

Собственные движения ярких красных гигантов в шаровых скоплениях

I. Шаровые скопление М 13

Недка Спасова

Богатство шаровых скоплений звезд предоставляет возможность изучать одновременно физические, кинематические и морфологические характеристики как отдельных звезд, так и самого скопления в целом. В то же время изучение звезд в шаровых скоплениях довольно специфично с точки зрения как теоретической, так и наблюдательной. Тем более это относится к исследованию центральных частей скоплений.

В настоящее время имеется значительный материал, относящийся, в основном, к фотометрии ярких звезд и к собственным движениям самих скоплений. Как правило, все авторы проводят свои исследования, начиная с какого-то расстояния от центра скопления. При этом большая часть красных гигантов, концентрирующихся к центру скопления [1] остаются вне поля исследования. Несомненно, более полное наблюдательное и статистическое изучение этих звезд приведет к более ясному пониманию эволюции звезд в шаровых скоплениях на поздних стадиях.

Для теории звездной эволюции необходимо иметь не только данные о скоплениях в целом, но и об отдельных звездах, входящих в состав скопления. В связи с этим остро стоит вопрос об отборе членов скоплений от звезд фона. Применяемые критерии отбора звезд (фотометрический и критерий собственных движений) требуют знания индивидуальных фотометрических и астрометрических характеристик звезд как в довольно широких окрестностях скоплений, так и в их центральных частях.

Имея в виду все это, было решено начать исследование ярких красных гигантов в центральных частях нескольких шаровых скоплений. Настоящая работа является первой из серии статей и посвящена шаровому скоплению М 13. Цель настоящего исследования — получить относительные собственные движения ярких красных гигантов, доходя до самого центра скопления, и установить принадлежность этих звезд к скоплению на основе критерия собственного движения.

Наблюдательный материал

Большая концентрация звезд к центру скопления накладывает известные условия на их наблюдения, и исследование собственных движений звезд, находящихся в центре скопления, сопровождается большими трудностями в получении наблюдательного материала.

В 1970 г. З. И. Кадла начала работу по более детальному изучению различия в распределении красных гигантов в отдельных шаровых скоплениях. Для этой цели в Пулковской обсерватории были сняты фотографии центральных частей ряда скоплений в V величинах при помощи 65-сантиметрового рефрактора. В 1971 г. были опубликованы результаты исследования скопления М 92. Для более точного суждения о принадлежности звезд (особенно тех, которые находятся на расстояниях от центра $R < 38'',5$) к скоплению помимо фотометрических характеристик ею были определены и их собственные движения. Не имея снимков с разрешенной центральной частью, которые могли бы служить в качестве первой эпохи, она использовала положения, полученные *Vagnard* [2] при помощи визуальных микрометрических измерений с $40''$ рефрактором Йеркской обсерватории в начале нашего века. Продолжением этой работы явились работы [1, 3] по исследованию ярких звезд в шаровых скоплениях М 3, М 5, М 13 и М 15. Сравнение значений средних ошибок собственных движений μ_x и μ_y , полученных в этих работах, и собственных движений, полученных другими авторами, показало, что собственные движения, вычисленные комбинацией „микрометрических измерений Барнарда + две пластинки 65-сантиметрового Пулковского рефрактора“ оказались достаточно точными для рассматриваемой задачи, имея в среднем среднюю ошибку $\sigma = \pm 0'',0021$, т. е. не хуже, чем определения с 4 парами пластинок нормального астрографа с разностью эпох ~ 65 лет (табл. 1)

Таблица 1

М	n	σ_μ		Автор	Число пар пластинок	Инструмент	Лет, ΔT
		0'',0001					
3	36	20	26	Жуков, 1971	4	Н. А.	67,5
5	45	20	32	Жуков, 1971	2	Н. А.	70,5
13	31	19	19	Кадла, 1966, 1971	4	Н. А.	61,4
15	66	24	12	Браун, 1955	4	40''	43,0
92	33	24	18	Кадла, 1966, 1971	4	Н. А.	71,0

В первом столбце таблицы указан номер скопления, во втором — число звезд, по которым вычислялись средние ошибки, в третьем — ошибка σ , полученная при использовании комбинации „каталог Барнарда + две пластинки 65 см рефрактора“, в четвертом — ошибка, полученная другими авторами [4, 5, 6, 7], в шестом — число используемых пар пластинок, в седьмом столбце „Н. А.“ означает — нормальный астрограф, а $40''$ — $40''$ рефрактор Йеркской обсерватории, в восьмом — разности эпох используемых пластинок.

