

Лучевые скорости RZ Лиры

Ю.С.Романов

В работе определены лучевые скорости у RZ Лиры по линиям поглощения водорода, ионизованного кальция и других металлов для различных фаз основного колебания блеска и эффекта Блажко.

Амплитуда лучевой скорости по линиям водорода изменяется с фазой эффекта Блажко от 130 км/сек до почти 245 км/сек.

Рассмотрены соотношения амплитуд лучевых скоростей, определенных по линиям поглощения водорода, ионизованного кальция и другим металлам у переменных звезд типа RR Лиры с $\Delta S \geq 5$.

Radial Velocities of RZ Lyrae

by Yu.S. Romanov

In this work radial velocities in RZ Lyrae have been determined from absorption lines of hydrogen, ionized calcium and other metals for different phases of the main light variation and Blazhko effect.

The radial velocity amplitude from hydrogen lines is varying with the phase of Blazhko effect from 130 km/sec to nearly 245 km/sec.

Relations of amplitudes of radial velocities which have been determined from hydrogen absorption lines, from those of ionized calcium and other metals in variable stars of RR Lyrae-type with $\Delta S \geq 5$ are considered.

1. Наблюдательный материал.

Спектральные наблюдения RZ Лиры выполнены на 122-см рефлекторе Крымской астрофизической обсерватории АН СССР с помощью дифракционного спектрографа АСП-11 с обратной линейной дисперсией $125 \text{ \AA}^\circ/\text{мм}$. Выбор дисперсии определялся необходимостью получения спектрограмм RZ Лиры в минимуме ее блеска с максимально возможным разрешением линий. С этой целью была применена дифракционная решетка 200 штрихов на мм, которая позволила получать изображение спектральных линий хорошего качества с концентрацией света во втором порядке и коэффициентом отражения 75% при $\lambda = 5000 \text{ \AA}$.

При фотографировании звезд мы установили ширину щели спектрографа в зависимости от изображения так, чтобы получить минимальную потерю света на щели. Изображение щели на пластинке соответствовало 0.02–0.03 мм. Постоянные звезды фотографировались с расширением порядка 0.5 мм, а переменная звезда с расширением 0.1 ÷ 0.2 мм. Спектрограммы получены на астрономической пленке А-500 в основном выпуска апреля 1969 года, обладавшей высокой чувствительностью, небольшим зерном и вуалью. С целью сокращения экспозиций, особенно когда блеск RZ Лиры

аходился вблизи минимума, пленки для повышения чувствительности подвечивались с помощью лампы-вспышки со специально подобранными фильрами. Подсветка пленки давала выигрыш чувствительности примерно 1.5–2 раза, но при повышении вуали понижалось разрешение.

Время экспозиции переменной звезды в основном составляло от 40 минут до 2 часов, в некоторых случаях до 4 часов; стандартных звезд не более 5 минут. Окончательно было получено 73 спектрограммы переменной звезды, пригодных для измерений.

На всех спектрограммах был впечатан спектр сравнения с помощью лампы с полым катодом, установленной стационарно на спектрографе. Лампа дает в основном линии железа и неона.

При больших экспозициях обнаружено появление в некоторых случаях начительного смещения спектров сравнения в начале и в конце экспозиции, хотя в работе Витриченко (1968) отмечено, что сколько-нибудь заметных гнутий не наблюдается.

Первая попытка выявления причины этого смещения линий была предпринята нами в июне 1969 года. Специальные снимки спектра сравнения, полученные на одной и той же пластинке на разных уровнях щели спектрографа с изменением часового угла от 0^h до -6^h , показали, что никаких смещений линий не обнаруживается.

Повторно исследования были проведены в августе 1969 года и в июле

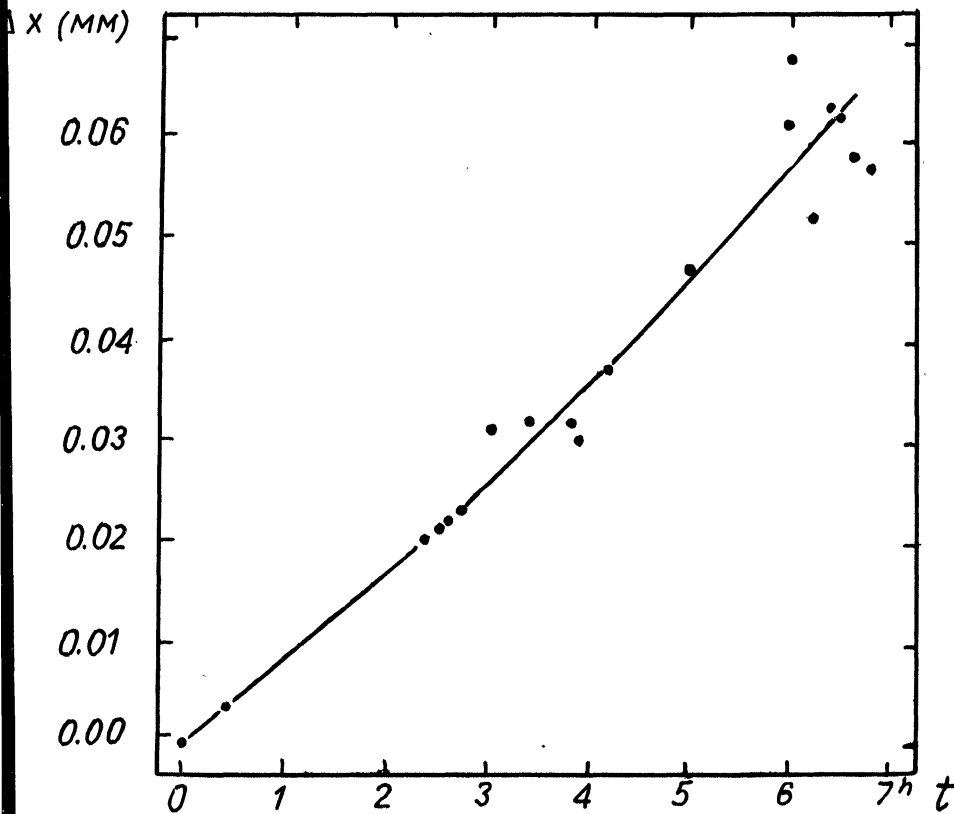


Рис. 1. Зависимость гнутия спектрографа от положительного часового угла ($\delta = +32^{\circ}8$).

