

521.9  
С.56



# Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики

Труды конференции

С.-Петербург  
1996

# Об уточнении нуль-пунктов звездного каталога по наблюдениям малых планет в Николаеве

Батраков Ю.В.<sup>1</sup>, Горель Г.К.<sup>2</sup>, Гудкова Л.А.<sup>2</sup>, Макарова Е.Н.<sup>1</sup>, Чернетенко Ю.А.<sup>1</sup>

1. *Институт Теоретической Астрономии РАН, С.Петербург, 191187*

2. *Астрономическая обсерватория, Николаев, Украина*

## Abstract

The Nikolaev list of photographic observations of the selected minor planets obtained with the zonal astrograph covers 1961–1995 interval and includes 19 planets. The total number of observations is 2422, all of them being reduced to the PPM catalogue. The observations of 12 planets only were used to determine more accurate values of the parameters of orientation correction and the periodic errors of the star catalogue.

## Резюме

На зонном астрографе Астрономической обсерватории г. Николаева (Украина) с 1961 г. по 1995 г. получено 2422 фотографических положения 19 избранных малых планет в системе каталога PPM. Наблюдения 12 планет были использованы для уточнения поправок нуль-пунктов и периодических ошибок звездного каталога.

## 1. Введение

Задача определения нуль-пунктов и периодических ошибок звездных каталогов по наблюдениям малых планет имеет достаточно длинную историю и до сих пор остается одной из важнейших задач небесной механики и астрометрии.

На зонном астрографе Астрономической обсерватории г. Николаева (Украина) на интервале 1961 – 1995 гг. получено 2422 фотографических положения 19 избранных малых планет (ИМП) в системе каталога PPM. 12 из них (NN 1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 18, 39, 40, 532, 704) имеют достаточно большое количество позиционных наблюдений, поэтому наблюдения именно этих планет использованы в настоящей работе для решения этой задачи.

## 2. Принятая модель движения планет

Уравнения движения ИМП в прямоугольных координатах интегрировались совместно с уравнениями в вариациях методом Эверхарта 15-го порядка. Координаты больших планет вычислялись по эфемериде DE200/LE200. В соответствии с этой эфемеридой при расчете возмущенного движения ИМП, кроме возмущений от больших планет учитывались также возмущения от пяти малых планет (NN 1, 2, 4, 7, 324), влияние которых включено в эфемериду DE200/LE200. При улучшении орбит ИМП, кроме поправок к начальным значениям координат и скоростей на эпоху 1983 09 23.0 TDB (JD=2445600.5), в условные уравнения включались также поправки нуль-пунктов и

Таблица 1. НАБЛЮДЕНИЯ ИМП В НИКОЛАЕВЕ

Номер ИМП	Имя ИМП	Число наблюдений	Число оппозиций	D (км)	$\sigma_0$
1	Ceres	211	21	1025	0.15"
2	Pallas	259	25	583	0.17
3	Juno	244	24	249	0.18
4	Vesta	232	22	555	0.18
6	Hebe	220	22	206	0.18
7	Iris	196	19	222	0.20
11	Partenope	192	19	155	0.20
18	Melpomene	209	19	164	0.19
39	Laetitia	238	24	158	0.20
40	Harmonia	209	21	118	0.22
532	Herculina	68	9	219	0.21
704	Interamnia	65	7	338	0.18
	Всего	2343	232		

систематические ошибки звездного каталога, для которых были приняты следующие выражения:

$$\begin{aligned} \Delta\alpha &= \Delta\alpha_0 + a_1\cos\alpha + a_2\sin\alpha, \\ \Delta\delta &= \Delta\delta_0 + b_1\cos\alpha + b_2\sin\alpha. \end{aligned} \quad (1)$$

Поправка долготы Земли не включалась в решение, и, следовательно,  $\Delta\alpha_0$  включает в себя поправку долготы Земли.

