

ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРИОДА V420 Cep — ЦЕФЕИДЫ ТИПА W Vir

© 2021 г. Л. Н. Бердников^{1*}

¹Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Поступила в редакцию 16.12.2020 г.

После доработки 16.12.2020 г.; принята к публикации 29.12.2020 г.

Обработка всей имеющейся фотометрии цефеиды V420 Cep позволила построить ее диаграмму $O-C$, охватывающую временной интервал в 131 год. Полученные данные свидетельствуют в пользу существования больших случайных флуктуаций периода ($\varepsilon/P \approx 0.021$). Аппроксимация остатков $O-C$ кубической параболой позволила оценить скорость векового уменьшения периода $dP/dt = -353.0(\pm 3.6)$ с/год. Тест на стабильность пульсаций, предложенный Ломбардом и Коэном в 1993 г., подтвердил реальность уменьшения периода.

Ключевые слова: цефеиды населения II, периоды пульсаций, эволюция звезд.

DOI: 10.31857/S0320010821020029

ВВЕДЕНИЕ

Переменность V420 Cep открыла Ливит (Пикеринг, 1906, 1907), а Мергенталер (1939) классифицировал ее как классическую цефеиду с периодом $24^d 7568$. Однако Петит (1958) причислила звезду к цефеидам населения II, и в Общем Каталоге Переменных Звезд (Самусь и др., 2017) V420 Cep числится цефеидой типа W Vir (CWA).

Изменения периода V420 Cep изучали Васильяновская и Ерлексова (1970) на интервале времени около трех десятков лет и заподозрили скачкообразное изменение периода. Период цефеиды SS Lyr, которая тоже принадлежит к типу CWA с близким ($24^d 0$) периодом, показывает значительные скачкообразные и вековые изменения (Бердников и др., 2020). Поэтому мы сравнили период V420 Cep из работы Мергенталера (1939) с периодом, полученным по данным обзора ASAS-SN (Ясингхе и др., 2019), который оказался равен $24^d 58$, т.е. период уменьшился на $\sim 0^d 18$.

Такое большое изменение периода побудило нас провести новое изучение изменчивости периода V420 Cep на основе существенно увеличенного объема наблюдательных данных, включая наблюдения, полученные как на старых фотопластинках, так и в ходе выполнения современных фотометрических обзоров.

МЕТОДИКА И ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Для нового изучения периода V420 Cep мы собрали фотоэлектрические наблюдения в фильтрах B и V из литературы (Вальравен и др., 1958; Ирвин, 1961; Дин и др., 1977; Бердников, Тэрнер, 1998) и из обзора Hipparcos (ЕКА, 1997), а также ПЗС-наблюдения из обзоров ASAS (Поймански, 2002) и ASAS-SN (Ясингхе и др., 2019), полученные в полосах, близких к V и g' .

Кроме того, мы использовали данные проекта DASCH (Гриндлей и др., 2009), полученные на оцифрованных старых фотографических пластинках университета Гарварда (США), а также сделанные нами глазомерные оценки блеска на этих же фотопластинках. Отметим, что глазомерные оценки позволяют лучше отделять различные дефекты, искажающие звездные изображения, следовательно, получить более надежные данные, особенно, на самых старых фотопластинках.

Сведения о количестве использованных наблюдений приведены в табл. 1. Самая старая фотопластинка с изображением V420 Cep, хранящаяся в Гарварде, была получена в 1889 г., а последние ПЗС-наблюдения сделаны в 2020 г. Таким образом, наши данные охватывают временной интервал в 131 год.

Для изучения изменчивости периодов мы применяем общепринятую методику анализа диаграмм $O-C$, а самым точным методом определения остатков $O-C$ является метод Герцшпрунга (1919),

* Электронный адрес: lberdnikov@yandex.ru

Таблица 1. Наблюдательный материал цефеиды V420 Cep

Источник данных	Число наблюдений	Полоса наблюдений	Интервал JD
DASCH	2120	Фотографические, <i>pg</i>	2411154–2447707
Данная работа	1735	Фотографические, <i>pg</i>	2411154–2447707
Литература	52	Фотоэлектрические, <i>BV</i>	2434565–2450584
Hipparcos	28	ПЗС, <i>V</i>	2447912–2449038
ASAS	51	ПЗС, <i>V</i>	2451869–2455166
ASAS-SN	4017	ПЗС, <i>Vg'</i>	2456789–2459180

машинная реализация которого описана в работе Бердникова (1992). Для подтверждения реальности обнаруженных изменений периода мы используем метод, описанный Ломбардом и Коэном (1993).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты обработки фотографических наблюдений V420 Cep по данным проекта DASCH и по нашим глозомерным оценкам блеска приведены в табл. 2 и 3 соответственно. В первом и втором столбцах этих таблиц даны моменты максимального блеска и ошибки их определения, в третьем и четвертом — номер эпохи E и значение остатка $O-C$, а в пятом — число наблюдений N .

Результаты обработки фотоэлектрических и ПЗС-наблюдений приведены в табл. 4, где в первом и втором столбцах даны моменты максимального блеска и ошибки их определения, в третьем — тип используемых наблюдений, в четвертом и пятом — номер эпохи E и значение остатка $O-C$, а в шестом и седьмом — число наблюдений N и источник данных.

$O-C$ диаграмма V420 Cep изображена на рис. 1 кружками с вертикальными черточками, указывающими пределы ошибок (которые в масштабе рисунка меньше размера кружков) определения остатков $O-C$. На рис. 1 показаны частые и резкие скачки периода, поэтому вычисление остатков $O-C$ по небольшому числу наблюдений на больших интервалах времени особенно вблизи моментов скачка периода может приводить к большим ошибкам и, как следствие, — к просчетам эпох, которые могут иметь место на левом конце диаграммы $O-C$, а также в окрестностях JD 2438000 и 2456000. Для самых ранних наблюдений мы дополнительно изобразили моменты поярчаний, которые на рис. 1 обозначены точками. К сожалению, отсутствие таких данных между первыми тремя

точками и вблизи JD 2438000 и 2456000 не позволяет полностью решить проблему просчета эпох.

Данные табл. 2–4 позволяют оценить величину случайных флуктуаций пульсационного периода. Для этого вычислялись задержки $u(x) = |z(r+x) - z(r)|$ для максимумов, разделенных x циклами. Средняя величина $\langle u(x) \rangle$, согласно Эддингтону и Плакидису (1929), должна быть связана со случайной флуктуацией периода ε соотношением

$$\langle u(x) \rangle^2 = 2\alpha^2 + x\varepsilon^2, \quad (1)$$

где α характеризует величину случайных ошибок измеренных моментов максимального блеска.

Результаты вычислений представлены на рис. 2 и указывают на существование линейного тренда $\langle u(x) \rangle^2$ для разности циклов $x < 15$, где формальная подгонка уравнения (1) дает решение в виде

$$\langle u(x) \rangle^2 = -0.160(\pm 0.344) + 0.270(\pm 0.038)x,$$

откуда величина случайной флуктуации периода $\varepsilon = 0^{\text{d}}52 \pm 0^{\text{d}}19$. Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют в пользу существования больших случайных флуктуаций периода ($\varepsilon/P \approx 0.021$), которые, тем не менее, не маскируют вековые изменения периода.