Сравнительно небольшая ошибка собственных движений звезд скопления М 15 Брауном объясняется тем, что для определения собственных движений он использовал пластинки, снятые 40''-рефрактором Йеркской обсерватории с масштабом $\sim 10''$ на 1 mm.

Имея в виду результаты этой таблицы, мы решили получить собственные движения и более слабых звезд, для которых имеются опубликованные точные положения, которые можно было использовать в качестве первых эпох, и выяснить принадлежность этих звезд к скоплениям. Это необходимо в связи с тем, что иногда на основе только фотометрических характеристиках отбираются звезды, которые исследуются спектрально, и по полученным результатам делаются выводы о физических характеристиках в целом для данного скопления. Примером в этом отношении может служить исследование Strom, Strom [8] нескольких ярких звезд скопления М 92, которые не удовлетворяют критерию собственного движения и являются звездами фона, как показано в работе [9]. Кроме того, выяснение принадлежности ярких звезд центральных частей к скоплениям послужит для целей дальнейших исследований шаровых скоплений, начатых уже в Пулковской обсерватории совместно с сотрудниками Чехословацкой и Болгарской академии наук.

Для центральной части скопления М 13 ($7' \times 7'$) в качестве первых эпох были использованы микрометрические измерения положений 247 самых ярких звезд, полученных Вагнард [2] в периоде 1898,6—1911,5 при помощи 40'' рефрактора Йеркской обсерватории.

Для более слабых звезд в области $16' \times 16'$ вокруг скопления в качестве первой эпохи был использован каталог точных положений 1118 звезд [10], полученных при помощи двух пластинок Потсдамского нормального астрографа в начале 20-го века. В своей работе Лудендорф не приводит координат звезд на отдельных пластинках, а только средние координаты и среднюю эпоху наблюдений. В качестве второй эпохи служили 4 пластинки, снятые 65-сантиметровым пулковским рефрактором (масштаб $19'',81$ на 1 mm) в 1969 году.

Каждый каталог сопоставлялся с двумя пластинками второй эпохи (табл. 2). В дальнейшем комбинацию „каталог 1-й эпохи + пластинка 2-й эпохи“ будем называть условно „пара пластинок“.

Таблица 2

Пара, №	Пластика, №	Дата	ΔT	Экспозиция
I	Барнард	1907.90	61,40	3
	3403	1969.30		
II	Барнард	1907.90	61,37	4
	3316	1969.27		
III	Лудендорф	1901.52	67,72	5
	3264	1969.24		
IV	Лудендорф	1901.52	67,75	3
	3317	1969.27		

Качество отдельных пластинок второй эпохи существенно не различается, но из-за неодинаковой экспозиции предельная звездная величина разная на разных пластинках. Это одна из причин, что собствен-

ные движения некоторых звезд вычислены по 3, 2 или одной паре пластинок. Предельная величина звезд, для которых мы смогли получить собственные движения $V=14^m,50$ (пл. 3264). Другой причиной различного числа измерений отдельных звезд является различие в площади скопления, покрываемой обоими каталогами.

За центр скопления в каталоге Barnard [2] принимается звезда № 115 (№ 509 по Лундендорфу) с координатами: $\alpha_{1900}=16^h38^m05^s,94$ и $\delta_{1900}=36^\circ38'58'',4$. В настоящей работе мы тоже используем центр, принятый Barnard [2]. С другой стороны, этот центр совпадает с центром, полученным Холоповым [11] при исследовании видимого распределения ярких красных гигантов с $V<14^m,00$ и $2'<R<4',5$ от центра скопления

Измерения пластинок

Измерения пластинок второй эпохи проводились на координатном измерительном приборе „Аскорекорд“ в обсерватории Ондржейов — ЧССР.

