

ISSN 0367-7966

+

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**ИЗВЕСТИЯ
ГЛАВНОЙ
АСТРОНОМИЧЕСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ
В ПУЛКОВЕ**

№ 209

АСТРОФИЗИКА И АСТРОМЕТРИЯ

Санкт-Петербург
1994

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ПРЯМЫХ ВОСХОЖДЕНИЙ И
СКЛОНЕНИЯ ЗВЕЗД НА ПУЛКОВСКОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ МЕРИДИАННОМ
КРУГЕ Л.А. СУХАРЕВА В 1988 - 90 ГГ.

К.Н.Наумов, Т.Р.Кирьян, Б.Н.Смирнов,
О.Ю.Никифорова, Д.Л.Горшанов (ГАО РАН);
Г.И.Пинигин, Ю.И.Процюк (НАО, Украина);

В.Б.Капков, Р.И.Гумеров, Ф.И.Аюпов (АО им. Энгельгардта КГУ)

Два дифференциальных каталога прямых восхождений и склонений, полученных на Пулковском Горизонтальном меридианном круге (ГМК) в 1988 - 90 гг. включают 170 опорных звезд в 62 площадках с внегалактическими радиоисточниками (каталог Р₁(ГМК)89) и 923 избранных звезды списков FK4, FK4E, FK5 (каталог Р₂(ГМК)88), из которых 502 звезды входят в FK5. В среднем, каждая звезда наблюдалась более трех раз.

Средняя квадратичная ошибка одного наблюдения

$$\varepsilon_{\delta} = \pm 0.16 (\text{Secz})^{0.9},$$

$$\varepsilon_{\alpha} \cos \delta = \pm 0.015 (\text{Secz})^{0.6}$$

Систематические разности вида "Каталог ГМК - FK5" отражают с точностью $\pm 0.02 + \pm 0.03$. Ошибки опорного каталога FK5, в частности, ошибки вида $\Delta \delta$, достигающие 0.10 в зоне склонений $+40^{\circ} + +60^{\circ}$.

Введение

В настоящей работе представлены первые каталоги, полученные на пулковском горизонтальном меридианном круге Л.А.Сухарева (ГМК) после завершения его полной автоматизации в 1986 г. [1]. ГМК оснащен устройством автоматического наведения с точностью установки зеркала $\pm 2''$; время наведения при повороте на 90° - не более 15 с.

Автоматическая система позволяет отсчитывать разделенный круг по четырем микроскопам с точностью $\pm 0''.02$; время отсчета - не более 12 с. Регистрация прохождений звезд осуществляется фотоэлектрическим окулярным микрометром с активным щелевым анализатором поля. Предельная звездная величина 11^m . Наблюдения 1988-1990 гг. выполнены с использованием оранжевого фильтра ОС-14 и фотоумножителя ФЭУ-79. Время регистрации звезды окулярным микрометром

40 с, общее время для наблюдения и обработки одной звезды - не более 1.5 мин. Положение отвесной линии определяется посредством маятникового зеркального горизонта с погрешностью $\pm 0''.05$. Наблюдение звезд, а также определение и учет инструментальных параметров (азимут зеркала относительно труб, наклонность зеркала, нуль-пункт разделенного круга и наклонность труб) выполняется в автоматическом режиме с использованием программного управления, включающего программный контроллер и процессор данных.

Отметим также, что на ГМК было установлено заново перешлифованное зеркало, кривизна отражающей поверхности которого в меридиональной плоскости близка к нулю, а в сагиттальной стрела прогиба около 2-х мкм.

Для оценки возможностей автоматического пулковского ГМК в программу наблюдений были включены избранные группы звезд из ГК4, ГК4S, ФКСЗ - список P_0 (ГМК)88, а также список опорных звезд в площадках с внегалактическими радиоисточниками - список P_0 (ГМК)89 [2]. Предполагалось, что в список P_0 (ГМК)88 войдут звезды из каталога ГК5. Поскольку точность положений и собственных движений вновь включенных в ГК5 звезд ниже, чем у ранее входящих в ГК4, и поскольку собственные движения слабых звезд около $0''.3-100$, возникает задача перенаблюдения звезд ГК5 в единой инструментальной системе с целью уточнения всей системы и улучшения ее однородности, тем более что средняя эпоха наблюдений слабых звезд ГК5 примерно 1940 г. [3]. Поскольку точный список всего ГК5 в 1987 г. еще не был определен, в программу ГМК было включено в качестве опорных 329 звезд ГК4 4 + 7 звездной величины, а также звезды ГК4S (264 звезды) северной полусферы и звезды ФКСЗ (330 звезд). Весь список включал 923 звезды, из которых 502 звезды вошли в каталог ГК5.

