

Об изменениях периодов некоторых цефеид
В.М. Григоревский, В.Д. Мотрич

В работе обсуждаются изменения периодов четырех цефеид типа I_s (по классификации Ефремова (1968)) или C_ζ (по классификации Макаренко (1968)). Показано, что для этих звезд представление $O-C$ диаграмм параболой по меньшей мере столь же вероятно, как и представление их ломаной линией. Показано также, что зависимость $|\frac{1}{P} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta E}| - P$ в случае параболы сохраняется в виде зависимости $|\frac{q}{P}| - P$. Обработка наблюдений исследованных звезд велась методом Герцшпрунга на ЭВМ.

On Period Variations of Some Cepheids
by V.M. Grigorevsky, V.D. Motrich

The period variations of four I_s -type cepheids (in the sense of Efremov's (1968) classification) are discussed in the paper. It is shown for these stars that $O-C$ -diagram representation by a parabola is at least as likely as its representation by a broken line. It is also shown that the $|\frac{1}{P} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta E}| - P$ relation in the case of a parabola representation is transformed into the $|\frac{q}{P}| - P$ relation. The observations have been reduced by the Herzprung method with the electronic computer.

Разработанные для ЭВМ алгоритмы и программа метода Герцшпрунга (Григоревский и др., 1973, настоящий выпуск ПЗ) применены к исследованию изменения периодов трех цефеид, которые по классификации Е.Н. Макаренко (1968) относятся к типу C_ζ : ζ Gem, SZ Cas, X Lac. Последние две звезды являются цефеидами плоской составляющей, принадлежащими к "горизонтальной последовательности" — тип I_s по классификации Ю.Н. Ефремова (1968). Их признаки: почти симметричная ($m-M=0.35-0.5$) гладкая кривая изменения блеска, близкая к синусоиде; малые амплитуды ($< 0.7^m$ в системе В), т.е. эти звезды являются как бы аналогом звезд типа RRc.

Ниже приводятся результаты машинной обработки наблюдений указанных звезд.

ζ Gem

Для обработки была получена стандартная кривая (табл. 1) по наблюдениям М.С.Зверева (1936). Результаты вычислений приведены в таблице 2, а в таблице 3 использованные нами моменты максимумов, взятые из сводки Нильсена (1930) (из литературы моменты брались лишь в том случае, если сами наблюдения оказывались недоступными и повторить их, например, по фотопластинкам, нельзя; во всех остальных случаях моменты переопределялись авторами заново).

Уклонения считались от элементов из ОКПЗ, 1969:

$$\text{Max} = \text{J.D.}2434416.^{\text{d}}78 + 10.^{\text{d}}15082 \text{ E}$$

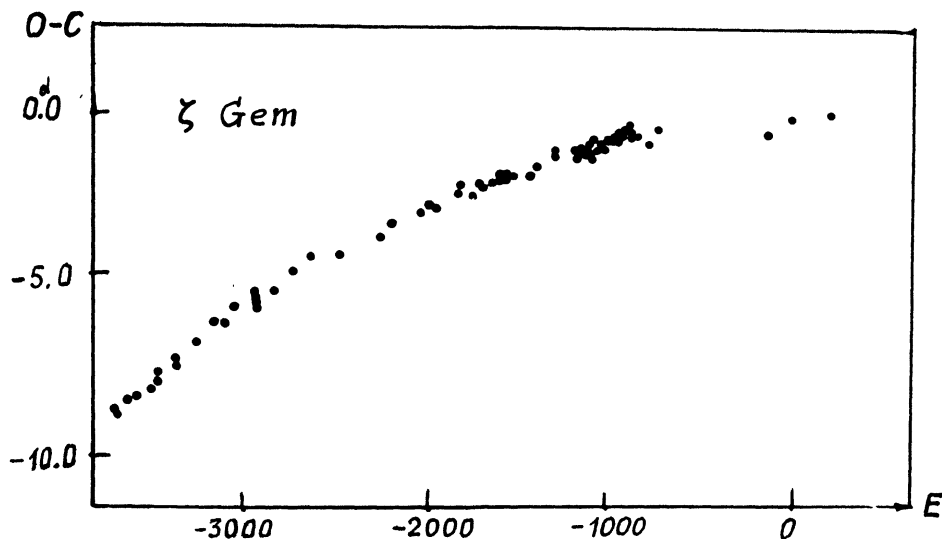


Рис. 1

Уклонения от этих элементов приведены на рис. 1. O-C-диаграмма аппроксимировалась параболой:

$$\text{Max} = \text{J.D.}2434416.219 + 10.^{\text{d}}15094 \cdot \text{E} - 0.000000544 \cdot \text{E}^2$$

и сериями прямых:

$$\text{Max} = \text{J.D.}2434423.^{\text{d}}977 + 10.^{\text{d}}155074 \cdot \text{E} \quad \text{E} < -3000$$

$$\text{Max} = \text{J.D.}2434419.^{\text{d}}496 + 10.^{\text{d}}153636 \cdot \text{E} \quad -3000 < \text{E} < -2000$$

$$\text{Max} = \text{J.D.}2434417.398 + 10.152573 \cdot \text{E} \quad -2000 < \text{E} < -900$$

$$\text{Max} = \text{J.D.}2434416.284 + 10.151278 \cdot \text{E} \quad \text{E} < -900$$

Уклонения от параболы и от ломаной (серии прямых) приведены на рис. 2. Здесь, как и всюду в дальнейшем, точки соответствуют моментам, полученным авторами (в данном случае, табл. 2), а кружки — моментам, взятым из литературы (табл. 3).