По моментам максимального блеска из табл. 2–4 получены кубические элементы изменения блеска цефеиды V420 Cep:

$$\begin{aligned} \text{Max}HJD = & 2435200.6355(\pm 0.781) + \\ & + 24^{\text{d}}713596(\pm 0.00243)E - \\ & - 0.138221 \times 10^{-3}(\pm 0.142 \times 10^{-5})E^2 + \\ & + 0.1650895 \times 10^{-7}(\pm 0.337 \times 10^{-8})E^3, \end{aligned} \quad (2)$$

линейная часть которых использована для вычислений остатков $O-C$ в табл. 2–4. Элементы (2) использовались для проведения кубической параболы на верхней части рис. 1, на нижней части которого показаны отклонения от этой кубической параболы.

Таблица 2. Моменты максимума блеска V420 Cep по фотографическим наблюдениям из проекта DASCH

Максимум, HJD	Ошибка, сут	<i>E</i>	<i>O-C</i> , сут	<i>N</i>	Максимум, HJD	Ошибка, сут	<i>E</i>	<i>O-C</i> , сут	<i>N</i>
2412664.1783	0.5030	-907	-121.0452	18	2428994.7475	0.2151	-251	-2.5950	72
2415182.1600	0.5455	-806	-99.1367	28	2429167.1699	0.7028	-244	-3.1677	24
2415630.2930	0.8576	-788	-95.8485	26	2429392.5523	0.4102	-235	-0.2077	26
2416249.2640	0.2669	-763	-94.7174	32	2429465.1179	0.4406	-232	-1.7829	23
2416595.5046	0.2736	-749	-94.4671	22	2429589.2128	0.3477	-227	-1.2560	57
2416943.4658	0.1625	-735	-92.4962	33	2429762.5423	0.5130	-220	-0.9216	22
2417441.8608	0.3538	-715	-88.3731	36	2430107.9064	0.2734	-206	-1.5479	23
2417492.5788	0.4604	-713	-87.0823	25	2430108.0351	0.1412	-206	-1.4192	59
2418066.7085	0.1656	-690	-81.3653	40	2430453.7075	0.2302	-192	-1.7371	32
2418514.2601	0.2033	-672	-78.6584	40	2430478.2261	0.1806	-191	-1.9321	25
2418514.3556	0.1820	-672	-78.5630	34	2430478.8829	0.7372	-191	-1.2753	21
2419558.0861	0.3486	-630	-72.8035	33	2430579.7799	0.8886	-187	0.7673	30
2420485.0089	0.1820	-593	-60.2837	47	2430824.5869	0.3372	-177	-1.5617	47
2420982.8747	0.1913	-573	-56.6898	39	2431046.1730	0.1839	-168	-2.3979	40
2421332.1446	0.1888	-559	-53.4103	34	2431070.9365	0.1869	-167	-2.3481	65
2421928.9261	0.5929	-535	-49.7551	23	2431194.4726	0.2220	-162	-2.3799	45
2421956.0636	0.2836	-534	-47.3312	49	2431565.6817	0.4000	-147	-1.8748	37
2422206.5762	2.7899	-524	-43.9545	11	2431590.3925	0.2710	-146	-1.8775	33
2422480.0125	0.2969	-513	-42.3678	26	2431936.1051	0.2692	-132	-2.1553	51
2423201.0767	0.2757	-484	-37.9979	28	2431984.3127	0.4079	-130	-3.3749	43
2423601.1661	0.4010	-468	-33.3260	19	2432009.3350	0.1917	-129	-3.0662	61
2424103.5356	0.3185	-448	-25.2284	26	2432108.1097	0.3096	-125	-3.1458	40
2424328.5521	0.3774	-439	-22.6343	9	2432233.0392	1.6326	-120	-1.7843	11
2424704.2466	0.5525	-424	-17.6437	11	2432279.8835	0.4652	-118	-4.3672	36
2425353.3858	0.5174	-398	-11.0581	18	2432651.1611	0.5268	-103	-3.7936	49
2425948.2450	0.1939	-374	-9.3252	30	2432999.7909	0.3738	-89	-1.1541	28
2426641.5199	0.2245	-346	-8.0310	35	2433221.9391	0.2624	-80	-1.4282	40
2427334.5706	1.6780	-318	-6.9609	5	2433469.0750	0.4585	-70	-1.4284	45
2427582.4126	0.1611	-308	-6.2549	37	2441212.7140	2.2867	244	-17.8585	5
2428175.6693	0.2890	-284	-6.1245	50	2444420.2901	0.3235	374	-23.0499	22
2428645.8142	0.4490	-265	-5.5379	23	2445847.4697	0.3281	432	-29.2588	34
2428796.1191	0.2835	-259	-3.5146	47	2447028.0562	0.1518	480	-34.9249	40

Таблица 3. Моменты максимума блеска V420 Сеп по фотографическим глазомерным оценкам блеска

Максимум, HJD	Ошибка, сут	E	$O-C$, сут	N	Максимум, HJD	Ошибка, сут	E	$O-C$, сут	N
2411371.6223	0.5092	-959	-128.4942	9	2425724.3769	0.2826	-383	-10.7709	16
2412640.5112	0.3080	-908	-119.9987	16	2426097.3061	0.1862	-368	-8.5456	21
2413758.1705	0.5838	-863	-114.4513	17	2426467.4258	0.3573	-353	-9.1299	20
2415008.0595	0.2187	-813	-100.2420	35	2426839.5914	0.2742	-338	-7.6682	16
2415505.8915	0.5885	-793	-96.6819	16	2427211.6214	0.2578	-323	-6.3422	23
2416000.8393	0.2652	-773	-96.0061	23	2427583.2275	0.4441	-308	-5.4400	17
2416249.3864	0.2294	-763	-94.5949	18	2427953.2295	0.2304	-293	-6.1419	35
2416570.7823	0.1523	-750	-94.4758	30	2428299.2914	0.2261	-279	-6.0704	39
2416943.4194	0.1690	-735	-92.5426	33	2428670.5617	0.2132	-264	-5.5040	34
2417316.9778	0.2818	-720	-89.6881	24	2429019.2676	0.1268	-250	-2.7884	80
2417716.5453	1.4286	-704	-85.5381	12	2429391.8277	0.1655	-235	-0.9323	71
2418066.6517	0.1342	-690	-81.4221	47	2429762.1662	0.2589	-220	-1.2977	59
2418439.5333	0.1263	-675	-79.2445	48	2430108.5314	0.1493	-206	-0.9229	74
2418764.5958	0.2839	-662	-75.4587	26	2430478.8768	0.2198	-191	-1.2814	33
2419208.3515	0.5010	-644	-76.5477	14	2430824.2322	0.1950	-177	-1.9163	35
2419556.5135	0.3478	-630	-74.3761	15	2431219.2007	0.1588	-161	-2.3654	64
2420159.1867	0.4816	-606	-64.8292	30	2431589.9757	0.2178	-146	-2.2944	50
2420634.2395	0.2300	-587	-59.3347	33	2431959.3790	0.2186	-131	-3.5950	40
2420982.7602	0.1579	-573	-56.8043	37	2432305.6808	0.2580	-117	-3.2835	43
2421331.9087	0.2597	-559	-53.6462	33	2432677.9815	0.2495	-102	-1.6868	29
2421730.1350	0.3961	-543	-50.8374	27	2433000.0323	0.3006	-89	-0.9127	37
2422105.6524	0.3289	-528	-46.0240	24	2433395.9591	0.4247	-73	-0.4034	18
2422529.9446	0.3724	-511	-41.8629	24	2433963.2935	0.6608	-50	-1.4817	16
2423201.6495	0.2785	-484	-37.4251	26	2441437.4393	0.3351	253	-15.5555	22
2423550.3684	0.4595	-470	-34.6965	16	2444149.9078	0.5338	363	-21.5826	22
2423902.1575	0.3695	-456	-28.8978	21	2445552.4897	0.4078	420	-27.6757	32
2424279.9255	0.7151	-441	-21.8338	17	2446511.6867	0.2035	459	-32.3089	39
2424678.4159	0.3252	-425	-18.7608	18	2447421.3680	0.2111	496	-37.0306	26
2425378.3846	0.2270	-397	-10.7729	35					