Как известно, система координат, построенная с помощью РСДБ-наблюдений внегалактических радиоисточников, рекомендована МАС в качестве первичной фундаментальной системы. В настоящее время актуальной задачей является создание тесной связи этой системы со звездной системой координат, построенной по наблюдениям с поверхности Земли в оптическом диапазоне. Основной метод решения заключается в определении положений оптических аналогов радиоисточников в системе звездного каталога. Для осуществления при-

вязки к системе фундаментального каталога FK5 необходима дополнительная ступень привязки через фотографические наблюдения оптических аналогов радиоисточников слабее 16^m и звезд АКЗ в качестве опорных. Наблюдения звезд АКЗ в площадках с радиоисточниками с целью уточнения их положений в системе FK5 входят в программы многих меридианных инструментов как в СССР [4], так и за рубежом [5]. В основу списка Pa(ГМК)89 была положена программа П. Ф. Лазоренко [4]. В список вошли звезды в видимой в Пулковской зоне склонений от $+90^\circ$ до -10° . Всего в 62 площадках содержалось 170 опорных звезд.

Организация и выполнение наблюдений

Списки звезд на ГМК наблюдались дифференциальным способом совместно с опорными звездами из FK4 (далее FK5B) в широкой зоне склонений. В начале вечера осуществлялась проверка работоспособности измерительного комплекса ГМК, определялись по необходимости, характеристики отчетной системы круга (эксцентриситет, дисторсия), координаты установки зеркала на автоколлимационные марки северной и южной труб, а также на маятниковый зеркальный горизонт. Во время наблюдений в хорошие по метеословиям ночи ежечасно измерялись метеопараметры (температура, давление) и четыре параметра инструмента — относительный азимут и наклонность зеркала, нуль-пункт разделенного круга и наклонность труб.

Программа вечеровых наблюдений предварительно готовилась на основе общего списка ГМК, а перед наблюдениями производился расчет установочных координат зеркала для списка звезд на ближайшие 2 ч. с учетом вечеровых метеоданных и реальных нуль-пунктов (констант) инструмента.

Из выполненных за период с марта 1988 г. по май 1990 г. наблюдения в обработке использовано около 5 тысяч наблюдений указанных списков звезд, полученных в течение 80 ночей. Наблюдения 1987 г. носили характер пробных и были использованы для анализа и изучения технического состояния инструмента.

Большинство наблюдений выполнено К.Н.Наумовым совместно с Б.Н.Смирновым и О.Ю.Никифоровой, обработка и анализ результатов проведены Г.И.Лизигиным, В.Б.Капковым и Ю.И.Процокком совместно с

Т.Р.Кириян и Д.Л.Горшановым по описанной далее методике: Р.И.Гу-
меров и Ф.И.Аюпов обеспечивали рабочее состояние автоматического
комплекса ГМК.

Из особенностей наблюдений 1988-1990 гг. следует отметить
следующие:

а) виньетирование объективов обеих труб ГМК краями зеркала
не происходило, поскольку зона наблюдений была ограничена для
северной трубы склонениями от $+50^\circ$ вк до $+50^\circ$ нк; для южной трубы
от -10° вк до $+70^\circ$ вк;

б) наблюдения выполнены на одной поверхности зеркала; кол-
лимация отражающей поверхности зеркала в этот период лабораторным
способом не измерялась из-за особенностей конструкции окулярного
микрометра.

Обработка наблюдений

Методика определения координат звезд из относительных наблю-
дений базируется на общеизвестных принципах с учетом особенностей
автоматического ГМК [8-9].

а). ПРЯМОЕ ВОСХОЖДЕНИЕ. Наблюденное время прохождения звезд
через меридиан ГМК (T_i) может быть представлено выражением

$$T_i = T + \Delta T \pm \rho,$$

где $T = x_0$ - время прохождения звезды через визирную ось, опреде-
ленное посредством окулярного микрометра;

$\rho = 0^\circ.01072 \cdot \text{Sec} \delta$ - суточная абберация;

ΔT - редукция на меридиан трубы, определяемая по формулам (для
случая обеих труб, вк) [10]

$$\Delta T_N = [i \cdot \text{Cos}(\varphi - \delta) + \mu_N \cdot \text{Sin}(\varphi - \delta) - \mu_N] \cdot \text{Sec} \delta,$$

$$\Delta T_S = [i \cdot \text{Cos}(\varphi - \delta) + \mu_S \cdot \text{Sin}(\varphi - \delta) + \mu_S] \cdot \text{Sec} \delta.$$

Параметры инструмента: наклонность зеркала (i) и относительный
азимут зеркала (μ_S, μ_N) определялись автоколлимационным способом

и интерполировались линейно на моменты наблюдений звезд. Коллимационный член в данной формуле отсутствует, поскольку коллимация лабораторным способом не определялась.

