

Результаты моделирования на ЭВМ кривых блеска короткопериодических цефеид в шаровых скоплениях M3, M5, ω Cen и NGC 3201

Т. С. Башарина, Е. Д. Павловская, А. А. Филиппова

Показано, что кривые блеска короткопериодических цефеид типов a и b с периодами больше 0.4^d в шаровых скоплениях M3, M5 и NGC 3201 можно рассматривать как отдельные реализации одного и того же гауссовского случайного процесса (рассматриваются отклонения индивидуальных кривых от их среднего арифметического). Кривые блеска короткопериодических цефеид в скоплении ω Cen носят, по-видимому, индивидуальный характер, и комплекс этих звезд нецелесообразно изучать статистически. Для статистического анализа кривых блеска этих звезд необходимо иметь критерий, позволяющий выделить однородную группу объектов.

The Results of Modelling the Light Curves of the RR Lyrae Type Variables in the Globular Clusters M3, M5, ω Cen, NGC 3201 by Means of the Electronic Computer

by T. S. Basharina, E. D. Pavlovskaja, A. A. Filippova

The shortperiodic variables type a and b with the period $P > 0.4^d$ in the globular clusters M3, M5 ω Cen, NGC 3201 are investigated by statistical method. It is shown that the light curves of these stars in clusters M3, M5, NGC 3201 can be considered as realisations of some random process. But in globular cluster ω Cen the light curves of shortperiodic cepheids have the individual features. There is need to find some criterion for the selection of the homogeneous group among these stars.

Данная работа представляет собой продолжение работы Башариной, Павловской, Филипповой (1972), в которой был изложен метод моделирования на ЭВМ кривых блеска короткопериодических цефеид в шаровых скоплениях. Этот метод был применен к одному скоплению M5 и показана возможность моделирования процесса изменения блеска короткопериодических цефеид в этом скоплении. В настоящей работе метод применяется к объемам, принадлежащим четырем шаровым скоплениям: M3, M5, ω Cen и NGC 3201, а затем проводится сравнение результатов, полученных для этих четырех скоплений по достаточно большому числу выборов.

Будем предполагать, так же, как и в работе, указанной выше, что процесс изменения блеска всех короткопериодических цефеид типов a и b с периодами больше 0.4^d в каждом скоплении является нормаль-

ным случайным процессом (при этом рассматриваются только отклонения индивидуальных кривых блеска от их среднего арифметического). Этот случайный процесс описывается корреляционной матрицей 21-го порядка т. к. каждая кривая блеска характеризовалась нами 21 случайной величиной: периодом изменения блеска P и значениями блеска в 20 точках, равномерно распределенных по всей кривой с интервалом 0^m05 . Аргументы всех кривых блеска брались в долях периода. Большой интерес представляет изучение корреляций между характеристиками исходных кривых блеска и аналогичных корреляций для реализаций, смоделированных на ЭВМ. Сравнение полученных оценок коэффициентов корреляции между собой позволяет судить о том, насколько хорошо удается моделирование процесса изменения блеска в том или ином скоплении. В качестве характеристик кривых блеска рассматривались следующие величины: период изменения блеска P , амплитуда изменения блеска A , медианная величина

$m_{med} = \frac{m_{med} + m_{min}}{2}$, величина $\gamma = \bar{m} - m_{med}$, где $\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i$, величина

$\xi = m_{0.5P} - m_{med}$, где $m_{0.5P}$ — это звездная величина, при которой разность фаз на нисходящей и восходящей ветви кривой блеска равна 0^m05 . Все эти величины рассматривались и в работе (Баширина, Павловская, Филиппова, 1972).

При выборе скоплений особое внимание обращалось на однородность наблюдательного материала. Кроме того, в скоплении должно быть достаточно большое число звезд (больше 50) указанного типа для того, чтобы можно было надежно определить элементы корреляционной матрицы 21 порядка. Этим условиям, по нашему мнению, удовлетворяют четыре шаровых скопления. Исходные данные взяты из следующих работ: ω Сеп (Мартин, 1938), МЗ (Гринштейн, 1935), М5 (Оостерхофф, 1941), NGC 3201 (Райт, 1941). На основании этих данных нами вычислены оценки коэффициентов корреляции между величинами P, A, m, γ, ξ , которые приведены в столбцах 3–12 таблицы 1.

