

ЗАВИСИМОСТЬ ПЕРИОД-РАДИУС ДЛЯ ЗВЕЗД ТИПА RR ЛИРЫ ГАЛАКТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

М. С. Ф р о л о в

Проведена ревизия предложенных автором ранее для звезд типа RR Лир аб зависимостей $\Delta R = f(P \cdot \Delta B)$ и $\frac{\Delta R}{R} = \varphi[\Delta V \cdot \Delta(B-V)]$:
 $\Delta R = 7.69 \cdot [P \cdot \Delta B] + 0.10$, $\frac{\Delta R}{R} = 0.342 \cdot [\Delta V \cdot \Delta(B-V)] + 0.083$,
 где ΔV , ΔB , $\Delta(B-V)$ — фотометрические амплитуды изменения блеска и цвета звезды, ΔR (10^{10} см) и $\frac{\Delta R}{R}$ — абсолютная и относительная амплитуды изменения радиуса при пульсации. На основании этих зависимостей определены радиусы 113 звезд типа RR аб; получена зависимость период-радиус для звезд типа RR аб: $\lg \bar{R}$ (см) = $1.00 \lg P + 11.74$.

Значение коэффициента 1.00 при $\lg P$ свидетельствует о том, что не верны либо какой-то один, либо оба из постулатов для звезд типа RR Lyr: 1) $M = \text{const}$, 2) $Q = P \sqrt{\rho_0} = \text{const}$.

Period-Radius Relation for RR Lyrae Stars in the Galactic Field

M.S. F r o l o v

A revision is made of relations proposed by the author earlier for RR Lyrae stars ab ($\Delta R = f(P \cdot \Delta B)$ and $\Delta R/R = \varphi[\Delta V \cdot \Delta(B-V)]$):
 $\Delta R = 7.69 [P \cdot \Delta B] + 0.10$, $\Delta R/R = 0.342 \cdot [\Delta V \cdot \Delta(B-V)] + 0.083$, where ΔV , ΔB , $\Delta(B-V)$ — photometric amplitudes of the light and colour variations, ΔR (10^{10} sm) and $\Delta R/R$ — absolute and relative amplitudes of radius variations under pulsation. These relations were used to determine radii of 113 RR Lyrae ab stars. Period-radius relation for RR Lyrae ab stars was obtained: $\lg \bar{R}$ (sm) = $1.00 \lg P + 11.74$.

The value of the coefficient 1.00 for $\lg P$ shows that either one or both postulates for RR Lyrae stars are incorrect: 1) $M = \text{const}$; 2) $Q = P \sqrt{\rho_0} = \text{const}$.

В [1] мы предложили способ, позволяющий для звезд типа RR ab по фотометрическим величинам ΔV , $\Delta(B-V)$, ΔB и периоду P определять значение среднего радиуса звезды. Этот способ основывается на использовании двух зависимостей:

$$\frac{\Delta R}{R} = a \cdot [\Delta V \cdot \Delta(B-V)] + b \quad (1)$$

и

$$\Delta R = c \cdot (P \cdot \Delta B) + d, \quad (2)$$

где ΔR — полная абсолютная амплитуда изменения радиуса звезды при пульсации, $\frac{\Delta R}{R}$ — полная относительная амплитуда изменения радиуса, ΔV , ΔB и $\Delta(B-V)$ — амплитуды изменения блеска и цвета пульсирующей звезды.

Воспользовавшись результатами фотоэлектрической фотометрии 5 звезд типа RR Lyr П. Варрена [2] и добавляя также данные о RY Com и TT Lyn [3], мы уточнили значения коэффициентов зависимости (2), которая хорошо представляется прямой линией (рис. 1).