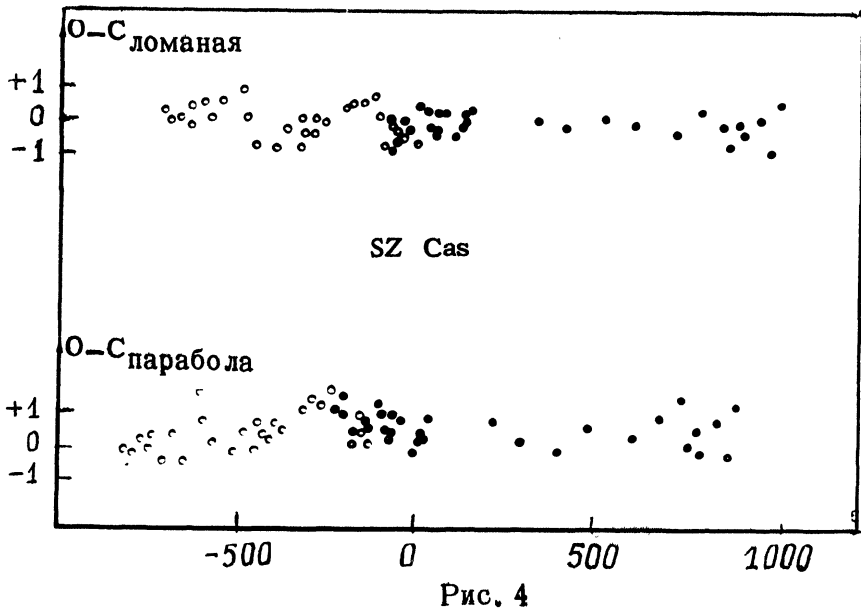
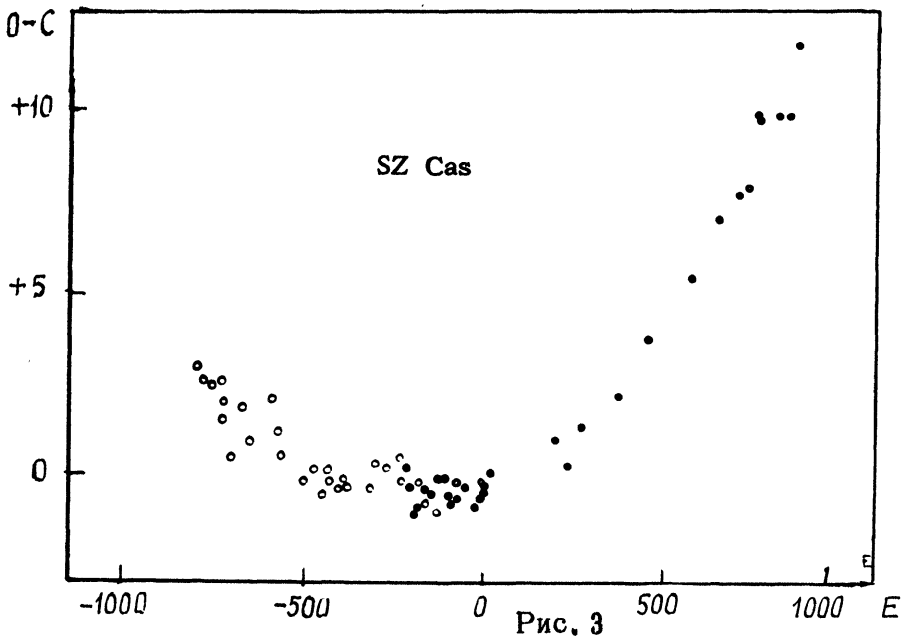
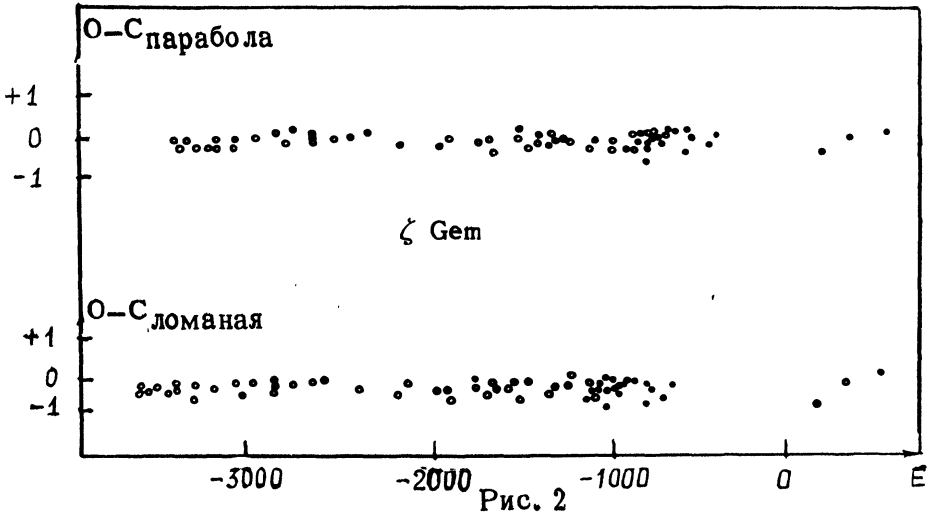


