

из работ¹⁻⁴, а также из работы И.Ф. Алания, Ю.С. Романова и других исследований.

Учитывая, что в основном оценки спектральных классов делались глазомерным методом, была предпринята попытка сведения этих массивов в одну систему. Так как список Престона наиболее полон и является первым в этого рода исследованиях, все массивы были приведены в систему Престона по калибровочным зависимостям параметра $\Delta S'$ для общих звезд. В случае, когда общих звезд очень мало, (например, список Кинмана), сведение в единую систему производилось по общей калибровочной зависимости. Интервал изменения $\Delta S'_{\text{сист.}}$ от -1 до 6 соответствует интервалу изменения ΔS от -1 до 13 .

Затем были исследованы зависимости полученного таким образом параметра, характеризующего переменную звезду типа RR Лиры в целом от других характеристик. Так, на рис. 2 представлена зависимость $\Delta S'_{\text{сист.}}$ от показателя $(k-b)_2$ (Джонс⁵), являющегося фотометрическим аналогом параметра ΔS . Видно, что зависимость достаточно четкая и разброс параметра $\Delta S'_{\text{сист.}}$ существенно меньше, чем параметра ΔS . На рис. 3 представлена зависимость $\Delta S'_{\text{сист.}} - \lg P$ только для звезд типа RRAb, для "уверенных" значений параметра $\Delta S'_{\text{сист.}}$.

Таким образом, полученный авторами показатель $\Delta S'_{\text{сист.}}$, отражающий в основном интенсивность линии ионизованного кальция, усредненный по периоду, характеризует условия формирования линии ионизованного кальция у переменных звезд типа RR Лиры в целом и показывает четкую зависимость от периода изменения блеска.

¹Preston G.W., ApJ **130**, No.2, 507-538, 1959. ²Clube S.V.M., Evans D.S., Jones D.H.P., Mem RAS **72**, 101-184, 1969. ³Kinman T.D., ROB No.37, 150-203, 1961. ⁴Butler D., Kemper E., Kraft R.P., Suntzeff N.B., AJ **87**, 353-359, 1982. ⁵Jones D.H.P., ApJ Suppl **25**, No.225, 487-522, 1973.

Астрономическая обсерватория Одесского государственного университета.

Скорости вращения некоторых пульсирующих звезд.

Л.П. Зайкова, С.Н. Удовиченко.

Rotational velocities of some pulsating stars, by L.P.Zaikova and S.N.Udovichenko.

Престон¹ высказал предположение о существовании критической скорости вращения для пульсирующих звезд, которая составляет $20-30$ км/с. С тех пор исследовались скорости вращения цефеид² и звезд типа δ Sct³, но вопрос о скоростях вращения звезд типа RR Лиры практически не затрагивался (для RR Lyr Престон принимает скорость вращения >13 км/с).

Для определения скорости вращения переменных звезд были использованы 16 спектрограмм 5 переменных звезд и 13 спектрограмм 9 стационарных звезд. Спектральный материал получен Ю.С. Романовым и С.Н. Удовиченко на 2-й камере ОЗСП БТА САО АН СССР с дисперсией $9 \text{ \AA/мм}$ в период с 1977 по 1984 год. При наблюдениях на 6-м телескопе с целью уменьшения длительности экспозиции применялась гипер-

сенсibilизация водородом для фотоэмульсии Kodak 103aO. В результате временное разрешение составило от 1 до 35 минут, за исключением X Ari (разрешение 50–80 минут). На регистрограммах были измерены ширины спектральных линий Mg II 4481 и Fe I 4476 Å на половине их глубины, известных как наилучшие индикаторы звездного вращения в исследуемом нами интервале спектральных классов: Mg II 4481 Å — для V8 – F0 и Fe I 4476 Å — для F0 – F2. Для оценки ширины инструментального контура использовались слабые линии спектра сравнения, их полуширина составляет 0.2 Å. Таким образом были получены редуцированные графики и по ним были проведены калибровочные среднеквадратичные прямые для Mg II 4481 и Fe I 4476 Å:

$$\begin{aligned} \text{Mg II: } \Delta\lambda/\lambda \cdot 10^3 &= 0.130 + 0.005 \, v \sin i, & \sigma_0 &= 0.043, \\ \text{Fe I: } \Delta\lambda/\lambda \cdot 10^3 &= 0.071 + 0.005 \, v \sin i, & \sigma_0 &= 0.021, \end{aligned}$$

где σ_0 — среднеквадратичная ошибка одного определения. По калибровочным зависимостям ошибка определения $v \sin i$ в нашей системе составляет ~4 км/с по линии Fe I и ~7 км/с по линии Mg II.

Было проведено сравнение полученных в данной работе полуширин исследуемых линий и полуширин, полученных для тех же звезд по спектрограммам с дисперсией 9 Å/мм и спектральным разрешением 0.25 Å (что соответствует характеристикам полученных на БТА спектрограмм) Слеттебаком и др.⁴. Сравнимые полуширины находятся в хорошем согласии. Для определения скорости вращения RR Lyr были отобраны спектрограммы, полученные в фазах основного колебания 0.3–0.5, где невелико влияние ударно-волновых эффектов, а изменение лучевой скорости меньше, чем в других фазах. Для остальных переменных звезд были использованы все имеющиеся спектрограммы.