1970 года. Подтвердилось, что действительно при отрицательных часовых углах смещений нет. Однако было выяснено, что значительные смещения проявляются при положительных часовых углах. На рис. 1 представлен график зависимости смещения от положительного часового угла, построенный по специальным снимкам 1969 и 1970 годов и спектрограммам с переменной звездой 1969 года.

Характер графика указывает на то, что причиной смещений является гнутие. Так как на спектрограммах, полученных с дисперсией $125 \text{ \AA}^\circ/\text{мм}$, можно было при дополнительном времени экспозиции получить одновременно изображение спектра сравнения третьего порядка с дисперсией примерно $80 \text{ \AA}^\circ/\text{мм}$, то были измерены несколько спектрограмм и третьего порядка. Оказалось, что смещение не зависит от дисперсии.

Отсюда следует, что наиболее благоприятные условия для получения спектрограмм на спектрографе АСП-11, установленном на $50''$ телескопе, создаются при положении телескопа с отрицательными часовыми углами. При необходимости работать при положительных часовых углах мы стремились максимально сокращать время экспозиции.

К сожалению, этим условиям мы не всегда могли удовлетворить, особенно в июле 1969 года. Спектр сравнения впечатывался дважды: после начала и перед концом экспозиции на разных уровнях щели спектрографа, что позволяло сразу же выявлять наличие гнутия.

2. Измерения спектрограмм и вычисление лучевых скоростей.

Спектрограммы переменной и стандартных звезд были измерены на горизонтальном компараторе ИЗА-2 № 610197, который с целью облегчения измерений и повышения точности был модернизирован. На подвижном столе прибора установлен двухкоординатный спектроводитель с поворотным кругом. Это позволяло перемещать спектрограмму в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью микрометрических винтов по x до 75 мм , по y до 50 мм и микрометрическим маховиком поворачивать на 360° , что значительно облегчало точную и удобную для измерений установку спектрограмм под визирным микроскопом компаратора параллельно ходу стола как при прямом измерении, так и при повороте спектрограммы на 180° , по методу двойного промера. Вместо обычного простого окуляра установлена окулярная головка типа ОГУ-21, содержащая поворотную пластинку со штриховыми прямолинейными линиями высокого качества, которую можно было поворачивать вокруг вертикальной оси на любой угол точной установочной рукояткой. С помощью поворотной штриховой пластинки можно было компенсировать малейшее уклонение линий спектра сравнения от прямого угла к направлению дисперсии. При измерении спектрограмм на компараторе ИЗА-2 значительные ошибки может вносить спиральный окулярный микрометр отсчетного микроскопа.

Совместно с Тимченко Е.А. и Клабуковой А.В. мы исследовали по способу Ридберга (Блажко, 1951; Подобед, 1951а) два спиральных микрометра типа ОМС-3 № 560302 и № 560317 с интервалами $2/5$, $1/5$ и $1/8$ оборота круговой шкалы для определения периодических ошибок и с интервалом 1 оборот для определения ходовых ошибок. Исследования были выполнены на специальном станке: в верхней части установлен спиральный микрометр, в нижней – вспомогательный микрометр с подвижными паутиновы-

ми нитями от измерительной машины Репсольда (аналогичной исследованной Подобедом, 19516). Во вспомогательном микрометре один механизм позволял устанавливать заданный интервал, другой – перемещать обе нити при исследовании спирального микрометра.

Так как нет единой терминологии в определении ошибок спиральных микрометров, то в данной работе периодическими ошибками спирального микрометра мы называем ошибки в пределах каждого оборота круговой шкалы, а ходовыми ошибками – ошибки разных сечений спиралей через оборот круговой шкалы микрометра.

Причины, вызывающие появление ошибок спиральных микрометров, рассмотрены в работах Юревича (1967) и Ставински (1965).

Измерения выполнены при температуре около $+20^{\circ}\text{C}$. Одна серия измерений при прямом и обратном ходе винта занимала в среднем 1.5 часа.

После обработки были определены периодические поправки микрометров через 0.1 оборота круговой шкалы и ходовые поправки для нулевого сечения через один оборот.