Таблица 1

Стандартная кривая ζ Gem

	0 ^p .00	0 ^p .01	0 ^p .02	0 ^p .03	0 ^p .04	0 ^p .05	0 ^p .06	0 ^p .07	0 ^p .08	0 ^p .09
0 ^p .0	0 ^m .96	0 ^m .94	0 ^m .93	0 ^m .94	0 ^m .95	0 ^m .95	0 ^m .95	0 ^m .90	1 ^m .01	0 ^m .90
0.1	0.95	0.99	0.99	0.98	0.96	1.05	0.91	1.00	1.00	1.01
0.2	1.02	1.06	1.12	1.26	1.17	1.07	1.05	1.07	1.07	1.07
0.3	1.13	1.13	1.08	1.13	1.23	1.21	1.14	1.19	1.23	1.20
0.4	1.19	1.16	1.20	1.20	1.21	1.21	1.20	1.20	1.19	1.22
0.5	1.29	1.13	1.20	1.21	1.24	1.23	1.21	1.24	1.24	1.06
0.6	1.27	1.25	1.17	1.15	1.15	1.20	1.20	1.21	1.12	1.12
0.7	1.17	1.10	1.16	0.99	1.09	1.07	1.06	1.06	0.92	1.05
0.8	1.07	1.06	1.01	0.94	1.05	1.01	0.97	1.00	0.99	0.97
0.9	0.94	1.09	0.94	0.97	1.04	0.93	0.94	0.95	0.97	0.91

Δm отсчитывалось от 3^m.00.

Таблица 2

Результаты обработки наблюдений ζ Gem

J.D. 24...	E	O-C	μ	n	Авторы	
15777.539	-1836	-2 ^d .335	0.030	11	Нейланд	(1921)
17665.647	-1650	-2.280	0.016	41	Нейланд	(1921)
18203.787	-1597	-2.133	0.014	97	Нейланд	(1921)
18711.448	-1547	-2.013	0.017	50	Нейланд	(1921)
21990.410	-1224	-1.766	0.016	38	Рабе	(1923)
22620.042	-1162	-1.485	0.018	51	Рабе	(1923)
22721.678	-1152	-1.357	0.010	78	Лейнер	(1928)
22792.810	-1145	-1.281	0.018	65	Рабе	(1923)
23096.664	-1115	-1.952	0.034	18	Ботлингер	(1928)
23127.545	-1112	-1.523	0.019	48	Рабе	(1923)
23168.564	-1108	-1.107	0.014	43	Зверев	(1936)
23422.134	-1083	-1.308	0.010	23	Лейнер	(1928)
23858.563	-1040	-1.364	0.017	82	Лейнер	(1928)
23858.761	-1040	-1.166	0.021	48	Паренаго	(1938)
24285.281	- 998	-0.981	0.015	51	Лейнер	(1928)
24528.960	- 974	-0.921	0.013	55	Лейнер	(1928)
24833.507	- 944	-0.899	0.018	59	Кукаркин	(1940)
25300.510	- 898	-0.834	0.013	69	Лейнер	(1928)
25320.270	- 896	-1.375	0.027	20	Гюссов	(1930)
25665.808	- 862	-0.965	0.011	77	Зверев	(1936)
25888.830	- 840	-1.261	0.016	81	Кукаркин	(1940)
26416.754	- 788	-1.180	0.017	51	Зверев	(1936)
26985.603	- 732	-0.777	0.013	84	Флоря	(1953)
32883.076	- 151	-0.930	0.018	11	Эгген	(1951)
34426.444	+ 1	-0.487	0.017	33	Харрис	(1953)
36659.734	+ 221	-0.377	0.020	40	Азарнова	(1960)

Таблица 3

Моменты максимумов блеска ζ Gem

J.D. 23...	E	O-C	Авторы
96423.81	-3742	-8.602	Шмидт
96566.12	-3726	-8.705	Аргеландер
97134.66	-3672	-8.309	Хейс
97672.71	-3619	-8.252	Аргеландер
98454.57	-3542	-8.006	Шмидт
98769.40	-3511	-7.651	Аргеландер
98769.61	-3511	-7.641	Оудеманс
99855.95	-3404	-7.439	Аргеландер
99856.15	-3404	-7.239	Шмидт
24...			
00952.87	-3296	-6.807	Шмидт
02049.74	-3188	-6.226	Шмидт
02597.79	-3134	-6.320	Шонфельд
03146.48	-3080	-5.774	Шмидт
04243.05	-2972	-5.499	Шмидт
04242.79	-2972	-5.753	Аргеландер
04242.78	-2972	-5.763	Виннеке
04242.90	-2972	-5.883	Шонфельд
05339.49	-2864	-5.342	Шонфельд
05339.54	-2864	-5.392	Шмидт
06436.24	-2756	-4.880	Шмидт
07350.22	-2666	-4.474	Шмидт
09015.04	-2502	-4.388	Плассман
11360.45	-2271	-3.818	Плассман
11908.99	-2217	-3.422	Кнопф
13553.79	-2055	-3.115	Плассман
14102.02	-2001	-2.969	Пикеринг
14375.85	-1074	-3.211	Шварцшильд
15746.86	-1839	-2.562	Плассман
16294.89	-1765	-2.876	Стемпел
16914.36	-1724	-2.406	Ван дер Билт
17848.56	-1632	-2.082	Люизе
17939.87	-1623	-2.129	Плассман
19797.52	-1440	-2.079	Брессон
20132.75	-1407	-1.826	Плассман
20132.73	-1407	-1.806	Хорниг
21127.94	-1309	-1.417	Люйтен
21127.79	-1309	-1.587	Вогелензанг
22315.70	-1192	-1.303	Плассман
22345.77	-1189	-1.685	Гутник
22670.85	-1157	-1.431	Белленин
23097.11	-1115	-1.506	Беккер
23331.00	-1092	-1.085	Юхансон
24193.90	-1007	-1.004	Цехини

SZ Cas

Стандартная кривая (табл. 4) строилась по наблюдениям Бейера (1928). Результаты наших вычислений и моменты максимумов, взятые из литературы, приведены в табл. 5 и 6 соответственно. На рис. 3 представлены отклонения от элементов ОКПЗ-3:

$$\text{Max} = \text{J.D.}2426650.^{\text{d}}20 + 13.^{\text{d}}6072 \cdot E$$

На рис. 4 представлены О-С от параболы:

$$\text{Max} = \text{J.D.}2426650.111 + 13.^{\text{d}}611485 \cdot E + 0.000011076 \cdot E^2$$