Чтобы контролировать стабильность положения пластинки в приборе (нуль-пункт и поворот), на каждой из пластинок выбирались по углам четыре контрольные метки, связанные с эмульсионным слоем и имеющие форму, пригодную для точных наведений. Метки измерялись четыре раза примерно через два часа, притом каждый раз каждая метка измерялась в четырех положениях реверсионной призмы. Отчет координат звезд производился в двух положениях призмы.

Поправки нуль-пункта были незначительными и находились в пределах от $-0,0006$ до $+0,0010$ мм. Точность наведения на метку характеризовалась средней ошибкой $\pm 0,0008$ мм, а средняя ошибка наведения на звезду менялась в зависимости от качества изображения и в среднем была равна $\pm 0,0015$ мм.

Во время измерений мы старались поддерживать температуру прибора постоянной ($18-20^\circ\text{C}$), так как в принципе возможны смещения нуль-пункта в зависимости от температуры [12].

На каждой пластинке измерялись координаты звезд x_2, y_2 и в результате были измерены координаты 334 ярких звезд в площадке $16' \times 16'$.

Обработка измерений

Для редукции измерений к собственным движениям было отобрано 40 опорных звезд — членов скопления. Принадлежность этих звезд к скоплению оценивалась по разностям $\Delta x = x_2 - x_1$ и $\Delta y = y_2 - y_1$. Интервал звездных величин опорных звезд $\Delta V = 2^m,0$ ($12^m,12 - 14^m,11$), а их средняя звездная величина $\bar{V} = 13^m,33$.

Разности координат звезд $\Delta x = x_2 - x_1$ и $\Delta y = y_2 - y_1$ зависят от нескольких факторов: разности ориентировок, масштабов, начал координат, от разностей дифференциальных рефракций и абберации и т. д. Учитывая ошибки, которые вносят в положение звезд на пластинках все эти фак-

торы, показано [13, 14], что разность координат звезд Δx и Δy можно разложить по степеням координат звезд на пластинках, т. е.

$$(1) \quad \begin{aligned} \Delta x &= a_1 x_1 + b_1 y_1 + c_1 x_1 y_1 + d_1 x_1^2 + \dots + f_1 + \Delta T \mu_x = F_x(x, y), \\ \Delta y &= a_2 x_1 + b_2 y_1 + c_2 x_1 y_1 + d_2 x_1^2 + \dots + f_2 + \Delta T \mu_y = F_y(x, y), \end{aligned}$$

где коэффициенты $a_i, b_i, c_i \dots$ учитывают различие в ориентировке осей координат пластинок, разность масштабов и несовпадение начал измеренных координат на пластинках пары. Члены второго порядка обуславливаются, главным образом, влиянием дифференциальной рефракции.

В формулах (1) ΔT — разность эпохи между первой и второй пластинкой пары, а μ_x и μ_y — собственные движения по оси x и y за год.

Так как в нашем случае не соблюдались одинаковости условий получения сравниваемых фотографий, нам пришлось учитывать члены второго порядка.

„Постоянные пластинки“, т. е. коэффициенты степенного ряда, получались методом наименьших квадратов из уравнений для опорных звезд, систему которых мы принимаем за неподвижную, или $\sum \mu_x = 0$ и $\sum \mu_y = 0$. Таким образом, собственные движения всех исследуемых звезд определяются относительно системы опорных звезд. Найденные постоянные подставлялись в уравнения

$$(2) \quad \begin{aligned} \mu_{x_i} &= \frac{1}{\Delta T} [\Delta x - (a_1 x_1 + b_1 y_1 + c_1 x_1 y_1 + d_1 x_1^2 + e_1 y_1^2 + f_1)], \\ \mu_{y_i} &= \frac{1}{\Delta T} [\Delta y - (a_2 x_1 + b_2 y_1 + c_2 x_1 y_1 + d_2 x_1^2 + e_2 y_1^2 + f_2)], \end{aligned}$$

которые решались для каждой измеренной звезды. Обработка материала велась на ЭВМ „FACOM 230“.