Для определения прямых восхождений было использовано следующее выражение (для южной трубы, вк)

$$(0 - C)_s = (u + m) + n \cdot \operatorname{tg} \delta + 2c \cdot \operatorname{Cos}(45^\circ - \frac{\varphi - \delta}{2}) \cdot \operatorname{Sec} \delta + \\ + \Delta\mu_s \cdot [\operatorname{Sin}(\varphi - \delta) + 1] \cdot \operatorname{Sec} \delta + (u + m) \cdot \Delta t + n \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \Delta t + \\ + 2c \cdot \operatorname{Cos}(45^\circ - \frac{\varphi - \delta}{2}) \cdot \operatorname{Sec} \delta \cdot \Delta t + \Delta\mu'_s \cdot [\operatorname{Sin}(\varphi - \delta) + 1] \cdot \operatorname{Sec} \delta \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где $(u + m)$, n и $(u + m)'$, n' - Бесселевы константы и скорости их изменения со временем, u - поправка часов, c и c' - значение коллимации и скорость ее изменения, $\Delta\mu_s$ и $\Delta\mu'_s$ - поправка к относительному азимуту зеркала из-за неучтенной коллимации и скорость ее изменения.

Приведение наблюдений, выполненных в северную трубу, к системе южной трубы выполнено следующим образом. Для наблюдений прямых восхождений на N и S трубах можно записать выражение

$$\alpha_{N,S} = u + \Gamma_{N,S} + \Delta\Gamma_{N,S};$$

полагаем, что суточная абберрация учтена. Тогда разность наблюдений в обе трубы можно представить как

$$(\alpha - \Gamma_i)_s - (\alpha - \Gamma_i)_N = \Delta\Gamma_s - \Delta\Gamma_N = \Delta \quad (2)$$

Таким образом, чтобы от системы N трубы перейти к системе S трубы необходимо знать величину Δ . Подставляя в формулу (2) значения $\Delta\Gamma_N$ и $\Delta\Gamma_S$ из [10] и производя некоторые преобразования, получим (для вк)

$$\Delta = (\mu_s + \mu_N) \cdot \operatorname{Sec} \delta + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot c \cdot \operatorname{Sin} \left[\frac{\varphi - \delta}{2} \right] \cdot \operatorname{Sec} \delta$$

Далее, вводя в величины $(\alpha - \Gamma)_N$ поправки Δ , можно привести все наблюдения ГМК к единой системе S трубы

$$\begin{aligned}
(O - C)_S = & (u + m) + n \cdot \operatorname{tg} \delta + 2c \cdot \left[\operatorname{Cos} \left(45^\circ - \frac{\varphi - \delta}{2} \right) - \right. \\
& - 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \operatorname{Sin} \frac{\varphi - \delta}{2} \left. \right] \cdot \operatorname{Sec} \delta + \Delta \mu_S \cdot \left[\operatorname{Sin}(\varphi - \delta) - 1 \right] \cdot \operatorname{Sec} \delta + \\
& + (u + m) \cdot \Delta t + n \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \Delta t + 2c \cdot \left[\operatorname{Cos} \left(45^\circ + \frac{\varphi - \delta}{2} \right) - \sqrt{2} \cdot \right. \\
& \left. \cdot \operatorname{Sin} \frac{\varphi - \delta}{2} \right] \cdot \operatorname{Sec} \delta \cdot \Delta t + \Delta \mu' \cdot \left[\operatorname{Sin}(\varphi - \delta) - 1 \right] \cdot \operatorname{Sec} \delta \cdot \Delta t. \quad (3)
\end{aligned}$$

Приведенный способ удобен в тех случаях, когда наблюдения в обе трубы выполняются не по всей дуге меридиана, а лишь с перекрытием в зенитной области, т. е. в зонах склонений, где отсутствует виньетирование объективов N и S труб.

Наблюдения в N трубу, выполненные в нижних кульминациях, к дифференциальной обработке не привлекались.

По результатам наблюдений опорных звезд FK5B в каждый вечер по обеим трубам составлялась единая система уравнений вида (1) и (3). Решая эту систему методом наименьших квадратов можно определить неизвестные $(u + m)$, $(u + m)'$, n , n' , c , c' , $\Delta \mu$ и $\Delta \mu'$.

В большинстве вечеров величина $\Delta \mu'$ не определялась, поскольку изменения относительного азимута достаточно уверенно были учтены посредством автоколлимационных измерений.

Отметим также, что, поскольку в формулах приведения вместо азимута зеркала k был использован относительный азимут μ , то бесселевы параметры m и n в формулах (1) и (3) относятся к наклонности зеркала и азимуту трубы.

