

Некоторые замечания о трех шаровых скоплениях IC 4499, NGC 6362 и NGC 6528

Б. В. Кукаркин

Некоторые замечания относительно трех работ, опубликованных в этом номере:

IC 4499. Определение величины $E(B-V)$ всеми доступными способами приводит к величине $0.^m28 \pm 0.^m03$. Видимая величина звезд горизонтальной ветви получилась равной $17.^m71 \pm 0.^m05$. Диаграмма цвет-величина привела к определению следующих величин: $\Delta V = 2.^m78 \pm 0.^m06$; $S = 4.3 \pm 0.5$; $(B-V)_{0.9} = 0.78 \pm 0.03$. Отсюда $[m/H] = -1.36 \pm 0.18$. Для средней величины звезд типа RR Lyr получено значение $17.^m55 \pm 0.^m05$. Для видимого модуля расстояния восемью способами получено значение $16.^m22 \pm 0.^m09$. Истинный модуль расстояния $Mod_V = 15.^m38 \pm 0.^m21$. Большая дисперсия видимых модулей, полученных различными методами, свидетельствует о возможности больших систематических ошибок в шкале звездных величин.

NGC 6362. Определение величины $E(B-V)$ несколькими методами дает значение $0.^m10 \pm 0.^m03$. Подвергнута критике методика отбора членов скопления по двухцветной диаграмме и высказывается сомнение в принадлежности к скоплению ярких "UV-звезд". $\Delta V = 2.^m41 \pm 0.^m05$; $S = 4.8 \pm 0.3$; $(B-V)_{0.9} = 0.93 \pm 0.04$, $[m/H] = -1.09 \pm 0.09$. Видимый модуль расстояния равен $14.^m11 \pm 0.^m06$, а истинный модуль $13.^m81 \pm 0.^m08$.

NGC 6528. Приводятся доводы против предположения о том, что слабые голубые и белые звезды на пределе диаграммы являются звездами горизонтальной ветви, поскольку число звезд на диаграмме цвет-величина в скоплении и в контрольной области в пределах возможных флуктуаций одинаково. Кроме того, у скопления высокой металличности горизонтальная ветвь практически отсутствует. Модуль расстояния определен шестью способами и составляет $15.^m92 \pm 0.^m10$. Для интегрального спектрального класса скопления получено значение G 3.4, а обилие металлов $[m/H] = +0.^m06 \pm 0.^m09$. Для абсолютной величины горизонтальной ветви по этим данным получено значение $+1.^m3$, а для видимой величины — значение $m_V = 17.^m2$, что находится за пределом пластинок. Если принять эту гипотезу, то скопление NGC 6528 окажется типичным шаровым скоплением высокой металличности и все характеристики диаграммы цвет-величина [$\Delta V = 1.^m7 \pm$; $S = 3.2 \pm$; $(B-V)_{0.9} = 1.0 \pm$] хорошо согласуются между собой и соответствуют высокой металличности.

Some Comments on Three Globular Clusters IC 4499, NGC 6362 and NGC 6528

by B.V. Kukarkin

IC 4499. The determination of $E(B-V)$ by means of all the methods available leads to the value $0.^m28 \pm 0.^m03$. The apparent magnitude of horizontal branch stars was found to be $17.^m71 \pm 0.^m05$. The colour-magnitude diagram enabled us to determine the following values: $\Delta V = 2.^m78 \pm 0.^m06$; $S = 4.3 \pm 0.5$; $(B-V)_{o,g} = 0.78 \pm 0.03$. So $[m/H] = -1.36 \pm 0.18$. For the mean magnitude of RR Lyrae stars the value $17.^m55 \pm 0.^m05$ was obtained. Eight methods of the determination of distance modulus lead to the value $16.^m22 \pm 0.^m09$. The true distance modulus is $\text{Mod}_0^V = 15.^m38 \pm 0.^m29$. The large range of apparent moduli obtained through different methods argues for the possible existence of large systematic errors in the magnitude scale.

