

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ АСТРОФИЗИКИ АН РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

На правах рукописи
УДК 521.95(085)

Рельке Елена Викторовна

СОЗДАНИЕ АСТРОМЕТРИЧЕСКОГО СТАНДАРТА
В ОБЛАСТИ СОЗВЕЗДИЯ ЛЕБЕДЯ

Специальность 01.03.01 - астрометрия и небесная механика

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Душанбе - 1993

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00819997 (0)

Работа выполнена в Институте астрофизики Академии Наук
республики Таджикистан.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук
Кислюк В. С.

Официальные оппоненты: Киселев А. А., доктор физ.-мат. наук,
ГАО АН РОССИИ, г. Санкт-Петербург;
Харченко Н. В., доктор физ.-мат. наук,
ГАО АН УКРАИНЫ.

Ведущая организация: ГАИШ МГУ, г. Москва.

Защита состоится 1 апреля 1993 г.

Начало заседания специализированного совета по астрономии
Главной астрономической обсерватории АН Украины в 12 часов в
БКЗ ГАО АН Украины, шифр Д 016.14.01.

Адрес: 252127, Киев-127, Голосеево.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГАО АН
Украины.

Автореферат разослан 25.02 1993 г.

Ученый секретарь Специализированного
совета, кандидат физико-математических наук

Гусева Н. Г.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Каталоги положений, содержащие десятки и сотни тысяч звезд на обширных участках неба, такие как Йельские зонные каталоги, AGK2-AGK3, SAO, PPM имеют универсальное значение, позволяя решать широкий круг проблем астрометрии. Наряду с выполнением обширных фотографических обзоров неба важную роль играют работы по созданию астрометрических стандартов, представляющих собой ограниченные области неба в которых, положения звезд определены с повышенной точностью. Астрометрические стандарты отличаются, как правило, большой плотностью звезд на единицу площади, а также широким диапазоном звездных величин. Кроме того, в областях таких стандартов сведены к минимуму систематические ошибки положений звезд, что достигается применением соответствующих методик.

Астрометрические стандарты используются для калибровки астрографов и исследования их качества, определения точного масштаба снимков при изучении двойных и кратных звездных систем, установления оптимальных редуцированных моделей пластинок, получаемых на разных телескопах, отработки новых методик при определении координат звезд методом многократного перекрытия неба, и тому подобных задач, требующих высокой плотности звезд и повышенной точности их положений.

Актуальность работы определяется тем, что для эффективного применения астрометрических стандартов при наблюдениях на разных широтах и в разные времена года на всем небе желательно иметь сеть таких площадок, о чем свидетельствует и тот факт, что 24 комиссией IAC был утвержден список площадок для систематического фотографирования и создания высокоточных стандартных полей. Вместе с тем поставленные задачи позволяют выполнить некоторые методические исследования, имеющие важное значение для программы ФОН.

Цель работы:

1. На основании наблюдательного материала, полученного на 4-х широкоугольных астрографах н/п "К. Цейсс, Йена" по программе ФОН, определить точные положения звезд до 15-16^m в ограниченной области неба в созвездии Лебедя с плотностью около 100 зв/кв. градус, а также оценить их звездные величины.

2. Используя данные программы "Carte du Ciel" ("Карта неба") определить собственные движения некоторых звезд стандарта до 13^m .

3. Распространить систему созданного астрометрического стандарта на область слабых звезд (до $21-22^m$), привлекая для этой цели снимки, полученные с помощью Таутенбургского телескопа системы Шмидта.

4. Применить созданный астрометрический стандарт для калибровки широкоугольного астрографа Гиссарской астрономической обсерватории АН Таджикистана.

Научная новизна работы :

1. Впервые на основании реального наблюдательного материала, полученного по программе ФОН на всех четырех широкоугольных астрографах создан каталог положений, собственных движений и звездных величин до 16^m ограниченной области неба в созвездии Лебедя.

2. Впервые на основании привлечения снимков, полученных на телескопе системы Шмидта создан астрометрический стандарт, содержащий положения звезд от $15-16^m$ до 22^m на эпоху 1985.7.

3. Произведена калибровка конкретного широкоугольного астрографа с использованием созданного астрометрического стандарта, по результатам которой оценена точность положений звезд стандарта.

