

УДК 524.3—325.2+521.92

## Уравнение блеска Пулковского каталога собственных движений звезд в площадках с галактиками

Н. В. Харченко, С. С. Прилепина

Исследовано остаточное уравнение блеска собственных движений звезд в 85 площадках с галактиками из Пулковского каталога. Для этого применен метод учета уравнения блеска на основании данных лишь самого каталога. По исправленным собственным движениям звезд определены новые значения поправок прецессионных постоянных, которые составили  $\Delta k = +8 \pm 14$ ,  $\Delta n = +33 \pm 14$  (в единицах  $0.0001''/\text{год}$ ).

*MAGNITUDE EQUATION OF THE PULKOVO CATALOGUE OF STELLAR PROPER MOTIONS IN THE AREAS WITH GALAXIES*, by Kharchenko N. V., Prilepina S. S.— A magnitude equation of the stellar proper motions in 85 areas with galaxies of the Pulkovo catalogue is investigated. The method of correction for the magnitude equation is applied by using the same catalogue data. On the basis of corrected proper motions, correction values of precession constants are determined:  $\Delta k = +8 \pm 14$ ,  $\Delta n = 33 \pm 14$  (in units  $0.0001''/\text{year}$ ).

В настоящее время ведется активная работа по созданию каталогов собственных движений звезд относительно галактик по плану Каталога слабых звезд. Уже опубликованы каталоги, включающие несколько десятков тысяч звезд. Данные этих каталогов, хотя и были исправлены их авторами за некоторые ошибки, тем не менее они отягощены остаточными ошибками в систематическом отношении, в основном, ошибками уравнения блеска (УБ). Ошибки такого рода приводят к тому, что поправки прецессионных постоянных  $\Delta k$  и  $\Delta n$ , полученные из сравнения различных каталогов собственных движений звезд относительно галактик с данными каталога АГКЗ [11], определенных в фундаментальной системе, весьма отличаются друг от друга (табл. 1). Как показано в работе С. П. Рыбки [2], такие расхождения могут быть вызваны наличием остаточного УБ в собственных движениях звезд, определенных фотографическим методом.

В работе поставлена задача исправления каталога собственных движений звезд в 85 площадках с галактиками, составленного Н. В. Фатчихиным по наблюдениям на пулковском нормальном астрографе [4], за ошибку остаточного УБ и определения по ним новых значений поправок прецессионных постоянных.

Таблица 1. Поправки прецессионных постоянных (в  $0.0001''/\text{год}$ )

$\Delta k \pm \sigma$	$\Delta n \pm \sigma$	Источник	Примечание
$-19 \pm 9$	$+44 \pm 6$	В. Фрике [13]	512 звезд FK4
$-36 \pm 2$	$+44 \pm 2$	Г. Астериадис [8]	166179 звезд опубл. АГКЗ.
$-69 \pm 4$	$+38 \pm 4$	Б. Дюмон [12]	1690 разностей опубл. АГКЗ—Лик.
$-30 \pm 4$	$+38 \pm 4$	»	1690 разностей опубл. АГКЗ—Лик исправл.
$-8 \pm 16$	$+37 \pm 16$	Л. П. Пантелеева [1]	348 разностей опубл. АГКЗ—Московский каталог.
$+43 \pm 12$	$+41 \pm 12$	Н. В. Фатчихин [3]	779 разностей предварит. АГКЗ—опубл. пулковский каталог.
$+49 \pm 13$	$+38 \pm 13$	Данная работа	672 разности ( $m > 8.0^m$ ) опубл. АГКЗ—опубл. пулковский каталог.
$+8 \pm 14$	$+33 \pm 14$	»	672 разности ( $m > 8.0^m$ ) опубл. АГКЗ—пулковский каталог, исправленный за остаточное УБ.

