

УДК 524.3/4-32

Изучение структурных и динамических характеристик рассеянных звездных скоплений (РЗС).**I. Результаты подсчетов звезд в 50 РЗС**

В. М. Данилов, А. Ф. Селезнев, Е. Ю. Гурто, Е. А. Лапина

Проведены подсчеты звезд в 50 рассеянных звездных скоплениях до $B=16^m$. Представлены предельные размеры РЗС, число звезд и параметры распределения Кинга для поверхностной плотности числа звезд в скоплениях, времена релаксации и приливные радиусы скоплений. По радиоастрономическим наблюдениям молекулярных облаков в линии излучения молекулы CO получены оценки концентрации облаков в окрестностях рассмотренных скоплений.

THE STUDY OF STRUCTURAL AND DYNAMICAL CHARACTERISTICS OF OPEN CLUSTERS (OCL). I. THE RESULTS OF STAR COUNTS IN 50 OCL'S, by Danilov V. M., Seleznev A. F., Gurto E. Yu., Lapina E. A.—The star counts in 50 open clusters up to $B=16^m$ are carried out. Limiting radii and numbers of stars for the OCLs are obtained. Parameters of the King distribution for surface star densities in the clusters, relaxation times, and tidal radii of the clusters are also determined. The estimates of concentrations of molecular clouds in the neighbourhood of the clusters under consideration are obtained by means of the CO molecular emission line catalogue.

Введение. На основании исследования структуры звездных скоплений с помощью подсчетов звезд, а также по данным фотометрии получены важные результаты о строении и эволюции этих объектов [5, 6, 9, 13—15, 20, 22—24]. Значительный интерес представляет изучение явлений нестационарности РЗС в регулярном поле на базе имеющегося наблюдательного материала о структуре скоплений [7]. В работе [9] рассмотрена задача выявления нестационарности в наблюдаемых РЗС и на основании подсчетов звезд в 22 РЗС сделан вывод о том, что до 40 % объектов выборки можно считать далекими от стационарности в регулярном поле. К сожалению, количество однородных наблюдательных данных о структуре и динамике РЗС явно недостаточно.

Цель наших исследований — из однородного наблюдательного материала получить структурные и динамические параметры РЗС, выяснить соотношение и связь этих параметров между собой, выявить возможные эволюционные эффекты или эффекты, связанные с положением скоплений в Галактике.

Описание наблюдательного материала. В [8] предложен метод оценки размеров РЗС и числа звезд в них. Этот метод основан на сравнении функций числа звезд

$$N(r) = 2\pi \int_0^r r' f(r') dr' \quad (1)$$

(где $f(r)$ — функция поверхностной плотности числа звезд в скоплении) в кругах радиуса r для скопления (в этом случае r — расстояние от центра скопления) и широких фоновых площадок поля. Метод позволяет подробно изучить звездный фон, оценить ошибки определяемых величин. С помощью этого метода продолжена работа по подсчетам звезд в РЗС. В статью включены результаты предыдущей статьи [9], а также подсчеты звезд в скоплениях NGC 7062, 6913, выполненные студентами Уральского университета Н. П. Костровым и И. Г. Голубевой.