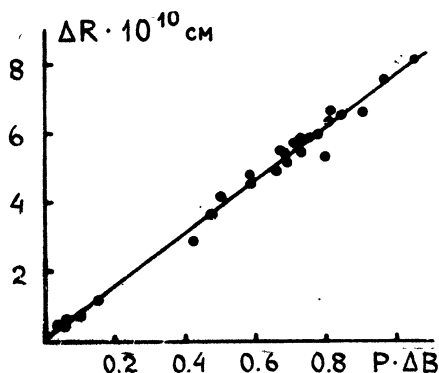


Рис. 1

Из этих дополнительных семи звезд для уточнения коэффициентов соотношения (1) оказалось возможным использовать только четыре (V 499 Cen, VY Lib, HH Pup и AF Vel), поскольку только для них мы смогли уверенно определить непосредственно по модифицированному способу Весселинка [4, 5] значения среднего радиуса и, следовательно, величины $\frac{\Delta R}{R}$ [7]. Для остальных трех звезд (RY Com, TT Lyn и SV Hya)

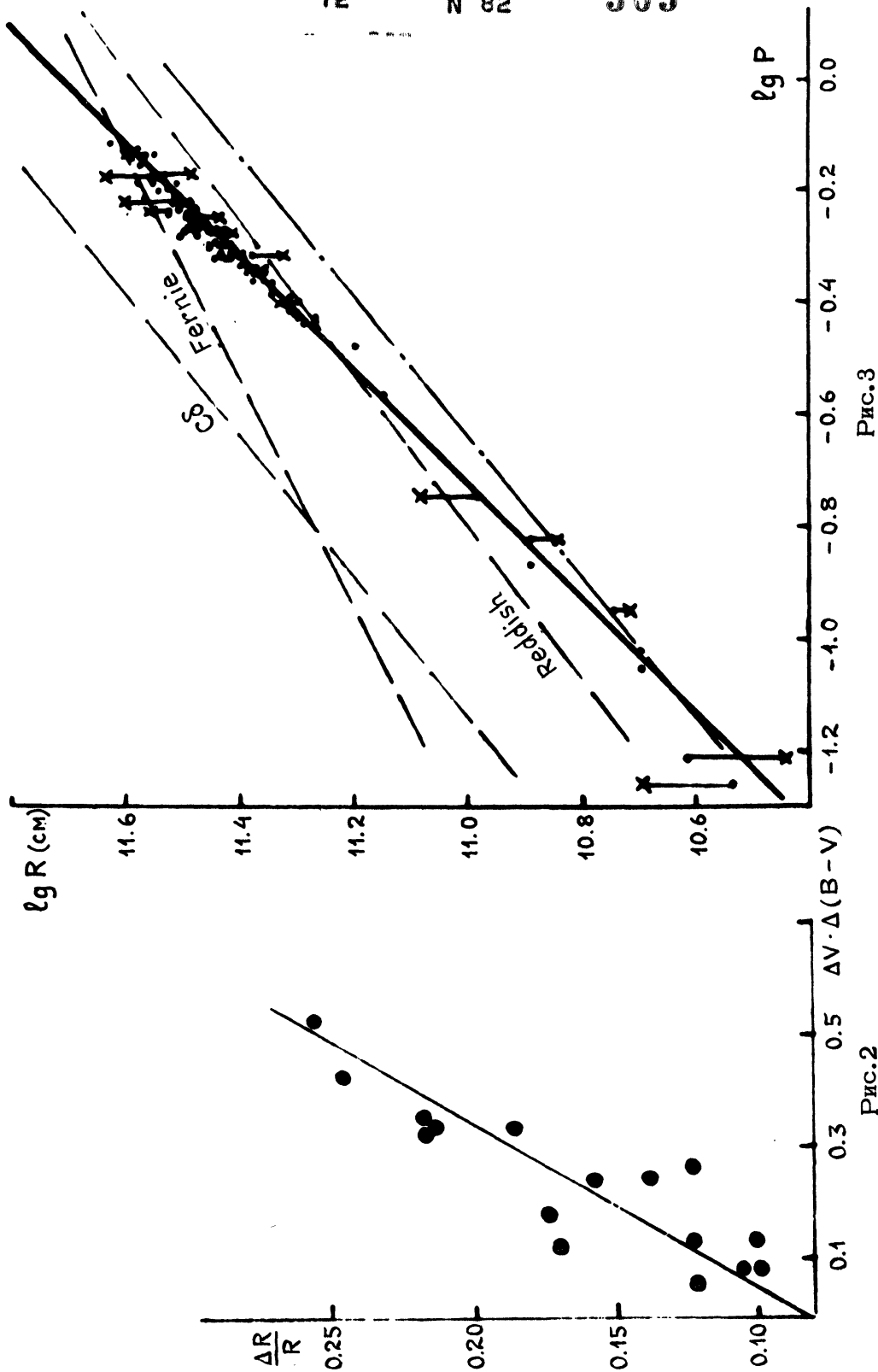
ввиду отсутствия ультрафиолетовых наблюдений в первых двух случаях и из-за необычного вида кривой $U-B$ для SV Hya мы не имели возможности получить надежные величины радиуса и определили лишь значения ΔR , реконструируя кривую изменения лучевых скоростей [5].