### 3. Решение для каждой планеты

Сначала были получены решения для каждой планеты в отдельности. В табл. 1 приводятся данные о наблюдениях каждой планеты, диаметрах планет D (Bowell et al., 1979) и полученных ошибках единицы веса  $\sigma_0$ , а в табл. 2 – результаты определения параметров, входящих в выражение (1). Обзор данных, приведенных в табл. 1 и 2, позволяет сделать следующие выводы:

- из сопоставления числа наблюдений и значений  $\sigma_0$  (третий и шестой столбцы табл. 1) следует, что  $\sigma_0$  практически не зависит от числа наблюдений;
- из сопоставления D и  $\sigma_0$  (пятый и шестой столбцы табл. 1) можно заключить, что наиболее точными являются наблюдения самых ярких планет;
- разброс значений неизвестных, приведенных в табл. 2, от планеты к планете значителен, причем минимален для  $\Delta\delta_0$  и  $a_2$ ; для планет 532 и 704 ошибки параме-

**Таблица 2. РЕЗУЛЬТАТЫ РЕШЕНИЯ ПО КАЖДОЙ ПЛАНЕТЕ**

Номер ИМП	$\Delta\alpha_0$	$\Delta\delta_0$	$a_1$	$a_2$	$b_1$	$b_2$
1	-0.141" ± 77	-0.004" 22	+0.149" 54	-0.122" 58	-0.000" 49	-0.061" 47
2	-0.200 ± 90	-0.022 14	-0.122 65	-0.131 70	-0.055 63	-0.272 61
3	+0.118 ± 93	-0.065 16	+0.079 82	-0.217 80	+0.018 64	-0.050 57
4	+0.070 ± 76	-0.119 18	+0.055 61	-0.095 66	+0.133 52	+0.058 51
6	-0.001 ± 83	-0.091 17	-0.061 68	-0.208 72	-0.033 53	-0.058 56
7	+0.118 ± 96	-0.016 24	+0.154 71	-0.077 82	+0.143 63	-0.073 62
11	+0.003 ± 105	-0.091 24	-0.129 78	-0.029 92	+0.025 70	+0.077 66
18	+0.255 ± 93	-0.036 18	-0.126 83	-0.014 81	+0.127 60	-0.020 62
39	-0.158 ± 120	-0.068 19	+0.056 90	-0.069 104	-0.179 72	+0.148 76
40	-0.005 ± 109	-0.039 26	+0.075 83	-0.211 85	+0.115 72	-0.064 62
532	-0.178 ± 191	-0.100 56	-0.133 134	-0.249 164	-0.021 111	-0.035 140
704	+0.018 ± 218	+0.257 144	+0.192 184	-0.526 207	-0.207 165	-0.258 143

тров особенно велики, что, по-видимому, связано с относительно малым числом наблюдений и их неравномерным распределением;

- только из совместной обработки наблюдений всех планет можно надеяться получить достаточно надежные значения параметров, входящих в выражение (1).

#### 4. Совместное решение для всех планет

Результаты совместного решения приводятся в табл. 3 для случаев с 78 и 74 неизвестными (72 неизвестных – поправки к начальным значениям координат и компонент скорости 12 планет). Кроме того, в последнем столбце табл. 3 приводятся результаты решения нормальной системы после учета эффекта фазы в наблюдениях ИМП. Поправка за фазу вычислялась теоретически, причем в качестве закона рассеяния света был

Таблица 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОВМЕСТНОГО РЕШЕНИЯ

Число неиз-ных	78	74	78 с учетом фазы
$\sigma_0$	0.187"	0.188"	0.187"
$\Delta\alpha_0$	$-0.006'' \pm .028''$	$-0.012'' \pm .027''$	$-0.000'' \pm .028''$
$\Delta\delta_0$	-0.060 .005	-0.060 .004	-0.059 .005
$a_1$	0.013 .019	-	0.019 .020
$a_2$	-0.121 .022	-	-0.115 .022
$b_1$	0.027 .018	-	0.028 .018
$b_2$	-0.031 .018	-	-0.034 .018

принят закон Ломмеля–Зеелигера (Свешников, 1985). Максимальное значение угла фазы для наблюдений в Николаеве не превышает  $35^\circ$ , поэтому можно предполагать, что влияние и самого эффекта фазы, и его возможной ошибки будет незначительно.