**Учет УБ в собственных движениях звезд.** В каталоге [4] УБ собственных движений звезд определялось, как это принято в современных массовых фотографических каталогах, методом, использующим статистические параллаксы звезд. За УБ принималась разность среднего собственного движения звезд определенной звездной величины и параллактического смещения, полученного по данным Биннендайка [9]. На недостатки этого метода неоднократно указывалось. Прежде всего собственные движения звезд составляемого каталога отягощены остаточным УБ данных исходного каталога, по которым получены таблицы статистических параллакс. Кроме того, в этих таблицах приводятся параллаксы, усредненные по очень большим участкам неба, поэтому они не учитывают возможные локальные движения звезд. Еще следует указать на то, что далеко не всегда можно сравнить системы звездных величин исходного и составляемого каталогов, а их несовпадение (до  $1^m$ , что весьма вероятно) приводит к появлению остаточного УБ до нескольких  $0.001''/\text{год}$ .

Поэтому желательно исправлять УБ в собственных движениях звезд, не используя данных какого-либо исходного каталога. Недавно был предложен метод [6], идея которого заключается в том, что каталоги собственных движений звезд, всегда включающие и оценки звездных величин, несут достаточно информации, чтобы их можно было использовать при учете ошибки УБ. Конечно, в этом случае требуется сделать несколько приближений, но при наличии современных ЭВМ это не составляет труда. В результате удастся получить независимый каталог собственных движений звезд, свободных от УБ. Причем этим методом можно исправлять любой каталог собственных движений звезд, который имеет достаточное количество звезд в небольшой области неба. Этим методом уже исправлен каталог [5] и представлялось заманчивым исправить пулковский каталог, в котором приводятся собственные движения звезд в 85 площадках с галактиками, с целью последующего его использования как в астрометрических, так и в звездно-астрономических целях.

Метод учета УБ собственных движений звезд основан на следующих предположениях.

1. Звезды в небольшой области неба и в определенном интервале расстояний от Солнца обладают в среднем одинаковыми скоростями.
2. Опорные звезды звездной величины  $m_0$  с нулевым УБ расположены в некотором интервале расстояний, и при переходе к соседним  $m_i$  (в пределах нескольких звездных величин) соответствующие интервалы расстояний перекрываются. Усредненные функции светимости и кинематические характеристики звезд в направлении изучаемой площадки в этих интервалах меняются не очень сильно.
3. Параллакс звезд  $\pi$  можно оценить каким-либо способом, например считать его в первом приближении пропорциональным абсолютной величине собственного движения.

Тогда, при отсутствии УБ, зависимость собственного движения по какой-либо координате  $\mu_{x,y}$  от параллакса будет непрерывна (линейного или квадратичного вида) при переходе от  $m_0$  к  $m_i$ . Если же УБ не равно нулю, то линии, соответствующие разным звездным величинам, будут сдвинуты относительно друг друга, и величина этого сдвига будет равна УБ для данной  $m_i$ .

УБ собственных движений звезд звездной величины  $m_i$  определяются из уравнения:

$$\text{УБ}(\mu_{m_i}) = a\pi_{m_i} + b - \mu_{m_i}, \quad (1)$$

где величины  $a$ ,  $b$  вычисляются из уравнения для опорных звезд:

$$\mu_{m_0} = a\pi_{m_0} + b. \quad (2)$$

Этот метод, как и всякий статистический, требует введения каких-либо ограничений на величину собственных движений звезд при решении уравнений (1) и (2).

Для того чтобы выявить возможно имеющееся в собственных движениях звезд каталога [4] остаточное УБ, использовались звезды, для которых

$$|\mu| = \sqrt{\mu_x^2 + \mu_y^2} \leq 0,035''/\text{год}.$$

Значение УБ в каждом единичном интервале звездных величин  $\Delta m$  определялось из уравнения (1) и усреднялось не менее чем по 4 звездам. Затем в каждой площадке УБ представлялось линейной функ-