Окончательно по 16 звездам, сведения о которых приводятся в таблице 1, мы определили значения коэффициентов a и b соотношения (1) и получили следующую зависимость (рис. 2):

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{0.342}{\pm 0.047} \cdot [\Delta V \cdot \Delta(B-V)] + \frac{0.083}{\pm 0.013} \quad (3)$$

Численное выражение коэффициентов c и d в (2) мы получили по 29 звездам типа RR Lyr (таблица 2):

$$\Delta R = \frac{7.69}{\pm 1.18} \cdot [P \cdot \Delta B] + \frac{0.10}{\pm 0.12} \quad (4)$$



где ΔR выражено в единицах 10^{10} см. Зависимость (4) изображена на рис. 1.

Итак, на основании соотношений (3, 4) мы получаем возможность определять, исходя из фотометрических величин ΔV , $\Delta(B-V)$, ΔB и P (период), значения абсолютного и относительного полного изменения радиуса звезды типа RRab на эффективном уровне непрерывного спектра звезды. Действительно, согласно [6, стр. 61-62], амплитуда изменения лучевых скоростей, а, значит, практически и ΔR одинакова на эффективных уровнях непрерывного спектра и формирования линий поглощения металлов. Если мы учтем, что получая значение $\frac{\Delta R}{R}$, мы пользуемся величиной среднего радиуса звезды, отнесенного также к уровню непрерывного спектра (модифицированный способ Весселинка), то понятно, что пользуясь зависимостями (3, 4), мы определяем средний радиус, относящийся к эффективному уровню непрерывного спектра звезды типа RR Lyr.

В настоящее время оказалось возможным определить таким способом значения $\bar{R}$ для 113 звезд типа RRab галактического поля, для которых есть опубликованные фотоэлектрические наблюдения в системе BV, позволяющие достаточно уверенно находить необходимые нам значения фотометрических амплитуд, и, конечно, надежные значения периода.

Помимо этого, для 16 звезд есть уверенные определения среднего радиуса непосредственно по модифицированному способу Весселинка [6, 7]. Это звезды, для которых фотоэлектрические кривые блеска V и цвета $B-V$ получены с достаточным "охватом" по фазе и, как обязательное условие, есть уверенная кривая показателя цвета $U-B$. Последнее необходимо для построения двухцветной диаграммы, которая позволяет, согласно [8], определить поправку $\Delta V(\varphi)$ на восходящей ветви кривой блеска в лучах V за дополнительное рекомбинационное излучение, вносимое ударной волной в общее излучение при распространении ударной волны в направлении к периферии звезды. Учет этой поправки позволяет получить исправленную кривую блеска, свободную от фотометрических искажений, вносимых ударной волной.