Таблица 1

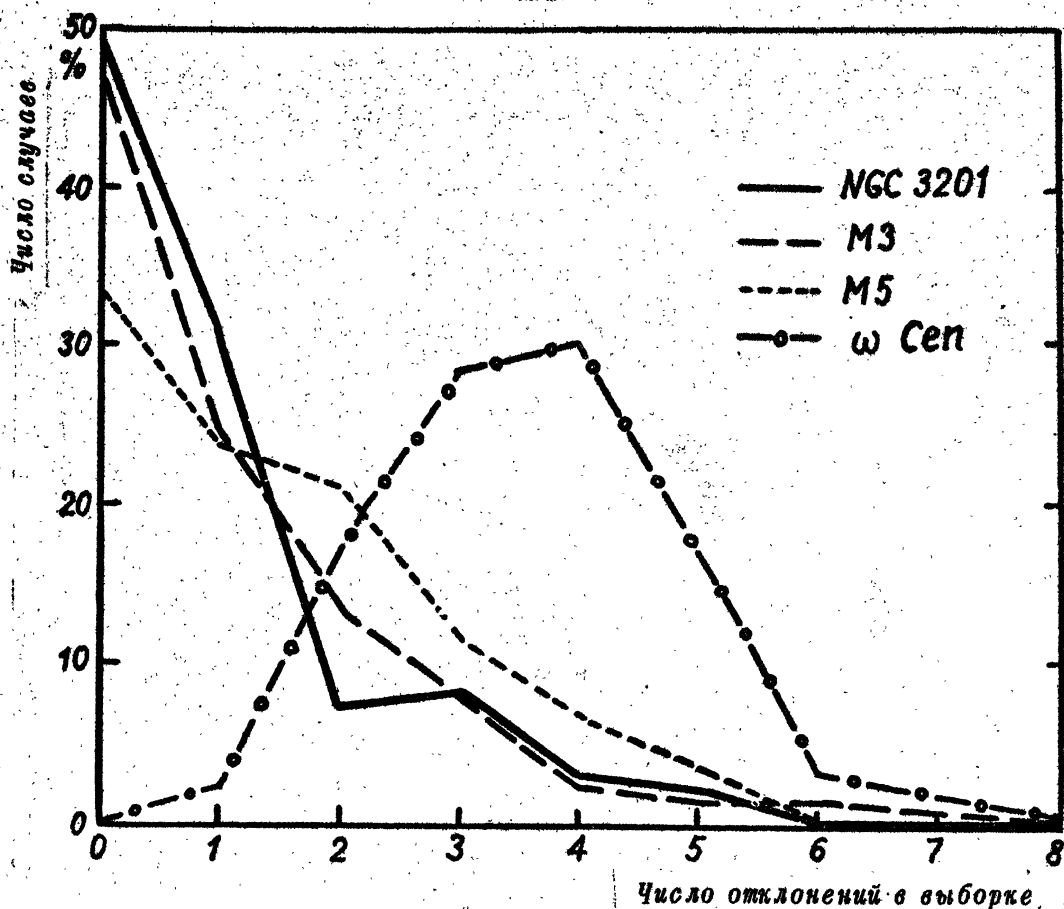
Скопление n	ρ_{AP}	ρ_{Pm}	ρ_{Py}	$\rho_{P\xi}$	ρ_{Am}	ρ_{Ay}	$\rho_{A\xi}$	$\rho_{m,y}$	$\rho_{m,\xi}$	$\rho_{y,\xi}$	
ω Cen	75	-0.66	-0.10	-0.83	-0.83	0.08	0.89	0.96	-0.04	-0.02	0.98
M3	73	-0.67	0.31	-0.57	-0.56	-0.60	0.81	0.81	-0.57	-0.69	0.87
M5	62	-0.47	-0.08	-0.60	-0.62	-0.27	0.82	0.86	-0.21	-0.25	0.96
NGC 3201	55	-0.73	0.41	-0.62	-0.65	-0.46	0.79	0.77	-0.58	-0.56	0.93