и серии прямых

$$\begin{array}{ll} \text{Max} = \text{J.D.}2426647.^{\text{d}}495 + 13.^{\text{d}}600539 \cdot E & E < -350 \\ \text{Max} = \text{J.D.}2426649.795 + 13.606448 \cdot E & -350 < E < 0 \\ \text{Max} = \text{J.D.}2426650.024 + 13.614012 \cdot E & 0 < E < 400 \\ \text{Max} = \text{J.D.}2426646.584 + 13.623980 \cdot E & 400 < E < 700 \\ \text{Max} = \text{J.D.}2426643.435 + 13.628818 \cdot E & E > 700 \end{array}$$

Таблица 4

Стандартная кривая SZ Cas										
	0 ^p 00	0 ^p 01	0 ^p 02	0 ^p 03	0 ^p 04	0 ^p 05	0 ^p 06	0 ^p 07	0 ^p 08	0 ^p 09
0 ^p 0	0 ^m 65	0 ^m 68	0 ^m 60	0 ^m 68	0 ^m 67	0 ^m 68	0 ^m 68	0 ^m 67	0 ^m 68	0 ^m 60
0.1	0.68	0.76	0.74	1.00	0.87	0.74	0.80	0.76	0.78	0.81
0.2	0.83	0.77	0.78	0.88	0.92	0.89	0.86	0.84	0.97	0.86
0.3	1.03	0.96	0.74	0.76	0.79	0.81	0.84	0.86	1.03	0.97
0.4	0.92	0.86	0.99	0.86	0.90	0.95	0.99	1.00	1.02	1.04
0.5	1.02	1.01	1.01	0.96	0.92	1.02	1.04	1.03	1.07	1.03
0.6	1.00	0.98	1.01	1.04	1.02	1.11	1.05	1.07	1.06	1.04
0.7	1.02	0.94	1.09	0.80	0.95	1.01	1.07	0.99	0.83	0.84
0.8	0.86	0.89	0.84	0.80	0.92	0.86	0.83	0.76	0.68	0.68
0.9	0.71	0.74	0.71	0.68	0.77	0.86	0.76	0.65	0.60	0.70

Δm отсчитывалось от 9.^m00.

Таблица 5

Результаты обработки наблюдений SZ Cas

J.D. 24...	E	O-C	μ	n	Авторы	
23725.011	-215	+0.359	0.035	48	Бейер	(1928)
23874.146	-204	-0.185	0.037	32	"	
24036.660	-192	-0.958	0.042	41	"	
24200.130	-180	-0.774	0.022	29	"	
24418.368	-164	-0.251	0.022	37	"	
24635.850	-148	-0.484	0.022	24	"	
25126.290	-112	+0.096	0.024	43	"	
25235.079	-104	+0.028	0.048	20	"	
25370.689	- 94	-0.434	0.033	20	"	
25492.955	- 85	-0.633	0.044	17	"	

Таблица 5
(продолжение)

J.D. 24...	E	O-C	μ	n	Авторы	
25533.854	- 82	-0.555	0.035	26	Бейер	(1928)
25643.240	- 74	-0.027	0.027	25	"	
25928.913	- 53	-0.105	0.033	33	Кукаркин	(1940)
26363.651	- 21	-0.798	0.027	40	"	
26554.490	- 7	-0.459	0.031	35	Дунст	(1935)
26649.958	0	-0.242	0.028	37	"	
26649.969	0	-0.331	0.040	26	Кукаркин	(1940)
26936.184	+ 21	+ 0.233	0.024	28	Дунст	(1935)
29332.021	+197	+1.203	0.041	19	Ефремов	(1959)
29848.511	+235	+ 0.619	0.038	28	"	
30339.301	+271	+1.550	0.045	26	Филин	(1949)
30993.025	+319	+ 2.128	0.052	21	"	
31700.876	+371	+ 2.405	0.056	20	"	
32791.070	+451	+ 4.023	0.036	28	"	
34425.619	+571	+ 5.708	0.030	25	Ефремов	(1959)
35336.190	+640	+ 7.382	0.025	31	"	
36183.298	+700	+ 8.058	0.041	43	Макаренко	(1969)
36482.832	+722	+ 8.234	0.034	51	"	
36810.447	+746	+ 9.276	0.037	16	Остерхоф	(1960)
36878.912	+751	+ 9.705	0.028	26	Бахнер	(1962)
37560.162	+801	+10.595	0.061	32	Макаренко	(1969)
37940.841	+829	+10.272	0.037	19	"	
38296.585	+855	+12.229	0.027	37	"	

Таблица 6

Максимумы блеска SZ Cas				
J.D. 24...	E	O-C	Авторы	
15753.8	-801	+3.0	Герасимович (1927)	
16039.2	-780	+2.6	"	
16338.4	-758	+2.5	"	
16678.7	-733	+2.6	"	
17480.8	-674	+1.9	"	
17833.6	-648	+0.9	"	
18542.5	-596	+2.2	"	
18827.3	-575	+1.24	Мюндер, Прачка (Паренаго, 1959)	
19017.2	-561	+0.6	Герасимович (1927)	
19805.7	-503	-0.1	"	
20581.0	-446	-0.4	"	
20717.724	-436	+0.26	Робинсон (Паренаго, 1959)	
20839.8	-427	-0.1	Герасимович (1927)	
21084.6	-409	-0.3	"	
21261.72	-396	-0.03	Люизе (Паренаго, 1959)	

Таблица 6
(продолжение)