В таблицах 3 и 3а мы приводим полученные на основании соотношений (3, 4) значения среднего радиуса $\lg \bar{R}$ для упомянутых выше 113 звезд типа RRab, а в таблице 4 - значения $\lg \bar{R}$ для 16 звезд, определенные по модифицированному способу Весселинка. В таблицах 3 и 4 в столбце "Л" указаны ссылки на библиографический источник фотоэлектрических данных, в таблице 3а источник один и тот же - [33].

Помимо этого, из методических соображений мы провели также вычисление статистических радиусов (по зависимостям (3) и (4)) для 16 звезд из таблицы 4. В таблице

5 мы приводим следующие величины: $\bar{R}_0$ - радиус, полученный непосредственно модифицированным способом Весселинка, $\bar{R}_{\text{ст.}}$ - радиус, определенный по зависимостям (3) и (4), $\Delta = \bar{R}_{\text{ст.}} - \bar{R}_0$, $\Delta\%$ - разность радиусов, выраженная в процентах. Как видно из рассмотрения результатов таблицы 5, при исключении звезд типа RR Lyr с $P < 0.2$, различие радиусов, найденных двумя способами, не превышает $\pm 20\%$. Этот результат служит доказательством эффективности статистического способа определения радиусов звезд типа RR Lyr, учитывая его простоту и возможность распространения на значительно большее число звезд по сравнению с методикой модифицированного способа Весселинка. Однако, естественно, при этом не следует забывать, что это - статистический способ.

Рассмотрение результатов определения радиусов звезд типа RR Lyr в таблицах 3, 3а и 4 показывает, как и следовало ожидать, увеличение среднего радиуса звезды с увеличением длины периода, т.е. зависимость период-радиус для короткопериодических цефеид. Эта зависимость графически изображена на рис. 3, где крестиками отмечены значения радиусов, полученные непосредственно по модифицированному способу Весселинка (результаты таблицы 4), вертикальные прямые соединяют для одних и тех же звезд значения радиуса, полученные обоими способами.

На рис. 3 для сравнения нанесены экстраполированные в сторону коротких периодов зависимости период-радиус Реддиша [28] для переменных звезд населения II в шаровых скоплениях (радиусы определялись по светимостям, соответствующим модулям расстояния до шаровых скоплений), И.Н. Латышева [29] для классических цефеид в галактическом поле и Ферни [30] для переменных звезд, прошедших стадию красного гиганта, а, значит, и для звезд типа RR Lyr. Эти три зависимости нанесены пунктирной линией. Штрихпунктирной линией изображена смещенная на величину $\Delta \lg \bar{R} = -0.4$ (соответствует уменьшению радиуса в 2.5 раза согласно замечанию И. Н. Латышева [29] относительно радиусов звезд типа W Девы) экстраполированная зависимость период-радиус для классических цефеид. Эта зависимость может в первом приближении служить зависимостью для звезд типа W Vir.

Как видно из графического сопоставления этих зависимостей с полученной нами для звезд типа RR Lyr, экстраполированные зависимости И.Н.Латышева (CW) и Реддиша в общем согласуются с зависимостью для звезд типа RR Lyr (почти в пределах разброса крайних значений радиуса для короткопериодических цефеид). Однако зависимость период-радиус Ферни, которая "обязана" согласоваться, поскольку получена специально для переменных этого типа,

явно противоречит зависимости для звезд типа RR Lyr и, благодаря совершенно ошибочному наклону, находится в полном противоречии с величинами радиусов сверхкороткопериодических цефеид. Напомним, что если уж совсем "отбросить" наши определения как опосредствованные, то уж тригонометрическим параллаксам SX Phe ($0''.026 \pm 0.007$ [31]) и AI Vel ($0''.030 \pm 0.005$ [32]) нельзя не доверять. Точность этих тригонометрических параллаксов соответствует $\pm 0''.6$ и $\pm 0''.4$ в абсолютных величинах этих звезд. Исходя из значений тригонометрических параллаксов, значение радиуса в том и другом случае мы можем "тянуть" только до $\lg R = 10.8$, что, как легко видеть, не имеет ничего общего с величинами радиусов, предсказываемыми для периодов этих звезд зависимостью Ферни.

