

УДК 520.253

**П. Ф. Лазоренко¹, В. Л. Карбовский¹, Н. И. Буромский²,
Л. Н. Свачий¹, С. И. Касьян²**

¹ Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины
ул. Академика Заболотного 27, Киев, 03680
e-mail: laz@mao.kiev.ua, karb@mao.kiev.ua, lida@mao.kiev.ua

² Астрономическая обсерватория
Киевского национального университета им. Тараса Шевченко
ул. Обсерваторная 3, Киев, 04053
e-mail: buromsky@observ.univ.kiev.ua

Астрометрический каталог КМАС2 звезд в экваториальной зоне

Создан каталог положений и звездных V -величин звезд до 17^m в зоне склонений от 0 до $+2^\circ$. Каталог содержит $1.09 \cdot 10^6$ звезд и базируется на наблюдениях полученных на меридианном круге МАК ГАО НАН Украины и Астрономической обсерватории Киевского университета им. Тараса Шевченко в 2001—2005 гг. Точность положений и фотометрии составляет соответственно 0.05 — $0.07''$ и 0.05 — 0.08^m для звезд 11 — 14^m .

АСТРОМЕТРИЧНИЙ КАТАЛОГ КМАС2 ЗІР В ЕКВАТОРІАЛЬНІЙ ЗОНІ, Лазоренко П. Ф., Карбовський В. Л., Буромський М. І., Свачій Л. М., Касьян С. І. — Створено каталог положень і зоряних V -величин зір до 17^m в зоні схилень від 0 до $+2^\circ$. Каталог містить $1.09 \cdot 10^6$ зір і базується на спостереженнях, отриманих на меридіанному крузі МАК ГАО НАН України та Астрономічної обсерваторії Київського університету ім. Тараса Шевченка впродовж 2001—2005 рр. Похибка положень і фотометрії становить відповідно 0.05 — $0.07''$ і 0.05 — 0.08^m для зір 11 — 14^m .

ASTROMETRIC CATALOGUE OF STARS IN THE EQUATORIAL ZONE, КМАС2, by Lazorenko P. F., Karbovsky V. L., Buromsky M. I., Svachii L. N., Kasjan S. I. — A catalogue of star positions and V magnitudes for stars down to 17^m in the declination zone from 0 to $+2^\circ$ was compiled. It contains $1.09 \cdot 10^6$ stars and is based on the observations obtained from 2001

to 2005 at the meridian circle MAC of the Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine and Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv. The precision of positions and photometry is 0.05—0.07" and 0.05—0.08^m, respectively, for stars of 11—14 magnitude.

ВВЕДЕНИЕ

В 1986 г. в Главной астрономической обсерватории Национальной академии наук Украины и Астрономической обсерватории Киевского университета им. Тараса Шевченко был изготовлен меридианный аксиальный круг (МАК) — инструмент с горизонтальным расположением трубы и входным отверстием 180 мм. В 2000 г. на МАК была установлена ПЗС-камера на базе матрицы ISD017AP формата 1040×1160 пкл. С 2001 по 2003 гг. проводились наблюдения звезд в площадках с радиоисточниками — объектами ICRF, и был получен каталог КМАС1, который содержит 115032 звезд в 192 полях [6, 10]. Каталог размещен в базе данных CDS по адресу <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/Cat?J/A+A/438/377>. Путем сравнения с каталогами CM13 и UCAC2 было установлено, что погрешности положений находятся в пределах ± 0.04 — $0.07''$ для звезд $V < 14^m$, а погрешности V -величин составляют ± 0.05 — 0.07^m . Фотометрия МАК воссоздает фотометрическую полосу V стандартной системы Джонсона.