Структурные и динамические параметры 50 рассеянных звездных скоплений

| Номер п/п | Скопление | r , пк | R' | $R=r_t$, пк | N_c | k , пк ⁻² |
|--------------|-----------|----------|--------|--------------|--------|------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | NGC 103 | 2800 | 37.4 | 30.4±0.7 | 398±9 | 3.2±0.2 |
| 2 | 129 | 1280 | > 13.9 | > 5.2 | > 278 | 59±13 |
| 3 | 188 | 1480 | 43.7 | 18.8±1.9 | 502±16 | 24±2.4 |
| 4 | 436 | 1660 | 10.8 | 5.2±0.4 | 110±4 | 22±3.4 |
| 5 | 457 | 2000 | 9.3 | 5.4±0.5 | 151±4 | 22±7.0 |
| 6 | 559 | 900 | 20.1 | 5.3±0.4 | 265±11 | 63±6.1 |
| 7 | 581 | 1680 | > 30.9 | > 15.1 | > 439 | 5.4±0.3 |
| 8 | 744 | 1100 | 5.5 | 1.8±0.1 | 25±0.4 | 45±6.4 |
| 9 | 1027 | 720 | > 67.2 | > 14.1 | > 1220 | 14±5.0 |
| 10 | 1528 | 720 | > 67.2 | > 14.1 | > 1363 | 26±1.8 |
| 11 | 1582 | — | > 24.3 | — | > 139 | — |
| 12 | 1778 | 1000 | 21.9 | 6.4±0.6 | 193±3 | 16±4.4 |
| 13 | 1893 | 1890 | > 9.9 | > 5.4 | > 65 | 11±0.8 |
| 14 | 1907 | 1400 | 10.8 | 4.4±0.4 | 174±8 | 27±4.8 |
| 15 | 1912 | 1100 | 21.6 | 6.9±0.2 | 476±10 | 28±2.0 |
| 16 | 1960 | 1200 | 20.1 | 7.0±0.2 | 244±6 | 29±1.4 |
| 17 | 2126 | 1580 | 23.2 | 10.7±1.0 | 191±4 | 8.9±0.4 |
| 18 | 2169 | 850 | 15.5 | 3.8±1.3 | 50±7 | 32±17 |
| 19 | 2194 | 1970 | 17.0 | 9.8±1.1 | 89±3 | 12±6.2 |
| 20 | 2236 | 2020 | 14.4 | 8.4±0.9 | 152±2 | 13±1.2 |
| 21 | 2244 | 1160 | > 20.2 | > 6.8 | > 199 | 11±3.0 |
| 22 | 2251 | 1260 | 9.3 | 3.4±0.4 | 57±3 | 20±5.0 |
| 23 | 2254 | 1810 | > 6.6 | > 3.5 | > 43 | 28±5.0 |
| 24 | 2269 | 1430 | 2.8 | 1.1±0.09 | 27±1 | 83±17 |
| 25 | 2324 | 2200 | > 26.9 | > 17.2 | > 302 | 5.6±0.4 |
| 26 | 2335 | 1070 | 11.6 | 3.6±0.2 | 101±3 | 28±5.2 |
| 27 | 2343 | 960 | 7.7 | 2.2±0.2 | 23±1 | 47±19 |
| 28 | 2353 | 1000 | 12.2 | 3.5±0.4 | 85±2 | 20±2.0 |
| 29 | 2355 | — | 13.3 | — | 142±5 | — |
| 30 | 2395 | 1100 | 7.7 | 2.5±0.3 | 25±1 | 22±29 |
| 31 | 2423 | 1200 | 15.5 | 5.4±0.4 | 138±6 | 17±1.0 |
| 32 | 2437 | 1300 | 33.6 | 12.7±1.2 | 370±9 | 12±0.6 |
| 33 | 6802 | 1000 | 7.7 | 2.2±0.1 | 102±2 | 128±12 |
| 34 | 6811 | 760 | 21.9 | 4.8±0.3 | 199±6 | 53±15 |
| 35 | 6823 | 1280 | 15.5 | 5.8±1.0 | 165±11 | 30±4.7 |
| 36 | 6830 | 1210 | > 26.3 | > 9.3 | > 535 | 20±0.7 |
| 37 | 6838 | 4110 | 20.1 | 24.0±2.2 | 446±10 | 5.8±1.2 |
| 38 | 6866 | 1200 | 26.3 | 9.2±0.7 | 281±7 | 16±0.3 |
| 39 | 6913 | 1400 | 8.8 | 3.6±0.2 | 60±2 | 20±1.4 |
| 40 | 7031 | 1200 | 17.7 | 6.2±0.4 | 94±1 | 18±3.4 |
| 41 | 7062 | 1050 | 9.9 | 3.0±0.3 | 112±4 | 51±1.8 |
| 42 | 7086 | 1050 | 7.7 | 2.4±0.2 | 83±1 | 70±8.8 |
| 43 | 7142 | 1260 | 21.7 | 8.0±0.7 | 265±14 | 23±3.1 |
| 44 | 7245 | — | 8.8 | — | 134±3 | — |
| 45 | 7261 | 800 | > 3.3 | > 0.78 | > 18 | 103±48 |
| 46 | IC 1369 | 1610 | 5.4 | 2.5±0.2 | 65±2 | 28±3.0 |
| 47 | 1805 | 1500 | 10.8 | 4.7±0.4 | 76±7 | 10±1.5 |
| 48 | 4996 | 1250 | 6.2 | 2.3±0.2 | 71±3 | 68±7.6 |
| 49 | Be 8 | — | > 2.8 | — | > 29 | — |
| 50 | Stock 7 | 820 | 5.0 | 1.2±0.2 | 13±1 | 63±40 |