Из сказанного выше можно сделать два вывода:

1. Зависимость Ферни [30] совершенно не удовлетворяет звездам типа RR Lyr. Это - результат методики, принятой Ферни при построении зависимости период-радиус: были взяты значения радиусов всего нескольких звезд типа RR Lyr, вычисленные различными авторами, как правило, оригинальным способом Весселинка, т.е. без учета различия фаз пульсации различных по глубине слоев атмосферы звезды (критические замечания по этому поводу см. в [6, Гл. II]).
2. Согласно зависимости период-радиус для звезд типа RR Lyr, полученной в настоящей работе, с экстраполированными зависимостями И.Н.Латышева (CW) и Реддиша, возможно, свидетельствует в пользу существования единой зависимости период-радиус для пульсирующих звезд, прошедших эволюционную стадию красного гиганта. В этом принципиально нельзя не согласиться с Ферни, однако пока еще преждевременно делать окончательные выводы. Кстати, эволюционная история цефеид сферической составляющей в настоящее время представляется еще не достаточно ясной.

Уравнение прямой, представляющей зависимость $\lg \bar{R} - \lg P$, мы получили отдельно для звезд таблиц 3 и 3а и таблицы 4 (непосредственные определения по модифицированному способу Весселинка). Результаты получились практически тождественными:

$$\lg \bar{R} \text{ (см)} = 1.00 \lg P + 11.74 \quad (\text{таблицы 3 и 3а}) \quad (5)$$

$\pm .02 \quad \pm .01$

$$\lg \bar{R} \text{ (см)} = 0.98 \lg P + 11.73 \quad (\text{таблица 4}). \quad (6)$$

$\pm .06 \quad \pm .04$

Отметим, что предположение о единой для всех звезд

типа RR Lyr пульсационной константе и одинаковой массе для всех значений периода приводит, как видно из формулы:

$$\lg Q = \lg P + 0.5 \lg M_{\odot} - 1.5 \lg R_{\odot}, \tag{7}$$

вытекающей из соотношения период-плотность:

$$Q = P \sqrt{\rho_{\odot}}, \tag{8}$$

к значению 0.67 для коэффициента при $\lg P$ в формулах (5) и (6). Логическим следствием из различия значений коэффициента при $\lg P$ является вывод о несправедливости или одного или обоих постулатов: одинаковая масса и постоянство Q .

В дальнейшем мы надеемся провести сопоставление полученных в настоящей работе выводов с теоретическими расчетами пульсации звезд типа RR Lyr.

В заключение еще раз подчеркнем, что настоящая работа оставляет полностью открытым вопрос о радиусах звезд типа RR с.

Таблица 1

№ Звезда	P	$\Delta R/R$	$\Delta V \cdot \Delta(B-V)$	№ Звезда	P	$\Delta R/R$	$\Delta V \cdot \Delta(B-V)$
1 CY Aqr	^d 0.061	0.170	0.126	9 VY Lib	^d 0.534	0.186	0.334
2 X Ari	.651	.123	.263	10 RR Lyr	.567	.158	.240
3 VZ Cnc	.178	.101	.134	11 SX Phe	.055	.099	.080
4 V 499 Cen	.521	.246	.425	12 HH Pup	.391	.256	.525
5 DX Del	.473	.174	.187	13 VY Ser	.714	.123	.133
6 SU Dra	.660	.218	.360	14 TU UMa	.558	.214	.340
7 RX Eri	.587	.138	.246	15 AF Vel	.527	.216	.323
8 DY Her	.149	.106	.080	16 AI Vel	.112	.122	.060