Благодаря достаточно хорошим астрометрическим характеристикам МАК с 2001 г. начата долгосрочная программа наблюдений звезд в экваториальной зоне с целью распространения опорной системы HIPPARCOS — «Тучо» на звезды до $V = 17^m$ и получения их фотометрических характеристик. В рамках этой программы к 2005 г. получены изображения 90 % неба в зоне склонений от 0 до +2° с почти $5 \cdot 10^6$ фотоцентрами звездообразных объектов. В 2005 г. камера вышла из строя, поэтому с 2010 г. наблюдения продолжаются с новой ПЗС-камерой Aropée Alta U47 [1]. Ниже описывается обработка наблюдений 2001—2005 гг. и создание каталога КМАС2 (The Kyiv Meridian Axial Circle Catalogue #2), который планируется разместить в базе каталогов <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin>.

НАБЛЮДЕНИЯ И ИХ ОБРАБОТКА

Наблюдения. Наблюдения получены в режиме синхронного переноса заряда TDI (time delayed integration), который обычно применяется для наблюдений на меридианных кругах с ПЗС-камерами [3, 8, 9, 11]. При установке телескопа на меридиан в этом режиме регистрируются изображения неба с фиксированным размером 24.2° по склонению и произвольного размера по прямому восхождению, в направлении, в ко-

тором со скоростью суточного движения перемещаются изображения звезд на матрице благодаря синхронному переносу заряда. Таким образом, с неподвижным телескопом происходит сканирование неба, и типичный файл, полученный за один сеанс сканирования длительностью 0.5—5 ч, содержит изображение неба в форме полосы размером 24.2 по склонению (координатная ось x на изображении) и 5—100 по прямому восхождению (ось y). Всего на протяжении 2001—2005 гг. получено 386 сканированных изображений участков неба разного размера, равномерно расположенных в зоне наблюдений. Примерно для 30 % участков неба было получено только по одному изображению.

Общая схема обработки наблюдений. При обработке лишь частично использовалась методика, раньше примененная при создании каталога КМАС1, главным образом через существенное отличие в размещении сканированных участков на небе. Методика обработки, примененная в работе [6], пригодна только в том случае, когда границы сканированных участков неба при повторных наблюдениях полностью совпадают. Это условие теперь не выполняется. Кроме того, поскольку есть возможность использования точных V -величин, полученных по программе APASS [7], калибровка систематических ошибок фотометрии МАК выполнена непосредственно по этим данным.

Основные этапы компиляции каталога схематически показаны на рис. 1 и включают калибровку файлов с изображениями неба, выделение фотоцентров звезд, вычисление их ПЗС-координат и звездных величин, отождествление опорных звезд «Tycho-2», вычисление экваториальных координат, определение систематических погрешностей каталога путем сравнения с другими более точными каталогами и исключение этих погрешностей. В связи с выявленными дефектами переноса строк изображения ПЗС-камеры мы дополнительно примени-

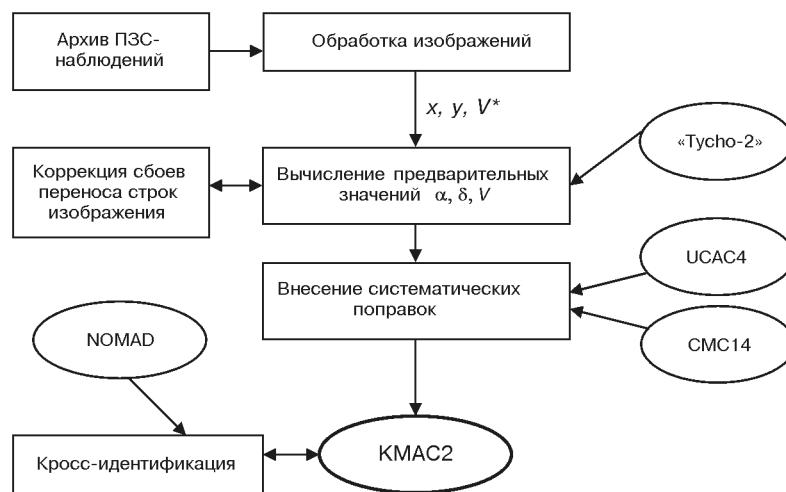


Рис. 1. Процедура создания каталога КМАС2: главные этапы редукции и каталоги сравнения

ли цикл итерационной коррекции этих дефектов с внесением поправок к измеренным координатам u и перевычислением экваториальных координат. Учитывая то, что для 30 % участков неба не были получены повторные изображения, то к этой стандартной схеме обработки наблюдений добавлен блок отсева незвездных изображений с однократным измерением фотоцентра путем кросс-идентификации КМАС2 с NOMAD.