Результирующая выборка 50 РЗС (с учетом объектов из [9]) включает скопления в широком интервале расстояний от Солнца $r \in [0.72, 4.11]$ пк. Поэтому в целом выборка может быть подвержена селекции. Среди исследованных более близких скоплений меньше объектов с протяженными коронами, поскольку такие скопления сложны для обработки (для используемого метода необходимо изучение больших областей фона), и для крупных скоплений нужны дополнительные астрономические фонные области. Среди далеких РЗС реже используются для наблюдений небольшие компактные скопления. Всего в выбор-

| $\frac{r_f}{r_c}$ | $\langle \frac{1}{R} \rangle^{-1}, \text{пк}$ | $\frac{\bar{m}_*}{M_\odot}$ | $\frac{M_c}{M_\odot}$ | $R_f, \text{пк}$ | $\tau, 10^6 \text{ лет}$ | $t, 10^6 \text{ лет}$ | $n, 10^{-8} \text{пк}^{-3}$ | |
|-------------------|---|-----------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------|
| | | | | | | | Нижняя | Верхняя |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 4.3 | 8.1 | 3.2 | 1270 | 16.5 | 104 | 38 | 4.3 | 9.5 |
| 1.6 | 2.0 | 2.7 | > 750 | > 12.8 | > 13 | 50—100 | 9.3 | 24. |
| 12.5 | 2.7 | 1.4 | 720 | 12.7 | 32 | 4500 | 0 | 4.4 |
| 9.1 | 0.9 | 2.2 | 240 | 9.0 | 3.3 | 40 | 9.0 | 18. |
| 2.1 | 1.9 | 3.5 | 530 | 12.0 | 8.8 | 13 | 5.0 | 11. |
| 6.2 | 1.2 | 1.3 | 340 | 9.7 | 7.9 | 1000 | 9.6 | 43. |
| 4.8 | 3.8 | 2.8 | > 1230 | > 15.6 | > 37 | 50 | 7.5 | 21. |
| 3.8 | 0.49 | 2.3 | 60 | 5.4 | 1.0 | 39 | 4.0 | 26. |
| 1.5 | 5.4 | 2.1 | > 2560 | > 18.9 | > 101 | 40 | 3.1 | 26. |
| 6.2 | 3.1 | 1.8 | > 2450 | > 18.8 | > 48 | 130 | 6.5 | 22. |
| 1.1 | — | — | — | — | — | 50 | — | — |
| 5.3 | 1.5 | 2.2 | 430 | 10.8 | 7.9 | 150 | 4.4 | 11. |
| 2.8 | 1.7 | 3.2 | > 210 | > 9.2 | > 6.6 | 7.2 | 11 | 16. |
| 5.0 | 1.0 | 2.3 | 400 | 11.0 | 4.6 | 180 | 9.2 | 13. |
| 2.4 | 2.4 | 2.5 | 1190 | 14.0 | 19 | 43 | 5.0 | 12. |
| 5.3 | 1.6 | 2.5 | 610 | 12.4 | 9.4 | 29 | 6.1 | 12. |
| 3.4 | 3.1 | 3.7 | 710 | 13.4 | 18.7 | — | 1.4 | 2.8 |
| 16.7 | 0.44 | 2.1 | 110 | 6.7 | 1.0 | 23 | 5.0 | 13. |
| 12.5 | 1.4 | 2.1 | 190 | 8.9 | 6.4 | 400 | 13. | 20. |
