

Собственные движения трех и положения пятнадцати цефеид

Д. К. Каримова, Е. Д. Павловская, М. С. Торопова

Определены "абсолютные" собственные движения FM Aql, VX Cyg и VZ Cyg по пластинкам 15" Астрографа ($D = 38$ см, $F = 640$ см, $M = 32''.11$), полученным с разностью эпох в $22 \div 38$ лет. Предварительно были определены и учтены собственные движения опорных звезд. По пластинкам, полученным с тем же астрографом, определены положения 15 цефеид в системе FK4 для равноденствия 1950.0.

Absolute Proper Motions of 3 Cepheids and the Positions of 15 Cepheids

by D. K. Karimova, E. D. Pavlovskaja, M. S. Toropova

The proper motions of FM Aql, VX Cyg and VZ Cyg from photographs taken with 15" Astrograph ($D = 38$ cm, $F = 640$ cm, $M = 32''.11$) were determined. Absolute proper motions of the reference stars were determined and these proper motions were taken into account. The positions of 15 cepheids were also determined from photographs. The positions are in the FK4 fundamental system and for equinox 1950.0.

Повышение точности определения собственных движений цефеид имеет очень большое значение, т. к. только при высокой точности появляется уверенность в том, что движения реальные и могут быть использованы для дальнейших исследований: определения средней абсолютной величины цефеид, поправки к нуль-пункту зависимости период-светимость, уточнение этой зависимости и т. д.

Меридианные или так называемые абсолютные собственные движения можно получить только для тех цефеид, для которых имеется большое число положений в позиционных каталогах. Таких цефеид не так уж много. Все положения цефеид, опубликованные к 1970 г., уже использованы в нашей работе (Каримова, Павловская, 1971а). Для дальнейшего уточнения движений цефеид и увеличения числа цефеид, для которых станет возможным определение абсолютных собственных движений, желательно, чтобы на обсерваториях проводились наблюдения всех цефеид, доступных меридианным кругам.

Большой интерес представляет также определение движений более слабых цефеид, не доступных наблюдениям на меридианных кругах.

С этой целью на 15" Астрографе ($D=38$ см, $F=640$ см, $M=32''.11$) Московской обсерватории еще в 30-х годах по инициативе С.Н. Блажко, Б.В. Кукаркина и П.П. Паренаго была начата программа получения пластинок для различных типов переменных звезд, в том числе и цефеид. Однако, в 1948 г. А.М. Лозинский обратил внимание на то, что при статистическом методе абсолютизации вряд ли можно рассчитывать на получение достаточно надежных собственных движений цефеид по фотопластинкам, т.к. движения их меньше, чем движения звезд фона.

В данной работе мы получили абсолютные собственные движения цефеид, не прибегая к статистическому методу абсолютизации относительных движений, а используя в качестве опорных только те звезды, для которых можно было предварительно определить надежные собственные движения. В этом случае, учтя собственные движения опорных звезд за интервал времени от первой до второй эпохи, можно получить "абсолютное" движение определяемого объекта в той же фундаментальной системе, в которой даны собственные движения и положения опорных звезд. При определении собственных движений по всему полю пластинок 15" Астрографа ($1^{\circ}5 \times 1^{\circ}5$) выбирались звезды, для которых находилось достаточное число положений в позиционных каталогах. Мы определили таким образом собственные движения трех звезд (FM Aql, VX Cyg и VZ Cyg) и положения 15 звезд, которые в дальнейшем будут использованы для улучшения полученных ранее собственных движений.

В таблице 1 приводится список использованных нами пластинок.