б). СКЛОНЕНИЕ. Наблюдаемое склонение может быть представлено выражением (вариант $\delta < \varphi$): $\delta_o = \varphi_o - z$, здесь $\varphi_o = 59^\circ 46' 12.0''$ - принятое значение широты ГМК, z - измеренное зенитное расстояние звезды. Используя формулы z из [9], имеем

$$\text{для N трубы: } \delta_o = \varphi_o - \left[(2M_L - m_N^o + r) - (2M_o + i_N') - 90^\circ \right],$$

$$\text{для S трубы: } \delta_o = \varphi_o - \left[(2M_L - m_S + r) - (2M_o + i_S') - 270^\circ \right].$$

При $\delta > \varphi$, вк, имеем выражения

для N трубы: $\delta_0 = \varphi_0 + [(-2M_{\text{Л}} - m_{\text{N}} + r) + (2M_0 + i'_{\text{N}}) + 90^\circ]$,

для S трубы: $\delta_0 = \varphi_0 + [(-2M_{\text{Л}} - m_{\text{S}} + r) + (2M_0 + i'_{\text{S}}) + 270^\circ]$.

Здесь: $M_{\text{Л}}$ - отсчет лимба, исправленный за ошибки диаметров, N_0 - нуль-пункт круга, $i'_{\text{N,S}}$ - наклонность соответствующей трубы, $m_{\text{N,S}}$ - отсчет окулярного микрометра в N или S трубе, r - табличная рефракция.

Для определения склонений использовались следующие выражения

$$(O-C)_{\text{N,S}} = \delta_{\text{набл.}} - \delta_{\text{выч.}} = (\Delta\varphi_0 + \Delta M_0') + b \cdot \sin 2z + \Delta r \cdot \operatorname{tg} z, \quad (4)$$

где $\Delta\varphi_0$ и $\Delta M_0'$ - поправки к принятым значениям широты и нуль-пункта круга (совместно с наклонностью N и S трубы), b - горизонтальное гнутие зеркала, Δr - поправка рефракции.

Поскольку имеется возможность заранее исключить временной ход величин $(O - C)$, обусловленный главным образом изменением нуль-пункта инструмента

$$\Delta M_0' = (\Delta M_0 + \Delta i'_{\text{N,S}}),$$

то в уравнениях (4) отсутствуют члены, ответственные за временной ход. Предварительно были учтены постоянные внутри вечера разности нуль-пунктов инструмента для обеих труб:

$$\Delta = \Delta M_0' - \Delta M_0 = \Delta i'_{\text{N}} - \Delta i'_{\text{S}}$$

Таким образом, по наблюдениям опорных звезд ГК5В в каждую ночь составлялась единая система уравнений вида (4), решая которую методом наименьших квадратов можно определить три неизвестных:

$$(\Delta\varphi_0 + \Delta M_0'), b, \Delta r.$$

Влияние рефракции на положение звезды зависит от эффективной длины волны излучения звезды, принимаемого инструментом, кото-

рая определяется распределением излучения в спектре звезды и кривой реакции инструмента. Кривая реакции ГМК была определена В.А.Соколовой с учетом спектрального пропускания атмосферы, оптики инструмента, спектральной чувствительности ФЭУ, распределения относительных освещенностей в фокусе инструмента в зависимости от длины волны, которое определяется атмосферной дисперсией, хроматизмом объектива и дифракционной картиной изображения. По рекомендации В.А.Соколовой, для уменьшения ошибок за хроматическую рефракцию, на ГМК был использован оранжевый фильтр ОС-14, что существенно уменьшает разность эффективных длин волн для звезд разных спектральных классов. Расчетные разности величин поправок за хроматическую рефракцию звезд классов А0 и М0 в этом случае не превышают 0,05.

Вычисление табличной рефракции в наблюдениях 1988-1990 гг. выполнено по алгоритму И.С.Гусевой для длины волны $\lambda = 634$ нм, соответствующей средней эффективной длине волны для классов А0 - М0 при использовании оранжевого фильтра ОС-14, толщиной 2 мм.

в). ВЫВОД КАТАЛОГА. После определения по опорным звездам (зона наблюдаемых склонений от -10° до $+90^\circ$ вк) параметров инструмента на каждый вечер в системе FK5 были получены поправки определяемых звезд по формулам:

$$\Delta\alpha_{N,S} = \Delta T_{N,S} + (u + m) \cdot \frac{\varphi - \delta}{2} + (n_0 + n') \cdot \text{tg}\delta + 2(c + c') \cdot \text{Cos}(45^\circ - \frac{\varphi - \delta}{2}) \cdot \text{Sec}\delta + \Delta\mu \cdot [\text{Sin}(\varphi - \delta) + 1] \cdot \text{Sec}\delta,$$

$$\Delta\delta_{N,S} = \Delta\varphi_0 + \Delta M_0 + b \text{Sin}2z + \Delta r \cdot \text{tg}z. \quad (5)$$

При обработке наблюдений использовались ЭВМ типа СМ-1420 (АО им. Энгельгардта КГУ), а также РС/АТ (НАО, Украина).

