

Звездные скопления и ассоциации *Stellar clusters and associations*

Исследование структуры рассеянного скопления NGC 6939

М. Попова, А. Анто

1. Введение

Значение всестороннего изучения звездных скоплений обусловлено главным образом тем, что они являются комплексами звезд, возникших почти одновременно из материала с одинаковым химическим составом, а звезды каждого отдельного скопления находятся практически на одинаковом расстоянии от нас.

Структура рассеянных скоплений отражает их динамическую эволюцию, поэтому представляет интерес изучение и сопоставление особенностей структуры рассеянных скоплений различного возраста.

Настоящая работа является продолжением исследований структуры, формы, функции светимости и особенностей распределения звезд различной величины рассеянных скоплений, проводимых в секции астрономии БАН Поповой с сотрудниками (1972, 1973, 1975, 1976, 1980).

Скопление NGC 6939, после его открытия и наблюдения Мелотом (1915), изучалось рядом авторов, среди которых следует отметить как наиболее существенные работы Чинкарини (1963), Бархатовой, Штейнберга (1963), Артюхиной, Холопова (1965), Кеннона, Лейда (1969).

Скопление NGC 6939 (С 2030+6028) находится в созвездии Цефея. Его галактические координаты $l_{II}=93^{\circ},9$, $b_{II}=+12^{\circ},4$. Чинкарини (1969), оценивая истинный модуль скопления $(m-M)_{\odot}=10,50$, находит, что оно принадлежит к Орионовому рукаву. Для возраста он получил оценку $5 \cdot 10^8$ лет. Кеннон, Лейд (1969) отмечают на диаграмме цвет—величина скопления наличие концентрации красных гигантов. Известно также, что среди его членов наблюдаются яркие голубые звезды — „голубые беглецы“.

Ч и н к а р и н и (1969) классифицирует NGC 6939 как класс II 1 г по Трюмплеру, а, согласно каталогу Алтера и др. (1970), его класс I 1 m. Весьма недостаточно изучены слабые члены скопления. Во всех работах рассматривались звезды ярче $16^m,5$ — 17^m . Мы использовали Паломарский атлас и впервые изучили строение, функцию светимости и концентрацию звезд различных масс относительно центра скопления на основе звездных подсчетов до 21-й величины.

2. Метод фотометрирования и звездных подсчетов

В области скопления NGC 6939 были фотометрированы на карте O-539 Паломарского атласа 9670 звезд. В работе Поповой, Цветкова (1973) были анализированы возможности использования Паломарского атласа для фотометрирования звезд. Было показано, что по измерениям окулярным микрометром изображений звезд на синих репродукциях Паломарского атласа *B*-величины звезд можно определить с точностью $\pm 0^m,13$ в интервале звездных величин $12,0$ — $20,0$.

Построение калибровочных зависимостей звездная величина *B* — диаметр изображения, используя O-репродукции Паломарского атласа, основывается на совпадении кривой спектральной чувствительности величины B_p на этих репродукциях и кривой спектральной чувствительности для *B*-величин в системе *UBV*. Это дает возможность использования фотометрических стандартов в *UBV*-системе.

На основе фотометрических стандартов, включающих и слабые звезды, была исследована зависимость звездная величина — диаметр звездного изображения для различных репродукций Паломарского атласа. Было установлено, что в свободных от виньетирования областях различных репродукций атласа проявляются только некоторые различия нульпунктов. Это дает возможность, когда на данной репродукции атласа нет стандарта до граничной звездной величины, продолжить калибровку для более слабых звезд, используя среднюю калибровочную зависимость до граничных величин, полученную по другим O-репродукциям, на которых имеются и слабые стандарты.

Калибровочная зависимость на репродукции O-593 была определена на основе фотометрического стандарта Ч и н к а р и н и (1963), содержащего 42 звезды до $16,5$ величины. Для ее продолжения до граничной звездной величины была использована средняя калибровочная зависимость $B = 0,038D^2 - 1,475D + 21,881$ (*B* — звездные величины в системе Джонсона, *D* — диаметр изображения), полученная для интервала *B* величин $11^m,5$ — $20^m,0$ на основе калибровочных зависимостей, построенных по стандартам в NGC 188, M 67 и M 3.

Измерения диаметров звездных изображений проводились с помощью бинокулярного микроскопа МВС-2 с окулярной шкалой, используя увеличение $32\times$. Фотометрированы были звезды на расстоянии до 25 m ($28'$) от центра скопления, имеющие звездную величину до $B = 20$. До $B = 21$ были проведены только подсчеты, так как в этом интервале возможны значительные ошибки в определении звездных величин из-за неточностей в измерениях диаметров звездных изображений.

