

Изучение изменений периода затменных переменных U Цефея и RZ Кассиопеи

М.А.Свечников, Л.П.Суркова, В.М.Данилов

В работе изучаются изменения периодов затменных систем U Cep и RZ Cas. Получены новые элементы U Cep с квадратичным членом. Система испытывает вековое увеличение периода порядка $1.25 \cdot 10^{-8}$ за период. Период RZ Cas меняется скачкообразно.

Выброшенная из системы масса, вызывающая наблюдаемые изменения периодов, оказывается порядка $10^{-6} M_{\odot}$ в год, что значительно превышает теоретические оценки, полученные при расчете эволюции тесных двойных систем в "случае А".

Для выявления возможных скрытых периодических колебаний в изменениях периода построены функции автокорреляции, показывающие существование таких составляющих с периодом порядка нескольких лет и амплитудой порядка 10^{-6} дня.

Variations of the Period of U Cephei and RZ Cassiopeiae

by M.A.Svechnikov, L.P.Surkova, V.M.Danilov

The variations of the periods of the eclipsing binaries U Cep and RZ Cas were investigated. New light elements for U Cep are given. Along with the rapid irregular variations there are also secular increases of the period of the order of $1.25 \cdot 10^{-9}$ for a period. The period of RZ Cas was found to change spontaneously.

The ejected mass causing the observed variations was estimated to be of the order of 10^{-6} per year. It is more than one order greater than the theoretical ones calculated from the evolution of the close binary systems in the "case A". To reveal the possible latent sine waves in the period variations the autocorrelation functions were calculated. The autocorrelograms show the existence of sine waves with periods of the order of some years and amplitudes of the order of 10^{-6} of a day.

U Сер. Затменная переменная U Сер открыта В.К.Цераским 23 июня 1880 г. С этого времени звезду наблюдали регулярно. Переменность периода впервые была отмечена Шепли в 1916 г. В дальнейшем изменение периода обсуждалось Чудовичевым (1939), объяснявшим его движением линии апсид с периодом ~ 90 лет и Свечниковым (1955), который указал на вековое увеличение периода порядка $8^d \cdot 10^{-9}$ за период, а также рядом других исследователей.

Однако наблюдения последних лет, в том числе фотоэлектрические, фотографические и визуальные наблюдения, проведенные нами в Коуровской и Одесской астрономических обсерваториях, уже не представляют ни одной из прежде полученных формул и свидетельствуют о более быстром вековом увеличении периода, чем предполагалось раньше. Поэтому нами было предпринято дальнейшее изучение периода данной системы.

Сводка всех имевшихся в нашем распоряжении моментов минимумов дополнительно к тем, которые вошли в работу Свечникова (1955), дана в таблице 1.

Таблица 1

Наблюдаемые минимумы U Сер					
Min hel	E	O-C	Вес	Наблюдатель	Литература
1	2	3	4	5	6
2424535 ^d .379	6677	-0 ^d .023	1 виз	Цесевич	1
32921.591	10041	+0.081	1	Лукацкая	2
34776.339	10785	0.111	1 "	Толь	3
781.321	10787	0.108	1 "	Толь	3
35798.474	11195	0.157	1 "	Рудольф	3
.474	"	0.157	1 "	Дерр	3
.490	"	0.163	1 "	Квестер	3
.486	"	0.169	1 "	Ян	3
848.331	11215	0.136	1 "	Шафранец	2
955.520	11258	0.159	1 "	Рудольф	3
995.446	11270	+0.162	1 "	Рудольф	3
36132.533	11329	+0.168	1 "	Рудольф	3
.537	"	0.172	1 "	Дерр	3
297.331	11359	0.179	1 "	Грауенхорст	4
.333	"	0.181	1 "	Грауенхорст	4
.334	"	0.182	1 "	Рудольф	4
284.612	11390	0.180	1 "	Браун	4
466.6913	11463	0.1872	3 фот	Суркова	5
541.3858	11493	0.1847	3 фот	Суркова	5
576.2872	11507	0.1855	3 "	Суркова	5
581.2729	11509	0.1854	3 "	Суркова	5
728.354	11568	0.185	1 виз	Шафранец	6
925.5791	11607	0.1873	3 фот	Суркова	5
37922.548	11626	0.217	1 виз	Шафранец	7

Таблица 1
(продолжение)

1	2	3	4	5	6
2437027. ^d 538	11638	+0. ^d 221	1 виз	Дёрр	8
.542	"	0.225	1 "	Браун	8
.545	"	0.228	1 "	Грауенхорст	9
259.339	11781	0.183	1 "	Сурда	9
279.286	11789	0.186	1 "	Сурда	9
356.614	11820	0.234	1 "	Квестер	8
.622	"	0.242	1 "	Рудольф	8
.622	"	0.242	1 "	Лемани	8
533.564	11891	0.188	1 "	Навратил	9
578.509	11909	0.261	1 "	Мендль	8
623.381	11927	0.261	1 "	Мендль	8
633.348	11931	0.256	1 "	Мендль	8
658.270	11941	0.251	1 "	Мендль	8
745.516	11976	0.244	1 "	Гоффманн	8
.516	"	0.244	1 "	Клекке	8
922.512	12047	0.244	1 "	Гоффманн	8
927.521	12049	0.267	1 "	Фернандес	8
932.502	12051	0.262	1 "	Юнгблют	8
937.486	12053	0.261	1 "	Юнгблют	8
942.472	12055	0.261	1 "	Мендль	8
947.458	12057	0.261	1 "	Мендль	8
.460	"	0.263	1 "	Мазух	8
.460	"	0.263	1 "	Браун	8
962.362	12063	0.208	1 "	Тойфль	9
.363	"	0.209	1 "	Чимкова	9
.363	"	0.209	1 "	Натула	9
38902.315	12079	0.274	1 "	Мендль	8
256.59	12181	0.27	1 "	Кордылевский	10
271.562	12187	0.288	1 "	Попа	11
286.522	12193	0.290	1 "	Попа	11
291.508	12195	0.291	1 "	Попа	11
306.463	12201	0.288	1 "	Попа	11
311.374	12203	0.214	1 "	Ждарский	12
.448	"	0.288	1 "	Попа	11
316.385	12205	0.239	1 "	Ждарский	12
.434	"	0.288	1 "	Попа	11
321.358	12207	0.226	1 "	Ждарский	12
331.339	12211	0.235	1 "	Зольк	12
336.376	12213	0.286	1 "	Попа	11
463.519	12264	0.292	1 "	Маркс	13
503.370	12280	0.256	1 "	Ждарский	14
.379	"	0.265	1 "	Млейнек	14
670.409	12347	0.271	1 "	Ждарский	14

Таблица 1
(продолжение)

1	2	3	4	5	6
2438670 ^d .441	12347	+0 ^d .303	10 фэ	Поль	15
675.306	12349	0.242	1 виз	Фримль	14
.370	"	0.246	1 "	Ждарский	14
727.781	12370	0.306	3 "	Болдвин	16
852.429	12420	0.309	1 "	Петер	13
909.773	12443	0.316	1 "	Вильямс	17
969.615	12467	0.329	1 "	Попа	11
979.587	12471	0.329	1 "	Попа	11
39019.462	12487	0.318	1 "	Петер	13
024.455	12489	0.325	1 "	Браун	13
029.432	12491	0.316	1 виз	Браун	13
.440	"	0.324	1 "	Эккерт	13
.444	"	0.328	1 "	Попа	11
.452	"	0.336	1 "	Грауенхорст	13
034.430	12493	0.328	1 "	Попа	11
044.397	12497	0.324	1 "	Браун	13
.3978	"	0.325	10 фэ	Гибгенс	15
.399	"	0.326	1 виз	Петер	13
049.383	12499	0.324	1 "	Петер	13
.389	"	0.330	1 "	Попа	11
086.777	12514	0.323	1 виз	Болдвин	13
091.764	12516	0.326	1 "	Болдвин	18
144.116	12537	0.327	1 "	Болдвин	18
435.805	12654	0.357	3 "	Болдвин	17
440.789	12656	0.345	3 "	Болдвин	19
495.633	12678	0.345	3 "	Болдвин	19
500.624	12680	0.350	3 "	Болдвин	19
505.605	12682	0.345	3 "	Болдвин	19
762.393	12785	0.364	1 "	Лохер	20
777.353	12791	0.367	1 "	Лохер	20
929.413	12852	0.360	1 "	Германн	21
939.401	12856	0.377	1 "	Петер	21
944.388	12858	0.378	1 "	Лохер	21
40086.4957	12915	0.3900	1 "	Суркова	22
996.4620	12919	0.3852	2 "	Суркова	22
101.447	12921	0.384	2 "	Лохер	23
111.4211	12925	0.3864	2 "	Суркова	22
116.4046	12927	0.3841	1 "	Суркова	22
121.3883	12929	0.3820	2 "	Суркова	22
136.350	12935	0.386	1 "	Лохер	23
141.336	12937	0.381	1 "	Дитхельм	24
151.3052	12941	0.3841	1 "	Суркова	22
.311	"	0.390	1 "	Лохер	24