4. Предложена и опробована методика создания списка опорных и определяемых звезд, рассчитанная на использование автоматических измерительных машин.

5. Создан комплекс программ, реализующий методику, примененную при создании стандарта, включающий программу калибровки телескопов.

Основные результаты, выносимые на защиту:

1. Разработка алгоритма и комплекса программ для создания астрометрического стандарта по пластинкам, полученным на широкоугольных астрографах (программа ФОН), Таутенбургском 2-х метровом телескопе системы Шмидта (программа Лормана) и нормальных астрографах (программа "Carte du Ciel").

2. Астрометрический стандарт в области созвездия Лебедя, включающий положения и звездные величины 2197 звезд от 7^m до 22^m , а также собственные движения 119 звезд до 13^m .

3. Результаты применения созданного стандарта для калибровки

ША ГисАО, определения уравнения блеска для Таутенбургского телескопа.

Научная и практическая значимость работы:

1. Созданный стандарт может использоваться для калибровки любых инструментов, так как имеет плотность в центральной зоне $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ до 170 звезд на кв. градус, в остальной зоне 93 звезды на кв. градус в широком диапазоне звездных величин от 7^m до 22^m .
2. Результаты проведенного анализа редукции пластинок ША и оценки точности положений звезд, полученных по четырем ША могут быть использованы для дальнейшей реализации программы ФОН.
3. В результате обработки 17 пластинок CdC получены положения 1009 звезд до 13^m на зону стандарта в системе каталога PPM на эпоху 1900.7 и равноденствие 1950.0, которые могут быть использованы в качестве первой эпохи для получения собственных движений по программе ФОН.
4. Разработанная методика и программы могут быть использованы для создания стандартных полей в любой другой области неба.
5. Каталог передан в Центр звездных данных Института астрономии АН России.

Апробация работы

Основные результаты исследований по диссертации докладывались на совещании по программам СОПРОГ, ФОН, МЕГА (Чернигов 1989), на совещании по программам КОНФОРМ, ФОН, МЕГА, КВАЗАР (Киев 1991), на астрометрических семинарах ГАО АН Украины и Института астрофизики АН Таджикистана.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, двух приложений и списка цитируемой литературы 64 наименования. Общий объем диссертации 126 страниц, включая 20 рисунков и 22 таблицы с приложением.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во ВВЕДЕНИИ сформулированы цель работы, новизна, научная и практическая значимость, перечислены основные результаты выносимые на защиту.

Глава 1. Создание списка звезд астрометрического стандарта.

В настоящее время известно несколько астрометрических стандартов, относящихся к разным областям неба: эклиптике (стандарты в Плеядах и Яслях), Московской зенитной зоне, северному полюсу Галактики.

Как правило для создания стандартов выбираются площадки имеющие обширную астрометрическую историю, что позволяет привлекать данные многих эпох и многих инструментов. С этой точки зрения представляемый стандарт (Потсдамская зенитная зона) отличается от всех известных, поскольку выбранная площадка не имеет никакой астрометрической истории. Для создания стандарта использован фотографический материал по программе ФОН, полученный на четырех однотипных широкоугольных астрографах (F=2000 мм, D=400 мм) фирмы Карл Цейсс (Йена), установленных в обсерваториях Голосееве, Зеленчуке, Звенигороде, Душанбе. Выбор координат центра площадки ($\alpha = 21^h 03^m$, $\delta = 52^\circ$) обусловлен наличием пластинок в области пересечения галактического экватора с Потсдамской зенитной зоной (программа Лормана).

В соответствии с программой ФОН для создания стандарта было отобрано 25 пластинок, обеспечивающих четырехкратное перекрытие указанного участка. Звезды поля расположены в центральной области площадки размером $4^\circ \times 4^\circ$, опорные звезды покрывают область $8^\circ \times 8^\circ$ с тем же центром.

Прежде чем приступить к измерению пластинок необходимо было составить список измеряемых объектов, включающий опорные и определяемые звезды. Основные требования к составлению такого списка были следующие: во-первых, отобранные звезды должны находиться в интервале 11-16 звездной величины и, во-вторых, равномерно распределены по площадке $4^\circ \times 4^\circ$ с плотностью приблизительно 100 звезд на квадратный градус.