Таблица 4. Моменты максимума блеска V420 Cep по фотоэлектрическим и ПЗС-наблюдениям

Максимум, HJD	Ошибка, сут	Фильтр	E	$O-C$, сут	N	Источник данных
2434851.1699	0.0926	<i>B</i>	-14	-3.2948	18	Вальравен и др. (1958)
2434851.4249	0.1375	<i>V</i>	-14	-3.2202	18	Вальравен и др. (1958)
2435220.6125	0.1349	<i>B</i>	1	-4.5562	12	Ирвин (1961)
2435220.7898	0.1276	<i>V</i>	1	-4.5593	12	Ирвин (1961)
2435270.7524	0.0301	<i>B</i>	3	-3.8435	5	Ирвин (1961)
2435270.7630	0.0426	<i>V</i>	3	-4.0132	5	Ирвин (1961)
2442422.9304	0.1373	<i>B</i>	293	-18.6083	31	Дин и др. (1977)
2442423.1140	0.1245	<i>V</i>	293	-18.6051	31	Дин и др. (1977)
2448234.1760	0.0752	<i>V</i>	529	-39.9518	63	Hipparcos
2448676.8684	0.0631	<i>V</i>	547	-42.1041	65	Hipparcos
2450571.3116	0.0853	<i>V</i>	624	-50.6078	20	Бердников и Тэрнер (1998)
2451996.1516	0.0408	<i>V</i>	682	-59.1564	138	ASAS-3
2452241.8076	0.1439	<i>V</i>	692	-60.6363	17	ASAS-3
2452462.2932	0.1260	<i>V</i>	701	-62.5731	20	ASAS-3
2452756.4321	0.0586	<i>V</i>	713	-64.9973	125	ASAS-3
2453075.2861	0.0472	<i>V</i>	726	-67.4201	123	ASAS-3
2453493.2125	0.0621	<i>V</i>	743	-69.6247	127	ASAS-3
2453837.6991	0.0763	<i>V</i>	757	-71.1285	83	ASAS-3
2454230.0145	0.0877	<i>V</i>	773	-74.2307	69	ASAS-3
2454573.3613	0.0532	<i>V</i>	787	-76.8742	86	ASAS-3
2454941.1669	0.1099	<i>V</i>	802	-79.7725	63	ASAS-3
2456903.0503	0.0658	<i>V</i>	882	-94.9768	100	ASAS-SN
2457099.1423	0.0406	<i>V</i>	890	-96.5936	100	ASAS-SN
2457344.0400	0.0514	<i>V</i>	900	-98.8318	100	ASAS-SN
2457442.3836	0.0498	<i>V</i>	904	-99.3426	100	ASAS-SN
2457564.8314	0.0506	<i>V</i>	909	-100.4629	100	ASAS-SN
2457736.4013	0.0717	<i>V</i>	916	-101.8881	100	ASAS-SN
2457784.9887	0.0764	<i>V</i>	918	-102.7279	100	ASAS-SN
2457834.0121	0.0509	<i>V</i>	920	-103.1317	100	ASAS-SN
2457858.6827	0.1226	<i>V</i>	921	-103.1747	100	ASAS-SN
2457932.3876	0.0788	<i>V</i>	924	-103.6105	100	ASAS-SN
2458103.7671	0.0616	<i>V</i>	931	-105.2262	100	ASAS-SN

Таблица 4. Окончание

Максимум, HJD	Ошибка, сут	Фильтр	E	$O-C$, сут	N	Источник данных
2458152.2915	0.0472	g'	933	-105.7324	150	ASAS-SN
2458152.6713	0.0511	V	933	-105.7492	100	ASAS-SN
2458201.6527	0.0405	V	935	-106.1950	100	ASAS-SN
2458250.4703	0.0338	g'	937	-106.4079	150	ASAS-SN
2458275.5859	0.0671	V	938	-106.4026	107	ASAS-SN
2458348.5104	0.0336	g'	941	-107.2222	150	ASAS-SN
2458470.9350	0.0146	g'	946	-108.3657	150	ASAS-SN
2458520.0237	0.0205	g'	948	-108.7041	150	ASAS-SN
2458544.6775	0.0082	g'	949	-108.7639	250	ASAS-SN
2458568.9583	0.0182	g'	950	-109.1967	150	ASAS-SN
2458593.8508	0.0099	g'	951	-109.0178	250	ASAS-SN
2458618.1190	0.0240	g'	952	-109.4632	150	ASAS-SN
2458642.8249	0.0226	g'	953	-109.4709	150	ASAS-SN
2458691.6779	0.0449	g'	955	-110.0451	150	ASAS-SN
2458790.6426	0.0698	g'	959	-109.9348	150	ASAS-SN
2458864.4748	0.0398	g'	962	-110.2434	150	ASAS-SN
2458888.3797	0.0480	g'	963	-111.0520	150	ASAS-SN
2458913.5813	0.0354	g'	964	-110.5640	150	ASAS-SN
2459036.0467	0.0696	g'	969	-111.6666	160	ASAS-SN