Звезда	$v \sin i$		Звезда	$v \sin i$	
	Mg II	Fe I		Mg II	Fe I
RR Lyr	< 9	< 9	VW Dra	< 9	< 9
X Ari	12:	—	TU Cas	< 9	< 9
V474 Mon	11	10			

Значения вида <9 км/с приводятся как верхний предел оценки скорости вращения для используемой дисперсии согласно оценке Бернакка и Перинотто⁵. Значение $v \sin i$ для X Ari приводится как неуверенное в связи с тем, что спектрограммы для этой звезды получены в фазах, в которых ударно-волновые эффекты могут оказать существенное влияние на полуширину спектральной линии.

Крафт² отмечает, что уширение линий в спектрах цефеид вследствие макротурбулентии может достигать $2/3 \, v \sin i$. Возможно, что и для других типов пульсирующих звезд, например, для звезд типа RR Lyr, основной вклад в уширение спектральной линии вносит не вращение, а макротурбулентия (это предположение высказано также и Престоном¹). Таким образом, данные определения являются верхним пределом $v \sin i$ из-за влияния макротурбулентии.

Для TU Cas и VW Dra $v \sin i$ определены впервые. Эти значения можно рассматривать как верхний предел. Для V474 Mon ранее приводились

значения $v \sin i = 25$ км/с ^{6,7}. Данцигер и Диккенс³ получили близкое значение $v \sin i = 10 \pm 15$ км/с по спектрограммам с дисперсией 10 Å/мм. Для RR Lyr полученное значение $v \sin i$ меньше, чем оценка Престона (> 13 км/с). В основном Престон и др.⁸ использовали спектрограммы переменных звезд с дисперсией 16 Å/мм и верхний предел определения $v \sin i$ составлял 20 км/с. Разницу в определениях $v \sin i$ RR Lyr в данной работе и в определении Престона¹ можно объяснить тем, что временное разрешение использованных в данной работе спектрограмм выше.

Для RR Lyr характерна вторичная периодичность (эффект Блажко), природа которой в настоящее время не вполне ясна. Представляется интересным сопоставить это явление с периодом вращения звезды. Необходимую для точного определения периода вращения экваториальную скорость вращения звезды нельзя получить в связи с неопределенностью угла наклона оси вращения i . Однако существует возможность приближенно оценить период вращения звезды по статистической зависимости ($v \sin i$ — период) для магнитных звезд⁹, так как периоды вращения этих звезд легко определяются по изменениям магнитного поля. Из этой зависимости следует, что период вращения при $v \sin i < 9$ км/с составляет $> 25^d$. Учитывая, что радиус RR Lyr $5.2 R_{\odot}$ больше среднего радиуса магнитных звезд ($3.2 R_{\odot}$), принятого в этой зависимости $v \sin i$ — период, значение периода вращения RR Lyr может находиться в пределах от $> 25^d$ до $> 50^d$, что согласуется с известным периодом эффекта Блажко для RR Lyr (41^d).

¹G.W.Preston, *Kleine Veröff Remeis-Sternwarte Bamberg* 4, No.40, 155–162, 1965. ²R.P.Kraft, *ApJ* 144, No.3, 1008–1015, 1966. ³I.J.Danziger, K.J.Dickens, *ApJ* 149, 55–72, 1977. ⁴A.Slettebak et al., *ApJ Suppl* 29, No. 281, 137–159, 1975. ⁵P.L.Bernacca, M.Perinotto, *Asiago Contr.* No. 239, 1970. ⁶А.А.Боярчук, И.М.Копылов, *Изв.КрАО* 31, 44–99, 1964. ⁷A.Uesugi, I.Fukuda, *Inst. Ap. and Kwasan Obs. Publ., Kyoto Univ.* No.189, 1970. ⁸G.W.Preston, J.Smak, B.Paczynski, *ApJ Suppl* 12, No. 104, 99–161, 1965. ⁹P.Didelon, *AsAp Suppl* 55, 69–75, 1984. ¹⁰A.Manduca et al., *ApJ* 250, No.1, 312–325, 1981.

Астрономическая обсерватория Одесского государственного университета.

Фотометрическое исследование X Сена.

В.П. Безденежный.

Photometric investigation of X Arietis, by V.P. Bezdenezhnyi.

На основе 163 фотографических, 233 фотовизуальных оценок блеска по пластинкам 7-камерного астрографа и 79 фотографических наблюдений на камере Шмидта проведено исследование изменений блеска звезды типа RR Лиры X Ari.

Наблюдения охватывают интервал JD 2436082–46715, то есть 30 лет. С элементами Гапошкина и Пэйн-Гапошкиной (1954)

$$\text{Max. hel.} = \text{JD } 2420785.035 + 0^d 6511248 \cdot E \quad (1)$$