Оказалось, что микрометр № 560317 имеет периодические поправки до 0.0004 мм (средние по всем оборотам до 0.0003 мм). У микрометра № 560302 поправки меньше 0.0002 мм, при этом средние по всем оборотам принимают нулевые значения. Ходовые поправки в обоих случаях достигают 0.0002 мм. Средние квадратичные ошибки величин поправок порядка

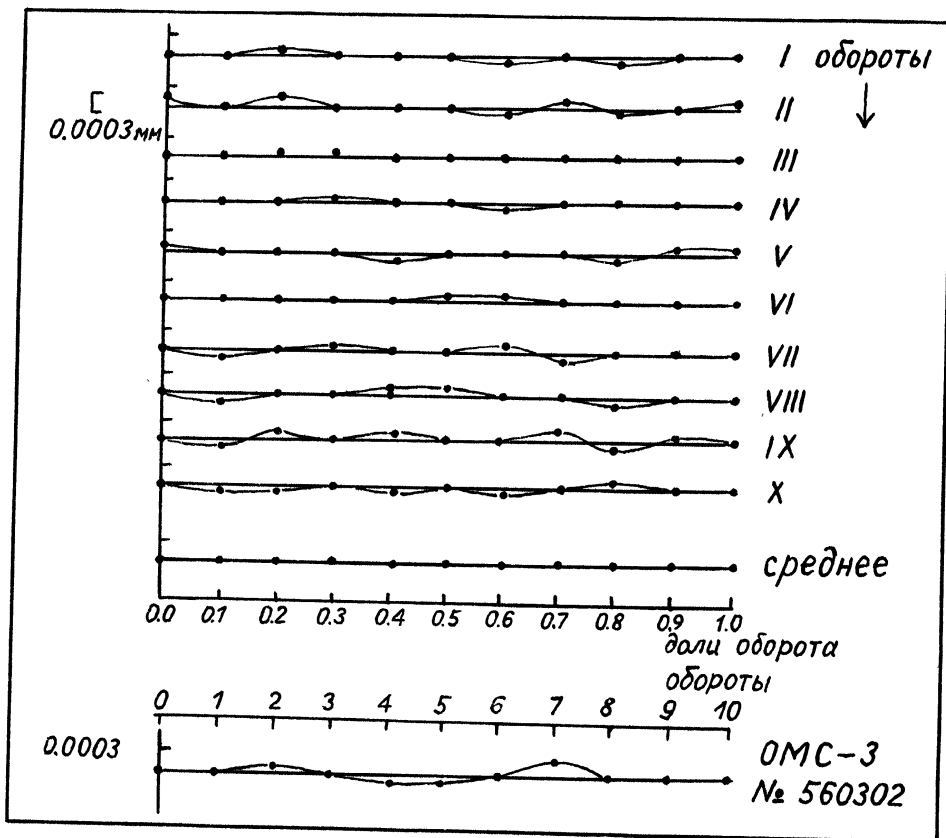


Рис. 2. Поправки микрометра ОМС-3 №560302 за периодические и ходовые ошибки.

± 0.0001 мм. Исследованные микрометры по качеству сравнимы со спиральными микрометрами прибора КИМ-3 Харьковского университета (Павленко, 1971) и значительно превосходят спиральные микрометры приборов УИМ-21 ГАИШа (Ставински, 1965) и Шемахинской обсерватории (Ахундова, Гусева, 1967). На графиках рисунка 2 нанесены поправки за периодические ошибки микрометра № 560302 для каждого оборота и средние по всем оборотам и за ходовые ошибки нулевого сечения спиралей. Этот микрометр и был установлен на горизонтальном компараторе ИЗА-2, что обеспечивало высокую точность отсчетов при измерении спектрограмм звезд.

Кроме того, при измерениях на ИЗА-2 спектрограмма устанавливалась так, что отсчеты микроскопа находились в пределах делений стеклянной миллиметровой шкалы, имеющих относительную поправку не более ± 0.0002 мм.

При таких условиях измерений максимальная инструментальная ошибка одного отсчета не превосходила 0.0006 мм, что при средней дисперсии $125 \text{ \AA}/\text{мм}$ соответствует у N_γ 5.2 км/сек .

После тщательной установки спектрограммы звезды в компараторе мы выбирали от 30 до 60 линий спектра сравнения, пригодных для измерения. В процессе измерений в одном направлении штриховую нить визирного микроскопа мы наводили на линии спектра сравнения не менее трех и на звездные линии не менее шести раз. Для исключения личной ошибки эксцентриситета наводки после измерений в одном направлении спектрограмму поворачивали на 180° , корректировали установку и измеряли ее повторно. На измерение самой спектрограммы требовалось 2–3 часа. Затем вычислялись средние отсчеты по линиям спектра сравнения и звездным линиям. Дальнейшая обработка измерений выполнена по нашей программе на ЭВМ "Наири-С" Одесской астрономической обсерватории.

Наблюдаемые длины волн звездных линий вычислялись по дисперсионному полиному

$$\lambda = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_5 x^5, \quad (1)$$

где λ — длина волны линии спектра сравнения,

x — нормированный отсчет компаратора,

a_0, \dots, a_5 — коэффициенты полинома.

В программе было предусмотрено вычисление коэффициентов полиномов от первой до пятой степени методом наименьших квадратов. Память машины не позволяла обрабатывать одновременно более 50 линий. Поэтому максимальное число условных уровней достигало 50. Для обеспечения математической точности вычислений в программе использованы модификации команд с длинными числами. Коэффициенты полиномов вычислялись за 45 минут по 50 исходным линиям спектра сравнения. Так как полином пятой степени лучше аппроксимировал дисперсионную кривую, то по полученным коэффициентам вычислялись отклонения длин волн спектра сравнения, определяемых по полиному пятой степени, от заданных. В некоторых случаях для анализа возможных ошибок в задаваемых отсчетах по линиям приходилось вычислять отклонения по полиномам третьей и четвертой степени.

На основании полученных отклонений машине задавалась команда на очистку от ошибочных данных, после чего вычисления повторялись с мень-

шим числом условных уравнений.

Приходилось выполнять до трех и иногда четырех циклов вычислений для определения окончательных коэффициентов полинома пятой степени, дававших отклонения по линиям спектра сравнения менее 0.1 \AA . По определенным коэффициентам полинома пятой степени вычислялись либо длины волн звездных линий, либо их отклонения от длины волны земного источника. Для исключения грубых ошибок вычислений результат для звездных линий по полиному пятой степени контролировался по полиномам четвертой и третьей степени.