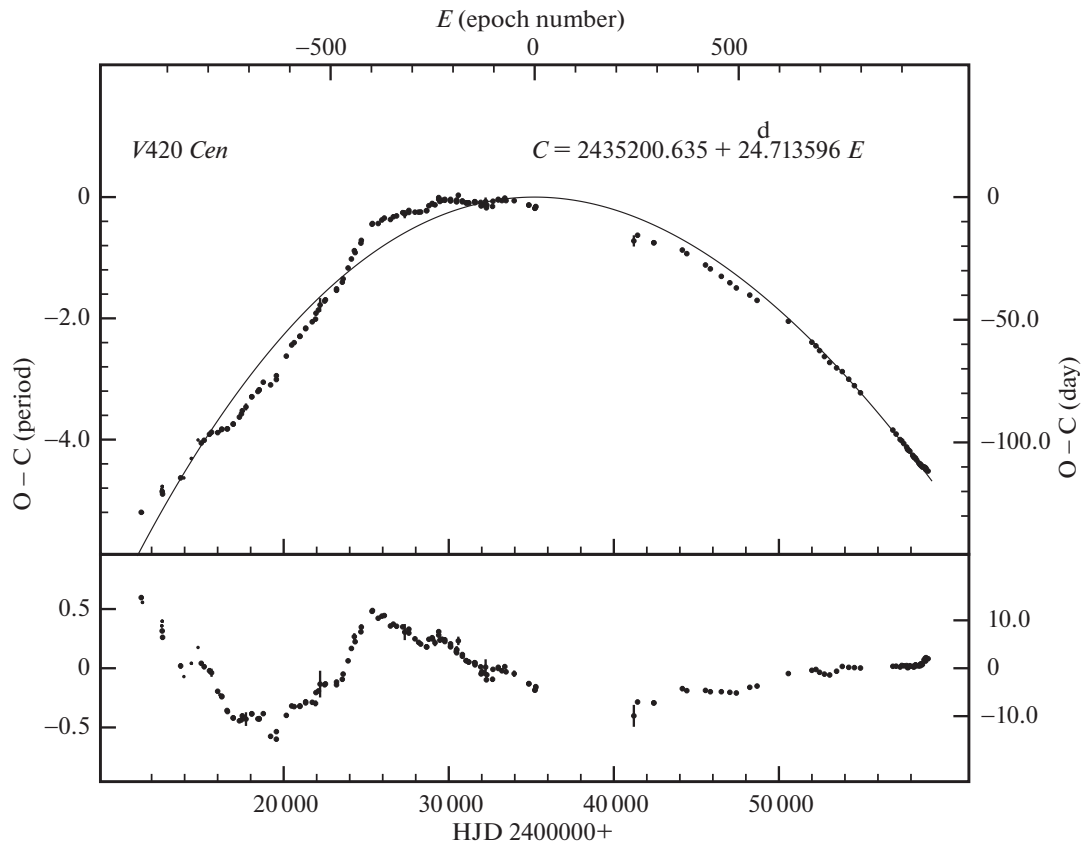


Рис. 1. Диаграмма $O-C$ V420 Сеп относительно линейных (вверху) и кубических (внизу) элементов (2). Линия — кубическая парабола, соответствующая элементам (2). Большие кружки соответствуют данным табл. 2–4, а точки — моментам поярчаний на фотопластинках.

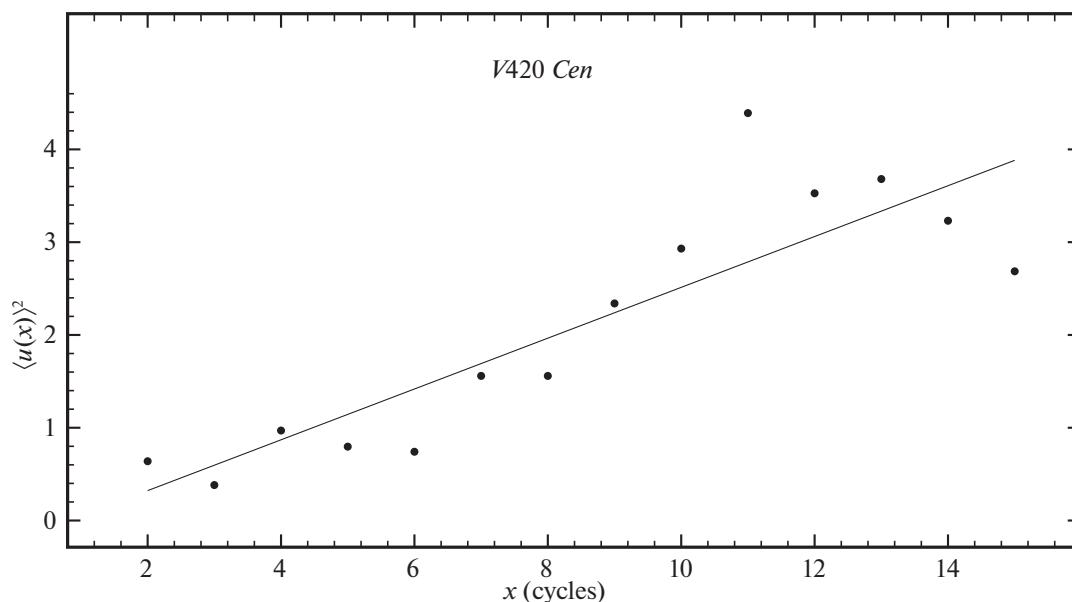


Рис. 2. Зависимость квадрата средней накопленной задержки $\langle u(x) \rangle$ от разности циклов x для цефеиды V420 Cen. Линия — подгонка уравнения (1) для $x < 15$, которая дает величину случайных флуктуаций периода $\varepsilon = 0^{\text{d}}52 \pm 0^{\text{d}}19$ ($\varepsilon/P \approx 0.021$).

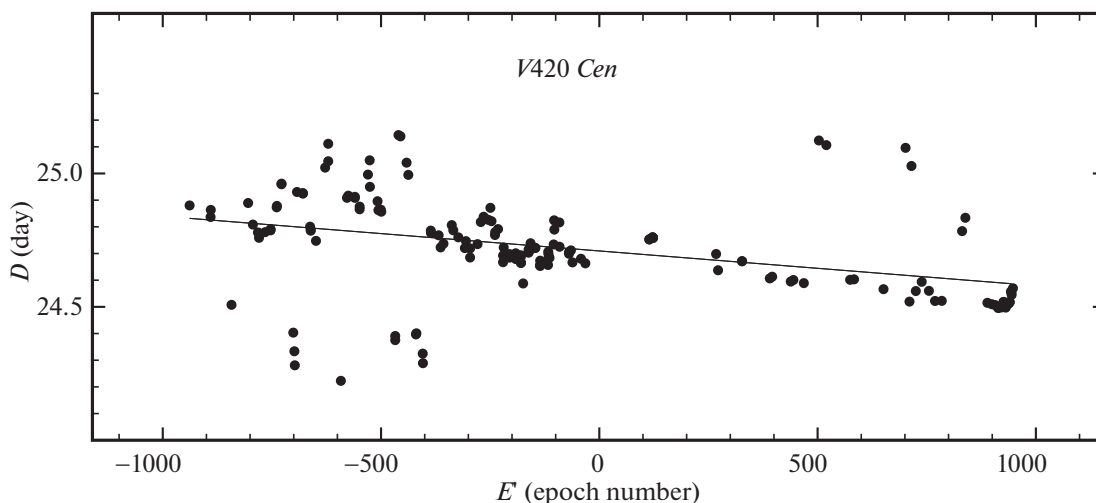


Рис. 3. Зависимость $D_i = [(O-C)_{i+1} - (O-C)_i]/(E_{i+1} - E_i)$ от $E'_i = (E_i + E_{i+1})/2$. Линия соответствует поведению остатков $O-C$ на рис. 1.