21479.3	-380	-0. ^d 2	Герасимович (1927)
22323.3	-318	+0.2	"
22582.0	-299	+0.4	"
22935.7	-273	+0.3	"
23439.4	-236	+0.5	"
24105.6	-187	-0.1	"
24390.7	-166	-0.7	"
24880.4	-130	-0.9	"

X Lac

Стандартная кривая (табл. 7) строилась по наблюдениям Митчелла и др. (1964). В табл. 8 приведены все вычисленные нами моменты, в табл. 9 — взятые из литературы. На рис. 5 даны отклонения от элементов из ОКГЗ, 1969:

$$\text{Max} = \text{J.D.} 2438814.00 + 5.^d44506 \cdot E$$

Для этой звезды мы вычисляли следующий набор элементов:
парабола

$$\text{Max} = \text{J.D.} 2438812.244 + 5.^d445165 \cdot E + 0.000000154 \cdot E^2,$$

одна прямая

$$\text{Max} = \text{J.D.} 2438812.012 + 5.^d444602 \cdot E,$$

две прямые (как в работе Макаренко, 1968)

$$\text{Max} = \text{J.D.} 2438811.472 + 5.^d444403 \cdot E \quad E < 2300$$

$$\text{Max} = \text{J.D.} 2438812.271 + 5.^d444768 \cdot E \quad E > 2300$$

Уклонения во всех трех случаях оказались сходными (см. рис. 6).

Таблица 7

Стандартная кривая X Lac

	0. ^p 00	0. ^p 01	0. ^p 02	0. ^p 03	0. ^p 04	0. ^p 05	0. ^p 06	0. ^p 07	0. ^p 08	0. ^p 09
0. ^p 0	0. ^m 04	0. ^m 02	0. ^m 07	0. ^m 06	0. ^m 05	0. ^m 08	0. ^m 09	0. ^m 07	0. ^m 04	0. ^m 02
0.1	0.14	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.17	0.15	0.13	0.18
0.2	0.20	0.21	0.23	0.24	0.28	0.28	0.28	0.28	0.30	0.32
0.3	0.34	0.37	0.40	0.40	0.41	0.41	0.42	0.42	0.43	0.45
0.4	0.46	0.47	0.51	0.52	0.51	0.53	0.57	0.60	0.64	0.64
0.5	0.58	0.57	0.60	0.61	0.58	0.56	0.60	0.64	0.64	0.65
0.6	0.62	0.63	0.63	0.60	0.57	0.61	0.64	0.63	0.63	0.63
0.7	0.63	0.62	0.58	0.55	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49
0.8	0.46	0.44	0.42	0.34	0.33	0.32	0.26	0.24	0.22	0.19
0.9	0.17	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.06	0.04	0.02	0.03

Δm отсчитывалось от 9.^m00.

Таблица 8

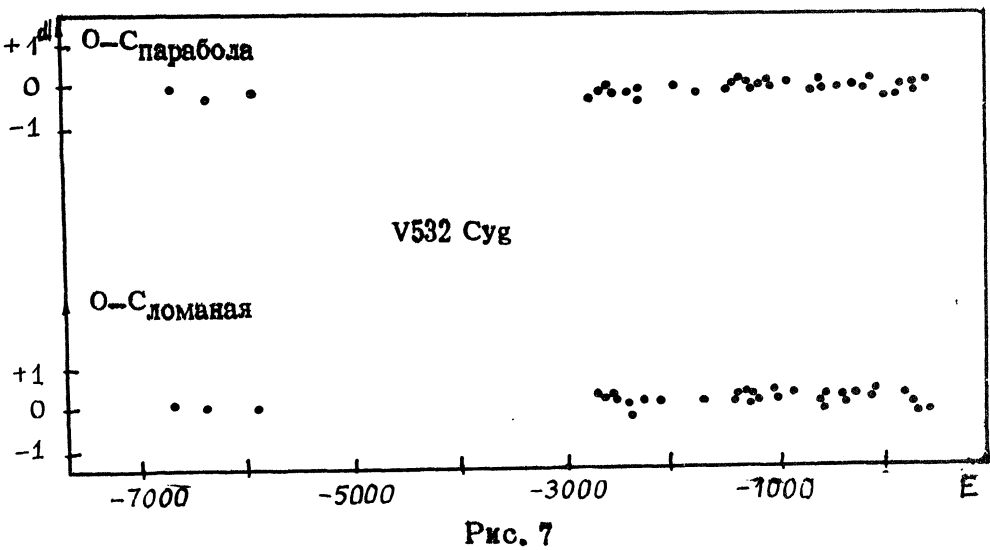
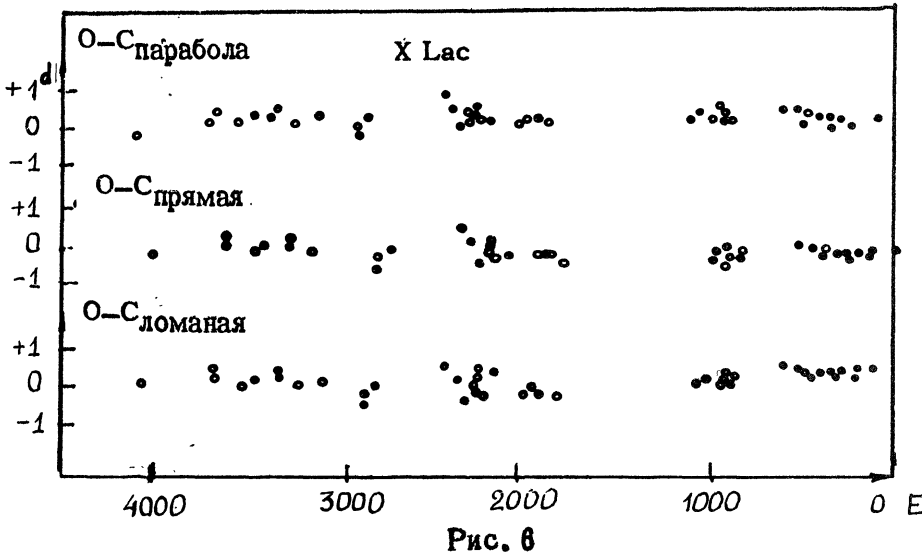
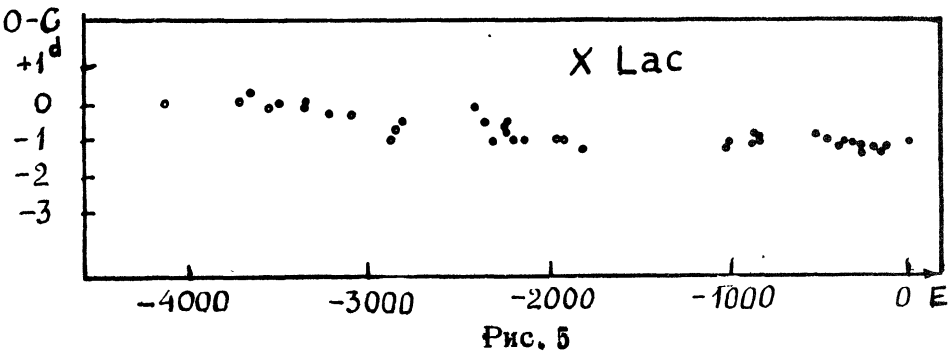
Результаты обработки наблюдений X Lac