Для определения центра скопления была использована квадратная матрица видимых плотностей (звезды на mm^2), полученная на основе предварительных звездных подсчетов до 21-й звездной величины в области ядра с размерами $16,8 \times 16,8$ угловых минут. Центр, определенный нами, совпал

со звездой № 7 в работе Бархатовой, Штейнберг (1963), принятой ими в качестве центра скопления по подсчетам звезд до 16,5-й звездной величины. Звездные подсчеты проводились в концентрических зонах шириной 1 мп, вокруг центра скопления, в перекрывающихся 60° секторах (0°—60°, 30°—90° и т. д.).

3. Строение NGC 6939

На основе звездных подсчетов была построена кривая радиального распределения видимой звездной плотности $F(r)$ — число звезд на квадратную угловую минуту, для всех звезд в области до 28' от центра скопления. Она представлена на рис. 1. Учтены ошибки интервала. Вертикальными черточ-

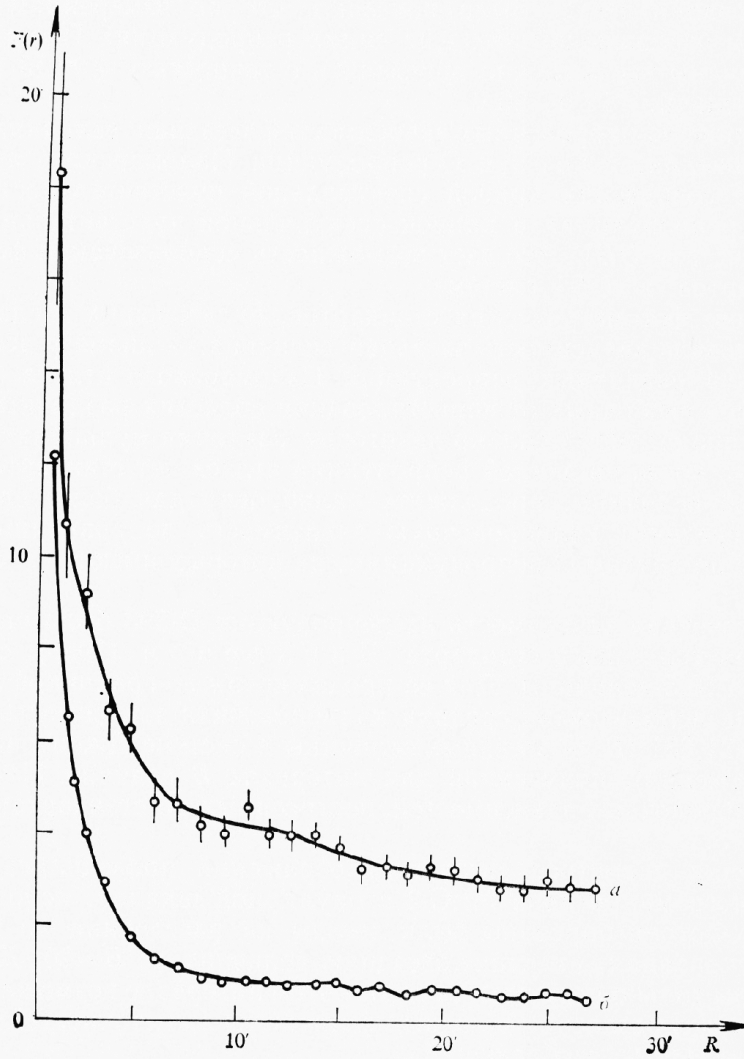


Рис. 1. Радиальное распределение видимой звездной плотности скопления NGC 6939:

a — для звезд до $B=21^m$;

б — для звезд до $B=16^m.5$

ками нанесены статистические отклонения плотностей от средних величин:

$$\Delta F = \pm \frac{F}{\sqrt{n}}$$

(n — число звезд в площадке, в которой вычислена видимая плотность)