Известно, что для пульсирующих переменных максимумы блеска наступают позже с ростом эффективной длины волны фотометрической полосы. Поэтому, когда используются данные, полученные в разных полосах, надо выбрать основную (в нашем случае это V) и по одновременным наблюдениям определить величины сдвига моментов максимального блеска в других полосах. По данным табл. 4 было найдено, что максимумы в фильтрах B и g' наступают раньше, чем в фильтре V на $0^{\text{d}}1804$ и $0^{\text{d}}3966$ соответственно. Эти поправки учтены при вычислении остатков $O-C$ в табл. 2–4, а также

при построении рис. 1 и определении элементов (2), которые таким образом относятся к системе V .

Элементы (2) дают возможность вычислить скорость векового уменьшения периода $dP/dt = -353.0 (\pm 3.6)$ с/год.

Для подтверждения реальности увеличения периода пульсаций мы используем метод, опубликованный Ломбардом и Коэном (1993). Для этого мы вычислили разности $\Delta(O-C)_i$ последовательных остатков $O-C$ из табл. 2–4, $\Delta(O-C)_i = (O-C)_{i+1} - (O-C)_i$, и построили график зависимости $D_i = \Delta(O-C)_i/(E_{i+1} - E_i)$ от $E'_i = (E_i +$

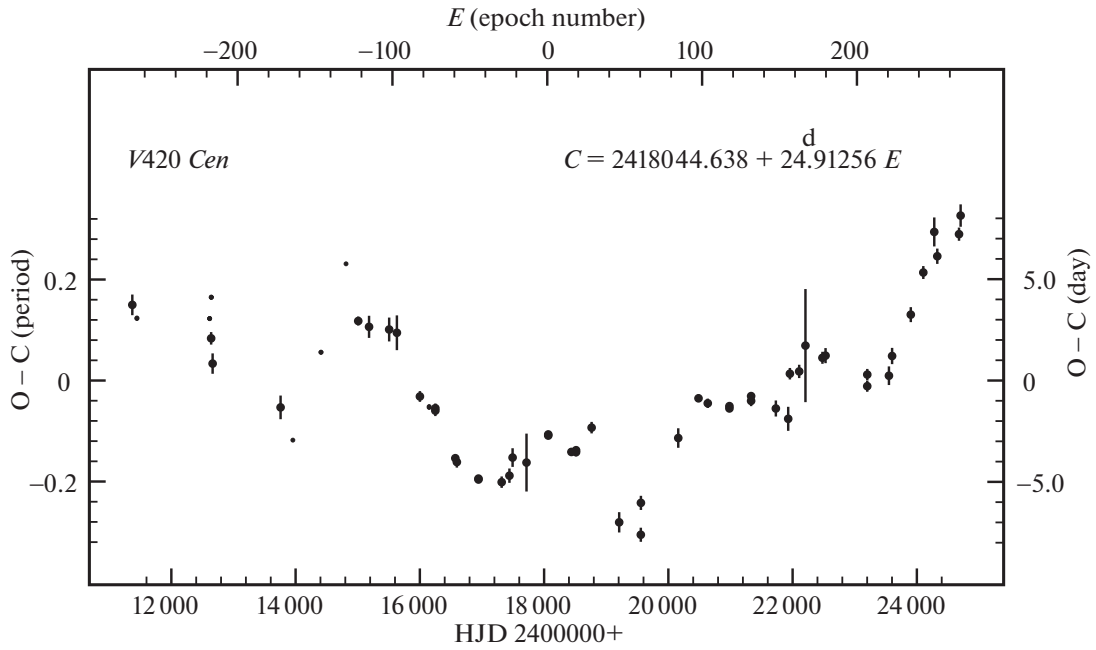


Рис. 4. Фрагмент рис. 1 для фотографических наблюдений.

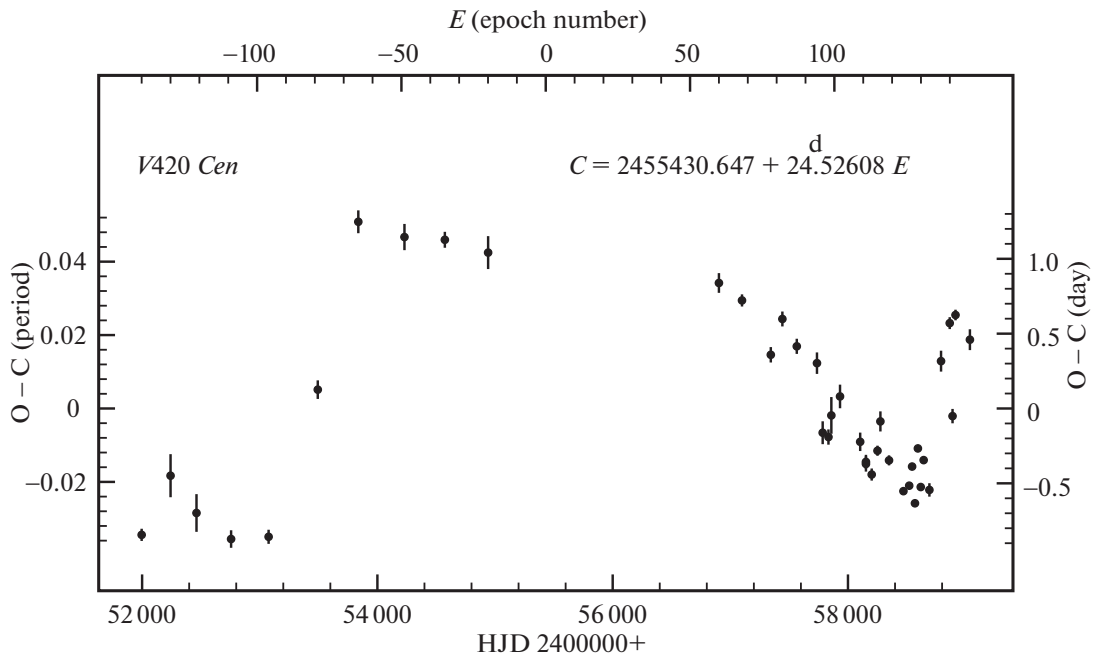


Рис. 5. Фрагмент рис. 1 для CCD наблюдений.

+ E_{i+1})/2 (рис. 3). Разности D_i , которые имеют смысл изменений периода в интервале эпох $E_i - E_{i+1}$, соответствуют поведению остатков $O-C$ на рис. 1.

На рис. 1 мы выделили шесть участков, для которых методом наименьших квадратов определили линейные элементы изменения блеска, приведен-

ные в табл. 5; последняя строка в этой таблице дает текущие элементы.