Таблица 1
(продолжение)

1	2	3	4	5	6
2440151 ^d 312	12941	0. ^d 391	1 виз	Петер	24
161.281	12945	0.388	1 "	Лохер	24
273.4695	12990	0.3959	20 фэ	Суркова	5
283.435	12994	0.390	1 виз	Лохер	25
.444	"	0.399	1 "	Германн	25
293.426	12996	0.396	1 "	Дитхельм	25
.427	"	0.397	1 "	Лохер	25
318.349	13008	0.404	1 "	Лохер	26
425.547	13051	0.407	1 "	Лохер	27
430.532	13053	0.406	1 "	Лохер	27
440.500	13057	0.409	1 "	Германн	27
485.381	13075	0.411	1 "	Германн	28
.388	"	0.418	1 "	Петер	28
495.353	13079	0.411	1 "	Лохер	28
500.336	13081	0.409	1 "	Лохер	28
510.303	13085	0.409	1 "	Германн	29
.312	"	0.413	1 "	Лохер	29
515.290	13087	0.406	1 "	Петер	29
.298	"	0.404	1 "	Германн	29
520.275	13089	0.405	1 "	Петер	29
652.429	13142	0.435	1 "	Дитхельм	30
667.375	13148	0.425	2 "	Лохер	30
672.361	13150	0.424	2 "	Лохер	30
779.551	13193	0.419	1 "	Суркова	5
2440789.529	13197	0.426	2 "	Суркова	5

1 В.И.Несевич, Одес изв т. 4, 1954. — 2. Ф.И.Лукацкая, Л.Н.Литовченко, ПЗ 15, № 5, 527, 1965. — 3. R.Rudolph, AN 285, № 4, 161, 1960. — 4. W.Braune, W.Quester, AN 286, № 5, 209, 1962. — 5. L.P. Sukova (Л.П.Суркова), IBVS № 501, 1970. — 6. R.Szafraniec, AA 10, № 1, 69, 1960. — 7. R.Szafraniec, AA 13, № 1, 79, 1963. — 8. J.Dueball, P.B.Lehmann, AN 288, № 4, 167, 1965. — 9. O.Oburka, BAC 15, № 1, 26, 1964. — 10. K.Kordylewski, IBVS № 35, 1963. — 11. J.Todoran, I.Popa, IBVS № 127, 1967. — 12. O.Oburka, BAC 15, № 6, 250, 1964. — 13. W.Braune, J.Hübscher, AN 290, № 3, 105, 1967. — 14. O.Oburka, BAC 16, № 4, 212, 1965. — 15. E.Pohl, A.Kizilirmak, AN 289, № 4, 191, 1966. — 16. L.Robinson, IBVS № 111, 1965. — 17. B.Cester, IBVS № 201, 1967. — 18. L.Robinson, IBVS № 129, 1966. — 19. L.Robinson, IBVS № 221, 1967. — 20. K.Locher, Orion 13, № 105, 1968. — 21. K.Locher, Orion 13, № 106, 1968. — 22. L.P.Surkova, N.B.Skatova (Л.П.Суркова, Н.Б.Скатова), IBVS № 394, 1969. — 23. R.Diethelm, K.Locher, Orion 13, № 109, 1968. — 24. R.Diethelm, K.Locher, Orion 14, № 110, 1969. — 25. R.Diethelm, K.Locher,

Orion 14, № 112, 1969. — 26. K.Locher, R.Diethelm, Orion 14, № 113, 1969. — 27. K.Locher, Orion 14, № 114, 1969. — 28. K.Locher, Orion 14, № 115, 1969. — 29. R.Diethelm, K.Locher, Orion 15, № 116, 1970. — 30. R.Diethelm, K.Locher, Orion 15, № 118, 1970.

В таблице 1 $O-C$ даны от линейных элементов Чудовичева (1939):

$$\text{Min hel} = \text{J.D. } 2407890^d.2957 + 2^d.4929005 \cdot E.$$

Вес визуальным наблюдениям придавался 1–2, фотографическим 3–5, фотоэлектрическим — 10–20 в зависимости от числа оценок блеска и расположения их относительно середины затмения.

Путем усреднения всех индивидуальных значений $O-C$ (как приведенных в данной работе, так и указанных в статье Ч.А.Свечникова (1955)) получены нормальные значения, которые вместе с их средними квадратическими ошибками даны в таблице 2 и изображены на рис. 1. Как видно, линейные элементы не удовлетворяют ранним наблюдениям и наблюдениям последних лет ($O-C$ достигают более $0^d.4$). Кривая $O-C$ представляет собой параболу, на которую налагаются неправильные колебания. Для нахождения вида этой параболы решалась система уравнений вида:

$$O-C = \Delta T_0 + \Delta P \cdot E + qE^2,$$

где ΔT_0 и ΔP — поправки к элементам Чудовичева. В результате решения по способу наименьших квадратов для всех нормальных точек из таблицы 2 получены новые элементы Ч Сер.

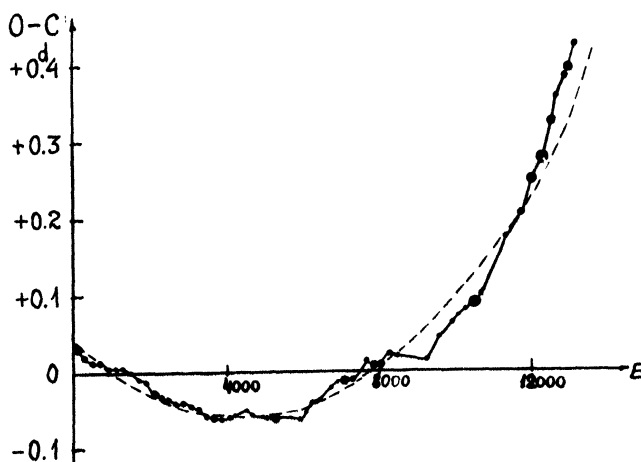


Рис. 1

Диаграмма $O-C$ для U Сер.

Таблица 2

Нормальные точки O-C для U Cep

E	O-C	Вес	E	O-C	Вес
-7636	+0. ^d 6730	0.5	6262	-0. ^d 0483 ± 0.0020	2
-3587	+0.0860	0.5	6485	-0.0389 ± 0.00	3
+ 69	+0.0314 ± 0.0014	22	6779	-0.0197 ± 0.0026	7
275	+0.0209 ± 0.0021	18	6953	-0.0132 ± 0.0010	8
502	+0.0134 ± 0.0027	9	7110	-0.0135 ± 0.0012	22
714	+0.0137 ± 0.0011	5	7327	-0.0111 ± 0.0010	14
915	± 0.0063 ± 0.0028	5	7527	-0.0047 ± 0.0010	6
1105	+0.0054 ± 0.0025	6	7730	-0.0141 ± 0.0078	16
1321	+0.0050 ± 0.0036	4	7941	+0.095 ± 0.0003	46
1525	-0.0010 ± 0.0025	2	8053	+0.0101 ± 0.0007	31
1715	-0.0094 ± 0.0010	3	8297	+0.0229 ± 0.0039	14
1920	-0.0134	4	8499	+0.0213 ± 0.0024	8
2137	-0.0284 ± 0.0001	15	9285	+0.0142 ± 0.0010	3
2300	-0.0329 ± 0.0007	12	9613	+0.0447	2
2487	-0.0354 ± 0.0018	8	9945	+0.0635 ± 0.0015	3
2702	-0.0399	6	10138	+0.0710	1
2895	-0.0418 ± 0.0011	13	10297	+0.0813 ± 0.0036	7
3084	-0.0467 ± 0.0010	15	10519	+0.0878 ± 0.0000	53
3283	-0.0501 ± 0.0027	10	10740	+0.0996 ± 0.0020	4
3458	-0.0572 ± 0.0019	7	10755	+0.103 ± 0.0016	6
3670	-0.0614 ± 0.0007	15	11218	+0.160 ± 0.0022	7
3892	-0.0637 ± 0.0006	14	11354	+0.177 ± 0.0018	6
4074	-0.0615 ± 0.0010	6	11749	+0.214 ± 0.0073	11
4260	-0.0593 ± 0.0026	9	12020	+0.250 ± 0.0051	18
4495	-0.0501 ± 0.0014	8	12283	+0.279 ± 0.0054	28
4672	-0.0565 ± 0.0019	7	12495	+0.325 ± 0.0019	19
4918	-0.0592 ± 0.0022	5	12670	+0.348 ± 0.0050	15
5072	-0.0606 ± 0.0014	12	12828	+0.370 ± 0.0064	5
5319	-0.0629 ± 0.0011	23	12926	+0.385 ± 0.0020	12
5728	-0.0602 ± 0.0006	6	12990	+0.3959 ± 0.0008	25
5992	-0.0625 ± 0.0017	3	13077	+0.409 ± 0.0030	12
6197	-0.0537 ± 0.0028	8	13966	+0.426 ± 0.0023	8