| 5.6 | 2.0 | 3.3 | 500 | 12.3 | 9.5 | 400 | 37. | 37. |
| 5.6 | 1.6 | 3.4 | > 680 | > 12.7 | > 7.0 | 3 | 11. | 26. |
| 4.5 | 0.85 | 1.9 | 110 | 7.0 | 2.8 | 87 | 11. | 28. |
| 6.2 | 0.77 | 2.2 | > 100 | > 6.9 | > 2.2 | — | 7.9 | 16. |
| 3.8 | 0.31 | 2.3 | 60 | 5.8 | 0.53 | 70 | 11. | 17. |
| 3.6 | 4.8 | 1.8 | > 540 | > 12.6 | > 58 | 660 | 5.5 | 7.4 |
| 2.0 | 1.3 | 2.2 | 220 | 8.6 | 5.5 | 160 | 79. | 92. |
| 12.5 | 0.31 | 2.0 | 50 | 5.0 | 0.56 | 110 | 30. | 34. |
| 2.7 | 1.2 | 2.2 | 190 | 8.0 | 4.5 | 13 | 19. | 23. |
| 4.5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.7 | 0.96 | 2.6 | 70 | 5.8 | 2.7 | 50 | 0.9 | 0.9 |
| 2.7 | 1.7 | 1.9 | 270 | 9.1 | 10.1 | 360 | 11. | 11. |
| 5.0 | 3.1 | 2.2 | 800 | 13.2 | 29.5 | 72 | 9.8 | 9.8 |
| 7.1 | 0.46 | 1.9 | 190 | 7.2 | 1.3 | 1700 | 1.7 | 6.9 |
| 7.1 | 0.96 | 1.4 | 290 | 8.6 | 5.2 | 500 | 10. | 24. |
| 9.1 | 0.98 | 3.4 | 560 | 10.3 | 3.3 | 10 | 26. | 64. |
| 3.1 | 2.7 | 2.5 | > 1350 | > 13.9 | > 25 | 16 | 14. | 34. |
| 11.1 | 3.7 | — | — | — | — | 7600 | 0 | 0 |
| 3.8 | 2.4 | 2.0 | 570 | 10.8 | 19.8 | 320 | 5.3 | 11. |
| 4.8 | 0.90 | 4.7 | 280 | 8.5 | 2.0 | 10 | 4.1 | 8.3 |
| 8.3 | 1.1 | 3.5 | 330 | 9.2 | 3.4 | 480 | 8.7 | 17. |
| 3.0 | 0.94 | 1.5 | 170 | 7.4 | 4.3 | 100 | 10. | 23. |
| 4.3 | 0.61 | 2.3 | 190 | 7.7 | 1.7 | 85 | 11. | 24. |
| 9.1 | 1.4 | 1.2 | 330 | 9.5 | 10.5 | 2000 | 9.6 | 26. |
| 2.8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.0 | 0.28 | 1.9 | > 34 | > 4.4 | > 0.5 | 40 | 12. | 28. |
| 2.8 | 0.80 | 2.1 | 140 | 6.9 | 2.5 | 1200 | 3.8 | 19. |
| 3.4 | 1.4 | 4.0 | 310 | 9.8 | 4.2 | 2.5 | 0 | 21. |
| 5.0 | 0.54 | 3.4 | 240 | 8.1 | 1.1 | 10 | 8.7 | 22. |
| 1.0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.6 | 0.47 | 3.0 | 40 | 4.7 | 0.89 | 2 | 9.5 | 72. |

ке содержится 26 скоплений из интервала $r \in [1, 1.5 \text{ кпк}]$ — по шкале расстояний, основанной на начальной главной последовательности (НГП) П. Н. Холопова. У таких скоплений абсолютные звездные величины, соответствующие предельной величине $B = 16^m$, отличаются не более чем на 0.9^m .