После перевода смещений звездных линий в лучевые скорости и учета поправок за движение вокруг Солнца и вращение Земли по таблицам Л е н г а у э р а (1971) мы получили истинную лучевую скорость исследуемой звезды.

3. Нульпункт инструментальной системы лучевых скоростей.

С целью контроля за системой лучевых скоростей $50''$ телескопа с дисперсией $125 \text{ \AA}/\text{мм}$ получены спектрограммы звезд θ Лебеда (F4V) и 7 Андромеды (F0V), охватывающие по времени все сезоны наблюдения лучевых скоростей κZ Лиры. Лучевые скорости постоянных звезд определены описанным методом. Измерения на компараторе были выполнены несколькими наблюдателями. Некоторые спектрограммы были измерены повторно.

Средняя лучевая скорость по всем определениям с внутренней вероятной ошибкой для θ Лебеда $V_r = -28.2 \pm 0.9 \text{ км/сек}$. При этом средняя вероятная ошибка для одной пластинки $r_v = \pm 4.7 \text{ км/сек}$.

В каталоге В и л ь с о н а (1953) лучевая скорость θ Лебеда, приведенная к Ликской системе лучевых скоростей, $V_w = -28.0 \text{ км/сек}$, тогда $V_w - V_r = +0.2 \text{ км/сек}$.

Средняя лучевая скорость по всем определениям с внутренней вероятной ошибкой для 7 Андромеды $V_r = +13.5 \pm 0.9 \text{ км/сек}$. Средняя вероятная ошибка для одной пластинки также равна $\pm 4.7 \text{ км/сек}$. В каталоге В и л ь с о н а (1953) лучевая скорость 7 Андромеды, приведенная к Ликской системе лучевых скоростей, $V_w = +12.5 \text{ км/сек}$. Тогда $V_w - V_r = -1.0 \text{ км/сек}$. Средняя величина поправки инструментальной системы лучевых скоростей относительно каталога В и л ь с о н а по двум звездам $\Delta V_{w-r} = -0.4 \text{ км/сек}$.

Таким образом, можно считать, что инструментальная система лучевых скоростей практически совпадает с Ликской системой в пределах наших ошибок определения V_r .

В работе Ф е н и м о р а и др. (1971) показано, что можно оценить внутренние вероятные ошибки r_v определения лучевой скорости по одной пластинке по формуле

$$r_v \approx 0.67 p \left(\frac{D V \sin i}{2nW} \frac{c}{\lambda} \right)^{1/2}, \quad (2)$$

где p — разрешение на пластинке, D — линейная дисперсия, $V \sin i$ — фактор вращения звезды, n — число линий поглощения, W — расширение спектра, c — скорость света, λ — среднеквадратичная длина волны.

По формуле (2) мы оценили возможные внутренние вероятные ошибки определения лучевой скорости по одной пластинке, приняв $p = 0.02$ мм, $D = 125 \text{ A}^\circ/\text{мм}$, $V \sin i = 50$ км/сек и 100 км/сек, $\lambda = 4000 \text{ A}^\circ$, для двух условий: а) $W = 0.5$ мм и $n = 6$, соответствующее постоянным звездам; б) $W = 0.2$ мм и $n = 4$, соответствующее переменной звезде. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

$V \sin i$	r_v	
	$W=0.5 \text{ мм}, n=6$	$W=0.2 \text{ мм}, n=4$
50 км/сек	3.8 км/сек	7.4 км/сек
100 км/сек	5.3 км/сек	10.3 км/сек

На рис. 3 построены зависимости абсолютной величины средней внутренней вероятной ошибки определения лучевой скорости по одной пластинке по данным Петри (1959, 1967), Хардинга и др. (1968), Палмера и др. (1968), Фенимора и др. (1971), выведенных по наблюдениям звезд спектральных классов А–F и G. На этом же рисунке кружком отмечена средняя внутренняя вероятная ошибка одной пластинки по нашим определениям для дисперсии $125 \text{ A}^\circ/\text{мм}$ и крестиками – вычисленные ожидаемые ошибки для постоянных звезд.

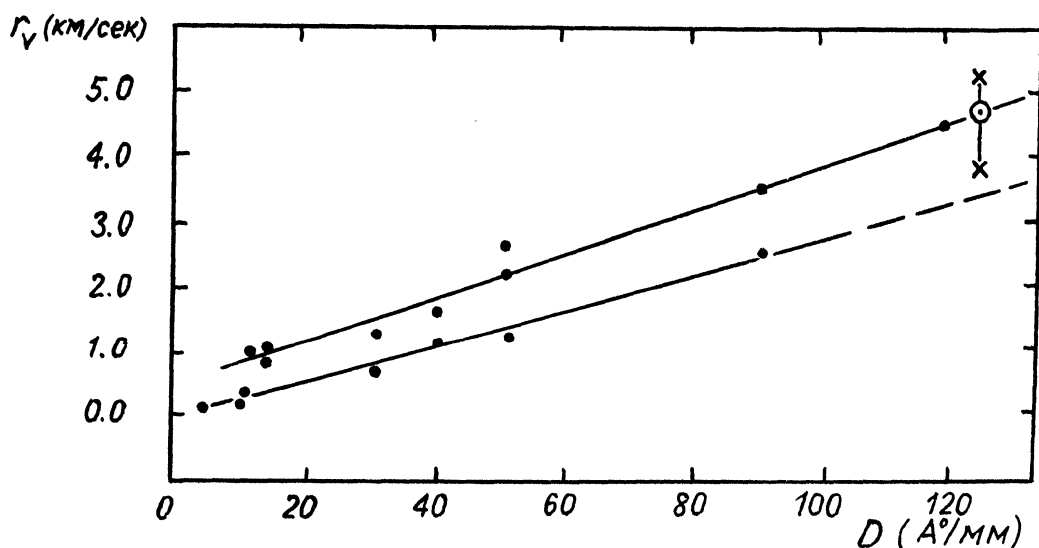


Рис. 3. Зависимость среднего значения вероятной ошибки определения лучевой скорости по одной пластинке от обратной линейной дисперсии.