$$\text{Min hel} = \text{J.D. } 2407890.^d3346 + 2.^d4928551 \cdot E + 5.^d15 \cdot 10^{-9} \cdot E^2 \quad (1)$$

$$\pm 0.0000008 \quad \pm 0.05$$

Последний член свидетельствует об увеличении периода системы на $1.03 \cdot 10^{-8}$ за период. Однако увеличение периода после $E = 10755$ происходит настолько быстро, что, по-видимому, все наблюдения уже трудно описать какой-либо одной параболической формулой с достаточной степенью точности. Для расчета моментов минимумов в ближайшие годы лучше использовать полученную линейную формулу:

$$\text{Min hel} = \text{J.D. } 2407888.^d9122 + 2.^d4930370 \cdot E, \quad E > 10755.$$

На рис. 2а приведена кривая отклонения минимумов $O-C_2$, полученная при помощи элементов (1), а на рис. 2б — кривая изменения периода U Сер, определенная путем численного дифференцирования диаграммы $O-C_2$. При этом в каждом случае весьма тщательно исследовалась реальность полученных изменений периода, и исключались сомнительные случаи (когда колебания $O-C$ лежат в пределах ошибок наблюдений).

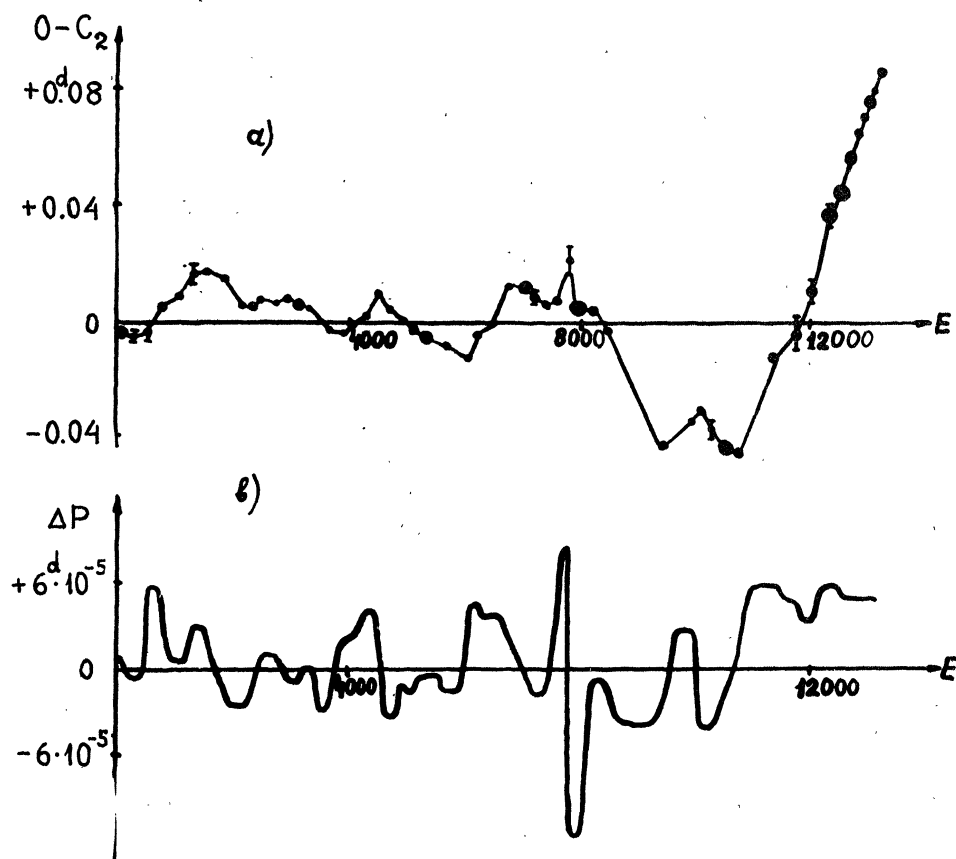


Рис. 2. а) Диаграмма $O-C_2$; б) Изменение периода U Сер.

Скачкообразные изменения периода могут быть объяснены отдельными несимметричными относительно линии, соединяющей центры компонентов, выбросами материи из спутника. "Вековое" же увеличение периода можно объяснить либо симметричным выбросом вещества из менее массивного компонента, либо перетеканием вещества от менее массивного компонента к более массивному. Расчеты потери массы, необходимой для объяснения наблюдаемых неправильных изменений периода, проводились по формулам Хуана (1956).

Скорость выброса вещества из системы принималась равной для U Сер 300 км/сек, массы компонентов и большая полуось орбиты брались из каталога М.А.Свечникова (1969). Полученные таким образом оценки потери массы ΔM за время ΔE одного скачка периода ΔP приведены в таблице 3.

Таблица 3

Изменение периода и потеря массы U Сер

E	ΔP	ΔE	ΔM	E	ΔP	ΔE	ΔM
240	$-12^d \cdot 10^6$	220	$3.6 \cdot 10^{-6} M_{\odot}$	5985	$+76 \cdot 10^6$	280	$15.8 \cdot 10^{-6} M_{\odot}$
415	+12	145	2.5	6255	-31	165	9.36
570	+60	145	12.5	6350	+16	125	3.33
795	-54	315	16.3	6430	-8	235	2.42
1090	+24	280	5.0	6910	-57	525	17.2
1430	-37	400	11.2	7355	+40	365	8.32
1720	-5	175	1.51	7620	+85	160	17.7
1870	-23	145	6.95	7790	-208	180	62.8
2290	+45	50	9.4	7945	+96	135	20
2550	-7	200	2.11	8105	+13	185	2.7
2765	+3	232	6.24	8225	-19	50	5.74
2955	-22	150	6.64	8475	-25	450	7.55
3075	+17	85	3.54	9030	+7	670	1.66
3187	+1	145	0.3	9420	+41	110	8.53
3290	-25	60	7.55	9710	+20	470	4.16
3375	-8	110	2.42	9985	+14	70	2.91
3530	+28	200	5.82	10100	-87	170	26.27
3760	+5	260	1.04	10280	+33	185	6.86
3945	+20	110	4.16	10550	+18	365	3.74
4110	-6	220	1.81	10810	+59	145	12.27
4285	+36	130	7.5	11070	+3	315	0.62
4490	-93	280	28.1	11300	-13	200	3.93
4735	+32	210	6.65	11830	-16	340	4.83
4935	-14	190	4.23	12050	+30	85	6.24
5000	+15	120	3.12	12400	-14	180	4.23
5300	+5	300	1.04				
5650	-16	405	4.83				

$$\overline{\Delta P} = 32^d \cdot 10^6 \quad \overline{\Delta E} = 220 \quad \overline{\Delta M} = 8 \cdot 10^{-6} M_{\odot}$$

Как видно из этой таблицы, наиболее характерные величины потери массы за время одного скачка $3 \cdot 10^6 + 10 \cdot 10^6 M_{\odot}$. Величина выбрасываемой за год массы составляет в среднем $5 \cdot 10^8 M_{\odot}$.