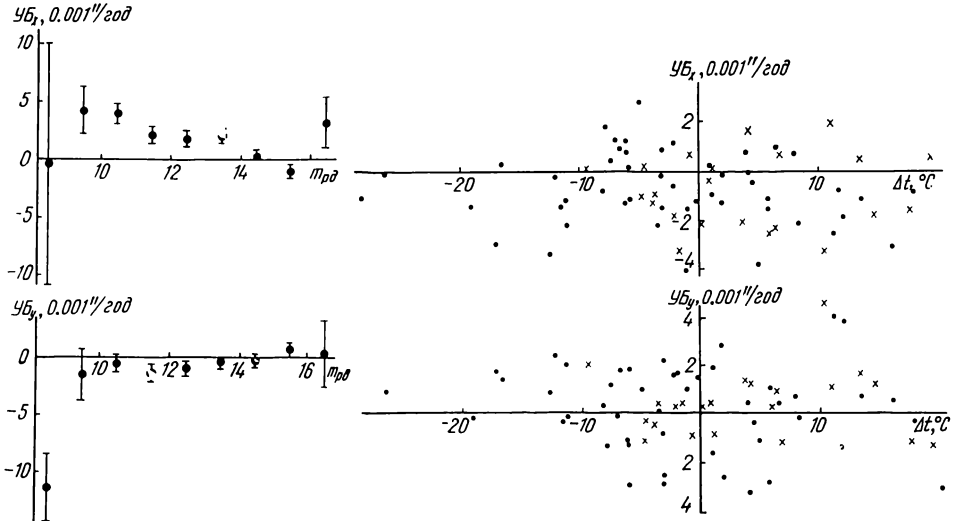


Рис. 1. Суммарное УБ пулковского каталога собственных движений звезд в площадках с галактиками

Рис. 2. Зависимость УБ каталога [3] от разности температур, при которых получены снимки первых и вторых эпох: ● Superfulgur — Agfa Astro; × Agfa Astro — Agfa Astro.

цией, и эти значения использовались для исправления собственных движений звезд. Значения УБ по координатам  $x, y$  на единичный интервал звездных величин, их средние квадратичные ошибки и средняя величина опорных звезд, для которых УБ принималось равным нулю, приведены в табл. 2. Исправление за УБ проводилось по формуле:

$$\mu_{x,y}^{\text{испр}} = \mu_{x,y}^{\text{кат}} + \text{УБ}_{x,y} \cdot (m_i - \bar{m}_0).$$

Суммарное УБ по всем площадкам пулковского каталога изображено на рис. 1. Собственные движения звезд каталога действительно отягощены ошибками остаточного УБ, особенно  $\mu_x$ , для которых УБ ярких звезд достигает  $0,004''/\text{год}$ .

Построены графики зависимостей УБ  $\mu_{x,y}$  от разности температур (рис. 2) и часовых углов (рис. 3). Для этого выбирались площадки, собственные движения в которых выведены по одной паре пластинок, причем пластинка первой эпохи снята на эмульсиях Superfulgur или Agfa Astro, а второй эпохи — на эмульсии Agfa Astro.

В отличие от данных голосевого каталога [5] УБ собственных движений звезд, полученных на пулковском нормальном астрографе, не обнаруживают зависимости ни от сорта пластинок, ни от разностей температур, при которых получены снимки первых и вторых эпох. Зависимости УБ от разности часовых углов не обнаружено в обоих каталогах.

Таблица 2. Значение УБ собственных движений звезд на единичный интервал звездных величин в площадках каталога [4]