С этой целью разработана методика составления такого списка, рассчитанная на использование сканирующих автоматических измерительных машин типа «Фантазия» или автоматических измерительных комплексов (АИК) типа ПАРСЕК для которого необходимо задание поисковых координат.

1. Автоматическая сканирующая машина выдает исходную ин-

формацию, т. е. прямоугольные координаты X, Y и диаметры D всех изображений звезд на пластинке (общий список).

2. По специально составленной программе отождествляются и выбираются из общего списка каталожные звезды. Для них вычисляются положения второй экспозиции и также выбираются из общего списка. Затем из общего списка исключаются звезды имеющие диаметр D меньше чем D^* , соответствующий звездам 10-11 звездной величины. Из оставшихся объектов (слабее 10-11^m) выбираются звезды с таким расчетом, чтобы они равномерно распределялись по измеряемому полю с заданной плотностью на квадратный градус. Полученный таким образом список опорных и определяемых звезд может служить эфемеридной информацией для АИК-ПАРСЕК.

3. Составленный список пересчитывается на остальные пластинки по схеме четырехкратного перекрытия.

Разработанная методика была использована для создания списка опорных и определяемых звезд стандарта. Из-за отсутствия сканирующей машины центральная пластинка 1 просканирована вручную на машине "Аскорис" института астрофизики АН Таджикистана. Так был получен общий список всех 8200 изображений звезд на пластинке, из которого в результате работы программы было выбрано 117 звезд опорного каталога PPM и 1432 звезды с плотностью 100 звезд на квадратный градус от 11 до 16 звездной величины.

Глава 2. Каталог положений звезд Астрометрического стандарта до 15^m-16^m.

Одним из основных факторов повышения точности астрометрического стандарта является выбор редуционных моделей астронегативов. Учитывая, что фотографический материал получен хотя и на однотипных, но разных астрографах, т. е. в значительной мере неоднороден, выбору редуционных моделей в данном случае следует уделить особое внимание.

Поскольку все пластинки были сняты на однотипных широкоугольных астрографах естественно было подобрать какую-либо модель одинаковую для всех пластинок. С этой целью были исследованы наиболее часто применяемые редуционные модели :

1. Модель $M_1 = (3L + 2Q)$ с линейными (L) и неполными квадратичными (Q) членами.

2. Модель М2=(3L +3Q) с полной квадратичной формой.

3. Модель М3=(3L +2Q +2С +УВ + К), учитывающая также кубические члены (С), уравнение блеска (УВ) и кому (К).

Однако по результатам проведенных исследований отдать предпочтение той или иной редуccionной модели не представляется возможным. Поэтому вопрос о выборе редуccionных моделей для пластинок стандарта решался на основе статистических методов.

Поскольку пластинки сняты на разных астрографах и имеют разные характеристики, учитывать предварительно члены дисторсии или квадратичные члены наклона пластинок путем введения поправок в измеренные координаты не имело смысла, поскольку даже для хорошо исследованных астрографов эти поправки расходятся. Поэтому метод подбора редуccionных моделей для каждой пластинки в отдельности показался более приемлемым для данного случая, поскольку он дает возможность подобрать для каждой пластинки оптимальную редуccionную модель и учесть различные характеристики телескопов. Автором реализован статистический метод включения согласно которому в редуccionную модель последовательно включаются все члены исследуемого полинома:

$$\begin{aligned} \zeta = & a_1 + a_2x + a_3y + a_4x^2 + a_5xy + a_6y^2 + a_7x^3 + a_8x^2y + \\ & + a_9xy^2 + a_{10}y^3 + a_{11}(\varrho - \varrho_0)^2 + a_{12}(\varrho - \varrho_0)x \end{aligned}$$

Значимость каждого включаемого в модель члена оценивалась с помощью статистического критерия Эйхгорна-Вильямс, суть которого можно сформулировать следующим образом: Если средний квадрат разностей координат, вычисленных для моделей М1 и М2 превышает среднее различие вычисленных дисперсий для этих же моделей, то член следует сохранить в модели. В противном случае нецелесообразно применять более сложную модель, поскольку она не вносит чего-либо существенно нового в систематическом смысле.