Для U Сер можно найти величину выбрасываемой за год массы и другим путем — по величине "векового" увеличения периода, что является некоторой, в значительной мере независимой, проверкой правильности полученных по наблюдениям отдельных скачков периода оценок потери массы. Полагая, что за длительный промежуток времени отдельные скачки периода, обусловленные реактивным эффектом при несимметричных относительно линии центров выбросах, взаимно компенсируются, и остается лишь увеличение периода, обусловленное потерей массы всей системой, мы можем (используя формулу (18) из работы Хуана (1956) независимо оценить потерю массы системой. Соответствующая оценка потери массы для полученного "векового" увеличения U Сер $1.93 \cdot 10^8$ за период дает потерю массы $2 \cdot 10^{-6} M_{\odot}$ в год, т.е. близка к оценке, полученной по наблюдениям отдельных скачков периода.

RZ Cas. С момента открытия RZ Cas (1906 г.) различными наблюдателями было получено огромное количество визуальных и фотометрических наблюдений для изучения изменения ее периода. Пирс (1937) предположил, что причиной изменения периода RZ Cas является движение линии апсид, де-Ситтер (1933) — присутствие третьего тела, Люйтен (1935) — наличие этих обеих причин. В дальнейшем Хаффер и Копал (1951) пришли к выводу, что наблюдаемые моменты минимумов нельзя представить вообще с помощью какой-либо одной системы элементов. П.П.Паренаго (1952), М.А.Свечников (1955), Л.Робинзон (1967) показали, что изменения периода RZ Cas носят неправильный характер.

Моменты минимумов, использованные в данной работе, дополнительно к приведенным ранее в работах Паренаго (1952), Свечникова (1955) и Робинзона (1967), даны в таблице 4.

Таблица 4

Наблюдаемые моменты минимумов RZ Cas

Min hel	E	O-C	Вес	Наблюдатель	Литература
1	2	3	4	5	6
24235.19 ^d 339	5157	+0.002	1 виз	Цесевич	1
25104.248	6483	+0.007	1 "	Цесевич	1
26219.416	7416	+0.005	1 виз	Ланге	2
32806.438	12927	-0.007	1 "	Похер	3
33191.313	13249	-0.003	1 "	Поль	3
197.290	13254	-0.002	1 "	Поль	3
307.254	13346	-0.001	1 "	Поль	3
369.411	13398	+0.003	1 "	Поль	3
430.368	13449	+0.002	1 "	Поль	3
455.468	13470	+0.002	1 "	Сафроневич	3
479.372	13490	+0.001	1 "	Поль	3
35934.4097	15460	-0.0091	30 фэ	Шафранец	1
36023.4545	15618.5	-0.0106	30 "	Шафранец	4
344.3762	15887	-0.0140	1 виз	Мигач	5
454.3369	15979	-0.0165	1 "	Мигач	5
466.2890	15989	-0.0169	1 "	Мигач	5
484.2151	16004	-0.0196	1 "	Мигач	5
490.1912	16009	-0.0198	1 "	Мигач	5
540.3903	16051	-0.0212	1 "	Мигач	5
576.2581	16081	-0.0110	1 "	Мигач	5
638.407	16133	-0.015	1 "	Шафранец	6
668.2848	16158	-0.0187	1 "	Мигач	5
669.4796	16159	-0.0192	1 "	Мигач	5
693.3830	16179	-0.0215	1 "	Мигач	5
761.506	16236	-0.027	1 "	Шафранец	6
779.435	16251	-0.027	1 "	Ланге	7

Таблица 4
(продолжение)

1	2	3	4	5	6
2436791 ^d .386	16261	-0.028	1 виз	Ланге	7
809.323	16276	-0.020	1 "	Ланге	7
815.2980	16281	-0.0215	1 "	Ланге	7
816.4975	16282	-0.0172	2 фот	Суркова	8
827.2517	16291	-0.0203	1 виз	Киперман	9
833.2274	16296	-0.0209	1 "	Ланге	7
864.3055	16322	-0.0193	1 "	Ланге	7
894.1855	16347	-0.0206	1 "	Ланге	7
993.395	16430	-0.017	1 "	Мендль	10
37090.565	16436	-0.019	1 "	Мендль	10
006.539	16441	-0.021	1 "	Мендль	10
017.292	16450	-0.025	1 "	Мендль	10
018.490	16451	-0.022	1 "	Браун	10
024.465	16456	-0.024	1 "	Гизинский	10
.467	"	-0.024	1 "	Браун	10
048.375	16476	-0.019	1 "	Мендль	10
079.450	16502	-0.020	1 "	Мендль	10
146.382	16558	-0.022	1 "	Шафранец	11
171.4786	16579	-0.0260	2 "	Робинзон	12
190.601	16595	-0.028	30 фэ	Шафранец	13
202.552	16605	-0.029	1 виз	Гизинский	10
.554	"	-0.027	1 "	Рудольф	10
311.325	16696	-0.024	1 "	Мендль	10
312.518	16697	-0.026	1 "	Мендль	10
316.1062	16700	-0.0238	2 "	Робинзон	12
317.299	16701	-0.026	1 "	Квестер	10
.303	"	-0.022	1 "	Браун	10
.304	"	-0.021	1 "	Мендль	10
403.362	16773	-0.021	1 "	Мендль	10
501.3678	16855	-0.0263	1 "	Киперман	9
507.3479	16860	-0.0224	1 "	Киперман	9
538.426	16886	-0.021	1 "	Фернандес	10
540.8117	16888	-0.0257	2 "	Робинзон	12
544.406	16891	-0.017	0.5 "	Фернандес	10
545.599	16892	-0.019	1 "	Фернандес	10
550.372	16896	-0.028	1 "	Юнгблют	10
562.337	16906	-0.015	0.5 "	Фернандес	10
563.528	16907	-0.019	1 "	Фернандес	10
569.501	16912	-0.022	1 "	Фернандес	10
574.276	16916	-0.028	2 "	Дьюбелл	10
.281	"	-0.023	1 "	Фернандес	10
575.470	16917	-0.030	1 "	Дьюбелл	10
.473	"	-0.027	2 "	Фернандес	10

Таблица 4
(продолжение)

1	2	3	4	5	6
2437582 ^d 651	16923	-0.020	1 виз	Фернандес	10
587.430	16927	-0.022	1 "	Юнгблют	10
.431	"	-0.021	1 "	Мендль	10
618.5045	16953	-0.0243	2 "	Робинзон	12
623.285	16957	-0.025	1 "	Гизинский	10
.285	"	-0.025	1 "	Мендль	10
.287	"	-0.023	1 "	Лемани	10
.289	"	-0.021	1 "	Фернандес	10
.293	"	-0.017	0.5"	Дьюбелл	10
624.483	16958	-0.022	1 "	Мендль	10
636.431	16968	-0.027	2 "	Фернандес	10
642.402	16973	-0.032	1 "	Гоффманн	10
.402	"	-0.032	1 "	Клёкке	10
648.383	16978	-0.027	1 "	Гоффманн	10
.383	"	-0.027	2 "	Фернандес	10
660.338	16988	-0.025	1 "	Фернандес	10
.338	"	-0.025	1 "	Гоффманн	10
.350	"	-0.013	0.5"	Клёкке	10
667.502	16994	-0.023	1 "	Гоффманн	10
.510	"	-0.024	1 "	Коль	10
.510	"	-0.024	1 "	Мендль	10
.514	"	-0.020	1 "	Фернандес	10
.518	"	-0.016	0.5"	Дьюбелл	10
697.385	17019	-0.030	2 "	Фернандес	10
746.396	17060	-0.025	1 "	Гоффманн	10
.396	"	-0.025	1 "	Клёкке	10
.398	"	-0.023	1 "	Фернандес	10
777.468	17086	-0.029	2 "	Фернандес	10
783.450	17091	-0.024	1 "	Шуберт	10
.455	"	-0.019	0.5"	Рейманн	10
850.3789	17147	-0.0287	1 "	Киперман	9
881.455	17173	-0.029	1 "	Гоффманн	10
.461	"	-0.023	1 "	Рейманн	10
893.4099	17183	-0.0268	2 "	Робинзон	12
911.345	17198	-0.021	1 "	Шуберт	10
.347	"	-0.019	0.5"	Рейманн	10
912.5334	17199	-0.0274	2 фот	Суркова	8
917.316	17203	-0.026	1 виз	Мендль	10
924.487	17209	-0.026	1 "	Рейманн	10
942.419	17224	-0.023	1 "	Мендль	10
954.371	17234	-0.023	1 "	Рейманн	10
.374	"	-0.020	1 "	Юнгблют	10
960.346	17239	-0.025	1 "	Мендль	10