Для приведенных в этой таблице оценок коэффициентов корреляции были вычислены доверительные границы с 5% уровнем значимости. Для каждого из четырех скоплений было получено по 120 выборок. Объем каждой выборки равен числу звезд, использованных нами в данном скоплении. Затем для каждой выборки подсчитывался % числа случаев значимого отклонения оценок коэффициентов корреляции от соответствующих значений коэффициентов корреляции в исходной совокупности. Результаты приведены в таблице 2, столбцы 1, 3, 5 и 7.

Таблица 2
 ω Cen

скопление	NGC 3201		M3		M5		ω Cen	
число откл.	1	2	3	4	5	6	7	8
0	49.0%	—	47.2%	60%	33.3%	60%	0.0%	70%
1	30.2	—	24.8	10	23.7	25	2.5	15
2	7.3	—	13.6	20	21.1	5	16.7	10
3	8.3	—	8.0	5	11.4	10	28.3	5
4	3.1	—	2.4	0	7.0	0	30.0	0
5	2.1	—	1.6	5	3.5	0	16.7	0
6	0.0	—	1.6	0	0.0	0	3.3	0
7	0.0	—	0.8	0	0.0	0	1.7	0
8	0.0	—	0.0	0	0.0	0	0.8	0

Результаты таблицы 2 представлены графически на рис. 1. Легко видеть, что лучше всего моделируется процесс изменения блеска короткопериодических цефеид в скоплениях NGC 3201 и M3, несколько хуже в скоплении M5. Скопление ω Cen резко отличается от этих трех скоплений: процесс изменения блеска короткопериодических цефеид в этом скоплении моделируется плохо. Большинство выборок имеет 3–4 значимых отклонения. Повидимому, для этого скопления не выполняются основные предположения данной работы, т. е. процесс изменения блеска не является случайным гауссовским процессом. При моделировании кривых блеска на ЭВМ были введены следующие предположения:

Рис. 1.
333

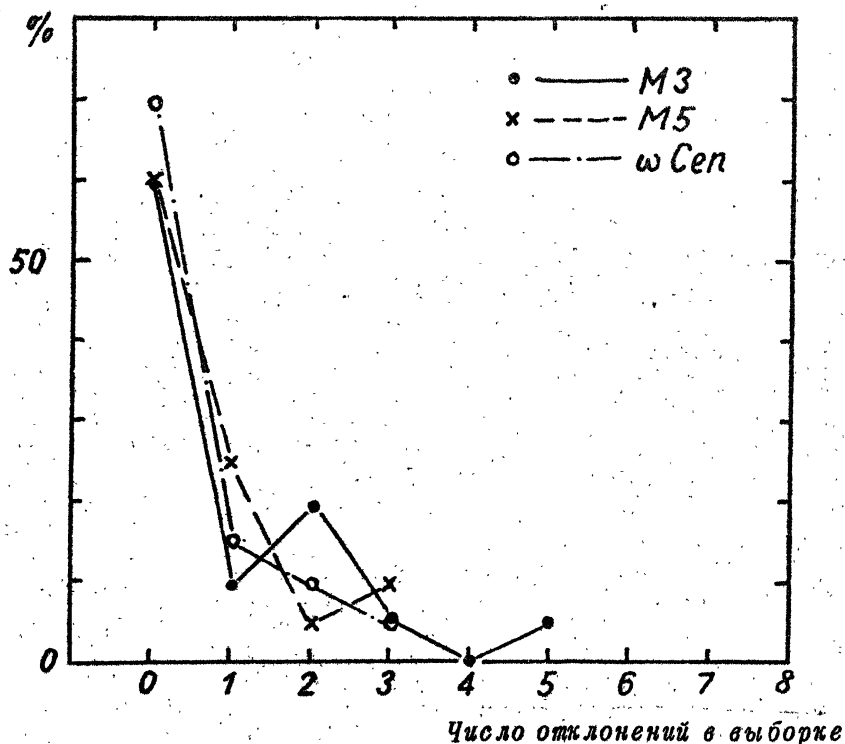


Рис.2.