Оценка точности наблюдений

Оценка точности наблюдений по обеим координатам была произведена по отклонениям отдельных поправок положений звезд от их средних значений, полученных по всему периоду наблюдений. На рис. 1 показано распределение по 5-градусным зонам склонений среднеквадратичных ошибок единичных наблюдений прямых восхождений

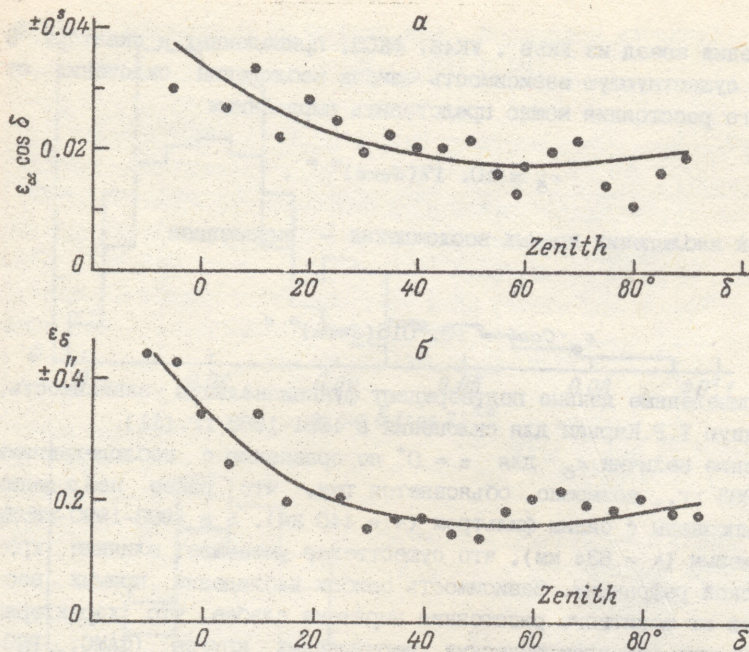


Рис. 1. Распределение по 5-градусным зонам склонений среднеквадратичных ошибок единичных наблюдений прямых восхождений (а) и склонений (б) звезд из FK5V, FK4S, FK3Z, приведенных к экватору.

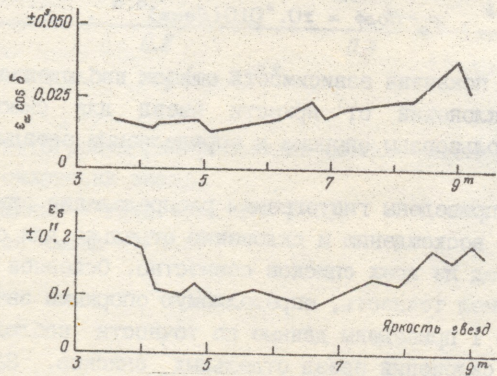


Рис. 2. Зависимость ошибок наблюдений прямых восхождений и склонений от яркости звезд.

и склонений звезд из ГК5В, ГК4S, ФКСЗ, приведенных к экватору. В среднем существующую зависимость ошибок наблюдений склонений от зенитного расстояния можно представить выражением

$$\varepsilon_{\delta} = \pm 0.17 (\text{Secz})^{0.9},$$

а ошибок наблюдений прямых восхождений - выражением

$$\varepsilon_{\alpha} \cdot \cos \delta = \pm 0.015 (\text{Secz})^{0.6}.$$

Приведенные данные подтверждают функциональную зависимость, полученную Т.Р.Кириян для склонений в 1981-1983 гг. [11]. Уменьшение величин ε_{δ} для $z = 0^{\circ}$ по сравнению с наблюдениями 1981-1983 гг., возможно, объясняется тем, что ранее наблюдения были выполнены с синим фильтром ($\lambda = 440$ нм), а в 1988-1990 гг. - с оранжевым ($\lambda = 634$ нм), что существенно уменьшает влияние хроматической рефракции. Зависимость ошибок наблюдений прямых восхождений от зенитного расстояния выражена слабее, что характерно и для других фотоэлектрических меридианных кругов (САМС, ГМС-190). По наблюдениям прямых восхождений на ГМК в 1968-1970 гг. подобная зависимость также просматривалась [12]:

$$\varepsilon_{\alpha} \cdot \cos \delta = \pm 0.010 (\text{Secz})^{0.5}.$$

На рис. 2 показана зависимость ошибок наблюдений прямых восхождений и склонений от яркости звезд для склонений $+10^{\circ}$ и $+90^{\circ}$. Здесь использованы опорные и определяемые звезды всех списков.

На рис. 3 приведены гистограммы распределения ошибок наблюдений по прямому восхождению и склонению отдельно для опорных звезд (ГК5В) и звезд из всех списков совместно. Основной массив звезд (более 70 %) имел точность, определяемую опорными звездами.

В таблице 1 приведены данные по точности наблюдений прямых восхождений и склонений звезд отдельных списков. Здесь указано также количество звезд, вошедших в списки, и среднее количество наблюдений одной звезды.