Таблица 4
(продолжение)

1	2	3	4	5	6
2437973 ^d .488	17250	-0.031	1 виз	Шуберт	10
978.267	17254	-0.033	1 "	Выхристюк	9
38003.379	17275	-0.021	1 "	Фернандес	10
008.1540	17279	-0.0269	2 "	Робинзон	12
021.303	17290	-0.026	1 "	Шуберт	10
022.498	17291	-0.026	1 "	Шуберт	10
083.464	17342	-0.018	0.5"	Ждарский	4
089.431	17347	-0.027	1 "	Сыроватка	4
126.495	17378	-0.016	0.5"	Брэт	4
144.416	17393	-0.024	1 "	Сыроватка	4
.432	"	-0.008	1 "	Млейнек	4
193.432	17434	-0.013	0.5"	Ждарский	4
199.385	17439	-0.036	2 "	Бетак	4
.394	"	-0.027	1 "	Полах	4
218.503	17455	-0.042	1 "	Бетак	4
.507	"	-0.038	1 "	Матлова	4
.512	"	-0.033	1 "	Ковелка	4
224.482	17460	-0.039	1 "	Млсек	4
.488	"	-0.033	2 "	Бетак	4
.491	"	-0.030	1 "	Матлова	4
.507	"	-0.014	1 "	Брэт	4
.510	"	-0.011	1 "	Свитек	4
.510	"	-0.011	1 "	Ждарский	4
.510	"	-0.011	1 "	Чихал	4
.510	"	-0.011	1 "	Новотный	4
236.444	17470	-0.030	2 "	Зеленка	4
.444	"	-0.030	2 "	Бетак	4
.447	"	-0.027	1 "	Болдиш	4
.447	"	-0.027	1 "	Сыроватка	4
.450	"	-0.024	1 "	Шимкова	4
.453	"	-0.021	1 "	Кацетл	4
.454	"	-0.020	1 "	Андель	4
.456	"	-0.018	1 "	Велебова	4
.456	"	-0.018	1 "	Некарова	4
.460	"	-0.014	1 "	Шмат	4
.461	"	-0.013	1 "	Греггер	4
.465	"	-0.009	1 "	Мерц	4
.465	"	-0.009	1 "	Брэт	4
248.402	17480	-0.025	1 "	Бетак	4
.404	"	-0.023	1 "	Матлова	4
.412	"	-0.015	1 "	Кодитек	4
.414	"	-0.013	1 "	Громада	4
260.342	17490	-0.037	1 "	Выхристюк	9
272.310	17500	-0.022	1 "	Выхристюк	9

Таблица 4
(продолжение)

1	2	3	4	5	6
2438278 ^d .287	17505	-0. ^d 021	1 виз	Выхристюк	9
285.4454	17511	-0.0339	2 "	Робинзон	12
297.426	17521	-0.006	0.5"	Кодитек	4
309.363	17531	-0.021	1 "	Громада	4
315.339	17536	-0.022	1 "	Громада	4
.345	"	-0.016	0.5"	Ждарский	4
321.327	17541	-0.010	1 "	Ждарский	4
358.367	17572	-0.023	1 "	Кодитек	14
360.7505	17574	-0.0297	2 "	Робинзон	12
413.347	17618	-0.024	1 "	Ждарский	14
431.264	17633	-0.036	2 "	Бетак	14
.270	"	-0.030	1 "	Матлова	14
474.303	17669	-0.026	1 "	Каван	14
.319	"	-0.010	1 "	Ждарский	14
499.403	17690	-0.026	1 "	Вольштейн	15
511.350	17700	-0.032	1 "	Вольштейн	15
.356	"	-0.026	1 "	Швенке	15
548.406	17731	-0.025	1 "	Шмат	14
.408	"	-0.027	1 "	Кодитек	14
554.394	17736	-0.017	1 "	Шмат	14
579.483	17757	-0.028	1 "	Кабрт	14
.488	"	-0.023	1 "	Ждарский	14
585.448	17762	-0.040	1 "	Каван	14
.450	"	-0.038	1 "	Рохач	14
.463	"	-0.025	1 "	Штеркль	14
.465	"	-0.023	1 "	Соучек	14
.465	"	-0.023	1 "	Климова	14
.466	"	-0.022	1 "	Панкова	14
.467	"	-0.021	1 "	Вижда	14
.468	"	-0.020	1 "	Свтакова	14
591.435	17767	-0.029	1 "	Соучек	14
.439	"	-0.025	1 "	Вижда	14
.439	"	-0.025	1 "	Колесова	14
.439	"	-0.025	1 "	Вижда	14
.439	"	-0.025	1 "	Панкова	14
.440	"	-0.024	1 "	Холечкова	14
.443	"	-0.021	1 "	Вацлавик	14
.443	"	-0.021	1 "	Климова	14
615.348	17787	-0.021	0.5"	Рохач	14
.359	"	-0.010	1 "	Соучек	14
629.6798	17799	-0.0321	2 "	Робинзон	14
634.462	17803	-0.031	1 "	Кодитек	14
640.4339	17808	-0.0352	30 эф	Марк	16

Таблица 4
(продолжение)

1	2	3	4	5	6
2438640 ^d .433	17808	-0.036	1 виз	Рохач	14
.437	"	-0.032	1 "	Кодитек	14
.441	"	-0.028	1 "	Громада	14
652.387	17818	-0.035	1 "	Кодитек	14
.389	"	-0.033	1 "	Орловиус	15
.386	"	-0.036	30 фэ	Гёбгенс	15
664.336	17828	-0.038	1 виз	Кодитек	14
665.534	17829	-0.035	1 "	Ашбрук	17
670.333	17833	-0.018	1 "	Млейнек	14
.318	"	-0.033	1 "	Громада	14
.335	"	-0.016	1 "	Ждарский	14
.315	"	-0.035	30 фэ	Поль	15
676.292	17838	-0.035	1 виз	Кодитек	14
.2915	"	-0.0352	2 фот	Суркова	5
732.4696	17885	-0.0339	2 "	Робинзон	12
829.2818	17966	-0.0371	30 фэ	Хеллерих, Шафранец	18
966.750	18081	-0.033	1 виз	Вильямс	19
39025.3008	18130	-0.0394	30 фэ	Минти	18
39027.695	18132	-0.036	1 виз	Свенберг	16
032.4730	18136	-0.0388	30 фэ	Минти	18
033.673	18137	-0.034	1 виз	Свенберг	16
045.624	18147	-0.036	3 "	Болдвин	17
050.401	18151	-0.040	10 фэ	де Мантен	17
.406	"	-0.035	1 виз	Хауэл	17
.409	"	-0.032	1 "	де Мантен	15
.418	"	-0.023	0.5"	А.Кизи, Дирмак	15
052.795	18153	-0.036	1 "	Монске	15
056.379	18156	-0.038	10 фэ	де Мантен	15
.381	"	-0.040	1 виз	Хауэл	15
062.3562	18161	-0.0369	30 фэ	Минти	18
068.3316	18166	-0.0377	30 фэ	Драгузин	18
070.722	18168	-0.038	1 виз	Монске	20
075.501	18172	-0.040	2 "	Робинзон	17
094.627	18188	-0.038	3 "	Болдвин	20
112.557	18203	-0.037	3 "	Болдвин	20
141.245	18227	-0.035	1 "	Лейтмейер	15
143.631	18229	-0.041	1 "	Свенберг	20
155.584	18239	-0.039	3 "	Болдвин	20
180.676	18260	-0.047	1 "	Ашбрук	20
443.643	18480	-0.035	2 "	Болдвин	21
449.618	18485	-0.037	2 "	Болдвин	21
461.576	18495	-0.029	1 "	Хазель	21
468.745	18501	-0.034	1 "	Хазель	21

Таблица 4
(продолжение)