Таблица 1

Звезда	№пл.	Дата	t	Наблюдатель
FM Aql	1241	1933 13/14 VI	+ 29 ^m	К. Н. Яхонтов
	3153	1949 14/15 VIII	+ 3	А. М. Лозинский
		1971 25/26 VIII	-15	Д. К. Каримова
		1971 25/26 VIII	+ 17	Д. К. Каримова
RX Aur	4422	1956 20/21 II	+ 24	Н. М. Артюхина
BK Aur	1891	1938 4/5 X	+ 3	К. Ф. Огородников
	2509	1946 24/25 XI	-15	А. М. Лозинский
	2863	1948 6/7 XII	+ 2	А. М. Лозинский
RU Cam	2677	1947 2/3 XI	- 1	А. М. Лозинский
	2938	1949 12/13 II	0	А. М. Лозинский
VX Cyg	2603	1947 3/4 VIII	+ 5	А. М. Лозинский
	3244	1949 21/22 IX	+ 1	В. В. Подобед
		1971 25/26 VIII	-15	Д. К. Каримова
VZ Cyg	3124	1949 2/3 VIII	0	В. В. Подобед
	3141	1949 10/11 VIII	+ 2	В. В. Подобед
		1971 25/26 VIII	-20	Д. К. Каримова
		1971 25/26 VIII	+ 14	Д. К. Каримова
Vn XLac	2629	1947 11/12 IX	+ 2	К. Н. Яхонтов
	2807	1948 17/18 IX	+ 3	В. В. Подобед

Y Lac	3172	1949 16/17 VIII	+ 18 ^m	В.В.Подобед
	3256	1949 30/31 IX	+ 4	К.Н.Яхонтов
Z и RR Lac	3151	1949 13/14 VIII	-14	А.М.Лозинский
	3158	1949 14/15 VIII	-22	А.М.Лозинский
BG Lac	3150	1949 13/14 VIII	-13	А.М.Лозинский
RS Ori	2681	1948 13/14 II	- 9	В.В.Подобед
	2915	1949 29/30 I	+ 1	В.В.Подобед
	4069	1953 30/31 X	0	Ю.И.Продан
AU Peg	1858	1938 27/28 IX	+ 1	К.Н.Яхонтов
	2831	1948 6/7 X	- 7	А.М.Лозинский
SV Per	2873	1948 9/10 XII	+ 2	К.Н.Яхонтов
	2913	1949 29/30 I	- 1	В.В.Подобед

Пластинки RX Aur, VX Cyg, VZ Cyg и BG Lac измерены М.С.Тороповой, остальные — Д.К.Каримовой на измерительном приборе "Аскорекод". Обработка была проведена на ЭВМ Вычислительного центра МГУ по программам, составленным Е.Д.Павловской, А.А.Палевой и Е.Н.Федосеевым.

Движения FM Aql и VZ Cyg определялись по двум парам пластинок, а VX Cyg — по одной паре. Пластинки вторых эпох получены с теми же центрами, что и пластинки первых эпох. Ниже приведены разности эпох для каждой пары пластинок.

Таблица 2

Звезда	Пара	ΔT
FM Aql	I	38.1
"	II	22.0
VX Cyg	I	24.1
VZ Cyg	I	22.1
"	II	22.1

Собственные движения опорных звезд, которые были исследованы как для получения абсолютных собственных движений цефеид по фотопластинкам, так и для получения их положений, приводятся в работе Каримовой, Павловской, Тороповой (1974).

После того, как мы определили движения опорных звезд, в ГАИШ был получен каталог AGK 3, в котором содержатся собственные движения большого числа звезд, в том числе и всех звезд, отобранных нами в качестве опорных, правда, полученные только по двум точкам — положениям в AGK 2 и AGK 3. Для того чтобы посмотреть, нельзя ли заимствовать собственные движения опорных звезд из AGK 3 вместо того, чтобы определять их, т.е. избежать очень трудоемкой и кропотливой части работы, мы определили по фотопластинкам собственные движения FM Aql и VX Cyg в двух вариантах: используя движения опорных звезд, найденные нами и заимствованные из AGK 3. Результаты приводятся в таблице 3, причем для FM Aql и VZ Cyg указаны

средние значения по двум парам. Для сравнения в той же таблице даются значения собственных движений, полученных для указанных звезд по меридианным положениям.