Номер площадки	$\alpha_{1950.0}$	$\delta_{1950.0}$	УБ		$\bar{m}_{pg}$ опорных звезд
			$U_B_x$	$U_B_y$	
(в 0.0001"/год)					
214	0 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup>	+25°14'	-12.8±12.3	+29.2±17.8	14.5 <sup>m</sup>
278	0 49 14	+47 18	+12.5±4.6	-10.5±5.1	14.5
315	0 55 05	+30 05	-14.8±7.9	+0.3±4.6	14.5
598	1 31 00	+30 24	-23.8±9.6	+0.1±4.6	14.5
628	1 34 00	+15 32	+8.5±13.3	-12.1±5.6	14.5
949	2 27 44	+36 55	+7.5±6.9	+7.7±5.5	14.5
976	2 31 10	+20 46	-0.7±11.5	+9.9±6.7	14.5
972	2 31 06	+29 08	-10.9±7.2	-18.9±3.3	14.5
1275	3 16 30	+41 20	-11.7±7.4	+15.2±8.7	14.7
1638	4 39 06	-1 54	-13.4±4.8	+21.5±7.9	14.5
2347	7 11 33	+64 54	-14.1±6.9	-0.4±6.2	14.5
2493	7 57 01	+39 58	-4.6±6.2	-15.5±10.9	14.5
2507	7 58 47	+15 51	-24.8±5.2	+7.5±2.2	14.5
2535	8 08 14	+25 22	-36.1±9.8	+9.4±10.9	14.5
2672	8 46 32	+19 15	+2.9±5.4	-15.8±7.4	14.5
2681	8 50 00	+51 30	-15.7±10.0	-6.0±6.3	14.5
2776	9 08 57	+45 10	-13.5±9.1	-2.8±5.5	14.5
2859	9 21 16	+34 44	-14.0±5.7	-0.7±7.1	14.5
3020	9 47 23	+13 03	-11.2±7.0	-27.7±16.1	14.5
3031	9 51 32	+69 18	-9.1±5.7	-1.7±10.4	14.5
3198	10 16 47	+45 49	+2.0±11.5	-2.8±12.4	14.5
3227	10 20 45	+20 09	-21.3±5.5	-1.8±6.8	14.5
3344	10 40 47	+25 11	-8.8±12.8	+4.6±6.2	14.5
3379	10 45 39	+12 54	+11.1±11.0	-30.3±10.9	14.5
3396	10 47 08	+33 16	-8.9±9.0	+19.7±2.6	14.5
3605	11 14 09	+18 18	-37.4±7.6	-10.6±9.2	14.5
3686	11 25 07	+17 30	-21.9±20.1	+2.9±9.7	14.5
3705	11 27 33	+9 33	+6.8±38.2	-9.0±17.1	14.5
3788	11 37 04	+32 11	-0.8±1.1	-31.7±12.1	15.3
4025	11 56 37	+38 05	-25.4±23.6	+40.3±21.2	14.5
4032	11 57 59	+20 21	-1.9±21.7	+24.5±14.0	14.5
4151	12 08 01	+39 41	-12.4±17.8	-4.8±3.2	14.5
4254	12 16 17	+14 42	-16.1±17.4	+26.6±7.5	14.5
4261	12 16 50	+6 06	+1.4±3.5	+26.5±8.8	14.5
4273	12 17 22	+5 37	-30.3±15.0	+5.4±8.7	14.5
4278	12 17 37	+29 34	+9.5±16.7	-27.5±25.4	14.5
4406	12 23 40	+13 13	-0.9±20.9	-25.1±18.1	14.5
4477	12 27 29	+13 55	-15.9±7.6	-12.0±8.5	14.5
4536	12 31 53	+2 28	+16.9±12.9	+12.1±17.4	14.5
4649	12 41 10	+11 49	+3.6±23.6	+30.7±1.0	14.5
4725	12 48 01	+25 47	+1.4±11.8	-8.1±8.9	14.5
4736	12 48 33	+41 24	+5.3±10.4	-13.6±13.0	14.5
4765	12 50 42	+5 45	+4.8±18.4	+16.4±4.3	14.5
4915	12 58 53	-4 16	+6.5±8.5	-12.0±3.4	14.5
5033	13 11 10	+36 51	-18.4±9.9	+11.9±9.1	15.9
5055	13 13 35	+42 17	+20.0±7.1	+10.8±8.0	14.5
5147	13 23 46	+2 22	-32.0±10.6	+4.2±7.2	14.5
5248	13 35 03	+9 08	-3.7±26.5	+4.0±18.1	14.5
5273	13 39 54	+35 55	+9.9±17.2	+17.2±11.0	15.0
5353	13 51 22	+40 31	-15.0±14.8	+11.3±15.3	14.5
5389	13 54 27	+59 59	-18.2±8.4	+3.0±14.4	15.1
5448	14 00 57	+49 25	-21.0±14.7	+13.3±5.9	14.5
5473	14 02 59	+55 08	+1.5±16.9	+20.9±9.9	14.5
5532	14 14 27	+11 03	-32.5±9.0	+46.0±13.2	14.5
5548	14 15 43	+25 22	-0.8±9.0	-7.3±7.6	14.5
5557	14 16 21	+36 43	+12.4±12.8	+17.4±15.1	14.5
5566	14 17 49	+4 11	-10.2±14.9	-11.0±15.3	14.5
5739	14 40 50	+42 03	-8.1±2.9	-3.4±11.4	15.0
5813	14 58 40	+1 54	-23.8±15.0	+9.2±16.4	14.5
5846	15 03 58	+1 48	-21.9±8.1	+1.6±7.8	14.5
5879	15 08 29	+57 11	-11.5±14.0	+7.4±21.2	14.5
5962	15 34 15	+16 46	+5.0±11.1	+12.7±13.5	14.5
5985	15 38 36	+59 29	-4.4±8.5	-2.7±7.2	14.5
6052	16 03 01	+20 41	-18.9±6.6	+38.6±10.5	14.5