1	2	3	4	5	6
2439468 ^d .738	18501	-0.041	1 виз	Свенберг	21
474.720	18506	-0.035	1 "	Свенберг	21
492.647	18521	-0.037	2 "	Болдвин	21
511.7690	18537	-0.0388	20 фэ	Стоукс	21
559.580	18577	-0.038	1 виз	Дитхельм	22
.574	"	-0.044	1 "	Монске	21
.578	"	-0.040	1 "	Лукас	21
632.486	18638	-0.042	2 "	Лохер	22
763.479	18725	-0.037	1 "	Дитхельм	23
767.555	18751	-0.037	1 "	Лохер	23
784.288	18765	-0.038	1 "	Лохер	23
796.247	18775	-0.031	1 "	Шальтэггер	23
803.413	18781	-0.037	1 "	Шальтэггер	23
809.391	18786	-0.035	1 "	Шальтэггер	23
827.315	18801	-0.040	2 "	Лохер	24
845.244	18816	-0.040	2 "	Лохер	24
852.416	18822	-0.039	2 "	Германн	24
872.730	18839	-0.044	2 "	Лохер	24
877.514	18843	-0.041	20 фэ	Георг	25
888.278	18852	-0.034	1 виз	Шальтэггер	24
.281	"	-0.031	1 "	Дитхельм	26
914.573	18874	-0.035	1 "	Дитхельм	26
925.326	18883	-0.039	1 "	Германн	26
956.410	18909	-0.032	1 "	Петер	27
962.381	18914	-0.037	1 "	Дитхельм	27
.389	"	-0.028	1 "	Петер	27
968.362	18919	-0.032	1 "	Петер	27
987.485	18935	-0.034	1 "	Дитхельм	27
40030.508	18971	-0.039	1 "	Дитхельм	28
073.542	19007	-0.034	1 "	Дитхельм	28
.547	"	-0.029	1 "	Германн	28
084.3022	19016	-0.0312	1 "	Суркова	29
085.4978	19017	-0.0309	1 "	Суркова	29
097.4458	19027	-0.0354	1 "	Суркова	29
109.394	19037	-0.040	1 "	Германн	30
.404	"	-0.030	1 "	Петер	30
121.3564	19047	-0.0298	1 "	Суркова	29
127.320	19052	-0.033	1 "	Германн	30
.334	"	-0.019	0.5"	Петер	30
139.2878	19062	-0.0272	1 "	Суркова	29
151.2418	19072	-0.0257	1 "	Суркова	29
206.221	19118	-0.028	1 "	Германн	31
237.290	19144	-0.036	1 "	Германн	32

Таблица 4
(продолжение)

1	2	3	4	5	6
2440256. ^d 417	19160	-0. ^d 033	1 виз	Шальтэггер	32
.418	"	-0.032	1 "	Петер	32
.407	"	-0.043	1 "	Дитхельм	33
274.347	19175	-0.032	1 "	Дитхельм	32
.3375	"	-0.0410	20 фэ	Суркова	8
311.374	19211	-0.034	1 виз	Дитхельм	34
330.516	19222	-0.040	2 "	Лохер	34
415.387	19293	-0.032	1 "	Петер	35
.378	"	-0.041	2 "	Лохер	36
416.575	19294	-0.039	1 "	Германи	36
434.513	19309	-0.030	1 "	Лохер	36
.514	"	-0.029	1 "	Германи	36
440.483	19314	-0.036	1 "	Германи	36
464.384	19334	-0.040	2 "	Германи	35
476.342	19344	-0.035	1 "	Петер	35
.343	"	-0.034	1 "	Германи	35
482.320	19349	-0.033	1 "	Петер	35
488.291	19354	-0.038	1 "	Германи	35
507.412	19370	-0.041	2 "	Лохер	37
.416	"	-0.037	1 "	Германи	37
.417	"	-0.036	1 "	Петер	37
513.394	19375	-0.035	1 "	Петер	37
531.328	19390	-0.030	1 "	Петер	37
555.221	19410	-0.042	2 "	Лохер	37
.226	"	-0.037	1 "	Петер	37
600.643	19448	-0.040	2 "	Лохер	38
647.257	19487	-0.041	1 "	Дитхельм	39
672.354	19508	-0.044	1 "	Ройбер	39
.355	"	-0.043	1 "	Дитхельм	39
.357	"	-0.041	2 "	Лохер	39
715.387	19544	-0.040	2 "	Лохер	40
740.476	19565	-0.051	1 "	Дитхельм	40
746.455	19570	-0.048	1 "	Лохер	40
2440789.490	19606	-0.042	1 "	Суркова	8

1. R.Szafraniec, Acta Astr. 10, № 2, 99, 1960. — 2. Г.А.Ланге, АЦ № 172, 1956. — 3. E.Pohl, AN 279, № 4, 178, 1965. — 4. O.Oburka, ВАС 15, № 6, 250, 1964. — 5. Ю.Е.Мигац, АЦ № 209, 1960. — 6. R.Szafraniec, Acta Astr. 10, № 1, 69, 1960. — 7. Г.А.Ланге, АЦ № 209, 1960. — 8. L.P.Surkova (Л.П.Суркова), IBVS № 501, 1970. — 9. М.Е.Киперман, ПЗ 15, № 2, 218, 1964. — 10. J.Dueball, P.V.Lehmann, AN 288, № 4, 167, 1965. — 11. R.Szafraniec, Acta Astr. 13, № 1, 79, 1963. — 12. L.J.Robinson, IBVS № 112, 1965. — 13. M.Plavec, P.Mayer,

BAC 13, №4, 128, 1962. — 14. O.Oburka, BAC 16, №4, 212, 1965. — 15. E.Pohl, A.Kizilirmak, AN 289, №4, 191, 1966. — 16. L.J.Robinson, IBVS №114, 1965. — 17. L.J.Robinson, IBVS №119, 1965. — 18. C.Popovici, IBVS №148, 1966. — 19. L.J.Robinson, IBVS №111, 1965. — 20. L.J.Robinson, IBVS №129, 1966. — 21. L.J.Robinson, IBVS №221, 1967. — 22. K.Locher, Orion 12, №102, 1967. — 23. K.Locher, Orion 13, №104, 1968. — 24. K.Locher, Orion 13, №105, 1968. — 25. F.George, IBVS №285, 1968. — 26. K.Locher, Orion 13, №106, 1968. — 27. K.Locher, Orion 13, №107, 1968. — 28. K.Locher, Orion 13, №108, 1968. — 29. L.P. Surkova, N.B.Skatova (Л.П.Суркова, Н.Б.Скатова), IBVS №394, 1969. — 30. R.Diethelm, K.Locher, Orion 13, №109, 1968. — 31. R.Diethelm, K.Locher, Orion 14, №110, 1969. — 32. R.Diethelm, K.Locher, Orion 14, №112, 1969. — 33. R.Diethelm, K.Locher, Orion 14, №111, 1969. — 34. K.Locher, R.Diethelm, Orion 14, №113, 1969. — 35. K.Locher, Orion 14, №115, 1969. — 36. K.Locher, Orion 14, №114, 1969. — 37. R.Diethelm, K.Locher, Orion 15, №116, 1970. — 38. R.Diethelm, K.Locher, Orion 15, №117, 1970. — 39. R.Diethelm, K.Locher, Orion 15, №118, 1970. — 40. R.Diethelm, K.Locher, Orion 15, №119, 1970.

В таблице 4 О—С вычислены относительно элементов Паренаго:

$$\text{Min hel} = \text{J.D. } 2417355.^d4233 + 1.^d1952519 \cdot E$$

Нормальные значения величин О—С, а также изменения периода и потеря массы во время этих изменений получены тем же путем, что и для U Сер, и содержатся соответственно в таблицах 5 и 6.

Графически диаграмма О—С представлена на рис. 3а, а кривая изменения периода — на рис. 3б.

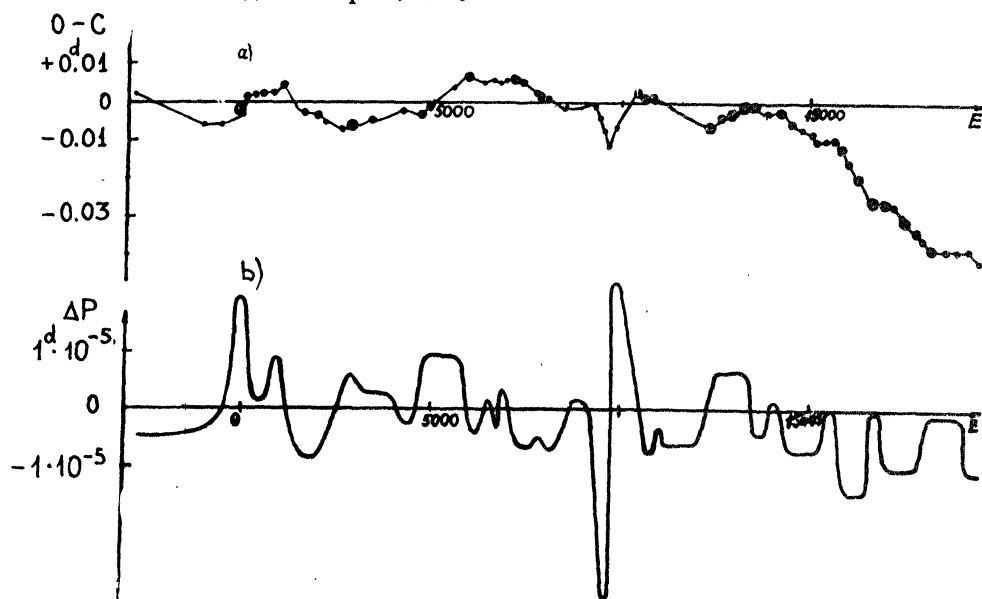


Рис. 3. а) Диаграмма О—С ; б) Изменение периода RZ Cas.

