

УДК 521.9.(083.3)

## О сводном каталоге фундаментальных слабых звезд (ФКСЗ)

М. С. Зверев, А. Н. Курьянова, А. Д. Положенцев,  
Д. Д. Положенцев, Я. С. Яцкив

Кратко описаны этапы создания каталога фундаментальных слабых звезд (ФКСЗ). Некоторые из этих этапов — улучшение собственных движений звезд ФСЗ и создание сводного каталога звезд ФСЗ для южной полусферы (СКФСЗ-Ю), а также этап объединения каталогов звезд для северной (ПФКСЗ-2) и южной (СКФСЗ-Ю) полусфер в зоне перекрытия — рассматриваются подробно. Каталог ФКСЗ содержит положения и собственные движения 931 звезды в системе FK4 для равноденствия и эпохи 1950.0. Средние значения средних квадратичных ошибок положений этих звезд равны  $\pm 0.050''$  для прямых восхождений и  $\pm 0.074''$  для склонений. Средние значения средних квадратичных ошибок собственных движений  $\pm 0.26$  и  $\pm 0.32''$  в столетие соответственно (для зоны склонений от  $-20$  до  $+90^\circ$ ).

*ON GENERAL CATALOGUE OF FUNDAMENTAL FAINT STARS (FKSZ), by Zverev M. S., Kur'yanova A. N., Polozhentsev A. D., Polozhentsev D. D., Yatskiv Ya. S.* — Five stages of the compilation of the FKSZ catalogue are described. The general FKSZ catalogue is formed on the basis of individual catalogues of Fundamental Faint Stars (FSZ): 17 catalogues in right ascension and 15 catalogues in declination as well as the observations of these stars according to the AGK3R and SRS programmes. The final positions and proper motions of 931 faint stars are in the system of the FK4 for the equinox and the epoch of 1950.0. The mean values of the root mean square errors of these stars positions are  $\pm 0.050''$  in right ascension and  $\pm 0.074''$  in declination. The mean values of the root mean square errors of proper motions are  $\pm 0.26$  and  $\pm 0.32''$  per century in  $\alpha$  and  $\delta$ , respectively (for the declination zone from  $-20$  to  $+90^\circ$ ).

**Введение.** Сводный каталог фундаментальных слабых звезд (ФКСЗ) со склонениями от  $+90$  до  $-90^\circ$  составлен в соответствии с программой КСЗ [1]. Этот каталог содержит положения и собственные движения 931 звезды ( $7.3 < m < 8.4$ ) для средних эпох около 1962 и 1947 гг. соответственно. Он создан на основе индивидуальных каталогов фундаментальных слабых звезд (ФСЗ) — 17 каталогов по  $\alpha$  и 15 каталогов по  $\delta$ , а также результатов наблюдения этих звезд по программам AGK3R и SRS. Окончательные положения и собственные движения фундаментальных звезд даны в системе FK4 для равноденствия и эпохи 1950.0. Средние значения средних квадратичных ошибок (с. к. о.) положений этих звезд равны  $\pm 0.050''$  для прямых восхождений и  $\pm 0.074''$  для склонений. Аналогичные оценки для собственных движений равны  $\pm 0.26$  и  $\pm 0.32''$  в столетие соответственно (для зоны склонений от  $-20$  до  $+90^\circ$ ). Каталог создавался постепенно, что было обусловлено перерывом в ходе работ по КСЗ и практическими потребностями. Характеристика этапов создания ФКСЗ дана в табл. 1. Процесс создания первого из каталогов (каталога ПФКСЗ) хорошо известен [2, 3]. Поэтому в дальнейшем мы рассмотрим, как были улучшены собственные движения фундаментальных слабых звезд и получен каталог ФСЗ для южной полусферы (СКФСЗ-Ю).

Улучшение собственных движений звезд ФСЗ со склонениями от  $-20$  до  $+90^\circ$ . При составлении каталога ПФКСЗ-2 для вычисления собственных движений были использованы четыре каталога — GC, AGK2, YALE и ПФКСЗ-2. Поскольку разность эпох индивидуальных каталогов ФКСЗ приблизительно составляет 30 лет, можно использовать эти каталоги для улучшения собственных движений звезд. Это и

было сделано, причем при назначении весов исходным каталогам применялись два разных подхода [6].