Алгоритм позволяет включать в обработку все члены с проверкой значимости каждого из них, вычислением средних квадратичных ошибок единицы веса и средних квадратичных ошибок редуccion. Модель, для которой эти ошибки минимальны, выбиралась в качестве оптимальной редуccionной модели для

каждой пластинки.

Квадратичные и кубические члены оптимальных редукционных моделей для девяти пластинок стандарта приведены в табл. 1, откуда следует, что эти модели различны не только для пластинок, полученных на разных астрографах, но и для пластинок, полученных на одном телескопе. К тому же, как правило, они различны по координатам ξ и η . Это различие может быть объяснено тем, что оптимальная редукционная модель конкретна для данной пластинки, для выбранных опорных звезд, для данных условий получения пластинки, для данного телескопа.

Таблица 1. Оптимальные редукционные модели.

Номер пластинки	Координата	
	X	Y
1-Голосеево	$x^2, xy, x^3, xy^2, (D-D^0)x$	$y^2, xy, y^3, xy^2, (D-D^0)y$
2-Зеленчукская	x^2, xy, x^3	$y^2, y^3, x^2y, (D-D^0)y$
3-Звенигород	x^2, x^3	y^2, xy
4-Душанбе	$x^2, xy, (D-D^0)x$	y^2, xy, y^3
5-Звенигород	$x^2, x^3, xy^2, (D-D^0)^2, (D-D^0)x$	$y^2, xy, y^3, (D-D^0)y$
6-Зеленчукская	x^2, xy	$y^2, xy, x^2y, (D-D^0)y$
7-Звенигород	x^2, xy	y^2, y^3
8-Душанбе	$x^2, xy^2, (D-D^0)x$	$y^2, y^3, (D-D^0)y$
9-Звенигород	$x^2, xy, (D-D^0)^2, (D-D^0)x$	$y^2, x^2y, (D-D^0)^2$

Примечание. Все модели содержат также линейные члены.

Представление о точности редукций с помощью оптимальных моделей дает табл. 2, в которой приведены средние квадратичные ошибки редукций для классических и оптимальных моделей, найденные по формулам

$$\sigma_{\xi}^2 = \sigma_0^2 \sum_{j=1}^N \lambda_j^2$$

где σ_0^2 - средняя квадратичная ошибка единицы веса, которая вычисляется обычным способом по невязкам условных уравнений, решаемых отдельно по ξ и η ; N - число опорных звезд; λ_j^2 - нормированные весовые коэффициенты (обобщенные депенденсы Шлезингера), выражающие влияние конфигурации опорных звезд

на точность редукции, которые определяются из выражений

$$\lambda^2 = X C_{mm}^{-1} X^T$$

где X -одностробцовая матрица коэффициентов условных уравнений в соответствии с применяемой моделью редукции, X^T -транспонированная матрица; C_{mm}^{-1} -обратная матрица системы условных уравнений.

Таблица 2. Ошибки редукции по классическим и оптимальным редукционным моделям.

Номер пластинки !	Классическая модель !		Оптимальная модель	
	! $\delta_{z\alpha}^*$! $\delta_{z\beta}^*$! $\delta_{z\alpha}^*$! $\delta_{z\beta}^*$
1-Голосеево	0.45	0.48	0.20	0.18
2-Зеленчукская	0.31	0.34	0.26	0.29
3-Звенигород	0.27	0.40	0.22	0.28
4-Душанбе	0.27	0.28	0.25	0.23
5-Звенигород	0.37	0.36	0.26	0.26
6-Зеленчукская	0.25	0.23	0.24	0.22
7-Звенигород	0.41	0.38	0.26	0.16
8-Душанбе	0.37	0.31	0.26	0.20
9-Звенигород	0.24	0.31	0.25	0.28

Видно , что использование оптимальных редукционных моделей приводит к существенному увеличению точности редукций. По результатам проведенной редукции можно сделать вывод, что оптимальная модель может не совпадать с обычно применяемой полной моделью по точности и по размерности. По статистическим критериям качество ее либо выше, либо сохраняется при меньшем количестве членов.