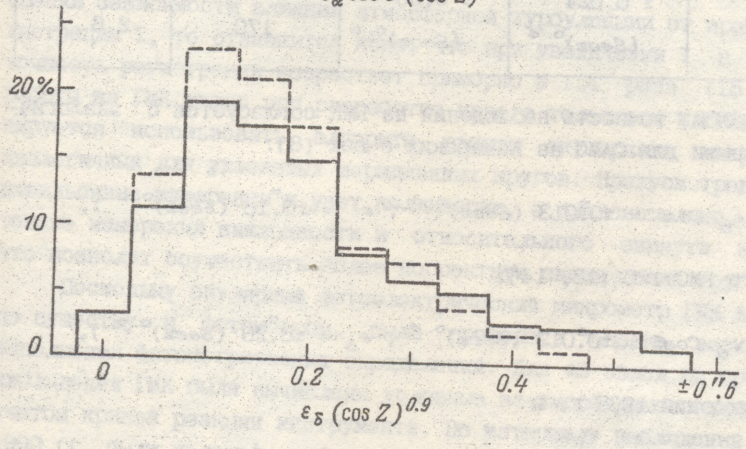
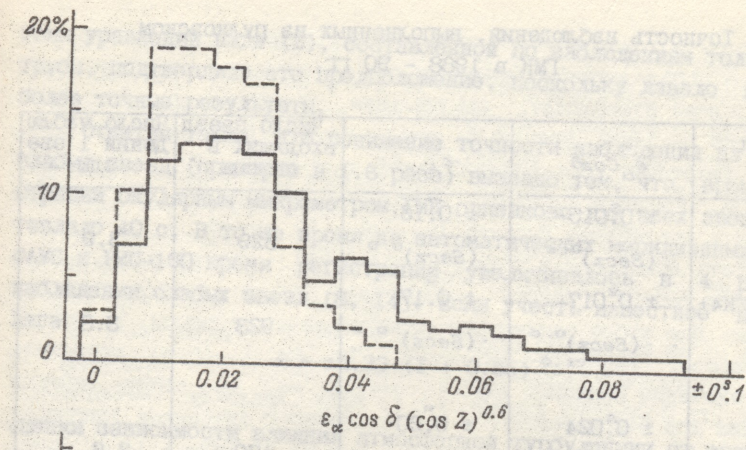


Рис. 3. Гистограммы распределения ошибок наблюдения прямых восхождений и склонений звезд.
 Сплошная линия - ФК5В + ФК4S + ФКСЗ;
 прерывистая линия - ФК5В.

Точность наблюдений, выполненных на пулковском
ГМК в 1988 - 90 гг.

Список	$\varepsilon_{\alpha} \cos \delta$	ε_{δ}	Число звезд входящих в список	Число наблю- дений 1 зве- зды
FK5B	$\pm 0^{\text{s}}.015 \cdot$ $\cdot (\text{Secz})^{0.6}$	$\pm 0''.16 \cdot$ $\cdot (\text{Secz})^{0.9}$	329	3.9
FK5B + FK4+ +ФКСЗ	$\pm 0^{\text{s}}.017 \cdot$ $\cdot (\text{Secz})^{0.6}$	$\pm 0''.17 \cdot$ $\cdot (\text{Secz})^{0.9}$	923	3.3
AGK3	$\pm 0^{\text{s}}.024 \cdot$ $\cdot (\text{Secz})^{0.6}$	$\pm 0''.20 \cdot$ $\cdot (\text{Secz})^{0.9}$	170	2.6

В целом, точность наблюдений на ГМК согласуется с аналогичными данными для САМС на Канарских о-вах [8]:

$$(\varepsilon_{\alpha} \cos \delta = \pm 0^{\text{s}}.013 \cdot (\text{Secz})^{0.6} ; \varepsilon_{\delta} = \pm 0''.18 \cdot (\text{Secz})^{0.9}),$$

японского ГМС-190 [13, 14]:

$$(\varepsilon_{\alpha} \cos \delta = \pm 0^{\text{s}}.012 \cdot (\text{Secz})^{0.6} ; \varepsilon_{\delta} = \pm 0''.20 \cdot (\text{Secz})^{0.9}),$$

для наблюдений 1985 г. и

$$(\varepsilon_{\alpha} \cos \delta = \pm 0^{\text{s}}.016 \cdot (\text{Secz})^{0.6} ; \varepsilon_{\delta} = \pm 0''.27 \cdot (\text{Secz})^{0.9}),$$

для наблюдений 1986 г.

Точность наблюдений на ГМК по склонению даже несколько выше. Что касается некоторого понижения точности по прямому восхождению, то в качестве основной причины следует отметить недостаточно корректную связь северной и южной труб ГМК, главным образом из-за неучтенной по техническим причинам коллимации. Решение сис-

темы уравнений вида (2), составленной по наблюдениям только южной трубы, подтвердило это предположение, поскольку давало несколько более точные результаты.

