АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 6 МАЙ, 1970 ВЫПУСК 2

ОБ ИЗМЕНЯЕМОСТИ ПЕРИОДОВ ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД

А. Г. НУДЖЕНКО

Поступила 15 апреля 1969
Пересмотрена 27 декабря 1969

К 252 долгопериодическим переменным звездам был применен метод Стерне с целью выявления звезд, изменяющих период. Выделено 43 переменных, у которых изменяемость периода не может быть объяснена одними статистическими флуктуациями. Для всех звезд сопоставлена величина кумулятивной ошибки с периодом звезды.

Одной из характерных особенностей долгопериодических переменных звезд является не очень строгая периодичность. Длина периода их подвержена колебаниям, которые в большинстве случаев носят неправильный характер. Наблюдаемые у переменных звезд колебания периодов могут объясняться помимо эволюционных изменений наличием ошибок наблюдений и неточностью самого звездного механизма, как показали Эддингтон и Плакидис в 1929 г.

Подробная теория кажущихся изменений периодов переменных звезд дана в работе Стерне [1]. Чтобы объяснить непостоянство периодов, им было допущено существование так называемой кумулятивной ошибки в циклах переменных звезд. Период переменной в силу каких-то внутренних причин может быть неточным в определенных узких пределах. Эти случайные ошибки способны со временем накапливаться и создавать впечатление реальных изменений. Такие ошибки и называются кумулятивными. Метод Стерне позволяет разделить ошибки и исследовать реальное существование действительных колебаний периодов, выходящих за пределы влияния кумулятивных ошибок.

По методу Стерне на ЭВМ „Урал-2“ были обработаны моменты максимумов 252 мирид. Основным материалом послужили наблюдения,

Таблица 1

№№	Звезда	Эпохи	Циклы	ε	$\mu(\varepsilon)$	s	$\mu(s)$	j	P	$\mu(P)$	ΔP	$\mu(\Delta P)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	U And	0—62	57						$347^d.24$			
		13—33	20	$\pm 3^d.14$	$\pm 0^d.80$	$\pm 7^d.14$	$\pm 0^d.73$	1	342.65	$\pm 1^d.61$	$\pm 7^d.35$	$\pm 1^d.7$
		33—53	21	6.08	0.66	1.97	2.30	2	350.00	0.55		
2	RU And	0—78	72						235.04			
		0—18	19	3.36	0.5	7.05	0.5	1	241.44	1.68	10.02	1.91
		18—54	37	3.78	0.32	5.36	0.43	1	231.42	0.91		
3	R Aql	0—60	61						307.50			
		0—26	27	0.00		10.76		1	315.31	1.72	13.73	2.09
		26—60	35	3.25	0.22	6.83	0.21	1	301.53	1.18		
4	R Aur	20—68	49						457.38			
		20—43	24	3.16		10.08		1	451.22	2.11	12.34	2.60
		43—68	26	9.12	0.26	7.28	0.57	2	463.56	1.52		
5	R Cam	26—122	97						270.29			
		42—96	55	4.14	0.36	9.08	0.32	1	273.24	1.24	8.43	2.20
		96—122	27	0.00		9.26		1	264.81	1.80		
6	X Cam	1—113	112						143.44			
		1—49	49	3.78	0.17	0.09	1.22	16	142.28	0.04	2.14	0.19
		49—103	55	3.87	0.08	1.34	0.28	4	144.42	0.19		
7	R Cnc	0—60	59						361.85			
		0—20	20	7.01	1.21	9.28	1.71	2	354.71	2.13	16.15	2.56
		20—35	16	3.44	0.16	5.37	0.22	2	370.86	1.41		
8	R CVn	0—64	62						327.91			
		0—30	31	3.36	0.55	8.45	0.46	1	324.33	1.55	8.59	2.22
		30—55	16	0.00		7.94		1	332.88	1.59		
9	S Cmi	49—102	54						333.26			
		58—85	24	3.10	0.09	4.97	0.11	1	337.04	0.97	8.51	2.1
		85—102	18	0.00		7.68		1	328.53	1.86		
10	T Cmi	0—57	53						319.38			
		0—20	21	6.28	0.43	11.94	0.42	1	324.15	2.72	12.39	2.89
		20—44	25	5.71	0.08	5.00	0.16	2	311.76	1.06		