NGC 6362. The determination of $E(B-V)$ by means of several methods gives the value $0.^m10 \pm 0.^m03$. The method of verifying membership of the basis of the two-colour diagram is criticized; the membership of bright "UV-stars" is doubtful. $\Delta V = 2.^m41 \pm 0.^m05$; $S = 4.8 \pm 0.3$; $(B-V)_{o,g} = 0.93 \pm 0.04$, $[m/H] = -1.09 \pm 0.09$. The apparent distance modulus is $14.^m11 \pm 0.^m06$, and the true modulus is $13.^m81 \pm 0.^m08$.

NGC 6528. Arguments are presented against the assumption of faint blue and white stars near photometric limit being horizontal branch stars, since the difference of the numbers of these stars on the colour-magnitude diagram of the cluster and in the comparison area is of the order of possible fluctuations. Moreover in the clusters with high metallicity horizontal branches are practically absent. The integrated spectral type of the cluster, was found to be G3,4, and the metal abundance $[m/H] = +0.06 \pm 0.09$. It leads to the value $+1.^m3$ for the absolute magnitude of the horizontal branch and to $17.^m2$ for the apparent magnitude m_V which is fainter than the plate limit. If our hypothesis is accepted, the cluster NGC 6528 will be a typical globular cluster with high metallicity, and all the parameters of the colour-magnitude diagram [$\Delta V = 1.^m7 \pm$; $S = 3.2 \pm$; $(B-V)_{o,g} = 1.0 \pm$] will be in good accordance and will correspond to high metallicity.

IC 4499

Шаровое скопление IC 4499 представляет особый интерес вследствие его относительной бедности звездами и обилию в нем переменных звезд. Однако простой просмотр табл. 3 (стр. 9) рассматриваемой работы убеждает нас, что переменность по крайней мере половины звезд сомнительна. Как известно, характеристическая кривая фотопластинок при подходе к слабым звездам становится все более и более пологой и почти параллельной оси абсцисс. Исследователи, занимающиеся поисками переменных звезд на фотопластинках, конечно, знают, что почти все звезды близ предела видимости кажутся

при сравнении любой пары пластинок переменными. Кроме того, судя по величинам, приведенным в таблице 3 (стр. 9) амплитуды столь малы, что не превосходят утроенной средней ошибки характерной для глазомерных оценок блеска ($\pm 0.^m10 - \pm 0.^m15$). Поэтому нам кажется, что все заподозренные в переменности звезды с амплитудами менее $0.^m5$ требуют подтверждения.

Нельзя согласиться с определением голубой и красной границ области звезд типа RR Lyr и оценкой точности определения величины $E(B-V)$. Любая из звезд попавших на горизонтальную ветвь диаграммы цвет-величина может оказаться звездой поля. Если даже все звезды горизонтальной ветви являются членами скопления, то нельзя забывать, что их измеренная величина $B-V$ отягчена ошибкой около $\pm 0.^m04$. Следовательно, ошибка точности, сделанная в статье (± 0.008) должна быть геометрически просуммирована с двумя ошибками ± 0.04 , что даст ± 0.06 . Такова действительная точность определения и то при условии, что две звезды, определяющие область звезд типа RR Lyr, действительно члены скопления.

Для независимого определения величины $E(B-V)$ мы поступили следующим образом. Из таблицы 3 были отобраны только звезды с амплитудами более $0.^m5$ и их средние значения V и $B-V$ были нанесены на диаграмму цвет-величина. Необходимо помнить, что автор использовал всего по 6 пластинок в полосах V и B . Эти средние значения могут быть отягчены очень большими случайными ошибками, вызванными тем, что малая выборка, состоящая из 6 точек, на кривой блеска может иметь любое случайное распределение по фазам. Случайная концентрация всех шести пластинок в одной из полос близ минимума и шести пластинок в другой полосе близ максимума блеска могут изменить величину среднего значения ($B-V$) в пределах двух полных амплитуд изменения ($B-V$). Действительно, среди звезд с измеренными амплитудами, превышающими $0.^m5$, встречаются значения $B-V$ в пределах от -0.21 до $+1.12$. Точно также и величины V могут отличаться от средних значений в пределах полуамплитуды изменения блеска. Кроме того, среди переменных звезд таблицы 3 могут оказаться звезды других типов и переменные звезды поля.