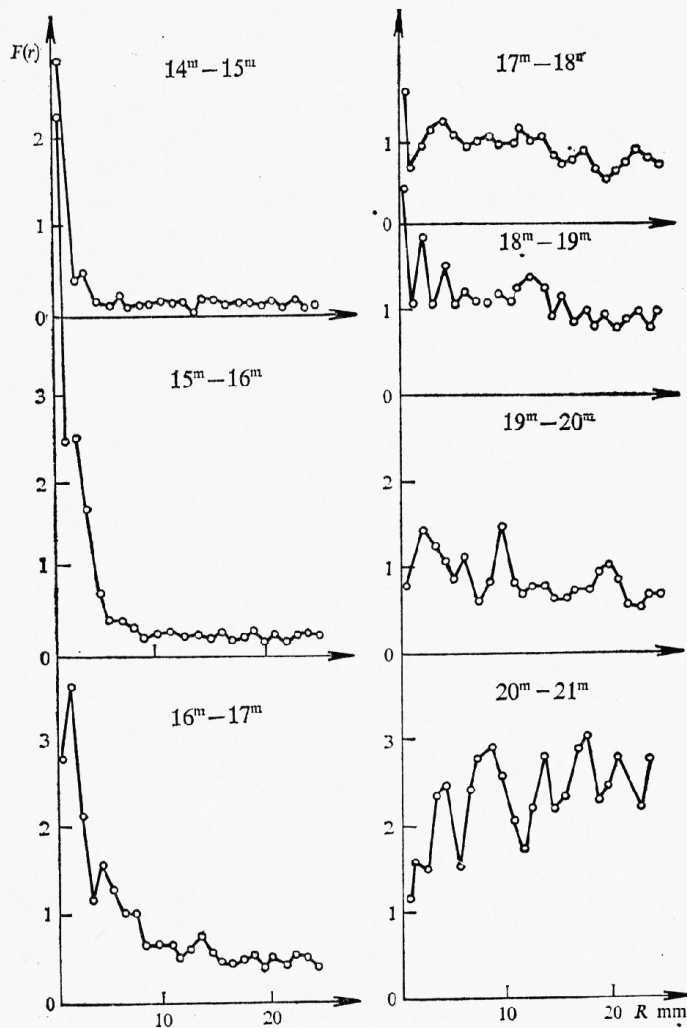


Рис. 2. Радиальное распределение видимой звездной плотности в скоплении NGC 6939 в единичных величинных интервалах от 14 до 21-й звездной величины

Для радиуса ядра скопления мы получили $r=17',5$. Область, заключенную между $R=17',5$ и $R=21'$, можно рассматривать как внутреннюю корону. По подсчетам до $B=16^m,5$ Бархатова, Штейнберг (1963) оценивают радиус ядра $r=7',5$ и радиус короны $r_1=16'$. А р т ю х и н а, Х о л о п о в (1965), проводя подсчеты до $B=16^m,6$, принимают $16'$ за радиус ядра. Результаты обоих упомянутых работ существенно различаются, несмотря на то, что граничные величины, до которых проводились подсчеты, почти одинаковы. Для выяснения этих различий на рис. 1 мы представили радиальное распределение видимой звездной плотности для звезд до

$B=16^m,5$, по нашим подсчетам. По-видимому, оценка радиуса ядра, произведенная Бархатовой и Штейнбергом, занижена.

Принимая во внимание градиент звездной плотности и численность звезд в ядре, мы пришли к выводу, что есть основания классифицировать скопление NGC 6939 как класс I 1 г по Трэмплеру.