Калибровка изображений и определение фотоцентров звезд.

Калибровка изображений базировалась на методике, примененной при построении каталога КМАС1 [6] и состояла в исключении изменения среднего уровня фона по координатам x, y . Это достигалось путем отслеживания крупномасштабных изменений уровня фона по обеим координатам, их линейной интерполяцией и последующим исключением как аддитивной составляющей интенсивности. Исключалась также неоднородность уровня фона для индивидуальных строк матрицы.

Некоторые дефекты изображений, тем не менее, не могли быть устранены при калибровке. Частично это связано со спонтанным возникновением или исчезновением на матрице кластеров пикселей с аномально повышенным уровнем шума, что регистрировалось как настоящие центроиды звезд. Кроме того, возникали сбои в переносе строк ПЗС-матрицы, которые приводили к исчезновению одного или двух строк на изображении, т. е. к дискретным разрывам непрерывности шкалы координаты y (в направлении роста прямых восхождений) на 1 пкл = 1.39 или 2 пкл = 2.78. Указанные срывы переноса строк матрицы не сопровождались искажением изображений, поэтому их выявление и коррекция выполнялись на следующих этапах обработки.

Полученные изображения звезд имеют профили, симметричные по координате y (прямые восхождения), тем не менее с некоторой асимметрией по оси x , причем степень асимметрии зависит от положения звезды на оси x и ее яркости. При последующей обработке это регистрировалось как систематическая погрешность склонений, зависящая от x и от звездной величины. Кроме того, использование 12-рядного аналогово-цифрового преобразователя не позволяло получать изображения звезд ярче $V \sim 11...12^m$ без насыщения центральных пикселей, что, как будет показано ниже, привело к систематическим погрешностям в фотометрии и склонениях таких звезд.

Для выявления звезд на снимке неба отсчеты интенсивности пикселей сглаживались фильтром 3×3 , и как критерий наличия звезды была принята величина превышения усредненного отсчета над фоном на 1.1, где — средняя квадратичная величина флюктуаций фона в несглаженном изображении. Такой довольно низкий уровень выявления был выбран с целью повышения вероятности регистрации предельно слабых звезд $16...17^m$, тем не менее некоторые флюктуации фона при этом по ошибке регистрировались как фиктивные звезды. Количество

таких звезд резко увеличивалось с увеличением V и превышало приблизительно вдвое количество настоящих звезд в диапазоне $V = 16 \dots 17^m$.

Положение фотоцентров x, y выявленных звезд и их интенсивности V^* вычислялось путем аппроксимации отсчетов пикселей двумерным гауссовым профилем. В случае расхождения итерационных вычислений (обычно при отклонении формы профиля от звездобразного) использовался метод взвешенного центра масс [5]. Насыщенные пиксели учитывались с нулевым весом.

Редукция к ICRF. Для упрощения обработки сканированные участки неба разбивались на меньшие таким образом, чтобы на каждом из них содержалось от 30 до 40 звезд опорного каталога «Tycho-2» [4]. После отождествления с этим каталогом выполнялось сравнение измеренных координат фотоцентров x, y с тангенциальными координатами o, z опорных звезд, вычисленными по формулам связи [8, 9]:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} o \\ z \end{pmatrix} \cos \delta_0, \quad \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} o \\ z \end{pmatrix}, \quad (1)$$