Из 93 звезд с амплитудами более $0.^m5$ были исключены все звезды, уклоняющиеся от середины области звезд типа RR Lyr более, чем на $0.^m20$ по величине V и $0.^m27$ по величине $B-V$. Таких звезд осталось 47. Среди исключенных звезд многие, вероятно, все же являются звездами типа RR Lyr. Некоторые могут оказаться звездами типа W Vir, одна звезда, вероятно, относится к красным переменным звездам-гигантам скопления.

Средняя величина отобранных 47 звезд $m_V = 17.55$, а $\overline{B-V} = +0.55$. Принимая для звезд типа RR Lyr $(B-V)_0 = +0.26$ для избытка цвета $E(B-V)$ получим значение $0.^m29$. Принимая для середины области звезд типа RR Lyr значение $+0.^m30$, получаем значение $E(B-V) = +0.^m25$. Наконец, исключив из 93 звезд лишь те, которые по своей

величине V отличаются от полученной Фуркаде величины звезд горизонтальной ветви $17.^m76$ более чем на среднюю амплитуду звезд типа RR Lyr, мы получим выборку, состоящую из 80 звезд. Не обращая внимания на дисперсию величин $B-V$ было вычислено среднее значение $B-V=0.^m54$, что дает $E(B-V)=0.^m28$. За окончательное значение избытка цвета было принято $0.^m28 \pm 0.^m03$.

Диаграмма цвет-величина дает возможность определить величины ΔV , S и $(B-V)_{0,g}$, связанные с обилием металлов. Эти величины оказались: $\Delta V = 2.^m78 \pm 0.^m06$; $S = 4.3 \pm 0.5$; $(B-V)_{0,g} = 0.78 \pm 0.04$. По этим величинам, пользуясь известными соотношениями (Кукаркин, 1974) можно получить величину $[m/H] = -1.36 \pm 0.18$. Этому значению металличности соответствует абсолютная величина звезд типа RR Lyr $+0.^m8$ (Кукаркин, 1974). Видимый модуль расстояния Mod_{app}^V , определенный восемью способами, оказался равным 16.22 ± 0.09 истинный модуль $Mod_{app}^V = 15.^m38 \pm 0.21$, расстояние $r = 11.9 \pm 1.1$ Кпс, а возвышение над плоскостью Галактики $z = 4.2 \pm 0.4$ Кпс.

Большая дисперсия визуальных модулей, определенных разными способами, скорее всего свидетельствует о возможности систематических ошибок в шкале звездных величин, выведенных для звезд этого скопления.

NGC 6362

Исследование этого скопления представляется мне наиболее интересным по замыслу и широте охвата проблемы, поскольку наблюдение в полосах UBV значительно более информативно, чем только BV-измерения.

1. Проведенное мной независимо от Фуркаде определение величины $E(B-V)$ по его материалу привело к величине $+0.^m10$ в прекрасном согласии с его оценкой $+0.08$. Как и в случае скопления IC 4499 нельзя согласиться с его оценкой точности ($\pm 0.^m005$ m.e.), поскольку все величины, принятые Фуркаде для определения $E(B-V)$ тоже отягчены ошибками (ошибки шкалы самих измерений, перевода измерений в звездные величины и т.д.).

2. Поскольку селективное поглощение $E(B-V)$ очень невелико, нельзя считать надежным доказательством принадлежности звезды к скоплению ее положение на двухцветной диаграмме. И звезды фона, если они имеют ту же природу, как звезды скопления, но находятся ощутимо дальше или ближе скопления, будут занимать на двухцветной диаграмме то же положение, что и звезды скопления.