Пластинки с астронегативами в цвете B (до 16^m) получены на камере Шмидта SBG Астрономической обсерватории Уральского университета. Для подсчетов использовались палетки из 20 концентрических окружностей с размерами кольцевых зон: 0.55, 0.77, 1.11, 1.55,

2.08, 2.43, 3.36' (масштаб пластинки 44.2' в 1 см). Подсчеты проводились на проекторе с увеличением в 20 раз.

При определении линейных радиусов скоплений R мы использовали шкалу расстояний, основанную на НГП П. Н. Холопова [15, с. 168]. Соответствующие ей расстояния взяты в основном из [4], частично определялись авторами методом совмещения диаграмм цвет — величина скопления с НГП. При этом использовались следующие данные фотометрии: NGC 103, 2335 [33], NGC 2343 [21], NGC 2269 [35], NGC 6811 [3], IC 1369 [26], Stock 7 (Ma 6) [34]. Диаграммы скоплений NGC 436, 2126, 2194 взяты из атласа диаграмм К. А. Бархатовой [1, 2] и пересчитаны из международной системы звездных величин m_{pg}, m_{pb} в систему UBV с помощью формул [11, с. 364]. Фотометрия скоплений NGC 2236, 2254 выполнена студенткой Уральского университета Т. Г. Ананьевой. Для скопления NGC 6838, которое, вероятно, является шаровым, принято расстояние из [17]. В работе использовались данные о межзвездном поглощении света, согласно [29].

Основные формулы и соотношения. Описание таблицы. Полученные из подсчетов звезд распределения $N(r)$ в рамках метода [8] использовались для нахождения угловых R' и линейных R радиусов скоплений и числа звезд $N_c = N(R)$ в скоплениях. Эти величины вместе с ошибками определения приведены соответственно в 4—6 графах таблицы.

В дальнейшей статистической обработке исходных данных величины $N(r)$ представлялись в виде (1), где $f(r)$ — функция Кинга (см., например, [15, с. 342]) для поверхностной плотности числа звезд

$$f(r) = kr_c^2 [(r_c^2 + r^2)^{-1/2} - (r_c^2 + r_i^2)^{-1/2}]^2 + f_{\text{фон}}, \quad (2)$$

где $r_i = R$; $f_{\text{фон}}$ — поверхностная плотность числа звезд фона, $f_{\text{фон}} = \text{const}$. В таком случае интегрирование (1) может быть легко выполнено

$$N(r) = \pi k r_c^2 n [1 + (r^2/r_c^2)] - [4\pi k r_c^2 (\sqrt{r_c^2 + r_i^2}) \times \\ \times (\sqrt{r^2 + r_c^2} - r_c) + \pi k r_c^2 r^2 / (r_c^2 + r_i^2) + \pi r^2 f_{\text{фон}}]. \quad (3)$$

Параметры k , r_c и $f_{\text{фон}}$ для скоплений получены аппроксимацией наблюдаемых распределений $N(r)$ функциями вида (3) методом Марквардта [32]. Величины k и r_i/r_c приведены в графах 7 и 8. Параметр концентрации r_i/r_c однозначно связан с отношением числа звезд в ядре к общему числу звезд скопления (для модели Кинга распределения плотности числа звезд в скоплениях).