Первый подход, который мы называем классическим, заключается в использовании традиционных оценок с. к. о. положений звезд, данных в каталоге.

Второй подход, называемый новым, основан на «независимых» оценках с. к. о. положений звезд в каталогах, полученных следующим методом. Пусть  $x_{ij}$  — координата  $i$ -й звезды в  $j$ -м каталоге;  $T_{ij}$  — эпоха наблюдений  $i$ -й звезды;  $\mu_i$  — искомое собственное движение  $i$ -й звезды;  $x_{i0}$  — неизвестное истинное значение координаты  $i$ -й звезды на эпоху  $T_{i0}$ , выбранную произвольно;  $i=1, 2, \dots, N$ ,  $j=1, 2, \dots, m$ . Тогда можно написать уравнение

$$x_{ij} = x_{i0} + \mu_i (T_{ij} - T_{i0}) + \xi_{ij}, \quad (1)$$

где  $\xi_{ij}$  — случайная ошибка  $i$ -й звезды в  $j$ -м каталоге с весом  $P_j$ .

Полагаем  $P_j = 1$ , кроме веса  $k$ -го каталога,  $P_k = 0$  и  $T_{ik} = T_{i0}$ . Мы можем найти оценку  $\hat{x}_{i0}$  из уравнений (1) и ее ошибку  $\hat{S}_i$ . Далее можно определить разности  $\hat{v}_{ik} = x_{ik} - \hat{x}_{i0}$  и их дисперсию

$$D(\hat{v}_k) = D(x_k) + D(\hat{x}_0),$$

где  $D(x_k)$  — неизвестная дисперсия  $k$ -го каталога. Следовательно,

$$D(x_k) = D(\hat{v}_k) - D(\hat{x}_0), \quad (2)$$

где  $D(\hat{x}_0) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{S}_i^2$ . В первом приближении вес  $k$ -го каталога равен

$$P_k = [D(x_k)]^{-1}.$$

Для уточнения весов всю процедуру можно повторить несколько раз с учетом весов, полученных в первом и последующих приближениях. Как правило, на практике достаточно одного — двух приближений.

С помощью «традиционных» и «новых» весов каталогов вычислены собственные движения фундаментальных слабых звезд в двух вариантах (ПФКСЗ-2 и ФКСЗ-11) и выполнено сравнение их между собой [6]. Так как разности собственных движений звезд, вычисленных в этих вариантах, незначимо отличаются между собой, то как окончательные оценки собственных движений приняты их средние значения. С. к. о. собственных движений по  $\alpha(\epsilon_\mu \cos \delta)$  и  $\delta(\epsilon_\mu')$  даны в табл. 2.

В работе [4] приведены результаты сравнения собственных движений фундаментальных слабых звезд в каталогах ПФКСЗ-2, ФКСЗ-11,

Таблица 1. Этапы создания каталога ФКСЗ

Номер п/п	Этап	Сокращенное название каталога	Приближенная эпоха	Количество индивидуальных каталогов		Литературный источник
				$\alpha$	$\delta$	
1	Создание предварительного сводного каталога ФСЗ со склонениями от $-20$ до $+90^\circ$	ПФКСЗ-1	1949	8	8	[3]
2	Переобработка ПФКСЗ-1	ПФКСЗ-2	1955	20	21	[2]
3	Новое определение собственных движений ФСЗ со склонениями от $-20$ до $+90^\circ$	ФКСЗ-11	1947	23	22	[6]
4	Создание сводного каталога ФСЗ со склонениями от $-90$ до $+5^\circ$	СКФКСЗ-Ю	1968	12	11	[5]
5	Создание сводного каталога ФСЗ	ФКСЗ	1962	Разное для различных зон склонения		[7]

AGK3R и AGK3. На основании результатов сравнения сделаны выводы о том, что собственные движения звезд в ФКСЗ-II наиболее точные, а их система близка к системе собственных движений звезд в AGK3R. Кроме того, получены оценки точности собственных движений звезд в этих каталогах по внешней сходимости (табл. 3).