На самом деле, число отрезков прямой на диаграмме $O-C$ гораздо больше шести, как это показано на рис. 4 и 5, которые являются увеличенными фрагментами рис. 1 для фотографических и CCD наблюдений соответственно; эти частые скачки пе-

Таблица 5. Линейные элементы изменения блеска V420 Cep

Интервал JD	Начальная эпоха, HJD	Период, сут
2411000–2425000	2418044.638 ± 0.515	24.91256 ± 0.0034
2425000–2429500	2427409.251 ± 0.193	24.76764 ± 0.0035
2429500–2435000	2432430.354 ± 0.157	24.70352 ± 0.0023
2436000–2442500	2438624.779 ± 0.243	24.66359 ± 0.0018
2443000–2451000	2447323.694 ± 0.087	24.60230 ± 0.0011
2451000–2459200	2455430.647 ± 0.117	24.52608 ± 0.0010

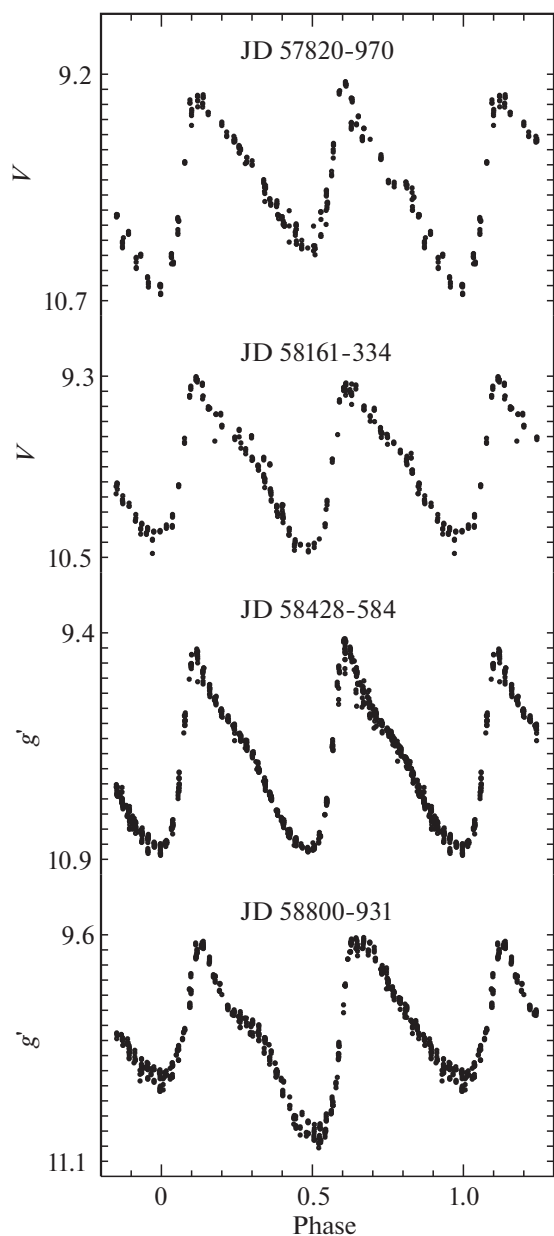


Рис. 6. Изменения кривой блеска V420 Cep, построенной с удвоенным периодом $2P_0 = 49^d083$ по данным ASAS-SN.

риода и обуславливают большую величину случайных флуктуаций периода $\varepsilon/P \approx 0.021$.

Кривые блеска многих звезд типа W Vir в отличие от классических цефеид не остаются постоянными. Обычно наблюдается чередование глубоких и мелких минимумов; иногда глубокие и мелкие минимумы меняются местами, и этим звезда напоминает переменную типа RV Tau. Все эти особенности обнаружены и на кривой блеска V420 Cep, построенной с удвоенным периодом $2P_0 = 49^d083$ (рис. 6) по данным обзора ASAS-SN. Изменения кривой блеска V420 Cep похожи на изменения у цефеид населения II галактического балджа (Смолец и др., 2018), которые объясняются резонансом основной гармоники f_0 и полувцелых субгармоник $f_0/2, 3f_0/2, 5f_0/2 \dots$.

К сожалению, для детального изучения изменений кривой блеска V420 Cep имеющихся наблюдений недостаточно.

Цефеиды CWA являются либо пост-AGB звездами, испытавшими финальную гелиевую вспышку, либо ранними пост-AGB звездами, которые не прошли стадию гелиевой вспышки (Боно и др., 2016; Мёлер, 2019; Фадеев, 2020). Двигаясь от асимптотической ветви гигантов на диаграмме Герцшпрунга–Рассела (ГР), после первого пересечения полосы неустойчивости они могут описывать красную петлю (по аналогии с голубой петлей для классических цефеид), пересекая голубую границу полосы неустойчивости еще 2 раза, т.е. периоды их пульсаций могут как убывать, так и возрастать.

По данным Gaia EDR3 (Браун и др., 2020) параллакс V420 Cep равен 0.308 ± 0.018 мсек. дуги, а межзвездное поглощение составляет 0^m25 , т.е. абсолютная звездная величина $M_V \approx -3^m1$, что соответствует $\log L/L_\odot = 3.1$. Таким образом, на диаграмме ГР звезда попадает в область, занимаемую цефеидами CWA с периодами около 25^d (Боно и др., 2020; Фадеев, 2020).

Для определения номера пересечения полосы неустойчивости имеющихся данных пока недостаточно: требуются дополнительные модельные

Таблица 6. Стандартные кривые V420 Сеп в фильтрах B , V и g'