Уравнение блеска

Для вычисления уравнения блеска — основная систематическая ошибка собственных движений звезд, полученных фотографическим способом, — применялась методика, описанная подробно в [15]. Для исследования этой систематической ошибки использовались только звезды, члены скопления. В каждой паре пластинок звезды группировались по звездным величинам (I и II пара — 2 группы, III и IV — 4 группы). Для каждой группы определялись среднее собственное движение и звездная величина. Величины ярких звезд (ярче $V=13^m,40$) получены нами, а для слабых звезд использовались данные [5, 7]. Результаты вычисления уравнения блеска приводятся на рис. 1.

Уравнение блеска первой пары выявлялось по 168 звездам, второй — по 156, третьей — по 212 и четвертой — по 193 звездам. При отсутствии уравнения блеска кривые (рис. 1) должны идти приблизительно параллельно оси звездных величин. За исключением III пары по оси μ_x и четвертой — по оси μ_y во всех остальных случаях присутствует небольшой ход μ_x и μ_y в зависимости от величин. Поправки, хотя и маленькие, вводились в полученные собственные движения отдельных звезд.

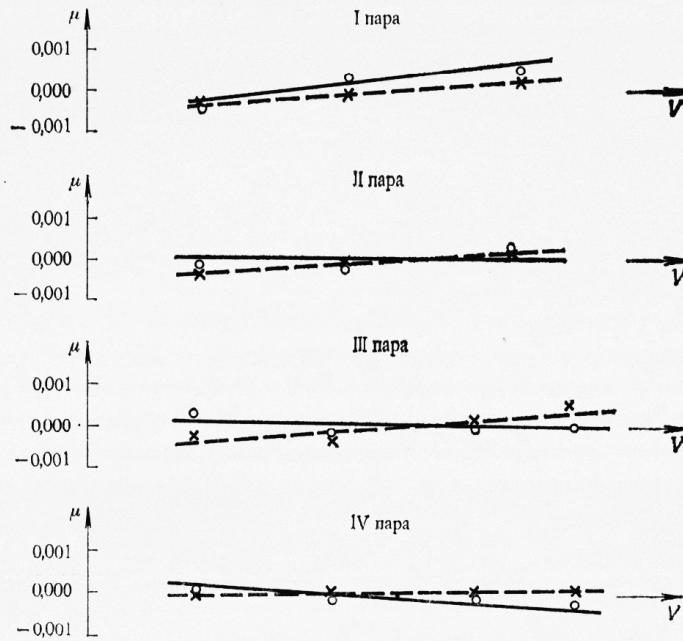


Рис. 1

Ошибки и веса

При определении средней ошибки полученных собственных движений, мы использовали способ, предложенный в [14]. Применяя этот способ для случая, когда число пар пластинок равняется „ k “, где $k > 2$, Ка дла [5] получила следующее выражение для средней ошибки j -пары пластинок:

$$\sigma_j^2 = \frac{k}{k-2} \left[\Delta_j^2 - \frac{1}{k(k-1)} \sum_1^k \Delta_j^2 \right], \quad j = \overline{1, k}.$$

Здесь $\Delta_j^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_{ji}^2$, $i = \overline{1, n}$, а $\Delta_{ji}^2 = \sum_{j=1}^k (\mu_i - \mu_{ji})^2$,

где μ_{ji} — измеренное собственное движение одной звезды на одной паре пластинок:

$$\mu_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \mu_{ji}.$$

В качестве предварительной была вычислена средняя ошибка 173 звезд, собственные движения которых измерялись на всех четырех парах. Полученные значения σ_x и σ_y для отдельных пар приведены в табл. 3. Там приведены еще средние ошибки, полученные по опорным звездам. Лучше определялись собственные движения третьей пары. В соответствии

с результатами, приведенными в табл.3, всем парам были вычислены веса по формуле

$$\frac{p_i}{p_j} = \frac{\Delta_j^2 - a \sum_1^k \Delta_j^2}{\Delta_i^2 - a \sum_1^a \Delta_j^2},$$

где $a = \frac{1}{k(k-1)}$.