Таблица 3

Звезда	μ_α	μ_δ	
FM Aq1	+0. ^s 0008	−0. ^s 0006	по опубл. данным
	+0.0004	−0.002	μ оп. зв. определены нами
	+0.0005	+0.004	μ оп. зв. из AGK 3
VX Cyg	+0.0001	+0.006	по опубл. данным
	−0.0004	+0.006	μ оп. зв. определены нами
	−0.0006	+0.015	μ оп. зв. из AGK 3
VZ Cyg	−0.0004	−0.002	по опубл. данным
	−0.0007	−0.006	μ оп. зв. из AGK 3

Как видно из таблицы, согласие между меридианными и фотографическими движениями несколько лучше в тех случаях, когда собственные движения опорных звезд специально определяются, а не берутся из AGK 3, хотя расхождения лежат в пределах точности определения.

В данной работе для определения собственных движений были выбраны звезды, звездная величина которых близка средней звездной величине опорных звезд. Следовательно, нет необходимости заботиться об учете уравнения блеска. Так как в дальнейшем мы предполагаем определять собственные движения слабых цефеид, то будет необходимо определять и исключать уравнение блеска. Для этого мы предполагаем изготовить пластинку (нейтральный фильтр с прозрачным центром), аналогичную той, которую удачно использовал А.Ш.Хатисов (1965) при получении фотографий для определения положений слабых Новых звезд. Использование такой пластинки не только исключит уравнение блеска, но и повысит точность измерения опорных звезд. Кроме того, необходимо отметить, что точность определения собственных движений слабых звезд будет выше полученного для FM Aq1, VX Cyg и VZ Cyg, т.к. указанные звезды яркие и, естественно, измеряются не с максимальной точностью.

Положения цефеид, указанных в таблице 1, получены в системе FK 4 и приведены в таблице 4. В большинстве случаев собственные движения брались из AGK 3, только для четырех звезд (FM Aq1, RX Aur, VX Cyg и BG Lac) положение по каждой пластинке вычислялось дважды: по опорным звездам, в положения которых введены собственные движения, определенные нами (α и δ в столбцах 6 и 7 таблицы) и приведенные в AGK 3 (столбцы 4 и 5 таблицы 4).

Таблица 4

Звезда	Эпоха	$\alpha_{1950.0}$	$\delta_{1950.0}$	$\alpha_{1950.0}$	$\delta_{1950.0}$
FM Aq1	33.45	19 ^h 06 ^m 54. ^s 054 + 10°28'15".82		19 ^h 06 ^m 54. ^s 057 + 10°28'15".98	
	49.62	19 06 54.059 + 10 28 15.69		19 06 54.059 + 10 28 15.76	

FM Aql	71.65	$19^h06^m54.071 + 10^{\circ}28'15''.57$	$19^h06^m54.071 + 10^{\circ}28'15''.52$
	71.65	19 06 54.077 + 10 28 15.93	19 06 54.077 + 10 28 15.87
RX Aur	56.14	4 57 55.455 + 39 53 16.44	4 57 55.454 + 39 53 16.42
BK Aur	38.76	5 06 49.787 + 49 37 33.30	
	46.90	5 06 49.784 + 49 37 33.31	
	48.93	5 06 49.786 + 49 37 33.35	
RU Cam	47.84	7 16 20.145 + 69 45 53.44	
	49.12	7 17 20.226 + 69 45 53.38	
Vλ Cyg	47.59	20 55 27.408 + 39 59 01.62	20 55 27.409 + 39 59 01.81
	49.72	20 55 27.469 + 39 59 00.51	20 55 27.465 + 39 59 00.54
	71.65	20 55 27.395 + 39 59 01.89	20 55 27.442 + 39 59 02.18
VZ Cyg	49.59	21 49 41.024 + 42 53 55.72	
	49.61	21 49 41.016 + 42 53 56.01	
	71.65	21 49 41.018 + 42 53 55.68	
	71.65	21 49 41.024 + 42 53 55.83	
V Lac	47.70	22 46 35.226 + 56 03 25.15	
	48.71	22 46 35.234 + 56 03 25.28	
X Lac	47.70	22 47 00.376 + 56 09 48.69	
	48.71	22 47 00.367 + 56 09 48.68	
Y Lac	49.62	22 07 07.808 + 50 48 00.16	
	49.75	22 07 07.819 + 50 48 00.34	
RR Lac	49.62	22 39 26.870 + 56 10 16.05	
Z Lac	49.62	22 38 53.232 + 56 34 05.00	
	49.62	22 38 53.227 + 56 34 04.95	
BG Lac	49.62	21 58 23.058 + 43 12 16.78	21 58 23.056 + 43 12 16.80
RS Ori	48.12	6 19 22.012 + 14 42 11.79	
	49.08	6 19 22.012 + 14 42 11.28	
	53.83	6 19 22.024 + 14 42 11.39	
AU Peg	38.74	21 21 40.367 + 18 03 48.96	
	48.76	21 21 40.389 + 18 03 48.65	
SV Per	48.94	4 46 16.497 + 42 12 13.68	
	49.08	4 46 16.488 + 42 12 13.88	