Фаза	B	V	g'	Фаза	B	V	g'	Фаза	B	V	g'
0.000	9.894	9.379	9.490	0.335	10.548	9.854	10.141	0.670	11.301	10.463	10.772
0.005	9.895	9.380	9.492	0.340	10.559	9.860	10.149	0.675	11.303	10.467	10.777
0.010	9.900	9.384	9.498	0.345	10.569	9.865	10.156	0.680	11.305	10.471	10.782
0.015	9.907	9.389	9.507	0.350	10.581	9.871	10.164	0.685	11.306	10.475	10.788
0.020	9.916	9.395	9.519	0.355	10.593	9.876	10.172	0.690	11.308	10.478	10.793
0.025	9.928	9.402	9.533	0.360	10.605	9.881	10.179	0.695	11.309	10.482	10.798
0.030	9.941	9.410	9.548	0.365	10.618	9.886	10.187	0.700	11.310	10.486	10.804
0.035	9.955	9.420	9.566	0.370	10.631	9.891	10.194	0.705	11.311	10.489	10.809
0.040	9.970	9.429	9.584	0.375	10.645	9.896	10.202	0.710	11.312	10.491	10.814
0.045	9.988	9.440	9.603	0.380	10.658	9.902	10.210	0.715	11.312	10.493	10.818
0.050	9.995	9.450	9.622	0.385	10.672	9.908	10.219	0.720	11.312	10.495	10.823
0.055	10.005	9.460	9.640	0.390	10.687	9.913	10.228	0.725	11.312	10.497	10.826
0.060	10.021	9.471	9.659	0.395	10.701	9.919	10.237	0.730	11.311	10.497	10.830
0.065	10.036	9.482	9.676	0.400	10.715	9.925	10.247	0.735	11.309	10.498	10.832
0.070	10.051	9.492	9.693	0.405	10.730	9.932	10.258	0.740	11.307	10.497	10.834
0.075	10.066	9.502	9.709	0.410	10.744	9.938	10.268	0.745	11.304	10.496	10.835
0.080	10.080	9.512	9.724	0.415	10.759	9.945	10.280	0.750	11.301	10.494	10.836
0.085	10.094	9.521	9.738	0.420	10.774	9.952	10.292	0.755	11.296	10.490	10.835
0.090	10.107	9.530	9.751	0.425	10.788	9.960	10.304	0.760	11.290	10.486	10.834
0.095	10.120	9.538	9.764	0.430	10.803	9.968	10.316	0.765	11.282	10.481	10.832
0.100	10.132	9.547	9.775	0.435	10.818	9.976	10.330	0.770	11.273	10.475	10.829
0.105	10.144	9.555	9.786	0.440	10.832	9.986	10.343	0.775	11.261	10.468	10.826
0.110	10.154	9.562	9.796	0.445	10.847	9.995	10.356	0.780	11.249	10.460	10.821
0.115	10.165	9.569	9.806	0.450	10.862	10.005	10.369	0.785	11.230	10.450	10.816
0.120	10.175	9.576	9.816	0.455	10.877	10.015	10.382	0.790	11.210	10.439	10.810
0.125	10.185	9.583	9.825	0.460	10.892	10.026	10.396	0.795	11.190	10.427	10.803
0.130	10.194	9.589	9.834	0.465	10.907	10.037	10.408	0.800	11.170	10.414	10.796
0.135	10.202	9.595	9.843	0.470	10.923	10.049	10.421	0.805	11.148	10.400	10.787
0.140	10.211	9.601	9.852	0.475	10.938	10.062	10.434	0.810	11.124	10.384	10.778
0.145	10.221	9.607	9.861	0.480	10.954	10.074	10.446	0.815	11.098	10.367	10.767
0.150	10.231	9.613	9.871	0.485	10.969	10.087	10.457	0.820	11.071	10.348	10.755
0.155	10.240	9.619	9.880	0.490	10.985	10.101	10.469	0.825	11.043	10.329	10.741
0.160	10.250	9.624	9.889	0.495	11.001	10.115	10.480	0.830	11.013	10.307	10.726

Таблица 6. Окончание

Фаза	<i>B</i>	<i>V</i>	<i>g'</i>	Фаза	<i>B</i>	<i>V</i>	<i>g'</i>	Фаза	<i>B</i>	<i>V</i>	<i>g'</i>
0.165	10.260	9.629	9.898	0.500	11.017	10.130	10.491	0.835	10.982	10.285	10.709
0.170	10.270	9.634	9.907	0.505	11.033	10.145	10.502	0.840	10.951	10.261	10.690
0.175	10.280	9.639	9.916	0.510	11.049	10.160	10.512	0.845	10.917	10.235	10.669
0.180	10.291	9.645	9.924	0.515	11.064	10.175	10.522	0.850	10.883	10.208	10.645
0.185	10.301	9.651	9.933	0.520	11.080	10.191	10.533	0.855	10.848	10.180	10.619
0.190	10.312	9.656	9.941	0.525	11.095	10.207	10.543	0.860	10.811	10.150	10.590
0.195	10.322	9.662	9.948	0.530	11.110	10.223	10.553	0.865	10.774	10.118	10.558
0.200	10.332	9.667	9.955	0.535	11.123	10.239	10.563	0.870	10.735	10.085	10.523
0.205	10.343	9.673	9.962	0.540	11.136	10.254	10.573	0.875	10.696	10.052	10.484
0.210	10.353	9.680	9.968	0.545	11.147	10.270	10.584	0.880	10.655	10.016	10.443
0.215	10.363	9.687	9.974	0.550	11.159	10.284	10.594	0.885	10.613	9.979	10.399
0.220	10.372	9.693	9.980	0.555	11.170	10.299	10.604	0.890	10.571	9.942	10.352
0.225	10.382	9.700	9.985	0.560	11.180	10.313	10.615	0.895	10.528	9.904	10.303
0.230	10.391	9.707	9.991	0.565	11.190	10.326	10.625	0.900	10.484	9.865	10.252
0.235	10.400	9.714	9.996	0.570	11.200	10.338	10.635	0.905	10.440	9.826	10.198
0.240	10.408	9.722	10.001	0.575	11.209	10.350	10.645	0.910	10.396	9.787	10.143
0.245	10.416	9.729	10.006	0.580	11.217	10.361	10.655	0.915	10.351	9.748	10.088
0.250	10.424	9.736	10.012	0.585	11.225	10.371	10.664	0.920	10.307	9.710	10.031
0.255	10.431	9.743	10.017	0.590	11.233	10.380	10.673	0.925	10.264	9.673	9.975
0.260	10.438	9.751	10.023	0.595	11.240	10.389	10.682	0.930	10.222	9.638	9.920
0.265	10.445	9.758	10.030	0.600	11.247	10.397	10.690	0.935	10.181	9.603	9.866
0.270	10.451	9.766	10.036	0.605	11.253	10.404	10.698	0.940	10.141	9.571	9.814
0.275	10.458	9.773	10.043	0.610	11.259	10.411	10.706	0.945	10.104	9.540	9.765
0.280	10.464	9.781	10.050	0.615	11.264	10.417	10.713	0.950	10.069	9.512	9.718
0.285	10.470	9.788	10.058	0.620	11.269	10.422	10.719	0.955	10.037	9.486	9.675
0.290	10.477	9.796	10.066	0.625	11.274	10.427	10.726	0.960	10.007	9.463	9.637
0.295	10.483	9.803	10.074	0.630	11.278	10.432	10.731	0.965	9.980	9.443	9.602
0.300	10.490	9.810	10.082	0.635	11.282	10.436	10.737	0.970	9.957	9.426	9.572
0.305	10.497	9.817	10.091	0.640	11.285	10.440	10.742	0.975	9.938	9.411	9.546
0.310	10.504	9.823	10.099	0.645	11.289	10.444	10.747	0.980	9.922	9.400	9.526
0.315	10.512	9.830	10.108	0.650	11.292	10.448	10.752	0.985	9.909	9.391	9.510
0.320	10.520	9.836	10.116	0.655	11.294	10.452	10.757	0.990	9.901	9.384	9.499
0.325	10.529	9.842	10.125	0.660	11.297	10.456	10.762	0.995	9.896	9.380	9.493
0.330	10.538	9.848	10.133	0.665	11.299	10.460	10.767				