На рисунке видно, что наши наблюдательные ошибки совпадают с общим ходом зависимости вероятной ошибки от дисперсии и соответствуют расчетным.

4. Кривые изменений лучевой скорости RZ Лирь.

Получение спектрограмм RZ Лирь на 50" телескопе было сложной задачей, так как звезда, особенно в минимуме блеска, очень слаба для такого инструмента, а скорость возрастания блеска чрезвычайно велика – почти 2^m за 1.5 часа. Мы стремились равномерно распределить наблюдения по фазам ϕ и ψ . Поэтому перед каждой ночью наблюдений по элементам Лан-

ге (1969) с учетом эффекта Блажко по элементам Романова (1967) составлялась программа. Измерение спектрограмм выполнено на модернизированном горизонтальном компараторе ИЗА-2 по изложенной методике с учетом некоторых особенностей спектрограмм переменной звезды. Так как в 1969 году некоторые спектрограммы сняты при положительных часовых углах, где проявляется гнутие спектрографа АСП-11, то штриховая нить визирного микроскопа выводилась между двумя линиями спектра сравнения, которые разделялись уверенно благодаря тому, что впечатаны на разных уровнях щели спектрографа. Лучевые скорости звезды определены в основном по линиям поглощения водорода H_γ , H_δ , H_ϵ и H_β . В некоторых случаях можно было определить лучевые скорости по H_β или по другим водородным линиям до H_{14} . Измерение H и K линий Ca II было чрезвычайно затруднительно. На некоторых спектрограммах удалось также измерить отдельные линии железа и магния. На отдельных спектрограммах, полученных при фазах в области восходящей ветви кривой блеска, можно было определить лучевую скорость по линиям, которые, по-видимому, принадлежат компонентам раздвоенных водородных линий.

В таблице 2 для средней юлианской даты наблюдения приведены лучевые скорости, определенные по линиям поглощения водорода (средние), ионизованного кальция, в основном Ca II (K), и отдельным металлическим.

В таблице указаны продолжительность экспозиции ($\Delta\phi$) в долях периода, число линий (n) и вероятная ошибка (r_v). В случае подозрения на раздвоение линий приведены средняя скорость, определенная по нераздвоенным линиям или выделяемым ядрам, и скорости, определяемые по компонентам.

Таблица 2.

JD_\odot	$\Delta\phi$	$V_r(H)$	n	r_v	$V_r(Ca II)$	$V_r(M)$
2440 ...		км/сек		км/сек	км/сек	км/сек
153.2251	0.08	-221.3:	6	± 3.7	-191.8:	
390.4942	0.17	-237.7	3	± 20.9	-268.1	-252.7
393.4309	0.28	-127.4::	1			-150.6::
407.3807	0.10	-353.7:	2	± 8.0		
407.4852	0.20	-338.2	3	± 2.7	-346.0	-340.5
409.3549	0.12	-195.0	2	± 4.7		
409.4066	0.07	-405.9::	5	± 8.9		
409.4920	0.16	-352.4	2	± 14.8	-286.3::	
412.3811	0.19	-209.6::	4	± 7.4		
412.4509	0.08	-195.3::	3	± 23.6		
		- 37.1::				
		-336.0::				
412.5252	0.11	-212.7::	4	± 9.4	-213.4::	
413.4287	0.16	-159.0	1		-187.5:	
413.5238	0.07	-250.4	3	± 2.7		-247.9
419.5287	0.18	-150.0::	2	± 0.9		
442.4314	0.39	-138.7	2	± 5.4	-161.2	-133.6
445.4560	0.26	-172.2	2	± 18.2	-120.5	-148.8
448.3012	0.15	-260.1:	3	± 3.8		
448.3915	0.20	-253.3:	1		-221.8::	-231.7::
449.3173	0.18	-239.2	3	± 6.0		
449.4774	0.29	-200.3	4	± 20.4	-139.8	-221.4::
452.3172	0.20	-248.8	3	± 16.9		
454.3958	0.12	-234.0:	3	± 17.3		
473.3099	0.16	-249.4	2	± 3.8		
474.2874	0.18	-235.4	3	± 11.2		
475.2904	0.16	-209.2:	3	± 50.2	-261.0	
		-349.1:				
		- 95.2				

Таблица 2 (окончание)