которые отвечают TDI-режиму наблюдений возле экватора. Здесь δ_0 , α_0 — положение звезды по каталогу «Tycho-2», а o, z — координаты центра сканированной области неба. Использовалась модель преобразования координат:

$$\begin{aligned} y &= A_0 + A_1 y + A_n y^n + Bx, \\ x &= C_0 + C_1 y + C_n y^n + Dx \end{aligned} \quad (2)$$

с аппроксимацией колебаний нуля-пункта координат во времени (координата y отвечает времени) полиномом порядка n . Члены типа $x^n y^n$ не включены в модель как несущественные. Наилучшие результаты с минимальными невязками разностей y и x достигнуты при $n = 6$. С коэффициентами A, B, C, D редукционной модели (2) были вычислены координаты x, y измеренных фотоцентров всех звезд с последующим преобразованием в o, z по формулам, обратным к (1).

Редукция измеренных фотометрических величин V^* к системе величин V_T каталога «Tycho-2» выполнена линейной аппроксимацией

$$V_T = V^* + E_0 + E_1 y, \quad (3)$$

где член $E_1 y$ учитывает изменение прозрачности атмосферы во времени. Как известно, система фотометрических величин «Tycho-2» несколько отличается от системы Джонсона, и несогласование этих систем достигает 0.2^m [2]. Поэтому на конечном этапе редукций было выполнено приведение V -величин МАК, полученных в системе «Tycho-2», к стандартной системе путем сравнения с каталогом UCAC4.

Дефекты переноса строк изображения. Сравнение величин для одних и тех же звезд, вычисленных по наблюдениям в разные ночи i и j , во многих случаях показало наличие в разностях $\Delta V = V_i - V_j$ прямых восхождений, кроме шумовой составляющей, также особых

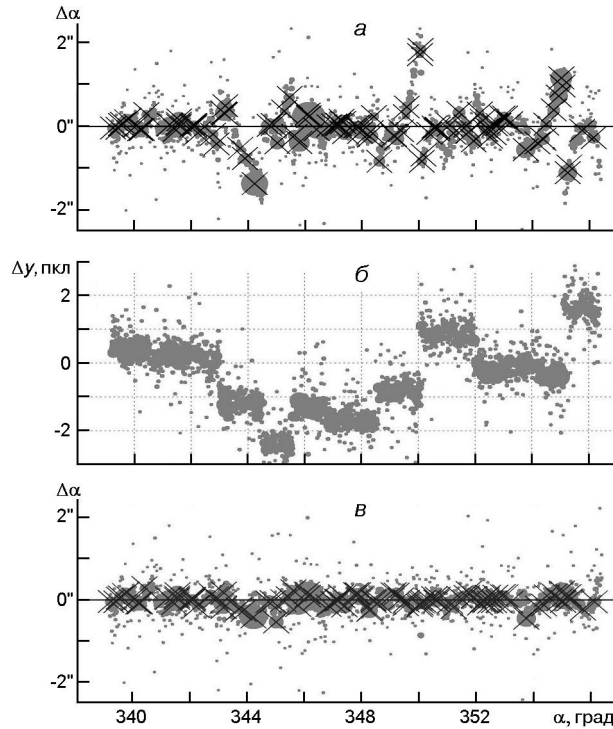


Рис. 2. Разности прямых восхождений звезд (*a*), разности y координат y фотоцентров (*б*) между двумя изображениями одной области неба и разности y после ввода поправок за потерю строк пикселей (*в*). Размер кружков пропорционален яркости звезды, крестиками отмечены опорные звезды «Тучо-2»

точек, где монотонное изменение со временем разностей внезапно разрывается, и в точках разрыва имеет локальные экстремумы противоположных знаков.