Для определения масс скоплений получены оценки средних масс звезд \bar{m}_* скоплений до предельной видимой величины $B=16^m$ (графа 10). Для скоплений NGC 188, 6811, 6866, IC 1369 при определении \bar{m}_* использован каталог [12]. Средние массы звезд \bar{m}_* остальных РЗС определялись по диаграммам $V, B-V$ [1—3, 21, 25, 26, 28, 33—35] с использованием функции масс Солпитера или системы эволюционных треков [36]. Результаты определения \bar{m}_* обоими способами хорошо согласуются между собой. В связи с переходом к шкале расстояний, основанной на НГП П. Н. Холопова, средние массы \bar{m}_* для скоплений из [9] были вычислены заново. Окончательно для скоплений NGC 559, 2194, 2236, 2324, 6802, 7031, 7142 приняты значения \bar{m}_* , определенные с помощью эволюционных треков (эти скопления имеют возраст $t \geq 4 \cdot 10^8$ лет). Для остальных скоплений ($t < 4 \cdot 10^8$ лет) принята оценка \bar{m}_* , полученная по диаграммам $V, B-V$ и функции масс Солпитера. Как и в работе [9], относительная ошибка определения \bar{m}_* принималась равной 0.25.

В графе 12 даны нижние оценки приливных радиусов скоплений [30]:

$$R_i = \sqrt[3]{GM_c / [4(A - B)A]} \quad (4)$$

в приближении плоских круговых орбит. $M_c = \bar{m}_* N_c$ — полученная нижняя оценка массы скопления (графа 11). A и B — постоянные Оорта, которые определены согласно модели гравитационного потенциала Галактики [10] с параметрами: $\Phi_0 = 1.76 \cdot 10^5$ км²/с²; $R_0 = 2$ кпк; $\alpha = 2$; $\varkappa = 1$; $\epsilon_0 = 0.1$; $\gamma = 0$. Масса этой модели Галактики равна $1.63 \cdot 10^{11} M_\odot$. Галактоцентрическое расстояние Солнца принято равным 8.2 кпк, $z_\odot = 8$ пк [10].

В графе 13 приведены нижние оценки времени релаксации для скоплений, полученные по формуле Чандрасекара [16]:

$$\tau = \frac{1}{16} \left(\frac{3\pi}{2} \right)^{1/2} \sqrt{\frac{N_c \langle (1/r)^3 \rangle}{G \bar{m}_*}} \frac{1}{\ln(N_c \cdot 2^{-3/2})}. \quad (5)$$

Необходимые для расчета τ средние гармонические радиусы получены по формуле

$$\langle \frac{1}{r} \rangle = \int_0^R \varphi(r') r' dr' / \int_0^R \varphi(r') r'^2 dr', \quad (6)$$

где $\varphi(r)$ — пространственная плотность звезд для модели Кинга звездного скопления [15, с. 344]:

$$\varphi(r) = \frac{kz^{-2}}{\pi r_c^2 [1 + (r/r_c)^2]^{3/2}} [z^{-1} \arccos z - (1 - z^2)^{1/2}], \quad (7)$$

$$z = [1 + (r/r_c)^2]^{1/2} [1 + (r_t/r_c)^2]^{-1/2}.$$

Для сравнения с τ в графе 14 приведен возраст скоплений t . Для скопления NGC 559 данные о возрасте взяты из работы [31], NGC 1778 — [18], NGC 2335, 6866 — [37], NGC 7031 — [27], NGC 1582, 2269, 7142, IC 1369, Stock 7 — [29], NGC 6838 — [17], для всех остальных РЗС — из [4].

Учет влияния молекулярных облаков. Нами также оценено влияние молекулярных облаков на скопления выборки. По данным каталога радиоастрономических наблюдений [19] получены нижние и верхние оценки пространственной концентрации n молекулярных облаков вблизи скоплений. Для определения концентраций отбирались источники излучения молекулы CO с гелиоцентрическими расстояниями и галактическими координатами из интервала, заданного следующими предельными значениями:

$$r = r_{\text{ск}} \pm 250; \quad l = l_{\text{ск}} \pm \arctg \frac{250}{r_{\text{ск}}}; \quad b = b_{\text{ск}} \pm \arctg \frac{250}{r_{\text{ск}}} \quad (8)$$

($r, r_{\text{ск}}$ — в пк, индекс «ск» обозначает скопление). В пространстве отмеченным соотношениям соответствует фигура с объемом

$$V_0 = (l_2 - l_1) (\sin b_2 - \sin b_1) [(r_2^3 - r_1^3)/3],$$

где индексы 1 и 2 отвечают крайним значениям координат. Поскольку молекулярные облака располагаются непосредственно вблизи плоскости Галактики, то объем V' , занятый облаками, принимался равным $V' = \lambda V_0$, где $\lambda = (b'_2 - b'_1)/(b_2 - b_1)$; b'_2 и b'_1 — крайние значения галактической широты, которые имеют источники излучения CO, попадающие в описанную выше область пространства.