Таблица 5

Нормальные значения O-C для RZ Cas

E	O-C	Вес	E	O-C	Вес
-2808	+0. ^d 002	2	9637	-0. ^d 0118	13
-1068	-0.006	6	9871	-0.0068	22
-559	-0.006	8	10475	+0.0032	50
0	-0.003	10	10599	+0.0017	60
+73	-0.0013	16	10825	+0.0015	100
305	+0.0016	25	12351	-0.0063	160
528	+0.0018	20	12630	-0.0038	56
809	+0.0022	18	12919	-0.0028	106
1052	+0.0043	30	12954	-0.0024	106
1638	-0.003	24	13245	-0.0013	305
1964	-0.0038	25	13520	-0.0014	110
2167	-0.0055	15	13671	-0.0023	53
2618	-0.0074	18	13864	-0.0030	42
2859	-0.0063	40	14223	-0.0025	80
3428	-0.0047	18	14470	-0.0057	57
4226	-0.0026	10	14768	-0.0070	29
4692	-0.0033	29	15035	-0.0083	36
4955	-0.0011	36	15162	-0.0102	51
5566	+0.0040	33	15601	-0.0099	112
5911	+0.0067	40	15795	-0.0120	103.5
5963	+0.0067	40	15989	-0.0159	40
6347	+0.0052	28	16261	-0.0200	61
6634	+0.0057	16	16364	-0.0203	56.5
6780	+0.0053	35	16621	-0.0262	171
6939	+0.0059	25	16825	-0.0252	44
7099	+0.0063	65	16946	-0.0265	183
7160	+0.0061	30	17224	-0.0269	90
7252	+0.0060	51	17436	-0.0297	33.5
7393	+0.0054	20	17543	-0.0305	393
7752	+0.0024	42	17823	-0.0338	148.5
7866	+0.0019	80	17956	-0.0355	48
8050	+0.0010	45	18154	-0.0381	165
8522	-0.0016	28	18536	-0.0386	34
9314	-0.0010	33	18853	-0.0391	44
9423	-0.0040	18	19231	-0.0387	45
9556	-0.0076	15	19498	-0.0421	15

Таблица 6

Изменение периода и потеря массы RZ Cas

E	$\Delta P \cdot 10^6$	ΔE	$\Delta M \cdot 10^6 M_{\odot}$	E	$\Delta P \cdot 10^6$	ΔE	$\Delta M \cdot 10^6 M_{\odot}$
1	2	3	4	1	2	3	4
-795	+10. ^d 6	1195	2.2	+235	-21	375	7.0
-80	+16	245	3.3	560	+9	250	1.8

Таблица 6
(продолжение)

1	2	3	4	1	2	3	4
1145	-18. ^d 8	395	6.3	8775	+ 1	350	0.2
1475	-0.2	255	0.1	9075	- 1	250	0.3
1710	- 2	230	0.7	9380	-57	360	19.0
1840	+ 3	230	0.6	9665	+82	215	16.8
2230	+ 3	340	0.6	9885	- 6.8	225	2.3
2590	+11.7	380	2.4	10365	-34	435	11.3
2890	- 3.7	220	1.2	10680	+ 2	190	0.4
3530	- 1	1165	0.3	10960	- 4	375	1.3
4340	- 5	350	1.7	12265	+17.5	525	3.6
4535	+ 3	235	0.6	12600	- 6	275	2.0
4795	+10	290	2.0	12870	+ 2	140	0.4
5220	- 2	560	0.7	13285	-14	665	4.7
5650	+ 1	300	0.2	13810	+ 8	375	1.6
5970	-14	340	4.7	14125	- 3	250	1.0
6370	+ 9	460	1.8	14300	- 7	150	2.3
6670	- 9	145	3.0	15150	+ 8	200	1.6
6770	+11	55	2.3	15700	-17	300	5.7
7150	-15	710	5.0	16650	+17	200	3.5
7680	+ 5.4	340	1.1	17175	-11	350	3.7
8070	- 3.2	445	1.0	18220	+11	350	2.2
8450	+ 7.8	305	1.6	19370	-14	300	4.7

Период RZ Cas после резкого уменьшения в 1952 г. испытывает отдельные скачки, причем, O—C достигают -0.04 . Скачки периода имеют амплитуды от $\pm 1^d \cdot 10^{-6}$ до $\pm 20^d \cdot 10^{-6}$. Наиболее характерные потери массы за время скачка $1 \cdot 10^6 + 3 \cdot 10^6 M_{\odot}$.

Таким образом, отдельные колебания периода свидетельствует о значительной потере массы, которая в среднем составляет $1.8 \cdot 10^{-6} M_{\odot}$ в год. Такая потеря массы системой должна приводить к "вековому" увеличению периода RZ Cas порядка $5^d \cdot 10^{-9}$ за период, т.е. вполне наблюдаемой величине. Однако, "вековое" увеличение периода RZ Cas не обнаружено, что, по-видимому, указывает или на то, что выброс массы из первоначально более массивного компонента может происходить со значительными скоростями, и большая часть выброшенного вещества покидает систему, или на неприменимость теории выброса вещества для объяснения изменений периода RZ Cas.

К аналогичным выводам приводит и сравнение наблюдаемой потери массы с оценками, полученными при теоретических расчетах эволюции тесных двойных систем (выполненных при предположении механизма чистого перетекания). Для систем, эволюционирующих в "случае А" и имеющих начальные массы главных компонентов $\sim 5 M_{\odot}$ (т.е. близких по своим характеристикам к U Ser), по данным работ Киппенхана и Вайгерта (1967) и Плавеца, Кржиша и Хорна (1969), в "мед-

ленной фазе" потери массы средняя потеря массы должна быть порядка $10^{-8} M_{\odot}$ в год. Это в десятки раз меньше, чем оценки потери массы за год, получаемые для полуразделенных систем по наблюдаемым изменениям периода.

Применение метода автокорреляции к изучению изменений периодов U Ser и RZ Cas

В данной работе был рассмотрен вопрос о том, происходят ли отдельные скачки периода полностью случайно, или наблюдаемые колебания периода содержат скрытую периодическую составляющую (или составляющие). Рассматривая изменения периодов U Ser и RZ Cas как сумму случайного и возможного скрытого периодического сигнала, были построены функции автокорреляции (рис. 4 и 6). Вычисления выполнены на быстродействующей электронной машине М-20 по формуле

$$\phi_{11}(\tau_k) = \frac{1}{600 - \tau_k} \sum_{i=1}^{600 - \tau_k} \Delta P(E_i) \Delta P(E_i + \tau_k), \quad \tau_k = 1, 2 \dots 500$$

методом, описанным в работе Ли, Читема и Виснера (1959). Построение функций автокорреляции для U Ser и RZ Cas, т.е. систем, у которых наблюдалось уже достаточно большое число скачков периода, показывает, что периодические составляющие в изменениях периода действительно существуют.