Веса I, II, III и IV пары соответственно 0,79, 0,77, 1,00 и 0,83.

Полученные средние значения μ_x и μ_y с учетом веса пар пластинок послужили для вычисления средней ошибки одного определения μ . Средняя ошибка σ вычислена по 177 звездам, измеренным на всех парах пластинок. Значения σ для отдельных пластинок содержатся в табл. 4. При

Таблица 3

Пара	Скопление		Опорные звезды	
	σ_x	σ_y	σ_x	σ_y
	0'',0001			
I	17	19	12	14
II	17	19	15	21
III	16	16	17	14
IV	16	19	16	20
	173	173	40	40

Таблица 4

Пара	σ_x	σ_y
	0'',0001	
I	15	15
II	17	17
III	16	17
IV	16	14
Среднее	16	16

определении собственных движений звезд средняя ошибка μ_x (σ_x) обычно примерно равна соответствующей ошибке μ_y (σ_y) и средняя ошибка σ определения как μ_x , так и μ_y звезды, оценивается как средняя между σ_x и σ_y . В нашем случае $\sigma_x = \sigma_y = \pm 0'',0016$.

Случайная ошибка измерений собственных движений может быть больше для звезд предельной звездной величиной и для звезд в центре и близких окрестностях скопления. Эти соображения проверялись вычислением ошибок звезд разных групп в зависимости от их величин и расстояний от центра скопления. Полученные средние ошибки по R и V

Таблица 5

Интервал R	\bar{R}	n	σ_x	σ_y
			0'',0001	
0,0—1,0	0,49	53	16	16
1,0—2,0	1,41	66	15	16
>2,0	2,88	58	16	17

приведены соответственно в табл. 5 и 6. В третьем столбце табл. 5 указано число звезд, по которым вычислялись ошибки. Видно, что собственные движения звезд в центральной части скопления определяются с той

Таблица 6

Интервал V	\bar{V}	n	σ_x	σ_y
			0,0001	
12,00—13,00	12,57	61	16	15
13,01—14,00	13,44	69	16	16
>14,01	—	44	16	16

же точностью, что и движения более далеких звезд. Данные табл. 6 показывают, что яркие и слабые звезды измеряются с одинаковой точностью. В результате этого исследования получены относительные собственные движения 334 звезд скопления как среднее взвешенное из 4, 3, 2 или одной пластинки. Распределение числа звезд по числу пластинок следующее: 180—4; 20—3; 85—2 и 49 звезд на 1 пластинку.

Отбор членов скопления

Достаточно точный отбор членов скоплений от звезд фона является главной целью нашей работы. Имеющиеся в нашем распоряжении точные собственные движения ярких звезд позволяют подробнее рассмотреть вопрос о принадлежности этих звезд к скоплению на основе критерия собственного движения.

Так как по существу все звезды скопления имеют одинаковые собственные движения, то дисперсия в полученных собственных движениях звезд, принадлежащих к скоплению, вызвана только ошибками измерений, и эти ошибки подчинены закону двумерного нормального распределения.

В общем случае геометрическое место точек, имеющих равную плотность вероятности, есть эллипс, называемый эллипсом равных вероятностей или доверительным эллипсом. Нормальное распределение позволяет определить вероятность того, что точка (x, y) лежит внутри данного эллипса, а также того, что доля звезд (Δn) рассматриваемой совокупности попадает внутри этого эллипса. В случае, когда коэффициент корреляции величин x, y равен нулю ($\rho=0$, т. е. ошибки в определении μ_x не зависят от ошибок в определении μ_y и $\sigma_x = \sigma_y = \sigma$, мы имеем дело с круговым нормальным распределением с заданным центром и дисперсией σ^2 . Тогда доверительные эллипсы превращаются в концентрические окружности равной вероятности и их радиусы зависят от среднеквадратических ошибок.