При получении нижней оценки n учитывались облака, расстояния r которых удовлетворяют (8). При получении верхней оценки n дополнительно учитывались облака — источники излучения CO, для которых нет данных о расстоянии, проектирующиеся на область неба, ограниченную крайними значениями l и b . Нижняя и верхняя оценки концент-

рации молекулярных облаков вблизи РЗС приведены в графах 15 и 16.

Полученные в данной работе структурные и динамические параметры рассеянных звездных скоплений могут быть использованы для решения различных динамических задач, для изучения возможных причин и характера динамической эволюции рассмотренных скоплений. Обсуждение полученных параметров будет опубликовано в следующей статье.

1. Бархатова К. А. Атлас диаграмм цвет — светимость рассеянных звездных скоплений.— М.: Изд-во АН СССР, 1958.—128 с.
2. Бархатова К. А. Атлас диаграмм цвет — светимость рассеянных звездных скоплений: Доп. первое.— М.: Изд-во АН СССР, 1961.—64 с.
3. Бархатова К. А., Захарова П. Е., Шашкина Л. П. Исследование рассеянного звездного скопления NGC 6811 // Астрон. журн.— 1978.—55, вып. 1.— С. 56—61.
4. Бархатова К. А., Пыльская О. П. Морфологические особенности рассеянных звездных скоплений // Звездные агрегаты.— Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1980.— С. 8—26.
5. Данилов В. М. О динамике нестационарных звездных скоплений // Сообщ. Спец. астрофиз. обсерватории АН СССР.— 1983.— Вып. 37.— С. 58—65.
6. Данилов В. М. Динамически обособленные группы звезд в нестационарных звездных скоплениях // Методы астрономо-геодезических исследований.— Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1984.— С. 94—117.
7. Данилов В. М. О динамике распада нестационарных рассеянных звездных скоплений // Астрон. журн.— 1985.—62, вып. 4.— С. 704—710.
8. Данилов В. М., Маткин Н. В., Пыльская О. П. Метод оценки размеров и реальности рассеянных звездных скоплений // Там же.— 62, вып. 6.— С. 1065—1072.
9. Данилов В. М., Селезнев А. Ф., Орехова Л. К. и др. Интегральные характеристики 22 рассеянных звездных скоплений, полученные из звездных подсчетов // Астрон. циркуляр.— 1985.— № 1365.— С. 1—4.
10. Кутузов С. А., Осипков Л. П. Методы расчета галактических орбит звездных скоплений // Движения искусственных и естественных небесных тел.— Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1981.— С. 46—62.
11. Мартынов Д. Я. Курс практической астрофизики.— М.: Наука, 1977.—544 с.
12. Пискунов А. Э. Каталог масс и возрастов звезд в 68 рассеянных скоплениях.— М.: Изд-во АН СССР, 1977.—295 с.
13. Расторгуев А. С. Динамические различия между двумя группами шаровых скоплений // Астрон. циркуляр.— 1979.— № 1053.— С. 3—6.
14. Сурдин В. Г. Приливное разрушение шаровых скоплений в Галактике // Астрон. журн.— 1979.—56, вып. 6.— С. 1149—1157.
15. Холопов П. Н. Звездные скопления.— М.: Наука, 1981.—480 с.
16. Чандрасекар С. Принципы звездной динамики.— М.: Изд-во иностр. лит., 1948.— 260 с.
17. Arp H. C., Hartwick F. D. A. A photometric study of the metal-rich globular cluster M 71 // *Astrophys. J.*— 1971.—167, N 3.— P. 499—509.
18. Barbon R., Hassan S. M. A study of the open cluster NGC 1778 // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*— 1973.—10, N 1.— P. 1—10.
19. Blitz L., Fich M., Stark A. A. Catalogue of CO radial velocities toward galactic H II regions // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*— 1982.—49, N 2.— P. 183—206.
20. Brosche P., Lentes F.-T. The manifold of globular clusters // *Astron. and Astrophys.*— 1984.—139, N 2.— P. 474—476.
21. Claria J. J. *UBV* and H_{α} photometry of the galactic cluster NGC 2343 // *Astron. J.*— 1972.—77, N 10.— P. 868—874.
22. Da Costa G. S. The structure and stellar content of globular clusters. 2. Star counts and main sequence luminosity functions for 47 Tuc, NGC 6397, and NGC 6752 // *Ibid.*— 1982.—87, N 7.— P. 990—1011.
23. Djorgovski S., King I. R. Surface photometry in cores of globular clusters // *Astrophys. J.*— 1984.—277, N 2.— P. L49—L52.
24. Götz W. Some considerations concerning the evolution in extremely young clusters // *Stellar physics and evolution: 6 Subcommission Symp. The role of star clusters in cosmogony and in the study of galactic structure.* Budapest, 12—14 Sept., 1977.— Budapest: Roland Eötvös Univ., 1978.— P. 79—85.
25. Hagen G. An atlas of open cluster colour-magnitude diagrams // *Publ. D. Dunlap Observ. Univ. Toronto.*— 1970.—4.— P. 1—189.
26. Hassan S. M. Three colour photometry of the five open clusters NGC 7039, NGC 7062, NGC 7067, NGC 7082, IC 1369 // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*— 1973.— 9, N 2.— P. 261—287.
27. Hassan S. M., Barbon R. A photometric study of the open cluster NGC 7031 // *Mem. Soc. Astron. Ital.*— 1973.—44, N 1.— P. 39—46.
28. Hoag A. A., Johnson H. L., Iriarte B. et al. Photometry of stars in galactic cluster fields // *Publs U. S. Nav. Observ.*— 1961.—17, part 7.— P. 343—542.
29. Janes K., Adler D. Open clusters and galactic structure // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*— 1982.—49, N 3.— P. 425—445.