Данные табл. 3 позволяют сделать следующие выводы:

- высокое качество Николаевских наблюдений дает возможность надежно определить коэффициенты выражения (1);
- как и предполагалось, учет поправки за фазу (для рассматриваемого ряда наблюдений) практически не влияет на значения определяемых параметров каталога и их ошибки.

В табл. 4 приводятся результаты некоторых определений поправок  $\Delta A$ ,  $\Delta D$  нуль-пунктов FK5 по наблюдениям малых планет ( $\Delta A$ ,  $\Delta D$  связаны с  $\Delta\alpha_0$ ,  $\Delta\delta_0$  соотношениями:  $\Delta A = -\Delta\alpha_0$ ,  $\Delta D = -\Delta\delta_0$ ).

## 5. Выводы

- Николаевский ряд наблюдений ИМП характеризуется высокой точностью. Благодаря тому, что ошибки наблюдений не хуже  $0.2''$ , удается с хорошей точностью определить поправки нуль-пунктов звездного каталога и коэффициенты, характеризующие его систематические ошибки.
- Нуль-пункты каталога FK5, на котором основан каталог PRM, требуют небольших поправок порядка  $0.05'' - 0.10''$ .
- Уверенно определяется коэффициент  $a_2$ , характеризующий периодическую ошибку каталога PRM вида  $a_2 \sin \alpha$ .
- Учет эффекта фазы не влияет на величины определяемых параметров и их ошибок.

**Таблица 4. ПОПРАВКИ НУЛЬ-ПУНКТОВ FK5**  
( $\Delta A$  включает поправку долготы Земли)

Автор	Объект Период Кол-во наблюдений	$\Delta A$	$\Delta D$
Branham & Sanguin, 1996	21 малая планета фотограф. наблюдения 1909 – 1993 4518	$+0.186'' \pm 0.086''$	$+0.021'' \pm 0.016''$
Ягудина, 1996	8 АСЗ фотограф. и радарные наблюдения 1934 – 1995 3588	$+0.126'' \pm 0.057''$	$+0.057'' \pm 0.037''$
Настоящая работа	12 ИМП фотограф. наблюдения 1961 – 1995 2343	$+0.006'' \pm 0.028''$	$+0.060'' \pm 0.005''$

Авторы выражают благодарность М. Л. Свешникову (ИТА РАН) за интерес к работе и полезные обсуждения и Г. И. Ерошкину (ИТА РАН) за предоставление программы вычисления координат малых планет, возмущения от которых учтены в эфемериде DE200/LE200.

Участие ИТА в данной работе поддержано грантом РФФИ-96-02-19806.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Свешников М. Л., 1985. *Определение ориентации FK4 по вашингтонским наблюдениям Солнца и планет*, Труды ИТА АН СССР, вып. XIX, стр.31-74.
- Ягудина Э. И., 1996. *Использование оптических и радарных наблюдений астероидов, сближающихся с Землей, для определения поправок нуль-пункта фундаментального каталога FK5*, Сообщения ИПА РАН, N 91.
- Bowell E., Gehrels T., Zellner B., 1979. *VII. Magnitudes, colors, types and adopted diameters of the asteroids*, Asteroids. Edited by T. Gehrels. The University of Arizona press. pp. 1108-1129.
- Branham R. L., Sanguin J. G., 1996. *The FK5 Equator and Equinox*, Proceedings of the Third International Workshop on Positional Astronomy and Celestial Mechanics. Ed. Alvaro L. Garcia, Observ. Astron. de Valencia, pp.429-435.