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
11	T Cep	2—73	72						389.18			
		2—36	15	±10.43	±0.26	±6.31	±0.65	3	386.91	±1.13	8.07	±1.45
		30—63	28	5.66	0.56	4.56	1.15	2	394.98	0.91		
12	U Cyg	0—63	64						464.40			
		0—25	26	14.62	0.44	0.00		5	462.40	0.43	7.47	2.61
		33—48	16	0.00		9.99		1	454.93	2.58	17.58	2.98
		48—63	16	9.14	0.05	5.17	0.62	3	472.51	1.50		
13	U Dra	8—58	50						317.58			
		8—31	23	3.28	0.08	3.08	0.16	2	313.32	0.67	8.60	0.69
		34—58	25	6.70	0	0.00		8	321.92	0.20		
14	W Dra	0—62	63						261.42			
		0—20	21	4.83	0.48	3.56	1.07	2	257.37	0.84	5.87	0.89
		20—62	43	6.57	0.39	1.73	1.50	3	263.24	0.27		
15	V Gem	44—91	48						275.45			
		48—68	21	6.51	0.26	0.00		7	270.43	0.25	11.95	3.05
		72—91	20	5.96	0.41	11.91	0.42	1	282.38			
16	S Her	70—137	67						307.76			
		70—99	30	5.64	0.07	4.38	0.15	2	301.64	0.85	11.05	1.27
		102—137	35	4.13	0.19	3.86	0.36	2	312.69	0.67		
17	SS Her	0—179	148						107.37			
		33—73	40	3.58	0.08	2.32	0,18	2	108.34	0.38	2.66	0.38
		73—106	33	3.49	0.11	0.00		11	105.68	0.06	1.69	0.49
		106—134	29	3.60	0.14	2.45	0.34	3	107.37	0.48		
18	R Hya	0—45	44						401.20			
		0—30	31	2.10	0.95	9.66	0.51	1	408.30	1.77	21.30	3.33
		30—45	14	0.00		10.80		1	387.00	2.83		
19	T Hya	0—61	56						287.43			
		15—29	15	4.9		0.00		5	294.32	0.31	10.68	1.22
		29—54	26	4.02	0.09	5.80	0.12	1	283.64	1.18		

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	S Lac	16—84	68						240.76			
		16—60	44	±4.70	±0.14	±2.79	±0.34	2	242.20	±0.44	5.04	±1.58
		65—84	20	2.16	0.32	6.57	0.22	1	237.16	1.52		
21	R Leo	0—53	54						313.48			
		0—18	19	5.55	0.19	4.89	0.38	2	318.03	1.21	7.23	1.87
		18—53	36	0.00		13.55		1	310.80	1.42		
22	R Lep	0—51	41						433.51			
		0—15	15					(1)	417.87	3.5	24.67	4.39
		15—41	24	0.00		13.55		1	442.54	2.66		
23	RU Lib	0—59	52						317.73			
		0—22	20	6.13	0.42	4.84	0.82	2	320.82	1.08	7.42	1.40
		22—45	24	4.98	0.15	4.07	0.32	2	313.40	0.89		
24	S Lyr	8—61	54						298.23			
		8—39	32	3.64	0.21	4.26	0.33	2	300.60	0.77	5.58	1.22
		39—61	23	5.89	0.19	4.14	0.46	2	295.02	0.94		
25	W Lyr	0—95	96						196.18			
		16—47	32	1.70	0.07	4.23	0.06	1	184.26	0.76	4.01	1.10
		47—77	31	2.27	0.71	4.34	0.78	1	198.27	0.80		
26	Z Lyr	0—63	58						287.25			
		0—19	19	5.23	0.64	5.23	1.07	2	284.70	1.25	7.07	1.57
		19—44	26	4.82	0.10	4.63	0.18	2	291.77	0.96		
27	RS Lyr	5—57	47						303.88			
		5—28	18					(1)	298.56	(1.90)	(10.08)	2.58
		28—55	27	0.94	1.05	9.08	0.34	1	308.64	1.75		
28	Y Mon	6—76	71						231.04			
		6—41	36	5.91	0.29	0.96	1.44	6	228.74	0.2	8.46	1.32
		47—76	30	3.66	0.32	6.98	0.33	1	333.72	1.31		
29	Z Oph	0—58	57						349.83			
		0—28	29	5.82	0.65	8.68	0.85	1	351.61	1.67	6.02	1.68
		28—47	20	5.58		0.00		7	345.59	0.23		