Продолжение табл. 2

Номер площадки	$\alpha_{1950.0}$	$\delta_{1950.0}$	УБ <sub>x</sub>   УБ <sub>y</sub>		$\bar{m}_{\text{рд}}$ опорных звезд
			(в 0.0001"/год)		
6181	16 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>	+19°56'	-7.5±6.4	+3.7±15.1	14.5 <sup>m</sup>
6207	16 40 18	+36 56	-24.9±12.7	+2.6±12.7	14.5
6340	17 11 09	+72 22	+1.0±7.3	+27.8±11.2	14.5
6384	17 29 59	+7 06	-7.2±3.9	-13.5±11.7	14.5
6482	17 49 43	+23 04	+2.6±4.7	+19.2±5.2	14.5
6548	18 03 35	+18 33	+13.2±3.2	-0.3±10.7	14.5
6574	18 09 35	+14 58	+8.1±9.4	+5.0±7.7	14.5
6951	20 36 25	+65 56	-17.4±2.3	+0.9±4.4	14.5
7013	21 01 27	+29 42	+10.1±4.3	+4.9±5.9	14.5
7137	21 45 53	+21 56	+29.1±11.5	+10.6±15.6	14.5
7177	21 58 18	+17 20	-40.7±11.7	+10.1±5.1	14.5
7217	22 05 38	+31 07	+20.4±5.2	+6.6±3.3	14.5
7332	22 35 01	+23 30	-5.5±6.7	+17.1±3.7	14.5
7331	22 34 47	+34 08	+3.6±4.5	+15.5±8.9	14.5
7457	22 58 35	+29 53	-1.5±5.8	-12.7±6.6	14.5
7454	22 58 38	+16 07	-12.1±8.2	+21.1±12.4	14.5
7479	23 02 26	+12 03	-29.3±15.5	+18.7±10.8	14.5
7619	23 17 44	+7 56	-19.2±6.7	+16.8±5.1	14.7
7679	23 26 13	+3 15	+18.9±6.7	-12.6±7.5	14.5
7742	23 41 43	+10 29	-14.9±4.0	+24.4±3.3	14.5
7769	23 48 32	+19 52	-21.8±13.1	-0.1±5.5	14.5

Если считать, что собственные движения звезд каталога [4] практически освобождены от ошибки УБ, то, сравнивая их с собственными движениями звезд из АГКЗ [11], можно определить УБ данных АГКЗ. Поправки за УБ собственных движений звезд АГКЗ в интервале звездных величин  $6^m-12^m$  для областей неба с галактическими широтами  $|b| \geq 15^\circ$  представлены на рис. 4. Сравнение этих результатов с данными других авторов можно сделать на основании табл. 3. Расхождение величин УБ можно объяснить тем, что в собственных движениях звезд АГКЗ УБ меняется от площадки к площадке, как и во всяком фотографическом каталоге. Поэтому ошибки УБ различны в разных областях неба.