J.D. 24...	E	O-C	μ	n	Авторы
20006.601	-3454	-0.162 ^d	0.044	68	Мартин (1906)
20785.197	-3311	-0.209	0.034	47	Мартин (1906)
23343.349	-2841	-1.236	0.064	42	Доберг (1921)
23654.189	-2784	-0.764	0.046	45	Доберг (1921)
25843.465	-2382	-0.402	0.050	26	Паренаго (1938)
26207.855	-2315	-0.821	0.038	65	Теркан (1935)
26408.798	-2278	-1.355	0.058	63	Кукаркин (1940)
27301.828	-2114	-1.315	0.035	81	Флоря (1953)
33438.014	- 987	-1.712	0.025	67	Соловьев (1953)
33563.326	- 964	-1.536	0.022	72	Соловьев (1953)
34363.689	- 817	-1.697	0.021	52	Романо (1955)
36128.125	- 493	-1.460	0.036	54	Макаренко (1969)
36487.394	- 427	-1.565	0.031	73	"
36846.607	- 361	-1.726	0.036	28	"
37195.072	- 297	-1.745	0.040	38	"
37559.827	- 230	-1.809	0.039	44	"
37581.485	- 226	-1.921	0.039	37	Головатый (1964)
37913.788	- 165	-1.877	0.019	53	Макаренко (1969)
38164.095	- 119	-1.943	0.075	36	Головатый (1964)
38289.493	- 96	-1.881	0.021	55	Макаренко (1969)
38997.379	+ 34	-1.753	0.025	45	Макаренко (1969)

Таблица 9

Максимумы блеска X Lac.

J.D. 24...	E	O-C	Авторы
16674.38	-4066	-0.006 ^d	Остерхоф (1960)
18890.51	-3659	-0.015	Остерхоф (1960)
18890.652	-3659	+0.127	Робинсон (Паренаго, 1959)
19750.55	-3501	-0.295	Остерхоф (1960)
20796.126	-3309	-0.170	Герцшпрунг (Паренаго, 1959)
21460.105	-3187	-0.489	Джердан (Паренаго, 1959)
26757.627	-2214	-1.010	Ивановска (Паренаго, 1959)
26801.263	-2206	-0.935	Дзевульский (1947)
26828.24	-2201	-1.183	Зонн (Паренаго, 1959)
26947.901	-2179	-1.313	Зонн (Паренаго, 1959)
28287.364	-1933	-1.335	Дзевульский, Ивановска (1941)
28347.281	-1922	-1.314	"
28565.052	-1882	-1.345	"
36814.01	- 367	-1.653	Остерхоф (1960)



Обсуждение результатов.

Вернемся еще раз к вопросу о характере изменения периодов, рассматриваемых здесь звезд типа C_{λ} .

Поскольку их всего три — ζ Gem, SZ Cas, X Lac — добавим к ним данные из работы (Григорьевский и Мотрич, 1973) по четвертой звезде — V532 Cyg, относящейся, согласно Ефремову (1968) к типу I_{λ} . Как и для всех остальных звезд, для V532 Cyg были вычислены парабола:

$$M_{\max} = J.D. 2436817.738 + 3.283194 \cdot E - 0.000000096 \cdot E^2$$

и две прямые:

$$M_{\max} = J.D. 2436818.941 + 3.283985 \cdot E \quad E < 1200$$

$$M_{\max} = J.D. 2436817.694 + 3.283154 \cdot E \quad E > 1200$$

Остатки от этих элементов показаны на рис. 7.