Для отбора членов скопления использовалась векторная диаграмма. Члены скопления в этом случае образуют компактную группу вокруг точки, соответствующей собственному движению скопления. Их рассеяние вызывается случайными ошибками измерений и характеризуется средней ошибкой определения μ_x и μ_y одной звезды. При распределении ошибок наблюдений по нормальному закону к скоплению мы будем относить те звезды, векторы собственных движений которых попадают в круг с радиусом $r_1 = 2\sqrt{2}\sigma$. Теоретические расчеты вероятностей попадания какой-либо точки на векторной диаграмме в кругах с радиусами

Таблица 7

r	P
1,0	0,394
$\sqrt{2}$	0,632
2,0	0,865
$2\sqrt{2}$	0,982
3,0	0,989
$3\sqrt{2}$	0,999

$r_i = \sigma, \sqrt{2}\sigma, 2\sigma, 2\sqrt{2}\sigma, 3\sigma, 3\sqrt{2}\sigma$ приводятся в табл. 7, где σ — среднеквадратическая ошибка относительного собственного движения одной звезды. Из таблицы видно, что, ограничиваясь выбранным нами граничным радиусом круга, мы теряем около 2 % членов скоплений и только взяв добавочную зону с радиусом $3\sqrt{2}\sigma$, мы находим практически все члены скопления по критерию собственного движения.

На основе принятого нами критерия самыми вероятными членами скопления считаются звезды, концы вектора собственного движения которых попадают внутрь круга радиуса $\sqrt{2}\sigma$. Их будем относить к первому классу. Звезды, лежащие в кольце, ограниченном окружностями радиусов $\sqrt{2}\sigma$ и 2σ , относятся ко второму классу, а звезды, расположенные между окружностями с радиусами 2σ и $2\sqrt{2}\sigma$, относятся к третьему классу. Все звезды, лежащие за пределами круга с радиусом $2\sqrt{2}\sigma$ (или $P=98,2\%$), будем считать звездами, не удовлетворяющими критерию собственного движения принадлежности к скоплению.

Векторная диаграмма звезд, собственные движения которых измерялись на четырех парах пластинок, показана на рис. 2. Собственные движения 20 звезд получены по трем парам пластинок со средней

327

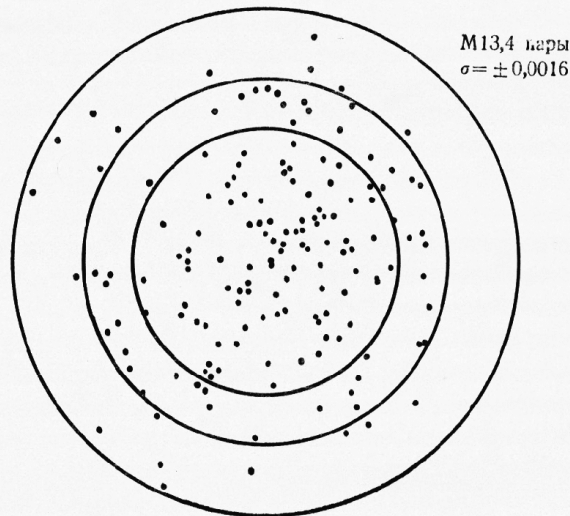


Рис. 2

ошибкой $\pm 0'',0019$. Средняя ошибка определения μ одной звезды, собственное движение которой получено по двум парам пластинок, составляла $\pm 0'',0022$, а для звезд, измеренных только на одной паре пластинок, $\pm 0'',0032$.