На рис. 2, *a* показано изменение $\Delta\alpha$ с α (т. е. со временем) для наблюдений 7 сентября 2003 г. и 18 сентября 2004 г. одного участка неба с частичным перекрытием по склонению. Для лучшего выделения особенностей графика не показаны разности $\Delta\alpha$ для самых слабых звезд. Можно заметить семь разрывов изменения $\Delta\alpha$ с дискретными амплитудами (локальный максимум — локальный минимум) приблизительно 1.4 и 2.8, т. е. 1 и 2 пкл в масштабе матрицы. Дискретность амплитуды разрывов указывает на то, что данный эффект обусловлен потерей строк пикселей на изображении неба из-за сбоях электроники (горизонтального считывающего регистра ПЗС-матрицы) при переносе зарядов в направлении сканирования неба, т. е. по прямому восхождению. Для проверки этого допущения был построен график разностей Δy у координат y фотоцентров для анализируемых сканов (рис. 2, *б*), который выявил скачкообразное изменение разностей Δy на величину 1-2 пкл в те же моменты времени. Очевидно, изменение Δy на отрицательную величину отвечает потере строк пикселей на первом из двух сравниваемых изображений, а изменение в положительную сто-

Погрешность одного положения фотоцентра σ_1 , среднее количество измерений n и средняя погрешность каталожных положений и фотометрии σ_n

V	$\sigma_1(\text{°})$	$\sigma_1(\text{′})$	$\sigma_1(V)$	n	$\sigma_n(\text{°})$	$\sigma_n(\text{′})$	$\sigma_n(V)$
9 ^m	0.099"	0.164"	0.246	1.15	0.092	0.153	0.229
10	0.097	0.113	0.146	2.78	0.058	0.068	0.088
11	0.091	0.099	0.094	2.77	0.055	0.060	0.056
12	0.104	0.113	0.103	2.81	0.062	0.067	0.061
13	0.119	0.128	0.112	2.91	0.070	0.075	0.066
14	0.145	0.165	0.133	2.96	0.084	0.096	0.077
15	0.231	0.256	0.185	3.04	0.132	0.147	0.106
16	0.537	0.563	0.317	2.74	0.325	0.340	0.192
17	0.819	0.838	0.314	1.73	0.623	0.638	0.239

рону — потере на втором изображении. Разности же в склонениях свободны от такой систематики.

Для поиска указанных дефектов изображений образовывались все возможные комбинации пар сканированных участков неба i, j , находились разрывности в систематическом изменении разностей σ_{ij} и вносились соответствующая коррекция в координаты α и δ фотоцентров изображений звезд. После повторной редукции к ICRF новые вычисленные разности σ_{ij} , как показано на рис. 2, в, свободны от разрывов.

Усреднением отдельных положений звезд, полученных в разные ночи, были получены предварительные положения и величины V каталога КМАС2, а из рассеяния этих величин найдены формальные средние квадратичные погрешности одного положения фотоцентра $\sigma_1(\text{°})$, $\sigma_1(\text{′})$ и блеска $\sigma_1(V)$ для каждого интервала V (таблица). Среднее количество измеренных положений фотоцентров для одной звезды в каталоге $n = 2.8$. В таблице приведены также формальные погрешности каталожного положения $\sigma_n = \sigma_1 / \sqrt{n}$ при $n = 2.8$.

Таким образом, для звезд 10—15^m средняя погрешность каталожного положения $\sigma_n(\text{°})$, $\sigma_n(\text{′})$ находится в пределах 0.05—0.1, а погрешность фотометрии $\sigma_n(V)$ лежит в пределах 0.05—0.1^m.

КАТАЛОГ КМАС2 И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Сравнение с UCAC4 и CMC14. С целью выявления систематических погрешностей, зависящих от блеска, и независимой оценки ошибок каталога выполнено сравнение положений и звездных величин предыдущей версии каталога КМАС2 с UCAC4 [12] и CMC14 [3] и образованы разности координат $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$ и звездных величин ΔV . Сравнение (рис. 3) показало, что систематической зависимости разностей $\Delta\alpha$ от V нет, но есть зависимость разностей $\Delta\delta$ от V . Пунктирной линией показана функция, которая аппроксимирует эту систематическую зависимость с точкой перегиба в графике около $V = 12.5^m$. Сходная зависи-