Рисунки 2, 4, 6, 7 показывают, что на первый взгляд во всех случаях наблюдения практически одинаково хорошо представляются как параболой (прогрессивное увеличение периода), так и сериями прямых (скачкообразное изменение периода). Более того, увеличивая количество отрезков в ломаной (беря все меньшие интервалы ΔE) можно добиться идеального представления графика $O-C$ ломаной линией. Во многих исследованиях, особенно после работы П.П.Паренаго (1958), предпочтение отдается именно этому варианту. Однако, нам кажется, что для обоснования того или иного варианта представления графика $O-C$ необходим критерий, который давал бы возможность решить дилемму методами математики. Для указанных четырех звезд мы воспользовались критерием Гаусса (Уорсинг и Геффнер, 1949). Суть этого критерия в том, что наилучшее приближение дается уравнением, которое обеспечивает минимум для частного, полученного от деления суммы квадратов отклонений наблюдаемых значений y на разность между числом наблюдаемых пар значений (x, y) и числом входящих в аппроксимирующее уравнение параметров. Если n — обозначает число наблюдаемых пар значений, а m — число произвольных постоянных или свободных параметров, то выраженный в форме уравнения этот критерий имеет вид:

$$\Omega = \frac{\sum (y_0 - y)^2}{n - m}$$

Значения величины Ω для каждой из четырех звезд приведены в табл. 10. Для звезды X Lac, кроме приведенных в табл. 10, было вычислено еще одно значение $\Omega = 0.0512045$ для случая, когда остатки $O-C$ представлялись одной общей прямой.

Таблица 10

Ω Звезда	Парабола	Ломаная
ζ Gem	0.036769	0.120463
SZ Cas	0.194252	0.213303
X Lac	0.032948	0.0516565
V532 Cyg	0.019247	0.019874

Совершенно очевидно, что во всех четырех случаях критерий Гаусса отдает предпочтение параболе. Для параболы $m = 3$, для прямой $m = 2$. Следовательно, может показаться, что в случае ломаной ($m \geq 4$) при исходных О-С критерий Гаусса всегда должен отдать предпочтение параболе. В том, что это не так убеждает пример X Lac. Значения для двух прямых ($m = 4$) и для одной ($m = 2$) практически совпадают и оба более чем в полтора раза превышают Ω для параболы.

Возникает вопрос: насколько закономерен полученный для указанных четырех звезд результат?

Еще в 1932 г. Кукаркин и Флоря (1932) обнаружили зависимость между скоростью изменения периода цефеид и величиной самого периода. Долгое время считалось, что изменения периодов происходят непрерывно и линейно со временем (т.е., что график О-С — парабола) и был выполнен ряд исследований таких изменений (см., напр., Куликовский, 1935).

В работе Паренго (1958) установлено наличие зависимости величины $\lg \left| \frac{1}{\Delta E} \cdot \frac{\Delta P}{P} \right|$ от $\lg P$. Автор исходил при этом из предположения о скачкообразном изменении периодов цефеид, считая неверным мнение о равномерном изменении периодов.

Посмотрим, сохранится ли указанная зависимость, если изменение периода звезды будет прогрессивным (т.е. график О-С — парабола).

Очевидно, что чем более пологой является парабола (меньше коэффициент q при E^2), тем больший ее участок может быть с достаточной точностью аппроксимирован прямой, т.е. линейными элементами. Это означает, что при представлении параболических графиков О-С серией прямых должна существовать зависимость между $\frac{\Delta P}{P}$ и $\frac{1}{\Delta E}$.

На рис. 8 по данным работы Макаренко (1968) построена зависимость $\lg \left| \frac{\Delta P}{E} \right|$ от $\lg \frac{1}{\Delta E}$; взяты лишь те семь звезд, которые являются звездами типа I, согласно списку Ефремова (1968): DT Cyg, BY Cas, FF Aql, X Lac, SZ Cas, Y Oph (изображены точками на графике), а также звезда ζ Gem (крестик на графике), в определении типа которой между списками Макаренко (1968) и Ефремова (1968) имеется расхождение.

Если учесть, что при определении ΔE всегда имеется некоторая неопределенность, связанная, например, с наличием или отсутствием наблюдений на данном участке графика О-С, то следует признать, что рис. 8 довольно явно показывает наличие обратной пропорциональности

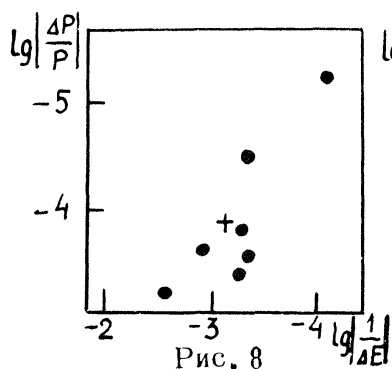


Рис. 8

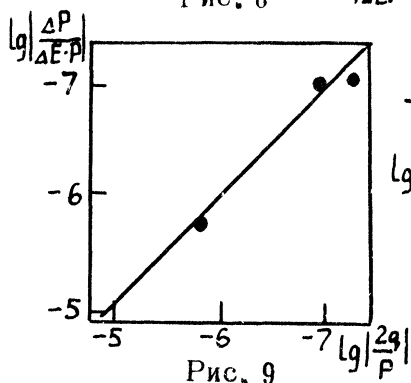


Рис. 9

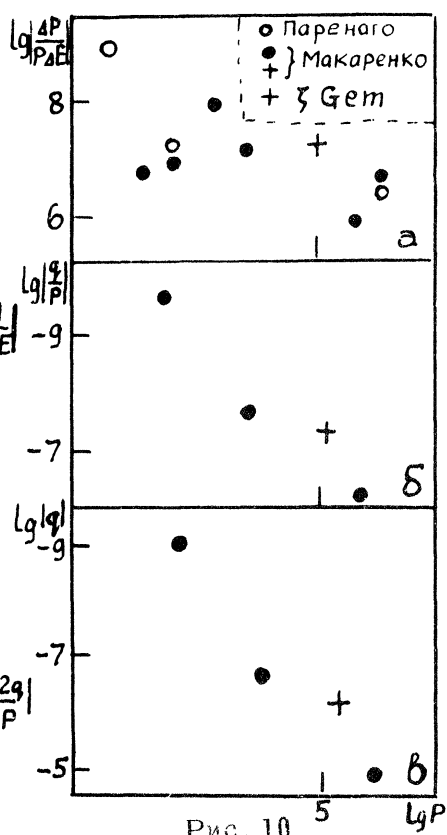


Рис. 10

между $\frac{\Delta P}{P}$ и ΔE . Таким образом, по крайней мере, для указанных восьми звезд типа C_ζ , не исключается вариант, при котором графики $O-C$, аппроксимированные ломаными линиями, в действительности могут оказаться параболическими.