JD_{\odot}	$\Delta\phi$	$V_r(H)$	n	r_v	$V_r(Ca II)$	$V_r(M)$
2440 ...		км/сек		км/сек	км/сек	км/сек
475.3699	0.12	-227.6	1		-257.3	-222.5
475.4564	0.20	-242.3	1		-244.4	-219.3
476.2829	0.20	-185.0	4	± 16.0		
		-107.4:				
476.3642	0.11	-253.3::	2	± 77.4		-233.5::
		-138.6				
476.4438	0.19	-236.5	2	± 4.5		
477.2738	0.23	-123.0	2	± 7.6	-54.7::	-158.0
480.3194	0.22	-154.9:	3	± 31.8	-153.7	-190.0
		-102.1::				
		-298.4::				
480.4373	0.14	-290.5:	1			
486.2872	0.27	-182.5	2	± 25.4	-157.1	
746.4018	0.12	-276.6:	4	± 19.8	-229.9	
746.4997	0.14	-238.4	3	± 14.1		
747.4710	0.16	-296.8::	2	± 115.6		
749.3367	0.16	-262.5	4	± 18.5		
750.3360	0.15	-219.1:	3	± 16.0	-166.7	
750.4048	0.09	-233.8	4	± 4.6		
750.4523	0.08	-269.2	3	± 17.5	-324.6	
750.5090	0.12	-313.6	4	± 16.7	-227.9	
		-351.7:				
751.3441	0.16	-147.0	3	± 57.8	-59.5:	-210.8
		-108.0::				
		-302.3::				
752.4377	0.08	-240.0	4	± 10.0		
752.4943	0.13	-290.5	5	± 14.0	-254.3	
753.3566	0.19	-159.6::	1			
753.4274	0.08	-222.5::	1		-193.6	218.7
		-51.7::				
753.4778	0.10	-301.5	5	± 8.4		
753.5239	0.06	-274.5::	2	± 32.0		
		-103.1::				
755.3666	0.21	-101.8:	2	± 31.5	-100.0	
		-55.1:				
755.4541	0.12	-121.0	3	± 5.1	-154.4	
755.5083	0.08	-229.3	5	± 2.8	-256.8	
769.3871	0.14	-331.8::	2	± 27.9	-252.4	
769.4934	0.15				-297.2	
770.3226	0.08	-226.8	4	± 27.1	-242.2	
		-336.7				
770.3670	0.08	-318.7	7	± 14.9		
		-379.2				
770.4177	0.11	-310.8	5	± 22.5	-234.7	
770.4927	0.18	-271.9	1		-296.1	
771.3309	0.12	-216.8	3	± 14.1		
771.4024	0.14	-294.3	2	± 9.2	-280.6	
771.4872	0.18	-285.5::	3	± 26.2		
775.3372	0.16	-99.5	3	± 19.8		
775.4092	0.11	-177.1	4	± 10.2	-243.0	-154.5:
775.4605	0.08	-223.4	3	± 24.3	-258.4	
		-76.7				
775.5092	0.10	-304.5:	4	± 23.9		
776.3401	0.18	-110.8::	2	± 40.8	-210.3	
		-50.4::				
776.4193	0.12	-184.7::	2	± 56.4		
		-101.1::				
776.4727	0.08	-275.9	1			
776.5165	0.08	-333.3	3	± 12.0		
		-89.1	2			
778.3539	0.27	-155.6	1			
778.5199	0.06	-267.7::	2	± 43.0		-167.1
		-331.4::				
779.3474	0.24	-186.7	3	± 1.0	-174.4	
779.5061	0.12	-146.2	4	± 14.5		