Таблица 2. Средние квадратичные ошибки собственных движений, секунды дуги в столетие

Зона склонений, град	$\epsilon_{\mu} \cos \delta$	$\epsilon_{\mu'}$
+90—+60	$\pm 0.25$	$\pm 0.31$
+60—+40	$\pm 0.26$	$\pm 0.32$
+40—+20	$\pm 0.26$	$\pm 0.31$
+20—+ 0	$\pm 0.27$	$\pm 0.30$
0—-20	$\pm 0.27$	$\pm 0.33$
Среднее	$\pm 0.26$	$\pm 0.32$

Таблица 3. Оценки точности собственных движений в различных каталогах по внешней сходимости, секунды дуги в столетие

Каталог	$S_{\mu} \cos \delta$	$S_{\mu'}$
ФКСЗ-II	$\pm 0.08$	$\pm 0.06$
ПФКСЗ-2	$\pm 0.16$	$\pm 0.22$
AGK3R	$\pm 0.38$	$\pm 0.43$
AGK3	$\pm 0.85$	$\pm 0.87$

**Составление сводного каталога звезд ФСЗ для южной полушеры.** В связи с окончанием наблюдений по программе SRS появилась возможность составления каталога ФКСЗ для южной полушеры. Наряду с каталогом SRS можно использовать каталоги звезд, наблюдавшихся по программе КСЗ. На первом этапе создан предварительный сводный каталог фундаментальных слабых звезд южного неба (ПСКФСЗ-Ю) из 12 каталогов по  $\alpha$  и 11 каталогов по  $\delta$  без учета различий по внутренней сходимости между исходными каталогами. Далее мы сравнивали исходные каталоги с каталогом ПСКФСЗ-Ю, используя представление разностей координат  $i$ -й звезды в форме

$$\Delta x_i = \sum_{k=0}^{q_k} \sum_{n=0}^{q_n} [A_{kn} \cos n\alpha_i + B_{kn} \sin n\alpha_i] \delta_i^k + \xi_i, \quad (3)$$

где  $A_{kn}$  и  $B_{kn}$  — неизвестные коэффициенты;  $q_k$  и  $q_n$  — наивысший порядок разложения. Оценки систематических разностей  $\hat{\Delta}x_i$  и их с. к. о.  $S(\hat{\Delta}x_i)$  использованы для назначения относительных весов  $P_{ij}$  при объединении наблюдений в различных каталогах и вычислении систематических поправок ПСКФСЗ-Ю. Принимаем

$$P_{ij} = \left[ \sum_{i=1}^N \hat{\Delta}x_{ij}^2 + S_j^2(\hat{\Delta}x_i) \right]^{-1},$$

где  $N$  — количество звезд в  $j$ -м каталоге.

После учета окончательных систематических разностей звезд ФСЗ в каждом из исходных каталогов получены взвешенные средние положения  $\tilde{x}_i$  в каталоге СКФСЗ-Ю

$$\tilde{x}_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} W_{ij} / \sum_{j=1}^m W_{ij},$$

Таблица 4. Средние ошибки положений звезд в каталоге ФКСЗ (в 0.001")

Зона склонений, град	Количество звезд	Средние ошибки	
		$\epsilon_{\alpha} \cos \delta$	$\epsilon_{\delta}$
+90—+60	110	$\pm 48$	$\pm 60$
+60—+40	106	$\pm 50$	$\pm 60$
+40—+20	123	$\pm 48$	$\pm 57$
+20— 0	125	$\pm 47$	$\pm 57$
0—-20	119	$\pm 44$	$\pm 63$
-20—-40	118	$\pm 56$	$\pm 99$
-40—-60	112	$\pm 50$	$\pm 96$
-60—-90	118	$\pm 52$	$\pm 97$
Среднее		$\pm 50$	$\pm 74$

где  $W_{ij} = [\varepsilon_j^2(\infty) + \varepsilon_j^2/r_{ij}]^{-1}$ ;  $r_{ij}$  — количество наблюдений  $i$ -й звезды в  $j$ -м каталоге;  $\varepsilon_j^2(\infty)$  — оценка с. к. о. каталожных положений в случае  $r_{ij} \rightarrow \infty$ ;  $\varepsilon_j$  — оценка точности наблюдений в  $j$ -м каталоге.