При определении точных положений звезд стандарта был применен упрощенный метод перекрывающихся пластинок, который был реализован следующим образом:

Используя постоянные пластинок, соответствующие оптимальным редукционным моделям для всех 25 пластинок, вычислялись идеальные координаты (ζ, η) определяемых звезд, а затем их экваториальные координаты (α, δ) .

В качестве первого приближения для положений звезд стандарта принимались усредненные по всем пластинкам значения

$$\bar{\alpha}_i' = \left(\sum_{k=1}^n \alpha_{ik} \right) / n, \quad \bar{\delta}_i' = \left(\sum_{k=1}^n \delta_{ik} \right) / n$$

где n изменяется от 4 до 9. Так как реальные оптические центры пластинок несколько смещены относительно рассчитанных для программы ФОН центров, а их рабочие поля, как правило, немного больше чем $4^\circ \times 4^\circ$, некоторые звезды в центральной области стандарта имеют даже девятикратное перекрытие.

При выполнении второго приближения в качестве опорных звезд брались усредненные координаты звезд первого приближения. Второй этап редукции включает ту же процедуру определения редукционных постоянных с выбором значащих членов по критерию Эйхгорна-Вильямс, но только для девяти центральных пластинок. С новыми значениями постоянных вычислены экваториальные координаты определяемых звезд второго приближения по каждому снимку, которые затем усреднялись с использованием весов, учитывающих конфигурацию расположения опорных и определяемых звезд, по всем пластинкам.

Средние взвешенные значения координат каждой звезды определялись из выражений

$$\bar{\alpha}_i = \sum \alpha_{ik} P_{ik} / \sum P_{ik}, \quad \bar{\delta}_i = \sum \delta_{ik} P_{ik} / \sum P_{ik}, \quad P_{ik} = \frac{1}{\sigma_m^2 + \sigma_z^2}$$

где α_{ik}, δ_{ik} - значения экваториальных координат i -ой звезды, найденные по k -ой пластинке; P_{ik} - веса этих значений, σ_m - ошибка измерений, σ_z - ошибка редукции (табл. 2). Полученные таким образом экваториальные координаты 1498 звезд были взяты в качестве окончательных положений звезд стандарта.

Точность положений отдельных звезд стандарта во втором приближении можно оценить согласно выражению $\sigma^2 = \sigma_m^2 + \sigma_z^2$. Принимая $0.1''$ для σ_m , а для σ_z и σ_{zr} значения таблицы 2, находим, что в среднем ошибки положений звезд стандарта до 16 звездной величины характеризуются величинами $0.23''$ по α и $0.17''$ по δ для второго приближения. Аналогичные оценки для координат звезд в первом приближении составили $0.30''$ по α и $0.27''$ по δ . Видно, что точность выводимых коор-

динат звезд возросла примерно на 20% , что является прямым следствием применения упрощенного метода перекрывающихся пластинок.

То обстоятельство , что в исследуемой области неба не оказалось каких-либо точных фотометрических стандартов, и в качестве опорных звездных величин выбраны их значения из каталога PPM , естественно не позволило получить звездные величины с высокой точностью. Поэтому для данного стандарта можно говорить только об оценке звездных величин, которая составила 0.3^m.

Глава 3. Определение собственных движений звезд стандарта.

При определении собственных движений звезд астрометрического стандарта использованы наблюдения, выполненные по проекту "Carte du Ciel" (CdC) . Со времени начала этого проекта прошло 100 лет и естественно было использовать пластинки CdC в качестве первой эпохи для определения собственных движений звезд стандарта до 12-13 звездной величины. Редукция пластинок CdC была проведена аналогично редукции пластинок стандарта.