Таблица 2

Звезда	P	$\Delta R \cdot 10^{10}$	P · ΔV	Звезда	P	$\Delta R \cdot 10^{10}$	P · ΔV
		(см)				(см)	
1 SW And	^d 0.442	4.94	0.655	12 SU Dra	^d 0.660	6.63	0.900
2 CY Aqr	.061	0.47	.054	13 RX Eri	.587	5.50	.682
3 S Ara	.452	5.92	.751	14 EY Her	.149	0.74	.098
4 X Ari	.651	5.37	.795	15 SV Hya	.479	5.22	.686
5 AH Cam	.369	4.18	.502	16 VY Lib	.534	5.79	.717
6 VZ Cnc	.178	1.22	.148	17 TT Lyn	.597	4.59	.585
7 IU Car	.737	7.61	.960	18 RR Lyr	.567	5.75	.704
8 V 499 Cen	.521	6.42	.804	19 TY Pav	.710	6.61	.839
9 RY Com	.469	5.47	.732	20 DN Pav	.468	5.99	.773
10 SW Cru	.328	2.89	.421	21 SX Phe	.055	0.49	.034
11 DX Del	.473	3.68	.473	22 HH Pup	.391	5.53	.670

Таблица 2 (продолжение)

Звезда	P	$\Delta R \cdot 10^{10}$ (с м)	P-ΔB	Звезда	P	$\Delta R \cdot 10^{10}$ (с м)	P-ΔB
23 V675 Sgr	0.642	6.70	0.810	27 TU UMa	0.558	5.92	0.749
24 V494 Sco	.427	5.91	.727	28 AI Vel	.527	5.85	.734
25 VY Ser	.714	4.87	.578	29 AI Vel	.112	0.63	.062
26 W Tuc	.642	8.18	1.048				

Таблица 3

№	Звезда	P	lg P	lg $\bar{R}$ (с м)	Л
1	EH Lib	0.088	-1.056	10.695	9
2	RS Gru	.147	0.832	10.902	10
3	TV Lib	.270	.569	11.152	11
4	SW Cru	.328	.485	.201	10
5	AQ Lyr	.357	.447	.292	12
6	AA Aql	.362	.442	.272	11
7	SS Cnc	.367	.436	.272	12
8	AH Cam	.369	.433	.301	3
9	RS Boo	.377	.424	.316	9
10	AV Peg	.390	.409	.301	3
11	TZ Aur	.392	.406	.292	12
12	RR Gem	.397	.401	.294	12
13	XY And	.399	.398	.336	13
14	TW Her	.400	.398	.324	12
15	DM Cyg	.420	.377	.344	12
16	EP Her	.426	.370	.346	12
17	AR Per	.426	.370	.382	9
18	V494 Sco	.427	.370	.362	10
19	VZ Her	.440	.356	.367	12
20	SV CVn	.442	.354	.373	12
21	SW And	.442	.354	.389	9
22	ST Oph	.450	.346	.354	12
23	S Ara	.452	.345	.373	10
24	HR Leo	.452	.345	.401	9
25	LI Cen	.453	.343	.387	10
26	VX Her	.455	.342	.393	14
27	SW Aqr	.459	.338	.406	11
28	XZ Cyg	.467	.330	.446	14
29	LV UMa	.468	.330	.373	15
30	DN Pav	.468	.330	.382	10
31	LY Com	.469	.329	.386	3
32	BN Aqr	.470	.328	.420	12
33	SU Leo	.472	.326	.375	12
34	XZ Dra	.476	.322	.386	15
35	ST Leo	.478	.320	.400	12
36	RY Col	.479	.320	.405	10

Таблица 3 (продолжение)