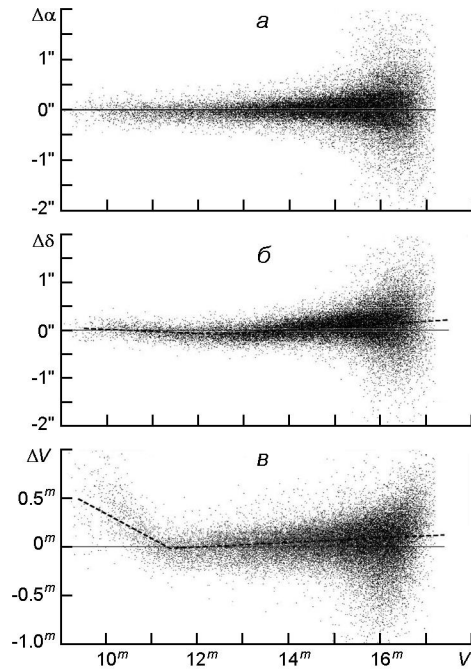


Рис. 3. Систематические разности КМАС2 – UCAC4 в прямых восхождениях, склонениях и V -величинах

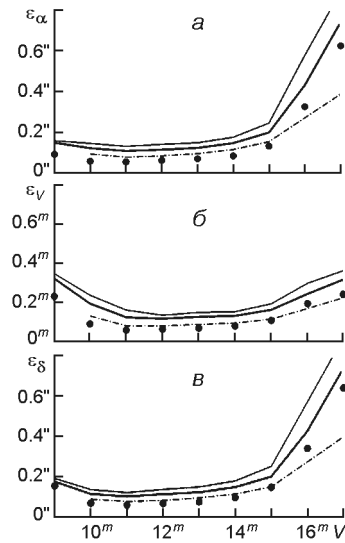
мость выявлена также для разностей V с точкой перегиба возле $V = 11.4^m$. Указанные особенности обусловлены двумя эффектами: насыщением изображений ярких $9...13^m$ звезд в ПЗС-камере МАК и асимметрией профилей звезд по координате x матрицы. Аналогичные систематические погрешности фотометрии для звезд ярче критической величины $V = 12.5^m$ были выявлены, детально проанализированы в работе [6] при построении каталога КМАС1 и исправлены с использованием довольно сложной методики коррекции. При построении КМАС2 программа вычисления интенсивности фотоцентров звезд была модифицирована, благодаря чему критическую величину V удалось сместить от 12.5^m до $V = 11.4^m$ и обеспечить измерение фотоцентров достаточного количества звезд «Tycho-2» без систематической ошибки.

Сравнение с каталогами UCAC4 и СМС14 дало близкие результаты, а полученная средняя зависимость систематических разностей от V была использована как систематическая коррекция для промежуточной версии каталога КМАС2. Аналогично, по каталогу UCAC4 с использованием V -величин фотометрического обзора APASS [7] были калиброваны V -величины КМАС2.

Таким образом, одновременно была устранена систематическая разность между фотометрическими системами каталога «Tycho-2», который мы использовали как опорный, и стандартной системой Джонсона [2].

Средняя квадратичная величина разностей положений КМАС2 – UCAC4 и КМАС2 – СМС14 характеризует погрешность положений каталога КМАС2 по внешней согласованности. Полученные оценки e по обоим каталогам почти идентичны, а их зависимость от V для всех

Рис. 4. Средние квадратичные разности положений и V -величин при сравнении каталога КМАС2 с UCAC4 и СМС14: для всех звезд каталога при среднем количестве наблюдений $n = 2.8$ (жирная кривая); для звезд с $n = 1$ (тонкая кривая) и $n = 4$ (штрих-пунктир). Формальная погрешность КМАС2 показана черными кружками