Отметим также, что понижение точности наблюдений на ГМК для слабых звезд (примерно в 1.6 раза) вызвано тем, что время регистрации окулярным микрометром ГМК одинаково для всех звезд и составляло 40 с. В то же время на автоматических меридианных кругах САМС и РМС-190 время регистрации увеличивалось в 4 раза при наблюдении слабых звезд [8, 14]. Если учесть известное выражение Хага

$$\sigma = \pm 0.33 \cdot (T + 0.65)^{-0.25}$$

оценки зависимости влияния атмосферной турбуленции от времени регистрации T , то становится ясно, что при увеличении T в 4 раза точность регистрации возрастает примерно в 1.4 раза [15]. Опыт работы на ГМК учтен при разработке нового телескопа МАГИС. Планируется использовать алгоритм работы окулярного микрометра, аналогичный для указанных меридианных кругов. Предусмотрены также правильные измерения и учет коллимации, а следовательно, и более точные измерения наклонности и относительного азимута зеркала, что позволит осуществить более корректную связь обеих труб ГМК.

Поскольку окулярный фотоэлектрический микрометр ГМК является по существу и фотометром, была проведена оценка возможности выполнения фотометрических определений. Для 43 звезд из программы наблюдения ГМК были вычислены условные зенитные величины с учетом кривой реакции инструмента. По материалу наблюдений 1988-1990 гг. были получены наблюдаемые величины этих звезд. Из сравнения вычисленных и наблюдаемых данных по восьми вечерам был определен коэффициент экстинкции (K_0) и нуль-пункт фотометрической системы D_0 по формуле:

$$m = m_v + D_0 + k_0 \cdot \text{Secz}$$

Однако точность результатов невысока. Это можно объяснить, по-видимому, быстрыми и значительными по величине изменениями атмосферной экстинкции и чувствительности инструмента, а также

малым числом фотометрических стандартов. Отсюда следует, что для уверенного определения возможности фотометрических наблюдений на ГМК необходимо наблюдать специальную программу с фильтром, реализующим систему, близкую к международной (например, V), в которой существует достаточно большое количество фотометрических стандартов. При этом плотность наблюдений стандартов по времени должна быть достаточно высокой (не менее 10 звезд в 1 ч.), а прозрачность атмосферы в течение наблюдений - стабильной.

Оценим теперь точность наблюдений ГМК в систематическом отношении. Для этого рассмотрим распределение поправок положений опорных звезд FK5B по склонению. На рис.4 (а,в) приведены средние значения поправок вида $\Delta\alpha \cos\delta$ и $\Delta\delta$ по всему периоду наблюдений для 5-градусных зон по склонению с указанием диапазона среднеквадратической ошибки каждой точки на графике ($\pm\sigma$). Здесь же приведены соответствующие систематические разности с FK5, полученные на RMC-190 [13], SAMC [14] и МК в Бордо [16].

Заключение

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы.

1. Система ГМК по α и δ достаточно стабильна и не подвержена сезонным изменениям, точность средних значений поправок в 5-градусных зонах достаточно высока: $\pm 0''.03 + \pm 0''.05$ по прямому восхождению и $\pm 0''.02 + \pm 0''.03$ по склонению в широкой зенитной зоне. Для сравнения, RMC-190 по большему в 3 раза объему наблюдений имеет систему с точностью $\pm 0''.02 + \pm 0''.03$ по обеим координатам.

2. По абсолютной величине система ГМК незначительна. По прямому восхождению отклонения не более $|0''.006|$ за исключением одной точки на $z = 55$. Отклонения по склонению не превышают величины $0''.10$.

3. В пределах точности определения систематических разностей по α и δ можно говорить о близости кривой ГМК к результатам независимых наблюдений на других трех МК. Если же учесть утверждение М. Миямото, что согласие систематических кривых для трех

автоматических МК (ГМС-190, САМС и МК в Бордо) на уровне $\pm 0.''02$ + $\pm 0.''03$ [13], то можно считать, что систематическая точность ГМК того же порядка достигнута при значительно меньшем объеме наблюдений. Отсюда следует, что влияние ошибок ГМК инструментального характера (коллимация, ошибки цапф, гнутые и др.) незначительно, т.е. либо они учтены достаточно точно, либо малы.

4. Рассмотрение графиков систематических разностей склонений подтверждает наличие ошибок опорного каталога FK5 порядка $0.''1$ по зоне склонений $+40^\circ$ + $+60^\circ$.

5. Особенность систем α ГМК в виде понижения на $0.''09$ в зоне склонений $+50^\circ$ + $+60^\circ$ возможно, является следствием влияния рефракционных аномалий, хотя из наблюдений 1968-1970 гг. этого не видно [2].

6. Полученный каталог прямых восхождений и склонений 170 опорных звезд в 62 площадках вокруг радиоисточников P_4 (ГМК)89 является в настоящее время первым в СССР фотоэлектрическим двухкоординатным каталогом такого типа и может быть использован для установления связи между опорными системами координат, базирующимися на радиоисточниках и оптических объектах.