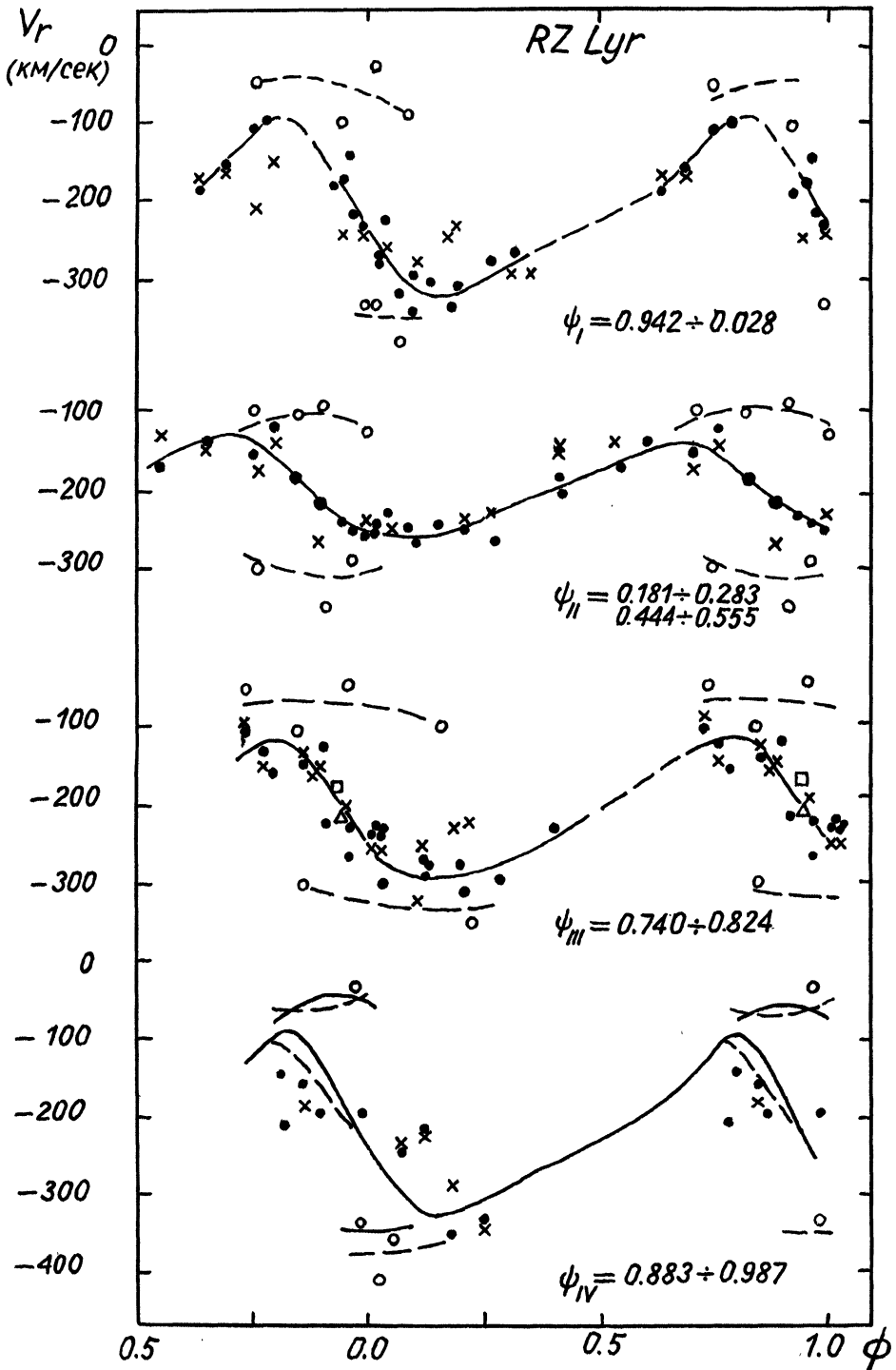


Рис. 4. Кривые лучевых скоростей, определяемых по линиям поглощения водорода (точки), в зависимости от фазы эффекта Блажко. Кружками показаны определения по предлагаемым компонентам водородных линий, крестиками — по металлам.

По формуле (2) при условиях $W = 0.1 \div 0.2$, $n = 2 \div 4$ вероятная ошибка определения V_r по одной пластинке находится в пределах $7.4 \div 20.4$ км/сек. Это соответствует средней вероятной ошибке измерения одной пластинки, определенной без спектрограмм с раздвоенными линиями по данным таблицы 2, $r_v = 11.3$ км/сек.

Полученный результат можно сравнить с данными Палмера и др. (1968), наблюдения которых выполнены на 36" рефлекторе с призменным спектрографом с дисперсией $120 \text{ \AA}^\circ/\text{мм}$ у H_γ и $70 \text{ \AA}^\circ/\text{мм}$ у бальмеровского скачка и с расширением спектра 0.3 мм, где средняя вероятная ошибка определения лучевой скорости переменных звезд по одной пластинке равна ± 8 км/сек. Сравнение этой ошибки с нашей показывает, что благодаря принятым мерам наши измерения выполнены с минимальными ошибками.

При этом надо иметь в виду, что лучевые скорости переменной звезды определены по спектрограммам, снятым с длительными экспозициями, без учета влияния нелинейности изменения блеска и скорости.

На рис. 4 изображены четыре кривые изменения лучевой скорости RZ Лиры по водородным линиям, построенные для пяти интервалов фаз эффекта Блажко:

I	—	$0.942 \div 0.028$	$(\psi_{\text{ср.}} = 0.983)$,
II а	—	$0.181 \div 0.283$	$(\psi_{\text{ср.}} = 0.235)$,
II б	—	$0.444 \div 0.555$	$(\psi_{\text{ср.}} = 0.477)$,
III	—	$0.740 \div 0.824$	$(\psi_{\text{ср.}} = 0.784)$,
IV	—	$0.883 \div 0.987$	$(\psi_{\text{ср.}} = 0.918)$.

Точками нанесены скорости по водородным линиям, кружками — по компонентам водородных линий, крестиками — средние или отдельные по всем металлическим линиям. Отдельно выделены точки по спектрограмме $150 \text{ \AA}^\circ/\text{мм}$, полученной Проником В.И. на ЗТШ в 1968 году: треугольник — по линии Ca II (K), квадрат — по водородным линиям.

Так как наблюдений при $\psi_{\text{ср.}} = 0.918$ очень мало и лучевые скорости определены по спектрограммам с остаточным влиянием гнуптия, то кривая IV показана пунктиром; для сравнения рядом проведена сплошной линией кривая I.

Наблюдения при $\psi_{\text{ср.}} = 0.235$ и $\psi_{\text{ср.}} = 0.478$ дополняют друг друга и дают одну кривую II.

Определений лучевых скоростей по линиям металлов мало и они содержат значительные ошибки, поэтому кривые изменения лучевых скоростей по Ca II и остальным металлам не проведены. В таблице 3 выписаны амплитуды лучевых скоростей по водородным линиям (H); оценки амплитуд, которые в основном характеризуют скорости слоя, образования линий поглощения Ca II и γ -скорости, вычисленные разложением кривых лучевых скоростей по водородным линиям в ряд Фурье.

По определениям Джоя (1938) лучевая скорость RZ Лиры равна — 240 км/сек, по данным Престона (1959) — 230 км/сек. К сожалению, в обоих случаях не указана юлианская дата наблюдений, поэтому нельзя сравнить эти определения с нашими кривыми, но в целом они находятся в хорошем согласии.

По средним зависимостям амплитуд изменения лучевых скоростей от амплитуд блеска звезд типа RR Лиры, построенных Тифтом и Смитом (1958), Варшавским (1960), Престоном и Пачинским (1964), Престоном и Спиррадом (1967) для RZ Лиры при максимальных амплитудах блеска (Романов, 1973) следует ожидать по водороду $A_{V_r(H)} \approx 100 + 130$ км/сек, а по металлам $A_{V_r(M)} \approx 70 + 90$ км/сек при минимальных амплитудах блеска: $A_{V_r(H)} \approx 65$ км/сек и $A_{V_r(M)} \approx 40 + 50$ км/сек.

Таблица 3.

$\bar{\psi}$	$A_{V_r(H)}$	$A_{V_r(Ca II)}$	$\gamma(H)$
0.983	230 км/сек	160:: км/сек	-221 км/сек
0.235(0.478)	130 "	100 "	-198 "
0.784	190 "	160: "	-222 "
0.918	245:: км/сек	-	-227:: км/сек

Наблюдаемые же амплитуды изменения лучевых скоростей RZ Лиры превосходят ожидаемые почти в два раза. Возможно, это связано с тем, что полученные средние зависимости не учитывают особенностей пульсаций отдельных звезд.