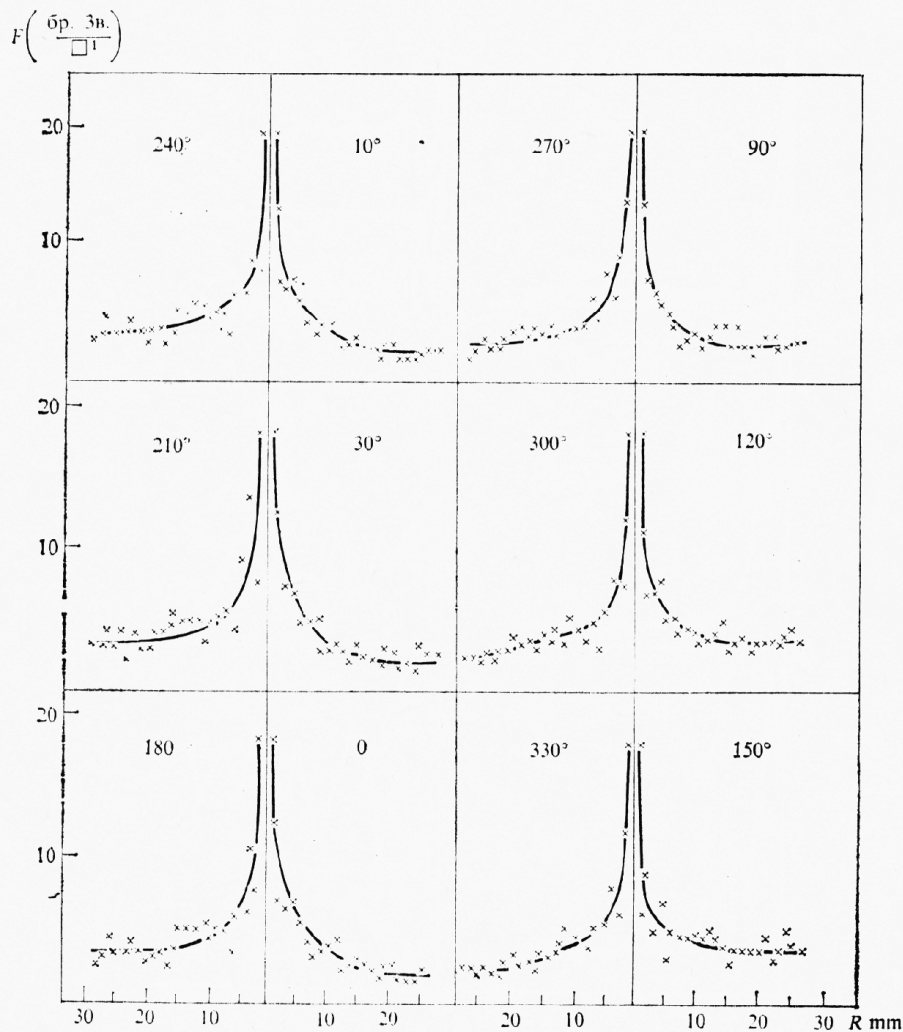


Рис. 3. Кривые одинаковой видимой звездной плотности до $B=20^m$ для секторов с различными позиционными углами

На рис. 2 представлены радиальные распределения видимой плотности звезд в единичных величинных интервалах, начиная с 14 и кончая граничной звездной величиной Паломарского атласа. Особенности распределения звезд различных светимостей в скоплении NGC 6939 аналогичны полученным Поповой (1975) для M67 и Поповой, Цветковой (1980) — чем ярче звезды, тем больше их концентрация к центру скопления.

На рис. 3 представлены кривые одинаковой видимой звездной плотности до 20-й звездной величины для секторов с различными позиционными углами. На рис. 4 (а, б, в) приведены диаграммы одинаковой звездной плотнос-

ти для звезд в интервале B величин 14—17, 17—20 и 10—20. Форма скопления имеет сферическую симметрию с некоторыми отклонениями от нее в граничных областях. Центр скопления, определенный по предварительным подсчетам до 21-й звездной величины, соответствует реальному центру.

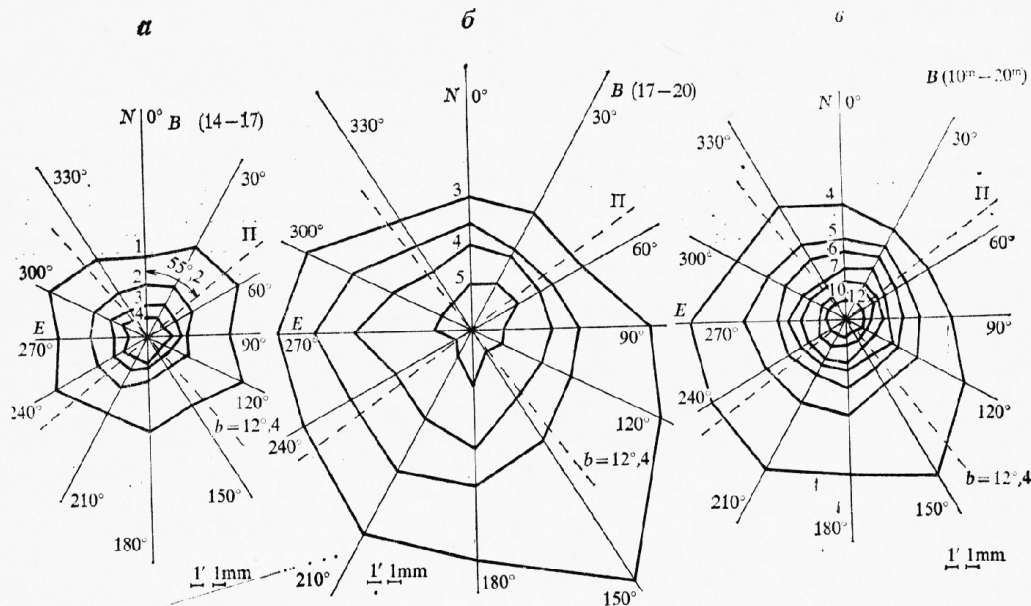


Рис. 4. Диаграммы одинаковой звездной плотности для звезд различных интервалов звездных величин