Но в таком случае зависимости, найденные для ломаной, должны сохраняться и для параболы. Нетрудно показать, что так оно и есть.

Коэффициент q в случае параболической $O-C$ диаграммы представляет собой половину изменения периода за период ($\Delta E = 1$). Тогда (с точностью до уже указанной неопределенности в ΔE) должно существовать равенство $|\frac{1}{\Delta E} \frac{\Delta P}{P}| \approx |2 \frac{q}{P}|$. Рис. 9 показывает, что для трех звезд (X Lac, SZ Cas, ζ Gem), для которых имеются данные в настоящей статье и в работе Макаренко (1968), это приближенное равенство выполняется. В таком случае следует ожидать зависимость $\lg |\frac{1}{P} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta E}|$ от $\lg P$.

На рис. 10а построена зависимость $\lg |\frac{1}{P} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta E}|$ от $\lg P$ для указанных выше восьми звезд по данным работ Макаренко (1968) и Паренго (1958), рисунки 10б и 10в представляют собой зависимость от периода величин $|\frac{q}{P}|$ и q , полученных в настоящей работе.

Несмотря на немногочисленность материала, едва ли можно сомневаться, что такая зависимость существует.

Таким образом как экспериментальные данные, так и математические критерии, свидетельствуют в пользу того, что по крайней мере для рассмотренных здесь звезд типа I_s (C_s) изменения периода могут быть прогрессивными. При этом изученные четыре звезды данного типа не показывают предпочтения какому-либо знаку для q : два плюса и два минуса. Точно также эти данные не позволяют говорить относительно зависимости знака от длины периода.

Безусловно, имеющийся сейчас экспериментальный материал слишком мал для обобщений и мы продолжим накопление данных. Однако, в случае подтверждения полученных результатов на многих звездах, эти результаты могут иметь космогонический смысл — например, в связи с работами Киппенхана (1965).

В заключение авторы пользуются случаем, чтобы выразить благодарность Ю.Н.Ефремову за полезное обсуждение работы.

Литература:

- Азарнова Т.А., 1960, ПЗ 13, 67.
 Банер и др., 1962 — Bahner K., Hiltner W.A., Kraft R.P., AJ 59, 6.
 Бейер, 1928 — Beyer M., AN 231, 77.
 Боттлингер, 1928 — Bottlinger K., AN 232, 3.
 Герасимович Б.П., 1927, НВ 848.
 Головатый В.В., 1964, Львов. цирк. 41.
 Григоревский В.М., Мотрич В.Д. и др., 1973 (наст. номер).
 Гюсов, 1930 — Gussow M., AN 237, 323.
 Дзевульский, 1947 — Dziejulski W., Torun Bull 3, 10.
 Дзевульский, Ивановска. 1941 — Dziejulski W., Iwanowska W., Torun Bull 1, 3.
 Доберк, 1921 — Doberk W., AJ 33, 68.
 Дунст, 1933 — Dunst L., AN 247, 311.
 Ефремов Ю.Н., 1959, ПЗ 12, 309.
 Ефремов Ю.Н., 1968, ПЗ 16, 365.
 Зверев М.С., 1936, Тр. ГАИШ 8, 1.
 Киппенхан, 1965 — Kippenhan, KVBB 4, № 40, 7.
 Кукаркин Б.В., 1940, Тр. ГАИШ 13, 1.
 Кукаркин Б.В., Флоря Н.Ф., 1932, ZfAp 4, 247.
 Куликовский П.Г., 1935, ПЗ 4, 393.
 Лейнер, 1922 — Leiner E., AN 215, 421.
 Лейнер, 1928 — Leiner E., AN 233, 323.
 Макаренко Е.Н., 1968, ПЗ 16, 388.
 Макаренко Е.Н., 1969, ПЗ 17, 31.
 Мартин, Пламмер, 1906 — Martin C., Plummer H.C., MN 76, 240.
 Митчелл и др., 1964 — Mitchell R.I., Iriarte B., Steinmetz D., Johnson H.L., TTB 3, 153.
 Нейланд, 1923 — Nijland A.A., Utrecht Rech VIII.
 Нильсен, 1930 — Nielsen A.V., Øle Rømer Medd № 5.
 Остерхофф, 1960 — Oosterhoff P.Th. BAN 15, 501.

- Паренаго П.П., 1938, Тр. ГАИШ 12, 1.
 Паренаго П.П., 1958, ПЗ 11, 236.
 Паренаго П.П., 1959, ПЗ 12, 310.
 Рабе, 1923 — Rabe W., AN 219, 125.
 Романо, 1955 — Romano G, Mem SAIt 26, 1.
 Соловьев А.В., 1953, ПЗ 9, 116.
 Теркан, 1935 — Terkán L., AN 257, 121.
 Уорсинг А., Геффнер, 1949, Методы обработки экспериментальных
 данных, Москва.
 Филин А.Я., 1949, Душанб. бюлл., 69, 2.
 Флоря Н.Ф., Кукаркина Н.П., 1953, Тр. ГАИШ, 23, 3.
 Харрис, 1953 — Harris D.L., ApJ 118, 2.
 Эгген, 1951 — Eggen O.J., ApJ 113, 364.

Одесская астрономическая
 обсерватория

*Поступила в редакцию
 в апреле 1973 г.*