звезд каталога при среднем количестве наблюдений $n = 2.8$ показана на рис. 4 жирной кривой. Для сравнения приведены также (черные кружки) формальные погрешности σ_n из таблицы, которые соответствуют среднему количеству измерений фотоцентров $n = 2.8$. Превышение над σ_n объясняется вкладом случайных и систематических погрешностей каталогов сравнения UCAC4 и СМС14, а также систематическими погрешностями КМАС2. Реальная погрешность каталога КМАС2 поэтому находится в интервале между σ_n и $\sigma_{2.8}$, т. е. в области, ограниченной на рис. 4 жирной кривой и черными кружками. Для звезд $10\text{--}15^m$, где σ_n и $\sigma_{2.8}$ почти постоянны, погрешность положений каталога близка к $0.05\text{--}0.07''$, а для V -величин находится в пределах $0.05\text{--}0.08^m$. Несколько большая величина погрешностей, в сравнении с оценками $0.07''$ и 0.05^m в [6], обусловлена меньшим количеством наблюдений каждой звезды, в среднем 2.8 против 6, а также использованием всех имеющихся наблюдений, в том числе с большими фазами Луны и при незначительной облачности.

Звезды с однократной регистрацией фотоцентра. На рис. 4 приведены также зависимости $\sigma_n(V)$ для звезд, которые имеют большое количество ($n = 4$) измерений фотоцентров. В сравнении с погрешностью $\sigma_{2.8}$ для полной выборки ($n = 2.8$), для этих звезд величина σ_n на 20—30 % меньше. Для звезд с единственным ($n = 1$) доступным измерением фотоцентра превышение погрешности составляет лишь 20 %. Отсутствие повторных наблюдений этих звезд частично обусловлено тем, что около 30 % участков неба были просканированы лишь один раз.

Кроме того, большая часть объектов с однократным измерением фотоцентра имеет блеск, который соответствует звездам $16\text{--}17^m$, являются предельно слабыми для МАК и имеют малую вероятность регистрации. Большинство таких объектов на самом деле не настоящие звезды, а являются результатом ошибочной регистрации случайного

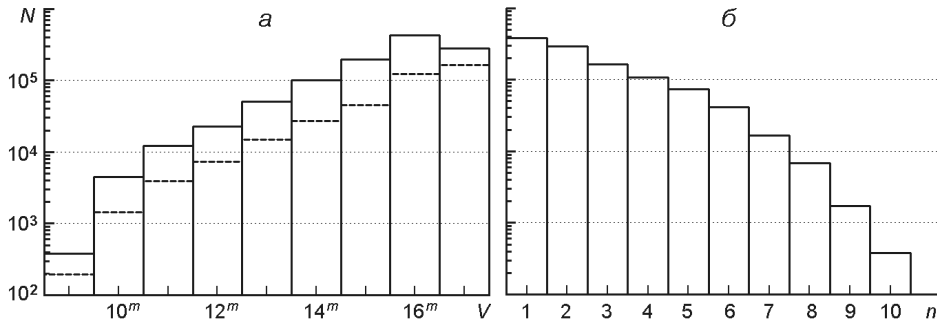


Рис. 5. Распределение звезд КМАС2: *a* — по звездным величинам $N(V)$ (пунктиром отмечено распределение звезд с $n = 1$), *б* — по количеству наблюдений $N(n)$

превышения уровня фона. Учитывая большое, примерно $1.1 \cdot 10^6$, количество таких фотоцентров, было решено сохранить их в составе каталога КМАС2, однако только после фильтрации фиктивных объектов посредством сравнения с другими каталогами.

Наиболее эффективным с этой целью является использование каталогов NOMAD и SMC14, которые, в сравнении с другими каталогами, имеют большое количество слабых звезд. С этими каталогами было идентифицировано около $3.85 \cdot 10^5$ звезд с единичным измерением фотоцентра (35 % от их общего количества).

На рис. 5 приведена гистограмма распределения по звездным величинам $N(V)$ для всех звезд КМАС2 и звезд с $n = 1$ измерением, а также распределение по количеству наблюдений $N(n)$. Общее количество звезд в каталоге КМАС2 составляет $1.09 \cdot 10^6$.