3. Совершенно не обоснована принадлежность "ярких UV-звезд" к скоплению NGC 6362. В цитированной работе (Цинн и др., 1972) лишь очень немногие из отмеченных звезд могут быть уверенно отнесены к скоплениям. Необходимо определение их радиальных скоростей и только тогда можно будет говорить о реальности их принадлежности к скоплениям.

4. Используя новые данные Фоуркаде и все другие данные (Кукаркин, 1974) удалось определить видимый модуль расстояния девятью способами: $\text{Mod}_{\text{app}}^V = 14^{\text{m}}11 \pm 0^{\text{m}}06$. Истинный модуль $\text{Mod}_0^V = 13.81 \pm 0.08$, расстояние $r = 5.8 \pm 0.2$ Кпс и удаление от плоскости Галактики $z = 1.7 \pm 0.2$ Кпс.

NGC 6528

Идея Фоуркаде очень интересна. Однако, трудно согласиться с классификацией скопления как старого галактического скопления типа NGC 188 или M 67. По своему виду оно очень характерно для шаровых скоплений и находится в центральной части нашей Галактики, где сосредоточено особенно много шаровых скоплений высокой металличности.

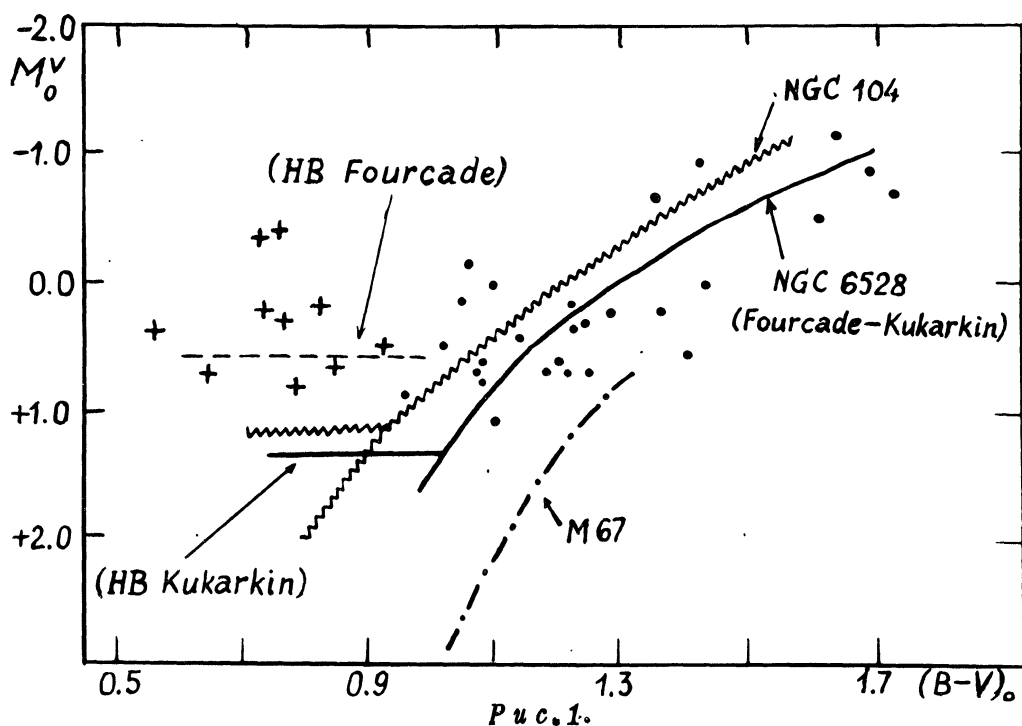
Аргументы, приводимые Фоуркаде в доказательство реальности обнаружения горизонтальной ветви, не являются достаточно корректными. Действительно, рассматривая клетки таблицы (рис. 6) мы легко убеждаемся, что в области предполагаемой горизонтальной ветви (V от 16.0 до 16.5 и $B-V$ от 1.10 до 1.80) численности звезд n составляют величины от 0 до 4, т.е. сравнимы с ожидаемыми случайными флуктуациями ($\sqrt{n}$). Следовательно нельзя разность чисел звезд скопления и контрольного поля считать сколь-нибудь реальной. Почему разность, равная 1 или 2 реальна, а разность равная 2 не реальна? Единственно корректный прием заключен в сравнении общей численности звезд в предполагаемой области горизонтальной ветви с общим числом таких же звезд в контрольной области. В скоплении таких звезд 14, а в контрольной области — 12. Разность в две звезды значительно меньше возможных флуктуаций. Таким образом, нет оснований утверждать, что рассматриваемые звезды действительно образуют горизонтальную ветвь звезд скопления.