30. *King I. R.* The structure of star clusters. 1. An empirical density law // *Astron. J.*—1962.—67, N 8.— P. 471—485.
31. *Lindoff U.* The open cluster NGC 559 // *Ark. astron.*—1969.—5, N 3.— P. 221—229.
32. *Marquardt D.* An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters // *J. Soc. Indust. Appl. Math.*—1963.—11, N 2.— P. 431—441.
33. *Mermilliod J.-C.* Catalogue of *UBV* photometry and MK spectral types in open clusters // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1976.—24, N 2.— P. 159—257.
34. *Moffat A. F. J., Vogt N.* Photographische *UBV*-photometrie von zehn offenen Sternhaufen in einem Milchstrassenfeld bei $l=135^\circ$ // *Ibid.*—1973.—11, N 1.— P. 3—23.
35. *Moffat A. F. J., Vogt N.* Southern open star clusters. IV. *UBV-H α* photometry of 26 clusters from Monoceros to Vela // *Ibid.*—1985.—20, N 2.— P. 85—124.
36. *Paczynski B.* Evolution of single stars. I. Stellar evolution from main sequence to white dwarf or carbon ignition // *Acta astron.*—1970.—20, N 2.— P. 47—58.
37. *Wallenquist A.* Dark matter in open clusters // *Nova acta Regiae soc. sci. upsal. Ser. V: A.*—1975.—2.—98 p.

Астрон. обсерватория
Урал. ун-та им. А. М. Горького, Свердловск

Поступила в редакцию 19.09.86,
после доработки 26.01.87