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
30	S Ori	30—73	44						416.74			
		30—41	12					(1)	422.82	$\pm(2^d.97)$	$\pm14^d.57$	$\pm3^d.63$
		45—64	20	$\pm3^d.68$	$\pm0^d.76$	$\pm9^d.74$	$\pm0^d.52$	1	408.32	2.25		
31	V Ori	0—68	63						268.41			
		0—29	29	6.55	0.37	3.40	0.96	4	271.44	0.65	7.63	1.02
		29—50	22	6.53	0.55	1.03	2.66	3	263.81	0.78		
32	T Peg	0—48	40						373.71			
		13—29	17	8.24	0.23	4.81	0.69	5	362.23	0.60	15.04	0.78
		29—48	16					(5)	377.27	(0.51)		
33	U Per	5—75	70						322.14			
		5—46	41	3.31	0.14	7.32	0.13	1	318.49	1.15	8.82	2.52
		46—75	30	2.65	0.79	12.18	0.39	1	327.31	2.24		
34	Z Sco	11—57	47						351.04			
		11—38	28	5.90	0.31	7.15	0.55	2	354.69	1.41	8.69	2.40
		38—57	20	0.00		8.46		1	346.00	1.94		
35	RZ Sco	0--110	95						159.24			
		0—25	18	4.58	0.45	6.11	0.46	2	161.90	1.25	6.00	1.25
		32—69	37	3.36	0.27	0.00		14	155.90	0.05		
36	T Ser	0—50	45						340.48			
		0—22	20	2.17	3.18	13.03	1.53	1	345.77	2.78	12.82	3.19
		22—43	22	0.00		7.18		1	332.95	1.56		

1	2	3	4	5	6
37	SUMa	0—166	158		
		26—48	20	±4ᵈ.11	±1ᵈ.02
		48—100	53	6.83	0.36
		100—152	53	5.40	0.24
38	SUMi	11—76	65		
		11—32	22	2.37	0.62
		32—61	30	3.85	0.31
39	TUMi	0—64	60		
		0—41	42	4.88	0.18
		41—64	19	3.74	1.18
40	U Umi	4—51	48		
		14—39	26	2.26	0.40
		39—51	13		
41	R Vir	0—138	127		
		60—90	31	1.91	0.13
		90—131	38	3.57	0.11
42	S Vir	49—91	43		
		49—64	16	3.60	0.57
		64—91	28	4.06	0.61

Таблица 1 (продолжение)

7	8	9	10	11	12	13
			225^d.95			
7^d.01	±1^d.09	2	229.98	±1^d.51	±6^d.26	±1^d.60
3.66	0.93	2	223.72	0.53	3.76	0.58
1.90	0.83	4	227.48	0.27		
			326.14			
8.60	0.38	1	320.67	1.88	10.53	2.05
4.28	0.51	2	331.20	0.81		
			313.34			
4.15	0.36	2	315.55	0.65	5.90	1.60
6.90	1.10	1	309.65	1.46		
			327.70			
3.56	0.50	1	331.00	0.72	9.83	1.29
		(1)	321.17	(1.06)		
			145.86			
3.31	0.15	1	144.47	0.60	3.07	0.66
1.45	0.34	4	147.54	0.24		
			378.67			
4.74	0.85	1	372.86	1.27	9.03	1. 7
5.80	0.83	1	381.89	1.14		
			355.02			
7.26	0.15	1	359.12	1.48	9.79	2.39
7.71	1.10	1	349.33	1.88		