Средние значения с. к. о. положений звезд в СКФСЗ-Ю составляют  $\pm 0.052''$  по  $\alpha$  и  $\pm 0.098''$  по  $\delta$ . Для вычисления собственных движений звезд южной полусферы использовались только два каталога — СКФСЗ-Ю и ГС. Каталог депонирован в ВИНТИ [5].

**Составление каталога ФКСЗ.** Для получения окончательного варианта каталога ФКСЗ необходимо было объединить ПФКСЗ-2 и СКФСЗ-Ю в зоне их перекрытия. Для этого получены систематические разности каталогов СКФСЗ-Ю и ПФКСЗ-2 для перекрывающихся зон от  $-20$  до  $+5^\circ$ , которые использовались при вычислении окончательной системы каталога в этой зоне

$$y_i = x_i + f(\delta) \Delta x_i,$$

где  $x_i$  — координата  $i$ -й звезды в каталоге;  $\Delta x_i$  — систематическая разность СКФСЗ-Ю — ПФКСЗ-2;  $f(\delta)$  — заранее заданная функция в зоне склонения от  $+5$  до  $-20^\circ$  с фиксированными значениями

$$f(\delta = +5^\circ) = 0 \text{ и } f(\delta = -20^\circ) = 1 \text{ для ПФКСЗ-2}$$

$$f(\delta = +5^\circ) = -1 \text{ и } f(\delta = -20^\circ) = 0 \text{ для СКФСЗ-Ю.}$$

После приведения каталогов в одну систему получены средние положения звезд в этой зоне с весами, обратно пропорциональными квадрату с. к. о. положений звезд.

Средние значения с. к. о. положений и собственных движений звезд по зонам склонений приведены в табл. 4.

1. Зверев М. С. Каталог слабых звезд как астрометрическая проблема.— М.: Изд-во АН СССР, 1952.—81 с.
2. Зверев М. С., Курьянова А. Н., Положенцев Д. Д., Яцкив Я. С. Сводный каталог фундаментальных слабых звезд со склонениями от  $+90^\circ$  до  $-20^\circ$  (ПФКСЗ-2).— Киев: Наук. думка, 1980.—108 с.
3. Зверев М. С., Положенцев Д. Д. Предварительный сводный каталог фундаментальных слабых звезд со склонениями от  $+90^\circ$  до  $-20^\circ$  (ПФКСЗ) // Тр. Глав. астроном. обсерватории в Пулкове.— 1958.—72.— С. 7—76.
4. Ледерле Т., Положенцев А. Д., Яцкив Я. С. Сравнение собственных движений фундаментальных звезд в каталогах Астрономического общества (АГКЗР, АГКЗ) и фундаментальных слабых звезд (ПФКСЗ-2, ФКСЗ-II) // Кинематика и физика небес. тел.— 1985.—1, № 5.— С. 21—23.
5. Положенцев А. Д. Сводный каталог фундаментальных слабых звезд южного неба (СКФСЗ-Ю).— Л., 1985.—19 с.— (Рукопись деп. в ВИНТИ; № 8875—В).
6. Яцкив Я. С., Положенцев А. Д. Новое определение собственных движений фундаментальных слабых звезд со склонениями от  $+90^\circ$  до  $-20^\circ$ .— Киев, 1984.—20 с.— (Препринт / АН УССР. Ин-т теорет. физики; ИТФ-84-151Р).
7. Kurjanova A. N., Polozhentsev D. D., Polozhentsev A. D. et al. Report on the compilation of the general catalogue of fundamental faint stars (FKSZ) // Rept. Comm. 8 of the XIX General Assembly, New Dehli, 1985.

Глав. астроном. обсерватория АН СССР, Пулково,  
 Глав. астроном. обсерватория АН УССР, Киев,  
 Ленингр. ун-т им. А. А. Жданова

Поступила в редакцию 21.07.86,  
 после доработки 01.10.86