Точность полученных нами координат оценена по невязкам, вычисленным при решении по методу наименьших квадратов уравнений Тернера. Как известно (Дейч, 1951), ошибка положения объекта может быть представлена как

$$\sigma_0^2 = \sigma_1^2 + \frac{\sigma^2}{n}, \quad (1)$$

где σ_0 — средняя квадратическая ошибка положения объекта; σ_1 — средняя квадратическая ошибка измерения; σ — средняя квадратическая ошибка положения опорных звезд, которая включает в себя как ошибки измерения, так и ошибки положения в использованном каталоге;

$$\sigma^2 = \frac{\sum v_i^2}{n-1}, \text{ причем } v_i \text{ — невязки.}$$

Средняя квадратическая ошибка измерений по пластинкам 15" Астрографа определялась многими авторами, например Артюхиной, Каримовой (1960), Бугославской (1954), Яхонтовым (1953), и составляет $\pm 1.4 \div \pm 1.9 \mu$ ($\pm 0''.045 \div \pm 0''.061$). Приняв $\sigma_1 = \pm 1.9 \mu$ и решая уравнения (1) по методу наименьших квадратов, мы нашли, что точность определения положения по 1 пластинке $\sigma_0 = \pm 0''.11$, что согласуется с результатами работ Артюхиной (1955) и Паренаго (1954).

При определении положений цефеид по каждой пластинке дополнительно были вычислены координаты нескольких так называемых "контрольных" звезд. Координаты этих же звезд для эпохи пластинки были получены по собственным движениям и положениям в AGK 3. С помощью разностей координат была вычислена сумма квадратов средних квадратических ошибок положения в AGK 3 и на пластинке 15" Астрографа. Она составила $\pm 0''.26$. Следовательно, приняв в качестве оценки точности для Московских пластинок полученное выше значение $\pm 0''.11$, можно оценить точность координаты AGK 3 как $\pm 0''.24$, что хорошо согласуется с оценкой точности положения звезды в AGK 2, полученной по внешней сходимости в в нашей работе (1971 в). Однако, мы полагаем, что точность положений в каталоге AGK 3 в действительности может быть несколько выше, т.к. в разности, на основании которых получено приведенное значение ошибки, может входить и систематическая часть.

В заключение благодарим А.А.Полеву и Е.Н.Федосеева, программы, составленные которыми, мы использовали, и наблюдателей, получивших пластинки на 15" Астрографе.

Литература:

- Артюхина Н.М., 1955, Тр. ГАИШ 26, 22.
 Артюхина Н.М., Каримова Д.К., 1960, Сообщ. ГАИШ № 104, 36.
 Бугославская Е.Я., 1954, Тр. 10 астрометрической конференции.
 Дейч А.Н., 1951, Курс астрофизики и звездной астрономии, т. I, М—Л, 225.
 Каримова Д.К., Павловская Е.Д., 1971 а, ПЗ 17, № 6.
 Каримова Д.К., Павловская Е.Д., 1971 в, Сообщ. ГАИШ № 171.
 Каримова Д.К., Павловская Е.Д., Торопова М.С., 1973, Сообщ. ГАИШ № 188.
 Хатисов А.Ш., 1965, Диссертация.
 Яхонтов К.Н., 1953, Сообщения ГАИШ № 94, 27.

Москва,

Гос. астрономич. ин-т
 им. П. К. Штернберга

Поступила в редакцию
 21 февраля 1973 г.