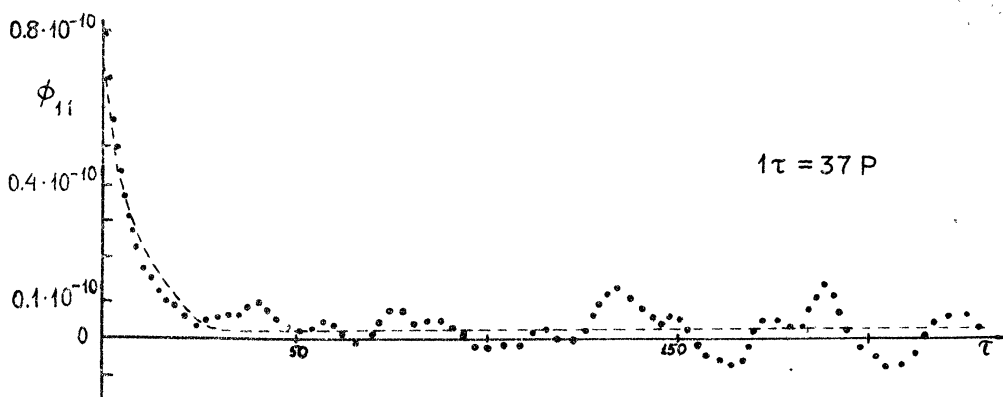


Рис. 4. Функция автокорреляции для изменения периода RZ Cas. Пунктирная кривая дает составляющую, обусловленную шумом.

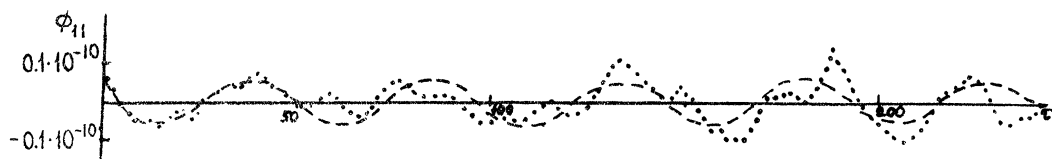


Рис. 5. Периодическая составляющая функции автокорреляции RZ Cas. Аналитическое представление нанесено пунктиром.

Расположение точек позволяет выбрать функции, пригодные для аналитических представлений точек из числа простейших корреляционных функций типичных процессов:

для U Сер: $\phi_{11}(\tau) = 0.94 \cdot 10^9 e^{-0.06\tau} + 0.3 \cdot 10^9 \cos \frac{2\pi}{270}\tau + 0.07 \cdot 10^9 \cos \frac{2\pi}{51}\tau$

для RZ Cas: $\phi_{11}(\tau) = 7.2 \cdot 10^{11} e^{-0.12\tau} + 0.6 \cdot 10^{11} \frac{2\pi}{44}\tau + 0.2 \cdot 10^{11}$

На рис. 5 и 7 приведены составляющие функций автокорреляции, обусловленные периодическими сигналами. Для RZ Cas период таких колебаний 5.7 лет, амплитуда $A \sim 2.4 \cdot 10^6$, что в 3.5 раза меньше дисперсии процесса [$D = \phi_{11}(0)$]. Периодическая составляющая функции автокорреляции U Сер состоит из суммы двух основных колебаний. Одно из них имеет период $P \approx 40$ лет, $A \sim 1.7 \cdot 10^5$, $D/A = 1.8$, другое — $P \sim 7.6$ лет, $A \sim 8.3 \cdot 10^6$, $D/A = 3.7$.

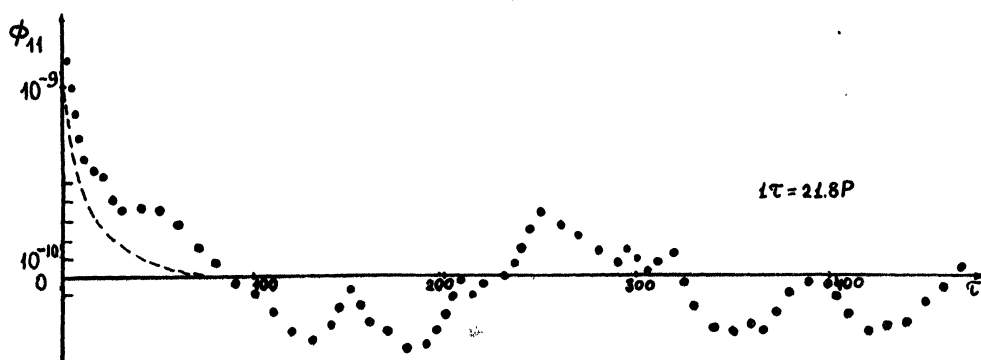


Рис. 6. Функция автокорреляции для изменения периода U Сер. Пунктирная кривая дает составляющую, обусловленную шумом

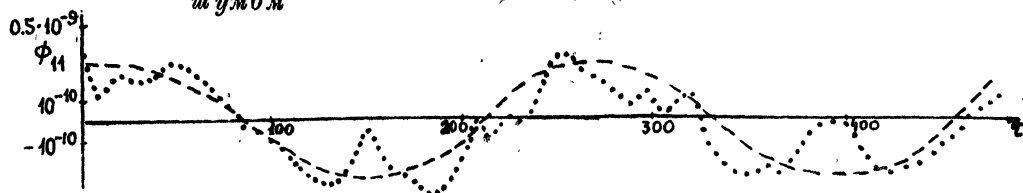


Рис. 7. Периодическая составляющая функции автокорреляции U Сер. Аналитическое представление нанесено пунктиром.

Однако следует отметить, что колебания функции автокорреляции с $P \approx 5.7$ лет для RZ Cas и $P \approx 7.6$ лет для U Сер лишь ненамного превосходят максимальную ошибку определения $\phi_{11}(\tau)$. С большой степенью ненадежности обнаруживается лишь колебание для U Сер с $P = 40$ лет. Это подтверждают приводимые на рис. 8 нормированная функция автокорреляции γ_τ и функция мощности спектральной плотности $S(P)$, вычисленные соответственно по формулам (2) и (4) рабо-

ты Ф.И.Лукацкой (1969). Функция r_τ построена для нормальных точек кривой $O-C_2$. Ее значения определяют не масштаб случайного процесса, а лишь характер внутренней связи в этом процессе. Функция $S(P)$ пропорциональна энергиям, вносимым в случайный процесс отдельными гармониками.

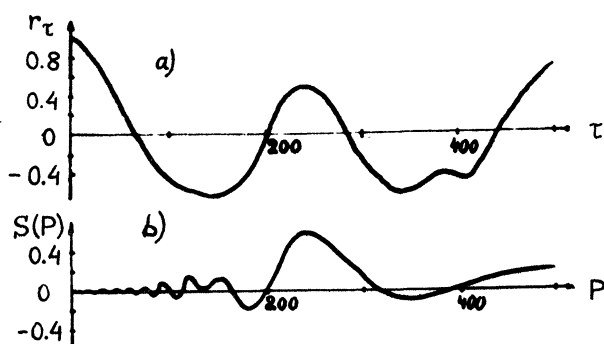


Рис. 8. а) Нормированная функция автокорреляции r_τ ; б) Функция мощности спектральной плотности $S(P)$ для U Сер.

Таким образом, периодические составляющие в скачкообразных изменениях периода, по-видимому, действительно существуют, что может представлять значительный интерес для исследования физических процессов, происходящих в тесных двойных системах.

В заключение авторы пользуются возможностью выразить глубокую благодарность проф. В.П.Цесевичу за консультации и Ф.И.Лукацкой за обсуждение результатов работы.

Литература:

- Киппенхан, Вайгерт, 1967, — Kippenhahn R., Weigert A., ZsAp 65, 251.
- Ли И.В., Читен Т.П., Виснер Дж., 1959, Сб. "Теория информации и ее приложения", ред. А.А.Харкевич, 138.
- Лукацкая Ф.И., 1969, "Статистическое исследование блеска неправильных и полуправильных переменных звезд", изд. "Наукова думка", Киев.
- Лютен, 1935, — Luyten W.J., Minn Publ 2, № 2.
- Паренаго П.П., 1952, ПЗ 9, № 2, 125.
- Пирс, 1937, — Pearce J.A., PASP 49, 223.
- Плавец, Кржиш, Хорн, 1969, — Plavec M., Kríž S., Horn J., VAS 20, № 2, 41.
- Робинзон Л., 1967, — Robinson L.J., ПЗ 16, № 1, 39.
- Свечников М.А., 1955, ПЗ 10, № 5, 262.
- Свечников М.А., 1969, "Каталог орбитальных элементов, масс и светимостей тесных двойных звезд", Уч. зап. УрГУ № 84, сер. астр., вып. 5.
- Ситтер де, 1933, — Sitter de A., BAN 7, 119.

Хаффер, Копал, 1951, — Huffer C.M., Kopal Z., ApJ 114, 297.
Хуан, 1956, — Huang S., — S., AJ 61, № 2, 49.
Чудовичев Н.И., 1939, Энг бюлл № 17.

Уральский гос. университет

*Поступила в редакцию
10 апреля 1971 г.*