Поэтому можно считать закономерным, что у RZ Лиры, обладающей одной из наибольших амплитуд изменения блеска, наблюдается и максимальная амплитуда изменения лучевой скорости. Тем более, что и отклонение реальных амплитуд лучевых скоростей от средней зависимости для других RR Лирид достигают значительных величин. Возможно, что эти отклонения вызваны в основном различием физических и кинематических характеристик реальных звезд типа RR Лиры, а не ошибками в определении их лучевых скоростей.

В заключение следует отметить свойство переменных звезд типа RR Лиры с $\Delta s > 5$. По наблюдениям Оука и др. (1962), Престона и Пачинского (1964), Престона (1965) и Престона и др. (1965) для звезд RR Кита ($P = 0^d 553$, $\Delta S = 5$), RR Лиры ($P = 0^d 567$, $\Delta S = 6$), RX Эридана ($P = 0^d 587$, $\Delta S = 9$), X Овна ($P = 0^d 651$, $\Delta S = 10$), SU Дракона ($P = 0^d 660$, $\Delta S = 10$), и SV Эридана ($P = 0^d 714$, $\Delta S = 9$) отношение амплитуд лучевых скоростей, определенных по линиям поглощения водорода и металлов (без Ca II), заключены в узком интервале:

$$A_{V_r(H)} : A_{V_r(M)} = 1.5 + 1.7.$$

Отношение же по средним зависимостям $A_{V_r(H)} = 82 \Delta V$ и $A_{V_r(M)} = 63 \Delta V$ водородных амплитуд к металлическим равно 1.3.

С другой стороны, для VL Геркулеса ($P = 1^d 307$, $\Delta S = 0$) отношение амплитуд $A_{V_r(H)} : A_{V_r(M)} = 1.7$, определяемое с большой точностью (Абт и Харди, 1960). Курочкин (1964) для классических цефеид принимал, что это отношение находится в пределах от 1.16 до 1.77. Для RR Лиры (Струве и Блау, 1948) и SU Дракона отношение амплитуд по линиям водорода и Ca II также оказывается в узком интервале:

$$A_{V_r(H)} : A_{V_r(M)} = 1.2 + 1.3.$$

Отношения амплитуд лучевых скоростей RZ Лиры ($P=0^d511$, $\Delta S=9$) по линиям водорода и Ca II (K) по более уверенным определениям ($\overline{\psi}_{II} = 0.235$, 0.478 и $\overline{\psi}_{III} = 0.784$) совпадают с результатами для RR Лиры и SU Дракона.

Выражаю искреннюю благодарность дирекции Крымской астрофизической обсерватории АН СССР за предоставление наблюдательного времени на 50" телескопе и ее сотрудникам, оказавшим помощь при выполнении работы.

Литература:

- Абт, Харди, 1960 – Abt H.A., Hardie R.H., ApJ 131, 155.
 Ахундова Г.В., Гусева Т.А., 1967, Сообщ.Шемах.астрофиз.обс. 3, 30.
 Блажко С.Н., 1951, Курс практической астрономии, М.Л., ГИТТЛ.
 Варшавский, 1960 – Varsavsky S.M., ApJ 131, 623.
 Вилсон, 1953 – Wilson R.E., General Cat. of Stellar Radial Velocities.
 Витриченко Э.А., 1968, Изв. КрАО 39, 63.
 Джой, 1938 – Joy A.H., PASP 50, 302.
 Курочкин Н.Е., 1964, ПЗ 15, 68.
 Ланге Г.А., 1969, АЦ 503, 7.
 Оук и др., 1962 – Oke J.V., Giver L.P., Searle L., ApJ 136, 393.
 Павленко П.П., 1971, Вестник Харьковского университета 65, 63.
 Палмер и др., 1968 – Palmer D.R., Walker E.N., Jones D.H.P., Wallis R., ROV 135, 385.
 Петри Р.М., 1967, в кн. "Методы астрономии", М., МИР, 65.
 Подобед В.В., 1951a, АЖ 28, 54.
 Подобед В.В., 1951b, Сообщения ГАИШ 70, 3.
 Престон, 1959 – Preston G.W., ApJ 130, 507.
 Престон, Пачинский, 1964 – Preston G.W., Paczynski B., ApJ 140, 181.
 Престон, 1965 – Preston G.W., ApJ 142, 1262.
 Престон и др., 1965 – Preston G.W., Smak J., Paczynski B. ApJ Suppl. 12, 99.
 Престон, Спинрад, 1967 – Preston G.W., Spinrad H., ApJ 147, 1025.
 Романов, 1967 – Romanov Yu., Inf. Bull. Var. Stars, 205, 1.
 Романов Ю.С., 1973, Астрометрия и астрофизика 18, 65.
 Ставински В., 1965, Сообщения ГАИШ 140–141, 52.
 Струве, Блаау, 1948 – Struve O., Blaauw A., ApJ 108, 60.
 Тифт, Смит, 1958 – Tift W.G., Smith H.J., ApJ 127, 591.
 Фенимор и др., 1971 – Fenimore E.E., Mc Grath D.H., Nachman P.M., O'Dell C.R., Sanner F.C., PASP 83, 78.
 Хардинг и др., 1968 – Harding G.A., Palmer D.R., Pope J.D., ROV 145, 369.
 Юревич В.А., 1967, Бюлл.станций опт. набл. ИСЗ 49, 23.

Одесская астрономическая
обсерватория

Поступила в редакцию
18 мая 1976 г.