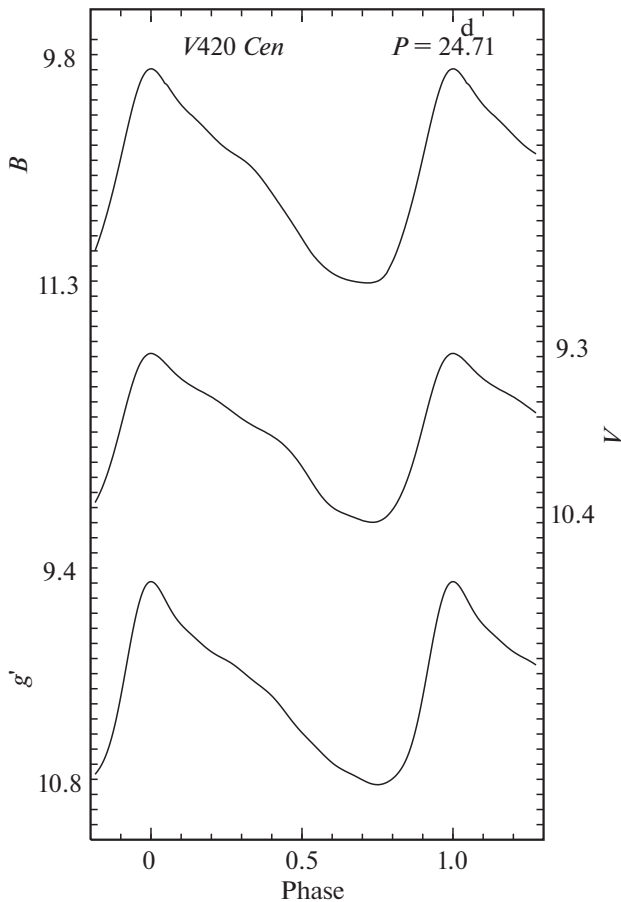


Рис. 7. Стандартные кривые цефеиды V420 Сеп в системе BVg' .

расчеты, и, кроме того, неизвестна металличность V420 Сеп.

Отметим, что полученные здесь результаты основаны на конкретных стандартных кривых. Поэтому мы приводим их в табл. 6 с тем, чтобы их можно было использовать в будущих исследованиях, а также для установления связи с нашими данными, если будут использоваться другие стандартные кривые. В табл. 6 приведены звездные величины V420 Сеп для фаз от 0 до 0.995 с шагом 0.005 в системе BVg' ; эти стандартные кривые графически изображены на рис. 7.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для изучения изменчивости периода V420 Сеп было использовано 3855 оценок блеска на старых фотопластинках и собрано 5148 опубликованных наблюдений в фильтрах B , V и g' . Все имеющиеся данные обработаны методом Герцшпрунга (1919), и была построена диаграмма $O-C$, охватывающая временной интервал в 131 год. Полученные нами

данные свидетельствуют в пользу существования больших случайных флуктуаций периода ($\varepsilon/P \approx 0.021$), которые не маскируют кубическую параболу на диаграмме $O-C$, позволяющую оценить скорость векового уменьшения периода $dP/dt = -353.0 (\pm 3.6)$ с/год. Тест на стабильность пульсаций, предложенный Ломбардом и Коэном (1993), подтвердил реальность уменьшения периода.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (гранты 18-02-00890 и 19-02-00611).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бердников Л.Н., Письма в Астрон. журн. **18**, 519 (1992) [L.N. Berdnikov, Sov. Astron. Lett. **18**, 207 (1992)].
2. Бердников, Тэрнер (L.N. Berdnikov and D.G. Turner), Astron. Astrophys. Trans. **16**, 291 (1998).
3. Бердников, Тэрнер (L.N. Berdnikov and D.G. Turner), Astron. Astrophys. Trans. **23**, 123 (2004).
4. Бердников Л.Н., Якоб А.М., Пастухова Е.Н., Письма в Астрон. журн. **46**, 669 (2020) [L.N. Berdnikov, A.M. Yacob, and E.N. Pastukhova, Astron. Lett. **46**, 630 (2020)].
5. Боно и др. (G. Bono, A. Pietrinferni, M. Marconi, V.F. Braga, G. Fiorentino, P.B. Stetson, R. Buonanno, M. Castellani, et al.), Commun. Konkoly Observ. Hung. Akad. Sci. **14**, 149 (2016).
6. Браун и др. (Gaia Collaboration, A. Brown, et al.), arXiv:2012.01533v1, (2020).
7. Вальравен и др. (Th. Walraven, A.B. Mueller, and P.Th. Oosterhoff), Bull. Astron. Inst. Netherl. **14**, 81 (1958).
8. Васильяновская О.П., Ерлексова Г.Е., Бюлл. Инст. Астрофиз. АН Тадж. ССР **№ 54**, 3 (1970).
9. Герцшпрунг (E. Hertzsprung), Astron. Nachr. **210**, 17 (1919).
10. Гриндлей и др. (J. Grindlay, Sumin Tang, E. Los, and M. Servilla), ASP Conf. Ser. **410**, 101 (2009).
11. Дин и др. (J.F. Dean, A.W.J. Cousins, R.A. Bywater, and P.R. Warren), Mem. RAS **83**, 69 (1977).
12. ЕКА, The Hipparcos and Tycho catalogues, ESA SP-1200 (ESA, Noordwijk, 1997).
13. Ирвин (J.B. Irwin), Astrophys. J. Suppl. Ser. **6**, 253 (1961).
14. Ломбард, Коен (F. Lombard and C. Koen), MNRAS **263**, 309 (1993).
15. Мёлер и др. (S. Moehler, W.B. Landsman, T. Lanz, and M.M. Miller Bertolami), Astron. Astrophys. **627**, A34 (2019).
16. Мергенталер (J. Mergentaler), Contrib. Astron. Observ. Lwow Univ. **№ 10**, 1 (1939).

17. Петит (M. Petit), *Ann. Astrophys.* **23**, 681 (1960).
18. Пикеринг (E.C. Pickering), *Circ. Astron. Obs. Harvard College* **Nr 122**, 1 (1906).
19. Пикеринг (E.C. Pickering), *Astron. Nachr.* **173**, 379 (1907).
20. Поймански (G. Pojmanski), *Acta Astron.* **52**, 397 (2002).
21. Самусь и др. (N.N. Samus, E.V. Kazarovets, O.V. Durlevich, N.N. Kireeva, and E.N. Pastukhova), *Astron. Rep.* **61**, 80 (2017).
22. Смолец и др. (R. Smolec, P. Moskalik, E. Plachy, I. Soszynski, and A. Udalski), *MNRAS* **481**, 3724 (2018).
23. Фадеев Ю.А., *Письма в Астрон. журн.* **46**, 783 (2020) [Yu.A. Fadeyev, *Astron. Lett.* **46**, N11 (2020)].
24. Эддингтон, Плакидис (A.S. Eddington and S. Plakidis), *MNRAS* **90**, 65 (1929).
25. Яясингхе и др. (T. Jayasinghe, K.Z. Stanek, C.S. Kochanek, B.J. Shappee, T.W.-S. Holoiien, Todd A. Thompson, J.L. Prieto, Dong Subo, et al.), *MNRAS* **485**, 961 (2019).