Анализ векторных диаграмм показывает, что 27 из 334 звезд не удовлетворяют критерию собственного движения. Данные об этих звез-

Таблица 8

№ по [10]	μ_x	μ_y	n	$r_{1',0}^<$
	0''0001			
304*	85	18	2	0,90
327	— 35	— 48	4	0,75
329*	—108	— 63	1	0,93
349*	—171	—230	2	0,86
422	28	78	2	0,56
475	— 11	119	1	0,49
501*	0	75	2	0,55
513	— 78	— 22	2	0,83
515*	—128	74	2	0,64
540	—115	— 54	1	0,66
551	—129	— 22	2	0,67
564	—115	— 40	2	0,80
593*	439	46	1	0,53
607*	— 62	—123	2	0,50
624*	94	8	2	0,47
659*	— 62	66	2	0,85
697*	700	390	1	0,66
15	256	—170	2	7,85
229*	—608	—217	1	1,89
379	— 45	419	1	2,93
608	— 14	79	1	1,48
714*	100	372	2	1,45
833	23	251	2	3,83
889*	—173	184	1	1,73
918	— 2	129	2	1,84
1019	—119	186	4	2,97
1087	80	— 92	2	6,13

} $r < 1',0$ } $r > 1',0$

дах приводятся в табл. 8, в которой n — число использованных пар для вывода собственного движения, r — расстояние от центра скопления.

Координаты первой эпохи для 10 (обозначенные в таблице звездочками) на 17 звезд, находящиеся на расстоянии меньше $1'$ от центра скопления, измерялись неточно (изображения на пластинках — двойные, и Лудендорфу не удалось их разделить). Из-за этого и собственные движения получены неуверенно. На наших пластинках изображения всех этих звезд почти сливаются с фоном и по визуальным оценкам они слабее ($V=14^m,50$) и поэтому их собственные движения измерялись только по одной или двум парам пластинок. Имея в виду их близость к центру скопления, более разумно предположить, что все они являются членами скопления. Окончательный вывод о принадлежности этих звезд к скоплению можно сделать только после получения надежных μ . Это относится и к остальным семи звездам с $R > 1'$. За исключением одной звезды (№ 327 по [10]), собственные движения этих звезд тоже измерялись при помощи одной или двух пар пластинок. Что касается звезды № 327, надо отметить, что Brown [7] относит ее к вероятным членам скопления. В нашем исследовании собственное движение, вычисленное на основании каталога Barnard [2]: $\mu_x = -0'',0037$, $\mu_y = -0'',0062$, заметно отличается от полученного на основании каталога Лудендорфа: $\mu_x = -0'',0080$ и $\mu_y = -0'',0090$.

В области $16' \times 16'$ вокруг центра скопления нами выявлено с уверенностью 5 звезд ярче $V=14^m,50$ (№ 15, 379, 833, 1019 и 1087 по [10]), которые по собственным движениям не являются членами скопления. Критерию собственного движения не удовлетворяют еще 5 звезд слабее $V=14^m,50$, находящиеся на расстоянии $1' < R < 2'$ от центра скопления.

Построенные векторные диаграммы для найденных членов скоплений показали распределение звезд по классам, показанное в табл. 9. Как ви-

Таблица 9

Число пар	Всего звезд	Процент звезд класса		
		1	2	3
4	178	63	23	12
3	20	54	25	20
2	68	53	29	16
1	41	53	22	24
Всего	307	59	24	15
Теоретическое		63	23	12

дим, распределение 307 членов скопления хорошо согласуется с теоретическим.

Собственные движения звезд шарового скопления М 13 изучались неоднократно, начиная с 1927 г. [5, 7, 16, 17, 18, 19, 20]. Фатчихин, Меурерс и Халерманн не опубликовали полученные ими значения μ отдельных звезд. Гамалей получены собственные движения 50 звезд фона и 50 звезд скопления, отобранных на основе их близости к центру скопления. Нам не удалось произвести сравнение со звездами, причисленными Гамалей к членам скопления, так как она не приводит величин звезд, а координаты звезд даны с меньшей точностью [0',1].