7. Каталог прямых восхождений и склонений P_4 (ГМК)88, составленный из звезд списков FK5B, FK4S и FK3S, полученный в единой инструментальной системе, может быть использован для улучшения положений звезд в новом фундаментальном каталоге FK6.

Каталоги P_4 (ГМК)89 и P_4 (ГМК)88 в настоящее время готовятся к депонированию.

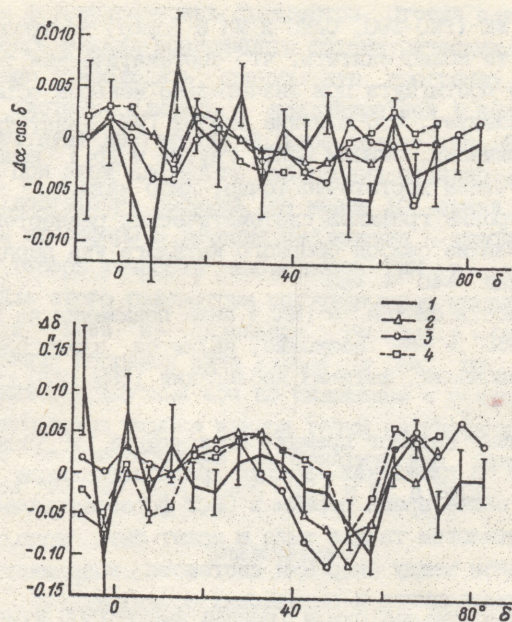


Рис. 4. Систематические разности вида инструмент-опорный каталог FK5.

1 - HMC88-FK5; 2 - BRD-FK5; 3 - PMC86-FK5; 4 - SAMC86-FK5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гумеров Р.И., Капков В.Б., Пинигин Г.И. - В сб.: Кинематика и физика небесных тел, 1985, т. 1, N 4, с. 93-98.
2. Pinigin G.I. - Astrophys. and Space Sci., 1991, vol. 177, p. 225-227.
3. Schwan H. - IAU Symp. 1990, N 141, p. 371-381.
4. Лазаренко П.Ф. - Астрон. и астрофиз., 1982, т. 46, 1982, с. 73-80.
5. Miyamoto M. - IAU Trans., 1991, vol 21A.
6. Гумеров Р.И., Капков В.Б., Кирьян Т.Р., Пинигин Г.И. - Изв.

- ГАО, 1987, N 204, с. 72-76.
7. Кирьян Т.Р., Пинигин Г.И., Тимашкова Г.М. - Астрон. журн., 1983, т. 60, N 4, с. 775-780.
 8. Yoshizawa M. et al. - Ann. Tokyo Astron. Obs., Ser. 2, 1987, vol. 21, N. 4, p. 399-421.
 9. Helmer L., Fabricius C. et al. - Astron. Astrophys. Suppl., 1983, vol. 53, p. 223-245.
 10. Пинигин Г.И. - "Тр. 18-й астрометр. конф. СССР", Л.:Наука, 1972, с. 158-165.
 11. Кирьян Т.Р. - Исследование системы склонений пулковского меридианного круга Л.А.Сухарева: дис. канд. физ.-мат. наук. Л., 1987. 215 с.
 12. Пинигин Г.И. - Изв. ГАО, 1976, N 194, с. 105-118.
 13. Yoshizawa M. and Suzuki S. - Publ. Nat. Astron. Obs., Japan, 1989, vol. 1, p. 127-176.
 14. Morrison L., Helmer L. et al. - IAU Symp., 1990, N 141, p. 391-401.
 15. Heg E. - Astron. Astrophys., 1970, vol. 4, p. 88-95.
 16. Requiere Y. and Mazurier I.M. - Astrometr. Techn., IAU Sump., 1986, N 109, p. 435-442.
 17. Helmer L. et al. - Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 1984, vol. 55, p. 87-102.

THE RESULTS OF DIFFERENTIAL DETERMINATIONS OF RIGHT ASCENSIONS
AND DECLINATIONS OF STARS WITH THE SUKHAREV HORIZONTAL
MERIDIAN CIRCLE AT PULKOVO IN 1988-1990

K.N.Naumov, T.R.Kirian, B.N.Smirnov, O.Yu.Nickiforova, D.L.Gorshanov (GAO RAS), G.I.Pinigin, Yu.I.Protsiuk (NAO, Ukrain),
V.P.Kapkov, R.I.Gumerov, F.I.Aiupov (AO, KGU)

Summary

Two differential catalogues of right ascensions and declinations compiled from the observations with the Pulkovo Horizontal Meridian Circle in 1988-1990 contain 170 reference stars on 62 areas with extragalactic radio sources (catalogue Pu(HMC)89) and 923 selected stars of the FK4, FK4S, FKSZ (catalogue Pu(HMC)88) of which 502 stars enter the FK5. On the average each star was observed more than 3 times. The average deviation of one observation is