№	Звезда	P	$\lg P$	$\lg \bar{R}$ (см)	L
37	VV Peg	0. ^d 488	-0.312	11.413	12
38	BF Peg	.496	.304	.439	12
39	SW Boo	.514	.290	.453	14
40	AN Ser	.522	.282	.459	16
41	AT Vir	.526	.279	.447	12
42	UV Oct	.543	.264	.479	10
43	RW Cnc	.547	.262	.468	10
44	W CVn	.552	.258	.489	15
45	RR Cet	.553	.257	.490	9
46	WY Ant	.574	.241	.509	10
47	S Com	.587	.231	.489	12
48	UV Vir	.587	.231	.494	12
49	RV Phe	.596	.226	.572	10
50	TT Lyn	.597	.224	.490	3
51	AA Leo	.599	.222	.522	12
52	DZ Peg	.607	.217	.516	12
53	AT And	.617	.210	.424	12
54	CX Lyr	.617	.210	.544	12
55	SS Leo	.626	.203	.529	12
56	YY Tuc	.635	.197	.508	10
57	FY Hya	.637	.196	.580	10
58	BH Peg	.641	.193	.555	9
59	V675 Sgr	.642	.192	.554	10
60	W Tuc	.642	.192	.528	10
61	UZ Eri	.649	.188	.549	12
62	CM Ori	.656	.183	.543	12
63	TY Pav	.710	.150	.569	10
64	SV Eri	.714	.146	.570	17
65	XX And	.723	.141	.573	14
66	IU Car	.737	.133	.605	10

Таблица 3а

	Звезда	P	$\lg P$	$\lg \bar{R}$ (см)
1	XX Cyg	0.135	-0.870	10.892
2	SS Tau	.370	.432	11.303
3	V445 Oph	.397	.401	.316
4	TV Leo	.402	.396	.346
5	ST Vir	.411	.386	.346
6	KX Lyr	.441	.356	.354
7	RW Dra	.443	.354	.360
8	U Tri	.447	.350	.358
9	RV Cap	.448	.349	.386

Таблица 3а (продолжение)

	Звезда	P	$\lg P$	$\lg \bar{R}$ (см)
10	CG Peg	0.467	-0.331	11.393
11	AR Her	.470	.328	.426
12	BB Vir	.471	.327	.435
13	UU Vir	.476	.322	.405
14	V440 Sgr	.477	.322	.410
15	BE Pup	.480	.319	.436
16	AV Ser	.488	.312	.453
17	DH Hya	.489	.312	.459
18	SW Her	.493	.307	.461
19	RU Scl	.493	.307	.431
20	RU Boo	.493	.307	.422
21	SS For	.495	.305	.453
22	SZ Gem	.501	.300	.446
23	RZ Lyr	.511	.292	.474
24	RV Leo	.515	.288	.508
25	XX Pup	.517	.286	.450
26	SZ Boo	.523	.282	.504
27	TV Boo	.532	.274	.480
28	SX Aqr	.536	.271	.459
29	SZ Hya	.537	.270	.470
30	WZ Hya	.538	.269	.487
31	V LMi	.544	.264	.468
32	AS Vir	.553	.257	.493
33	RR CVn	.559	.253	.471
34	UY Cyg	.561	.251	.480
35	TT Cnc	.563	.250	.528
36	SW Dra	.570	.244	.510
37	RU CVn	.573	.242	.513
38	V 341 Aql	.578	.238	.481
39	U Lep	.581	.236	.520
40	SV Boo	.581	.236	.487
41	TU Per	.607	.217	.522
42	ST Boo	.622	.206	.530
43	AG Her	.649	.188	.558
44	RX Leo	.653	.185	.538
45	X LMi	.684	.165	.576
46	X Crt	.733	.135	.581
47	AT Ser	.747	.127	.629

Таблица 4

№	Звезда	P	lg P	lg $\bar{R}$ (см)	Л
1	SX Phe	0.055	-1.260	10.692	18
2	CY Aqr	.061	1.214	.438	19
3	AI Vel	.112	0.950	.713	20
4	DY Her	.149	.826	.840	21
5	VZ Cnc	.178	.749	11.083	22
6	HH Pup	.391	.408	.335	2
7	DX Del	.473	.325	.325	23
8	V499 Cen	.521	.285	.415	2
9	AF Vel	.527	.278	.434	2
10	VY Lib	.534	.273	.492	2
11	TU UMa	.558	.253	.441	24
12	RR Lyr	.567	.245	.561	25
13	RX Eri	.587	.231	.604	10
14	X Ari	.651	.186	.640	23
15	SU Dra	.660	.180	.485	26
16	VY Ser	.714	.146	.598	27