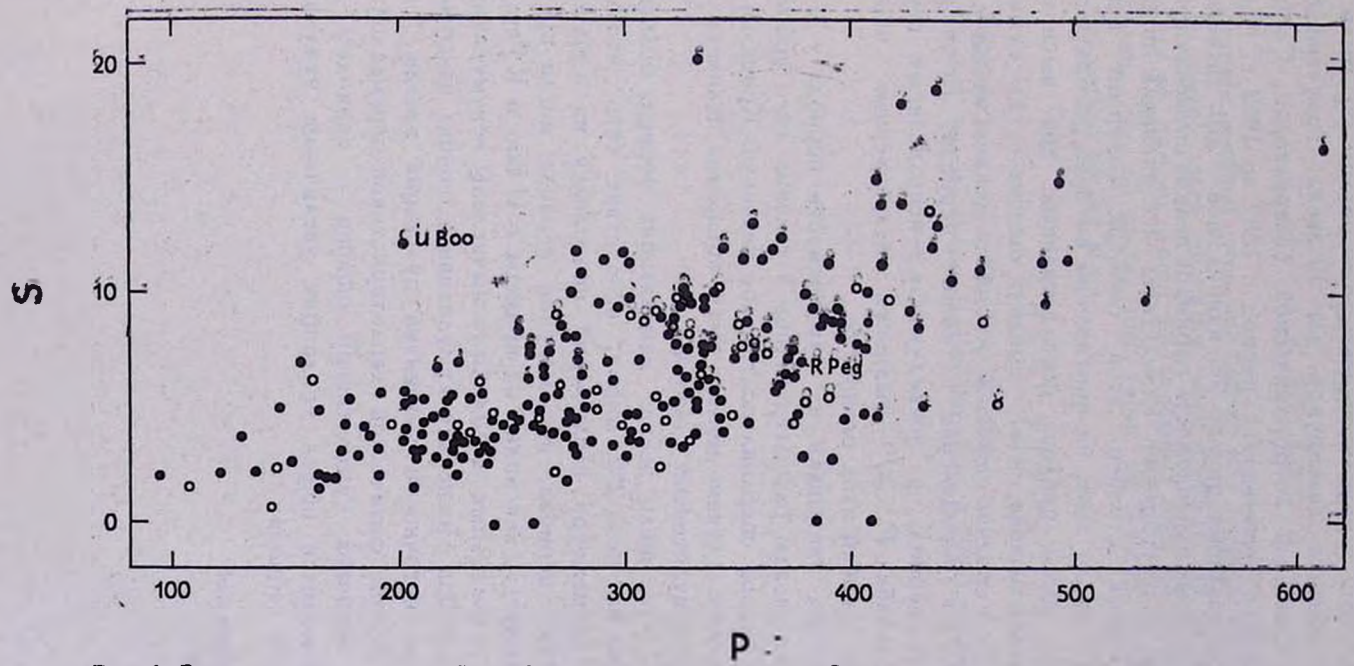

Рис. 1. Зависимость кумулятивной ошибки от периода звезды: ○ — звезды, изменяющие период, ● — звезды, не изменяющие период.

выполненные AAVSO и опубликованные Кемпбеллом [2]. Были включены также 22 момента максимумов для 12 звезд, полученные нами по пластинкам Одесской астрономической обсерватории. Собранные моменты максимумов охватывают период с 1882 по 1962 г. Наименьшее число использованных циклов 27, наибольшее — 210. Выделено 43 переменных, у которых изменяемость периодов нельзя объяснить одними статистическими флуктуациями. Результаты исследований помещены в табл. 1. Первый столбец этой таблицы содержит название звезды, второй — число эпох, на протяжении которых рассматривалась звезда, третий — число циклов, использованных при вычислениях, e — некумулятивная ошибка, $\mu(e)$ — средняя ошибка e, s — кумулятивная ошибка, $\mu(s)$ — средняя ошибка s, j — число циклов, взятое с конца и начала ряда для определения истинного периода, P — в первой строке средний период, в последующих — исправленные периоды, $\mu(P)$ — средняя ошибка P, ΔP — разности исправленных периодов, $\mu(\Delta P)$ — средние ошибки этих разностей.

Другие авторы указывали на изменяемость периода у U Boo и R Peg. Нами эти звезды рассматривались в течение того промежутка времени, когда период сохранял постоянное значение. Кривизна O—C диаграммы в обоих случаях может быть объяснена наличием в циклах переменных кумулятивных ошибок.

Возможно, что число звезд, изменяющих период, больше, чем нами обнаружено из числа 252 мирид, вследствие того, что у некоторых из них промежуток наблюдений приходился на участок действия постоянного периода, а изменения периода могли произойти вне этого промежутка, как видно из примера с U Boo и R Peg.

Для всех исследуемых звезд были вычислены некумулятивные и кумулятивные ошибки. Поскольку кумулятивная ошибка накапливается в основном из-за неточности механизма пульсаций звезды, она является определенной физической характеристикой переменной. Нами сопоставлена величина кумулятивной ошибки с периодом звезды (рис. 1). Наблюдается общая тенденция увеличения кумулятивной ошибки с ростом периода.

Одесская астрономическая
обсерватория

ON THE CHANGES OF PERIODS OF THE LONG-PERIOD VARIABLE STARS

A. G. NUDJENKO

Sterne's method was applied to 252 long-period variable stars in order to reveal stars changing their periods. 43 variable stars whose variability of periods cannot be explained only by statistic fluctuations are chosen. For all stars, the value of cumulative error is compared with the period of the star.

ЛИТЕРАТУРА

1. *T. E. Sterne*, Harv. Circ., NN, 386—387, 1934.
2. *L. Campbell*, Studies of Long-Period Variables, AAVSO, Massachusetts, 1955.