Таблица 3. Поправки за ошибку УБ собственных движений звезд АГКЗ

Области неба	Интервал звездных величин $m_{\text{pg}}$	УБ <sub>x</sub>	УБ <sub>y</sub>	Источник
		в 0.0001"/год		
Площадки с галактиками $ b  \geq 15^\circ$	$8^m-12.5^m$	+5±4	-25±7	Данная работа
Площадки с системами типа Трапещиона $ b  \leq 10^\circ$	$7^m-12^m$	-13	-12	Яценко А. И. [7]
Северное небо $\delta \geq -2.5^\circ$	ярче $7^m$	-17±1	-10±3	Г. Астериадис [8]

**Определение поправок прецессионных постоянных.** Системы каталогов собственных движений звезд относительно галактик не содержат ошибок принятого значения постоянной прецессии, которыми отягощены каталоги, приведенные к фундаментальным системам (например, каталог АГКЗ). Поэтому, сравнивая данные этих двух типов каталогов, можно определить поправки постоянных прецессии  $\Delta k$  и  $\Delta n$  из известных уравнений:

$$\Delta \mu_x = \mu_{\text{АГКЗ}}^x - \mu_{\text{гал}}^x = \Delta k \cdot \cos \delta + \Delta n \cdot \sin \alpha \sin \delta,$$

$$\Delta \mu_y = \mu_{\text{АГКЗ}}^y - \mu_{\text{гал}}^y = \Delta n \cos \alpha. \quad (3)$$

Для вычисления разностей  $\Delta\mu_x$  и  $\Delta\mu_y$  использовались звезды, общие в каталогах АГКЗ и пулковском, расположенные не далее  $40'$  от центров площадок. Чтобы избежать влияния УБ собственных движений звезд АГКЗ (о его наличии говорят, например, результаты работ [6, 7, 10]), брались звезды слабее  $8.0^m$ , соответствующие по звездной величине звездам каталога АГКЗР. Всего для вычисления  $\Delta\mu$  использовалось 672 звезды. Средние разности  $\Delta\mu_x$  и  $\Delta\mu_y$  по 84 площадкам каталога [4] составили соответственно  $+44 \pm 11$  и  $-76 \pm 11$  до исправления и  $+8 \pm 13$

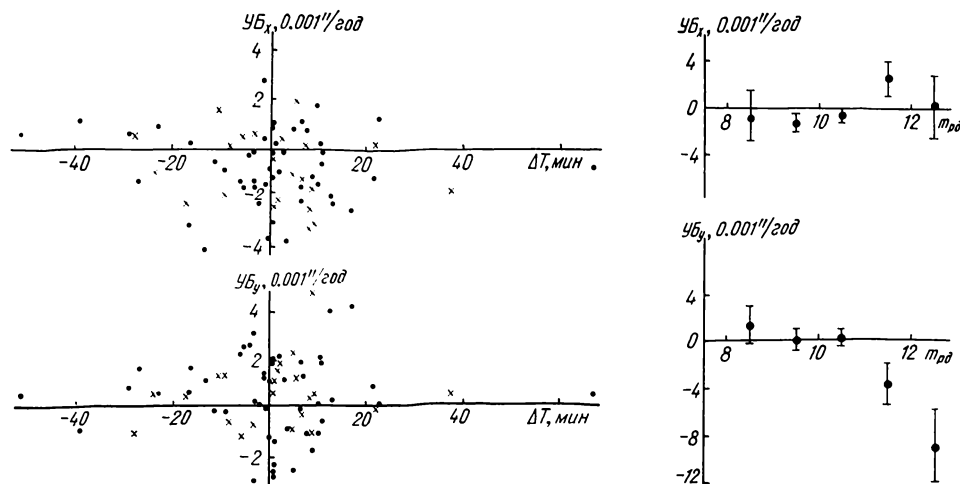


Рис. 3. Зависимость УБ каталога [3] от разности часовых углов, при которых получены снимки первых и вторых эпох: ● Superfulgur — Agfa Astro; × Agfa Astro — Agfa Astro.