Структура каталога. В каталоге приведены: координаты звезд, на равноденствие J2000.0 и эпоху наблюдений, V -величины, количество измерений фотоцентра n для каждой координаты и для фотометрии, погрешность каталожных величин по внутренней согласованности и эпоха наблюдений. Приведены также собственные движения и их погрешности по данным каталога NOMAD.

ВЫВОДЫ

Каталог КМАС2 — это второй каталог, полученный на телескопе МАК с использованием ПЗС-камеры. Астрометрический обзор экваториальной зоны планировалось получить с четырехкратным перекрытием этой зоны, но для половины участков неба удалось получить лишь одно- или двукратное перекрытие. Это обстоятельство, тем не менее, не повлияло существенно на конечную погрешность каталожных данных (рис. 5), а достигнутая средняя погрешность $0.05\text{—}0.07''$ положений для звезд $11\text{—}14^m$ сопоставима с погрешностями UCAC4 [12], SMC14 [3] и меридианных кругов в Бордо и Валинхос [11].

Полученный каталог КМАС2 распространяет опорную систему «Tycho» — HIPPARCOS до предельной звездной величины МАК $V = 17^m$ и обеспечивает плотность почти 1000 звезд на квадратный градус, что значительно больше по сравнению с 1—5 звездами в каталоге «Tycho-2».

При подготовке каталога были использованы инструменты доступа к каталогам службы Vizier (CDS, Страсбург, Франция).

1. *Karbovskiy V. L., Lazorenko P. F., Andruk V. M. et al.* Київський меридіанний аксіальний круг з новою ПЗЗ-камерою // Кинематика и физика небес. тел.—2011.—**27**, № 4.—С. 66—74.
2. *Bessel M. S.* The Hipparcos and Tycho 2 photometric system bandpass // *Publ. Astron. Soc. Pacif.*—2000.—**112**.—P. 961—965.
3. *Carlsberg Meridian Catalog 14.* 2006. <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/Cat?I/304>.
4. *Hrg E., Fabricius C., Makarov V. V., et al.* The Tycho 2 Catalogue of the 2.5 million brightest stars // *Astron. and Astrophys.*—2000.—**355**.—P. L27—30.
5. *Irwin M. J.* Automatic analysis of crowded fields // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1985.—**214**.—P. 575—604.
6. *Lazorenko P., Babenko Yu., Karbovsky V., et al.* The Kyiv meridian axial circle catalogue of stars in fields with extragalactic radio sources // *Astron. and Astrophys.*—2005.—**438**. P. 377—389.
7. *Munari U., Henden A., Frigo A., et al.* APASS Landolt-Sloan BVgri photometry of RAVE stars. I. Data, effective temperatures and reddenings // *Astron. J.*—2014.—**145**, N 5.P. 81—96.
8. *Stone R. C.* Astrometric calibration regions along the celestial equator // *Astron. J.*—1997.—**114**, N 4.—P. 2811—2819.
9. *Stone R., Monet D., Monet A., et al.* The Flagstaff astrometric scanning transit telescope (FASTT) and star positions determined in the extragalactic reference frame // *Astron. J.*—1996.—**111**, N 4.—P. 1721—1741.
10. *Telnyuk-Adamchuk V., Babenko Yu., Lazorenko P., et al.* Observing Programs of the Kyiv meridian axial circle equipped with a CCD micrometer // *Astron. and Astrophys.*—2002.—**386**. P. 1153—1156.
11. *Viateau B., Requieme Y., Campion Le J. F., et al.* The Bordeaux and Valinhos meridian circles // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1999.—**134**.—P. 173—186.
12. *Zacharias N., Finch C. T., Girard T. M., et al.* The fourth US Naval Observatory CCD astrophotograph catalogue (UCAC4) // *Astron. J.*—2013.—**145**, N 6.—P. 44—49.

Статья поступила в редакцию 20.10.14