys.* **350**, 434 (1999).
2. Барбье-Бросса, Фигон (M. Barbier-Brossat and P. Figon), *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **142**, 217 (2000).
3. Бобылев В. В., Письма в Астрон. журн. **30**, 185 (2004).
4. Браун и др. (A. G. A. Brown, E. J. de Geus, P. T. de Zeeuw), *Astron. Astrophys.* **289**, 101 (1994).
5. Вихман и др. (R. Wichmann, G. Torres, C. H. F. Melo *et al.*), *Astron. Astrophys.* **359**, 181 (2000).
6. Вихман и др. (R. Wichmann, J. H. M. M. Schmirr and S. Hubrig), *Astron. Astrophys.* **399**, 983 (2003).
7. Гвилло и др. (P. Guillout, M. F. Sterzik, J. H. M. M. Schmitt *et al.*), *Astron. Astrophys.* **337**, 113 (1998).
8. Гименез, Клаузен (A. Giménez and J. V. Clauzen), *Astron. Astrophys.* **291**, 795 (1994).
9. Дамбис А. К., Мельник А. М., Расторгуев А. С., Письма в Астрон. журн. **27**, 68 (2001).
10. Денен, Бинни (W. Dehnen and J. J. Binney), *MNRAS* **298**, 387 (1998).
11. Джефрис, Толи (R. D. Jeffries and A. J. Tolley), *MNRAS* **300**, 331 (1998).
12. Ефремов (Y. N. Efremov), *Astron. Astrophys. Trans.* **15**, 3 (1998).
13. Ефремов, Ельмегрин (Y. N. Efremov and B. G. Elmegreen), *MNRAS* **299**, 588 (1998).
14. ESA SP-1200, The Hipparcos and Tycho Catalogues, (1997).
15. Заболотских М. В., Расторгуев А. С., Дамбис А. К., Письма в Астрон. журн. **28**, 516 (2002).
16. Зев и др. (P. T. de Zeeuw, R. Hoogerwerf, J. H. J. de Bruijne *et al.*), *Astron. J.* **117**, 354 (1999).
17. Клюб (S. V. M. Clube), *MNRAS* **159**, 289 (1972).
18. Клюб (S. V. M. Clube), *MNRAS* **161**, 445 (1973).
19. Комерон (F. Comerón), *Astron. Astrophys.* **351**, 506 (1999).
20. Куликовский П. Г., *Звездная астрономия* (М.: Наука, 1985).
21. Кэри и др. (F. Carrier, G. Burki and C. Richard), *Astron. Astrophys.* **341**, 469 (1999).
22. Лахман (K. L. Luhman), *Astrophys. J.* **560**, 287 (2001).
23. Линдблад (P. O. Lindblad), *Astron. Astrophys.* **363**, 154 (2000).
24. Маррей С. А., *Векторная астрометрия* (Киев: Наукова Думка, 1986).
25. Мамаек и др. (E. E. Mamajek, M. Meyer and J. Liebert), *Astron. J.* **124**, 1670 (2002).
26. Макаров, Фабрициус (V. V. Makarov and C. Fabricius), *Astron. Astrophys.* **368**, 866 (2001).
27. Макаров (V. V. Makarov), *Astron. J.* **126**, 1996 (2003).
28. Миямото, Жу (M. Miyamoto and Z. Zhu), *Astrophys. J.* **115**, 1483 (1998).
29. Монт (B. du Mont), *Astron. Astrophys.* **61**, 127 (1977).
30. Монт (B. du Mont), *Astron. Astrophys.* **66**, 441 (1978).