В настоящее время имеется не менее десяти различных способов определения видимых модулей расстояния шаровых скоплений (Кукаркин, 1974). Некоторые из них применимы и к скоплению NGC 6528, как по материалам Фоуркаде, так и по другим материалам.

На основе шести способов оценки видимого модуля расстояния получено значение $\text{Mod}_{\text{app}}^V = 15^{\text{m}}92 \pm 0^{\text{m}}10$. Спектральные и колориметрические измерения дают для спектра значение G_{34} , а для обилия металлов значение $[m/H] = +0.06 \pm 0.09$. Отсюда для абсолютной величины звезд горизонтальной ветви получаем значение $M_{\text{HB}}^V = +1^{\text{m}}3$. Следовательно, видимая величина звезд горизонтальной ветви (которая при столь высокой металличности практически должны отсутствовать) получает значение $m_{\text{HB}}^V = 17^{\text{m}}2$, т.е. ниже предельной величины звезд, измеренных Фоуркаде.

На рис. 2 изображена диаграмма по данным Фоуркаде с гипотетической горизонтальной ветвью (изображена крестиками и пунктиром) и экстраполированным продолжением ветви гигантов в области суб-

гигантов с предполагаемым положением горизонтальной ветви (сплошная линия). Все величины нашей диаграммы [$\Delta V = 1.7 \pm$; $S = 3.2 \pm$; $(B-V)_{0.9} = 1.0 \pm$] оказываются в прекрасном согласии как между собой, так и с оценкой спектрального класса и величины [m/H]. Это добавочный аргумент в пользу правильности предлагаемой природы скопления NGC 6528.



Р и с. 1.

Для сравнения на рис. 1 изображена диаграмма для скопления NGC 104, имеющая практически ту же природу, что и наша диаграмма, и диаграмма для M 67, совершенно не сходная с диаграммами для NGC 104 и NGC 6528.

Оценка избытка цвета сделанная четырьмя способами, в полном соответствии с Ф о у р к а д е, приводит к величине $E(B-V) = 0.66 \pm 0.04$. Истинный модуль расстояния $\text{Mod}_0^V = 13.94$, расстояние $r = 6.1$ Кпс, а высота над плоскостью Галактики $z = 0.44$ Кпс, что характерно для шаровых скоплений высокой металличности, населяющих центральную часть нашей Галактики.

Наклон ветви гигантов очень невелик и почти в точности сходен с наклоном ветви гигантов шарового скопления 47 Тис, тоже отличающегося сравнительно высокой металличностью. Ветви гигантов старых рассеянных скоплений нашей Галактики несравненно более крутые (см. например, рис. 3 статьи Ф о у р к а д е о NGC 6528). Это еще один аргумент в пользу нашей концепции.

Л и т е р а т у р а:

К у к а р к и н Б.В., 1974, в кн. "Шаровые скопления", в печати.

Москва, Гос. астроном. ин-т
им. П.К. Штернберга

Поступила в редакцию
в мае 1974 г.