Все вышеуказанные авторы начали свои исследования с какого-то расстояния от центра скопления. Вг own [7], используя пластинки 40'' рефрактора Йеркской обсерватории, получил собственные движения звезд, находящихся на расстоянии больше 0',67 от центра, с величиной ярче 15,26 (m_{pv}). Кадла [5] получила собственные движения звезд с $R > 0',9$ от центра по пластинкам 65-сантиметрового рефрактора в Пулкове.

Для характеристики полученных нами собственных движений с точки зрения внешней ошибки нами были отождествлены 91 звезда из списка Вг own [7] и 42 — из списка Кадла [5]. Все эти звезды измерялись при помощи максимального числа пар у трех авторов (Браун — 3, Кадла — 4, Спасова — 4). Внешние средние квадратические ошибки определения собственного движения одной звезды, вычисленные по этим звездам для μ_x и μ_y , приведены в табл. 10, где Δ — поправка к нуль-пункту, а n — число используемых звезд.

Автор приносит глубокую благодарность ст. науч. сотр. З. К. Кадла (СССР) за предоставленный ею наблюдательный материал и за руководство этой работой, а также науч. сотр. В. Ивановой за составление вычислительной программы.

Таблица 10

	Браун			Кадла			Спасова		
	σ	Δ	n	σ	Δ	n	σ	Δ	n
μ_x	7	-22	91	23	4	42	15 15	0 2	91 42
μ_y	11	7	91	19	-11	42	16 15	1 4	91 42
Среднее	9			21			16 15		

Литература

1. Кадла, З. И., Н. М. Спасова. АЖ, 49, 1972, 504.
2. Вагпард, Е. Publ. Yerkes Obs., 6, 1931.
3. Кадла, З. И., Н. М. Спасова. Научные информации, 31, 1975, 74.
4. Жуков, Л. В. Тр. ГАО, 58, 1971, 160.
5. Кадла, З. И. Изв. ГАО, 181, 1966, 93.
6. Кадла, З. И. АЖ, 48, 1971, 760.
7. Brown, A. Ap. J., 122, 1955, 146.
8. Strom, S. E., K. M. Strom. Contr. Kitt Peak Obs., 554, 1970, 15.
9. Мельников, О. А., З. И. Кадла. АЖ, 49, 1972, 661.
10. Ludendorff, H. Publ. Astroph. Obs. zu Potsdam, 49, 1903.
11. Холопов, П. Н. Тр. ГАИШ, 23, 1953.
12. Кадла, З. И. АЖ, 49, 1963, 691.
13. Богуславская, Е. Я. Фотографическая астрометрия. М., Гостехиздат, 1947.
14. Дейч, А. Н., Е. Я. Перепелкин. Тр. ГАО, 65, 1935.
15. Лавдовский, В. В. Тр. ГАО, 23, 1961, 7.
16. Maanen, van, A. Ap. J., 66, 1927, 89.
17. White, A. M. N. R. A. S., 94, 1934, 783.
18. Гамалей, Н. В. Изв. ГАО, 141, 1948.
19. Фатчихин, Н. В. Изв. ГАО, 148, 1952.
20. Meurers, J., L. Hallerman. Naturwiss., 51, 1964, 551.
21. Курс астрофизики и зв. астрономии, 1, 1953 (ред. А. А. Михайлов).

Proper Motions of Bright Red Giants in Globular Clusters.

I. The Globular Cluster M 13

N. Spassova

(Summary)

The relative proper motions of 334 stars in region $16' \times 16'$ around the globular cluster M13 are calculated, the very cluster centre being reached. Catalogue measurements of the star positions, carried out at the beginning of the 20th century, have been used as first epoch. Four plates taken with the 65 cm Pulkovo refractor, have been used as second epoch. The selection of the cluster members from the field stars is carried out on the basis of the criterion of proper motions. Twenty-seven stars in the examined region do not satisfy the applied criterion for cluster membership. The methods for calculation of proper motions and selection of cluster members are described.

Сектор астрономии
Болгарской академии наук

Поступила в марте 1975 г.
Переработана 19. I. 1976 г.