4. Функция светимости скопления NGC 6939

На рис. 5 плотной линией представлена построенная на основе фотометрии и подсчетов звезд функция светимости в исследуемой области скопления до $B=20^m,5$. Фон вычитался статистически — по подсчетам звезд различных величин вокруг скопления вне границ его короны. Число звезд увеличивается при переходе к более слабым звездам, с заметным спадом около $B=19^m$. Интересно сравнить полученную нами функцию светимости с функцией светимости для членов скопления, выделенных по собственным движениям. Мы использовали для ее построения фотографические звездные величины до $B \approx 15^m$, определенные Кенноном, Лейдом (1969) для членов скопления по собственным движениям, выделенных Кенноном, Перселом

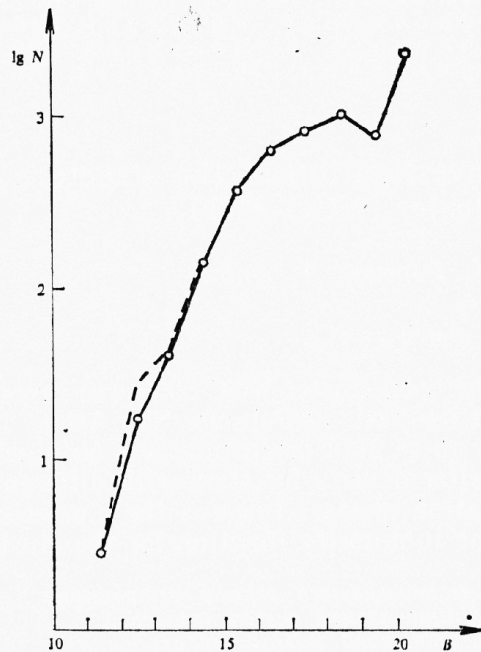


Рис. 5. Функция светимости скопления NGC 6939. Плотная линия — по Паломарскому атласу, пунктирная — по данным Кеннона и Лейда (1970)

(1970). На рис. 4 функция светимости членов скопления представлена пунктиром. Совпадение в целом хорошее, более существенные расхождения заметны около 12^m .

5. Заключение

На основе звездных подсчетов и фотометрии по О-репродукциям Палсмарского атласа получено радиальное распределение видимой плотности звезд различных величин в скоплении NGC 6939 и определен радиус ядра $r=17',5$. Получены изоденсы для звезд в различных интервалах звездных величин, исследованы строение и форма скопления. Впервые построена функция светимости скопления до $20^m,5$. Показано, что более яркие звезды в большей степени концентрируются к центру скопления.

Л и т е р а т у р а

- Алтер, Рупрехт, Ванисек (Alter, G., J. Ruprecht, V. Vanisek). 1970. Catalogue of Star Clusters and Associations, Prague.
- Артюхина, Н. М., П. Н. Холопов. 1965. Сообщ. ГАИШ, 124—143, 1.
- Бархатова, К. А., М. К. Штейнберг. 1963. Урал. унив., 1, 14.
- Кеннон, Лейд (Саппон, R. D., С. L a y d). 1969. MNRAS, 144, 449.
- Кеннон, Перселл (Саппон, R. D., A. G. Purcell). 1970. ROB, 158.
- Мелот (Melotte, R. L.). 1915. Mem. R. A. S., 60, 186.
- Попова, М. Д. 1972. Изв. секц. астр. БАН, 5, 67.
- Попова, М. Д. 1975. Астрофиз. иссл., 1, 74.
- Попова, М., М. Цветков. 1973. Изв. секц. астр. БАН, 6, 31.
- Попова, М., М. Цветков. 1973. Изв. секц. астр. БАН, 6, 47.
- Попова, М., Г. Роголски. Публ. III Нац. конф. мл. физ., 18.
- Попова, М., К. Цветкова. 1980. Астрофиз. иссл., 3, 57.
- Чинкарини (Chincagini, G.). 1963. Asiago Contr., 138, 13.

Investigation of the structure of the open cluster NGC 6939

M. Popova, A. Antov

(S u m m a r y)

The open cluster NGC 6939 was investigated using star counts and photometry on the basis of Palomar Sky Atlas. The distribution of the surface star density up to 21th magnitude was obtained. The analyses of the distribution of the stellar density for stars with different magnitudes has shown that the concentration of stars towards the cluster's center rises with the mass of the stars. The luminosity function for the cluster up to 21th magnitude is derived.

*Самостоятельный сектор астрономии
с Национальной астрономической
обсерваторией Болгарской академии
наук*

Поступила 3. II. 1977 г.