1) Для каждого скопления совокупность значений блеска звезды, взятых в 20 точках, и период изменения блеска образуют 21-мерную случайную величину.

2) Эта случайная величина распределена по нормальному закону.

Предположение 2, по-видимому, не выполняется в действительности, т. к. даже одномерные распределения, т. е. распределения периодов или звездных величин на одной и той же фазе изменения блеска, лишь приблизительно согласуются с нормальным законом.

Заметим также, что в природе может не выполняться и предположение 1. Наконец, объемы исходных совокупностей, по которым определялись статистические характеристики кривых блеска, весьма ограничены, что сказывается на результатах моделирования. Для того, чтобы оценить влияние на результаты моделирования ограниченности объема исходной совокупности, естественно провести моделирование по исходной совокупности того же объема, для которой выполнены предположения 1 и 2. Такой совокупностью является любая из полученных нами выборок, которые в дальнейшем будут называться первичными выборками. Принимая любую первичную выборку за исходную совокупность, можно аналогично предыдущему получить с помощью моделирования на ЭВМ новые выборки, которые будем называть вторичными выборками. Для трех скоплений: M3, M5 и ω Cen было получено по 10 вторичных выборок для каждой из двух произвольных первичных выборок. Объемы вторичных выборок равны объемам исходных совокупностей для каждого скопления. Вторичные выборки бы-

ли обработаны совершенно также, как и первичные выборки. Результаты приведены в таблице 2, столбцы 4, 6, 8. Результаты, полученные на основании вторичных выборок, графически изображены на рис. 2. Легко видеть, что для всех трех скоплений вторичные выборки моделируются одинаково хорошо.

Сравнение результатов моделирования первичных и вторичных выборок показывает, что в отношении кривых блеска короткопериодических цефеид в скоплениях М3 и М5 наши предположения 1 и 2, о которых говорилось выше, выполняются достаточно хорошо. Поскольку результаты моделирования процесса изменения блеска цефеид в скоплении NGC 3201 получились такие же, как и в скоплении М3, то можно считать, что в этом скоплении также выполняются предположения 1 и 2. Для скопления ω Cep эти предположения, по-видимому, не выполняются.

Результаты, полученные в настоящей работе, позволяют сделать следующие выводы:

1) Кривые блеска короткопериодических цефеид в шаровых скоплениях NGC 3201, М3 и М5 можно рассматривать как отдельные реализации гауссовского случайного процесса. Этот случайный процесс можно описать корреляционной матрицей, на основании которой производилось моделирование. С помощью моделирования на ЭВМ можно получить любое необходимое число реализаций кривых блеска короткопериодических цефеид в этих скоплениях и изучать эти кривые статистически.

2) Кривые блеска короткопериодических цефеид в шаровом скоплении ω Cep нельзя рассматривать как реализации одного и того же гауссовского случайного процесса. Кривые блеска, по-видимому, имеют индивидуальный характер, и их нецелесообразно изучать статистически до тех пор, пока не будет найден некоторый критерий, позволяющий выделить в этом скоплении физически однородную группу короткопериодических цефеид, для которой будут выполняться предположения 1 и 2 настоящей работы.

Литература:

- Башарина Т.С., Павловская Е.Д., Филиппова А.А., 1972, ПЗ 18, № 4.
 Гринштейн, 1935 — Greenstein J. L., AN 257, № 6163—64.
 Мартин, 1938 — Martin W. C., Leid. Ann 17, № 2.
 Райт, 1941 — Wright F., HB № 915.
 Оостерхофф, 1941 — Oosterhoff P., Leid. Ann. 17, № 4.

Гос. астрономический ин-т
 им. П.К. Штернберга

Московский институт
 электронного машиностроения.

Поступила в редакцию

11 июня 1975 г.