31. Монтес и др. (D. Montes, J. López-Santiago, M. C. Gálvez *et al.*), MNRAS **328**, 45 (2001).
32. Мельник А. М., Дамбис А. К., Расторгуев А. С., Письма в Астрон. журн. **27**, 611 (2001).
33. Мельник А. М., Письма в Астрон. журн. **29**, 349 (2003).
34. Огородников К. Ф., *Динамика звездных систем* (М.: Физматгиз, 1965).
35. Олано (С. А. Olano), Astron. Astrophys. **112**, 195 (1982).
36. Олано (С. А. Olano), Astron. Astrophys. **121**, 295 (2001).
37. Ортега и др. (V. G. Ortega, de la Reza, E. Jilinski *et al.*), Astrophys. J. **575**, L75 (2002).
38. Паренаго П. П., *Курс звездной астрономии* (М.: Госиздат, 1954).
39. Платайс и др. (I. Platais, V. Kozhurina-Platais and F. van Leeuwen), Astron. J. **116**, 2423 (1998).
40. Рандих и др. (S. Randich, N. Aharpour, R. Pallavicini *et al.*), Astron. Astrophys. **323**, 86 (1997).
41. Робикон и др. (N. Robichon, F. A. Arenou, J.-C. Mermilliod *et al.*), Astron. Astrophys. **345**, 471 (1999).
42. Сартори и др. (M. J. Sartori, J. R. D. Lépine and W. S. Dias), Astron. Astrophys. **404**, 913 (2003).
43. Стауфер и др. (J. R. Stauffer, L. W. Hartmann, C. F. Prosser *et al.*), Astrophys. J. **479**, 776 (1997).
44. Сонг и др. (I. Song, B. Zuckermann and M. S. Bessel), Astrophys. J. **599**, 342 (2003).
45. Содерблом и др. (D. R. Soderblom, B. F. Jones, S. Balachandran *et al.*), Astron. J. **106**, 1059 (1993).
46. Торра и др. (J. Torra, A. E. Gómez, F. Figueras, *et al.*), *HIPPARCOS Venice'97* Ed. B. Battick (ESA Publ. Div., Noordwijk, 1997), p. 513.
47. Торра и др. (J. Torra, D. Fernández and F. Figueras), Astron. Astrophys. **359**, 82 (2000).
48. Трамплер, Уивер (R. J. Trumpler and H. F. Weaver), *Statistical Astronomy* (Univ. of Calif. Press, Berkely, 1953).
49. Цветков (А. S. Tsvetkov), Astron. Astroph. Transactions, **8**, 145, (1995a).
50. Цветков (А. S. Tsvetkov), Astron. Astroph. Transactions, **9**, 1, (1995b).
51. Цветков (А. Tsvetkov), *JOURNEES-97* Ed. J. Vondrák and N. Capitaine (Paris, Observatorio de Paris, 1997) 171.
52. Эгген (O. J. Eggen), Astron. J. **89**, 1350 (1984).
53. Эгген (O. J. Eggen), Astron. J. **104**, 1493 (1992).

KINEMATIC PECULIARITIES OF THE GOULD'S BELT STARS

V. V. Bobylev

Spatial velocities of the Gould's Belt stars near 650 pc from the Sun with ages ≈ 125 Myr were analysed. The parameters of the self-rotation and expansion of the stars of the Gould's Belt on the assumption that common kinematical center exist for rotation and for expansion were derived and are follows $l_o = 128^\circ$ and $R_o = 150$ pc. The linear velocities achieved maximum on the distance from the center ≈ 300 pc and are -6 km/sec for rotation (with same directiones as galactic rotation) and 4 km/sec for expansion. It was shown that the model of the stars rotation used in this paper gives more adequate description of the observed stars velocities as compared to the linear model based on Oort constants A_G and B_G . The arguments that associations β Pic, Tuc/HorA and TWA belong to the Gould's Belt are given.

Key words: Gould's Belt; Milky Way Galaxy; OB associations; TW Hydrae, β Pictoris, Tucana.

ПОДРИСУНОЧНЫЕ ПОДПИСИ

Рис. 1. Кривая расширения (линия 1) и кривая вращения (жирная линия 2) звезд пояса Гульда с возрастом < 60 млн. лет (группа 1+2), отмечено положение Солнца (пунктирная линия 3). Параметры кривых получены для центра $l_{\odot} = 128^{\circ}$ и $R_{\odot} = 150$ пк.

Рис. 2. Кривые расширения (линии 2, 6) и кривые вращения (линии 1, 4, 5) звезд пояса Гульда с возрастом < 60 млн. лет (группа 1+2), отмечено положение Солнца (пунктирная линия 3). Параметры кривых получены для центра $l_{\odot} = 128^{\circ}$ и $R_{\odot} = 150$ пк.

Рис. 3. Остаточные скорости U , V звезд пояса Гульда с возрастом < 60 млн. лет (группы 1 и 2) в проекции на галактическую плоскость xy . Солнце находится в начале системы координат. Кружком отмечен кинематический центр $l_{\odot} = 128^{\circ}$, $R_{\odot} = 150$ пк.

Рис. 4. Остаточные скорости U , W звезд пояса Гульда с возрастом < 60 млн. лет (группы 1 и 2) в проекции на галактическую плоскость xz . Солнце находится в начале системы координат.

Рис. 5. Остаточные скорости звезд скоплений β Pic и Tuc/HorA (положения звезд обеих групп обозначены кружками) совместно со звездами скопления TWA: UV в проекции на галактическую плоскость xy (верхний график), UW в проекции на галактическую плоскость xz (средний график), VW в проекции на галактическую плоскость yz (нижний график).