Таблица 5

№	Звезда	$\bar{R}_0 \cdot 10^{11}$ (см)	$\bar{R}_{ст} \cdot 10^{11}$ (см)	Δ (см)	$\Delta\%$
1	SX Phe	0.492	0.344	$-0.15 \cdot 10^{11}$	-30
2	CY Aqr	0.274	0.411	+0.14	+51
3	AI Vel	0.516	0.558	+0.04	+ 8
4	DY Her	0.693	0.779	+0.09	+13
5	VZ Cnc	1.21	0.961	-0.25	-21
6	HH Pup	2.16	2.04	-0.12	- 6
7	DX Del	2.11	2.54	+0.43	+20
8	V499 Cen	2.60	2.87	+0.27	+10
9	AF Vel	2.72	2.89	+0.17	+ 6
10	VY Lib	3.10	2.98	-0.12	- 4
11	TU UMa	2.76	2.94	+0.18	+ 7
12	RR Lyr	3.64	3.35	-0.29	- 8
13	RX Eri	4.02	3.20	-0.82	-20
14	X Ari	4.37	3.60	-0.77	-18
15	SU Dra	3.05	3.41	+0.36	+12
16	VY Ser	3.96	3.55	-0.41	-10

Литература.

1. М. С. Фролов, ПЗ 16, 201, 1967.
2. P. R. Warren, MNASA 25, 103, 1966.

3. D.H.P. Jones, IBVS No. 94, 1965.
4. М.С. Фролов, АЦ №274, 1963.
5. М.С. Фролов, "Проблемы звездной эволюции и переменные звезды", Москва, Наука, 1968, стр. 128.
6. М.С. Фролов, Кандидатская диссертация, Москва, 1965.
7. М.С. Фролов, ПЗ 16, 615, 1969.
8. H.A. Abt, ApJ 130, 824, 1959.
9. H. Spinrad, ApJ 130, 539, 1959.
10. T.D. Kinman, ROB №37, 1961.
11. B. Paczynski, AA 15, 103, 1965.
12. C. Sturch, ApJ 143, 774, 1966.
13. B. Paczynski, AA 16, 97, 1966.
14. O.J. Eggen, ROB №84, 170, 1964.
15. E. Geyer, ZsAp 52, 229, 1961.
16. H. Spinrad, PASP 71, 542, 1959.
17. G.W. Preston, B. Paczynski, ApJ 140, 181, 1964.
18. O.C. Wilson, M.F. Walker, ApJ 124, 325, 1956.
19. R.H. Hardie, C.R. Tolbert, ApJ 134, 581, 1961.
20. Th. Walraven, BAN 11, No. 434, 421, 1952..
21. R.H. Hardie, S.H. Lott, ApJ 133, 71, 1961.
22. H. Spinrad, ApJ 131, 134, 1960.
23. G.W. Preston, ApJ 134, 633, 1961.
24. G.W. Preston, ApJ 133, 29, 1961.
25. R.H. Hardie, ApJ 122, 256, 1955.
26. H. Spinrad, ApJ 133, 479, 1961.
27. C. Varsavsky, ApJ 131, 623, 1960.
28. V.C. Reddish, MN 115, 480, 1955.
29. И.Н. Латышев, "Астрофизика" 2, вып. 3, 355, 1966.
30. J.D. Fernie, ApJ 140, №4, 1964.
31. L.F. Jenkins, GC of Trigonometric Stellar Parallaxes, Yale, 1952.
32. J.B.G. Turner, MNASSA 16, No. 3, 29, 1957.
33. W.S. Fitch, W.Z. Wisniewski, H.L. Johnson, Arizona Comm 5, No. 71, part 2, 3, 1966.

Астрономический Совет АН СССР
апрель 1967 г.