Рис. 4. Суммарное УБ собственных движений звезд АГКЗ в областях неба с галактическими широтами  $|b| \geq 15^\circ$

и  $-53 \pm 12$  после исправления [4] за УБ (в единицах  $0.0001''/\text{год}$ ). В результате исправления пулковского каталога за остаточное УБ, его данные стали меньше отличаться от собственных движений звезд АГКЗ. Различия между  $\Delta\mu$  до и после исправления за УБ неслучайны на 1 %-м уровне значимости для  $x$  и на 5 %-м уровне для  $y$  по критерию  $t$  Стьюдента. Средние квадратичные ошибки разностей различаются незначимо на 1 %-м уровне по критерию Фишера. Совместное решение уравнений (3) дало результаты, приведенные в двух последних строчках табл. 1. Исправление каталога [4] за ошибку остаточного УБ позволило получить значение  $\Delta k$  значительно более близкое к тем, которые выводятся из других данных.

Кроме этого, можно сделать еще некоторые выводы: пулковский каталог собственных движений звезд относительно галактик отягощен остаточным УБ, особенно по координате  $x$ ; собственные движения звезд АГКЗ тоже имеют ошибку УБ, которая различна для разных областей неба.

Примененный метод учета УБ на основании данных лишь самого каталога позволяет улучшить собственные движения звезд в систематическом отношении.

1. Пантелева Л. П. Использование наблюдений галактик на  $15''$  астрографе ГАИШ для улучшения системы собственных движений: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. — М., 1976. — 15 с.
2. Рыбка С. П. Сравнительный анализ фотографических каталогов собственных движений звезд: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. — Киев, 1980. — 14 с.
3. Фатчикин Н. В. Некоторые результаты определения абсолютных собственных движений звезд относительно галактик в Пулкове. — Астрон. журн., 1970, 47, с. 619—632.

4. *Фатчихин Н. В.* Абсолютные собственные движения 14600 звезд в 85 площадках северного неба, полученные по галактикам на пулковском нормальном астрографе.— Тр. Гл. астроном. обсерватории в Пулкове, 1974, 81, с. 4—211.
5. *Харченко Н. В.* Каталог собственных движений звезд в избранных площадках неба с галактиками. II.— Киев, 1980.—152 с.—Рукопись. Деп. в ВИНТИ, № 3533—80 Деп.
6. *Харченко Н. В.* Уравнение блеска собственных движений звезд.— Астрометрия и астрофизика, 1984, вып. 52, с. 3—8.
7. *Яценко А. И.* Кинематические характеристики систем типа Трапеции Ориона.— Письма в Астрон. журн., 1982, 8, с. 714—716.
8. *Asteriadis G.* Determination of precession and galactic rotation from proper motions of AGK3.— Astron. and Astrophys., 1977, 56, p. 25—38.
9. *Binnendijk L.* Mean parallaxes of faint stars, derived from a combination of the Pulkovo and Radcliffe catalogues of proper motions.— Bull. Astron. Inst. Netherl., 1943, 10, p. 9—18.
10. *de Veght Chr.* On magnitude errors and systematic position and proper motions differences between the Bergedorf and Strassbourg solution of AGK2/3 catalogue.— Astron. and Astrophys., 1975, 43, p. 303—308.
11. *Diekvoss W., Heckmann O., Kox H.* et al. Star catalogue of positions and proper motions north.— 2.5° declination.— Hamburg — Bergedorf: Bad Godesberg, 1975, 1—8.
12. *du Mont B.* A rediscussion of determination precession and galactic rotation from Lick proper motions to galaxies.— Astron. and Astrophys., 1978, 66, p. 441—451.
13. *Fricke W.* Precession and galactic rotation, derived from fundamental proper motions of distant stars.— Astron. J., 1967, 72, p. 1368—1379.

Главная астрономическая обсерватория АН УССР,  
Киев

Поступила в редакцию  
16.07.1984