В результате обработки пластинок CdC на площадку стандарта 4° x 4° были получены экваториальные координаты 1009 звезд первой эпохи до 11-13 звездной величины, во втором приближении, которые использованы для определения собственных движений звезд стандарта. После отождествления координат звезд первой и второй эпох было найдено 119 общих звезд, 40 из них являются звездами опорного каталога PPM и остальные звезды от 11 до 13 звездной величины принадлежат только списку звезд стандарта. По формулам

$$\mu_{d_{ST}} = \frac{d_{ST} - d_{CdC}}{Z} \quad \mu_{\delta_{ST}} = \frac{\delta_{ST} - \delta_{CdC}}{Z}$$

где $d_{ST} - d_{CdC}$, $\delta_{ST} - \delta_{CdC}$ разность в координатах звезд первой и второй эпох, Z - разность эпох, вычислены собственные движения для 119 общих звезд . Средние ошибки определений собственных движений, вычисленные по формулам

$$\sigma_{\mu_d} = \frac{\sum_{i=1}^N |\mu_{d_{ST}} - \mu_{d_{PPM}}|}{N} \quad \sigma_{\mu_\delta} = \frac{\sum_{i=1}^N |\mu_{\delta_{ST}} - \mu_{\delta_{PPM}}|}{N}$$

составили 0.00038 по μ_d и 0.0031 по μ_δ . Наиболее существ-

венной ошибкой определения собственных движений является уравнение блеска (УЕ) т.е. фиктивная зависимость собственных движений от звездной величины. Исследование этой ошибки проводилось по методике, предложенной Н. В. Харченко.

Глава 4. Практическое использование астрометрического стандарта.

По завершении фотографирования северного неба по программе ФОН будет получен огромный фотографический материал по четырехкратному перекрытию северного неба. В этой главе рассмотрена возможность использования этого материала (представляемый стандарт) в качестве промежуточной системы опорных звезд для определения координат еще более слабых звезд до 20-22 звездной величины.

С этой целью обработаны две пластинки, полученные 24/25 июля 1985 года на 2-м телескопе Шмидта Таутенбургской обсерватории. Двухметровый Таутенбургский телескоп дает возможность получать изображения звезд до 20-22 звездной величины. Однако большая разница в звездных величинах для опорных звезд ($7-11^m$) и определяемых до ($20-22^m$) значительно усложняет определение точных положений слабых объектов из-за большой разницы в яркостях определяемых объектов и опорных звезд, составляющей $6-10^m$ величин. Эта трудность преодолевается путем создания двух или трехступенчатой системы опорных звезд на одной и той же пластинке, которая с этой целью экспонируется последовательно с разными экспозициями и небольшим поворотом трубы телескопа между ними.

На пластинках с Таутенбургского телескопа изображения звезд до 20-22 звездной величины получаются за 20 минут, одновременно получаются и четкие изображения опорных звезд первой ступени, которые выбираются из числа звезд фона 15-16 звездной величины. Изображения опорных звезд второй ступени (звезды из каталога PPM обычно $9-11^m$ величины) получены на той же пластинке путем дополнительной экспозиции в 20 секунд, (со смещением поля телескопа на 5 мм по дельта, относительно основной экспозиции).

Так как пластинки, получаемые по программе ФОН, имеют по две экспозиции (длинную и короткую), что дает возможность учесть уравнение блеска, то использование слабых звезд ($15-16^m$) на пластинках ША в качестве промежуточной системы

для определения положений очень слабых объектов (до 20^m-22^m) на пластинках Таутенбургского телескопа представляется достаточно интересным. Кроме того, можно сделать некоторые оценки точности для координат звезд (15^m-16^m), определенных по пластинкам программы ФОН.

С этой целью реализовано два подхода, а именно: с применением метода двухступенчатой редукции и с использованием промежуточной системы опорных звезд. В первом случае из каталога PRM выбирались опорные звезды (первая ступень), с помощью которых проводилась редукция Таутенбургских пластинок. По результатам редукции определялись координаты звезд 14-16 звездной величины (вторая ступень). После этого выполнялась повторная редукция Таутенбургских пластинок, но в качестве опорных брались звезды 14-16 (второй ступени). По результатам редукции определялись координаты звезд 15-22 звездной величины, которые затем усреднялись по двум пластинкам.

Во втором подходе в качестве промежуточной системы использовались координаты звезд стандарта в интервале 14^m-16^m . Используя их в качестве опорных звезд проводилась редукция Таутенбургских пластинок, по результатам редукции определялись координаты звезд 15-22 звездной величины, которые затем также были усреднены по двум пластинкам.

В обоих случаях выбор оптимальных редукционных моделей таутенбургских пластинок производился так же, как и при редукции снимков, полученных на широкоугольных астрографах с применением критерия Эйхгорна-Вильямс. Разница в координатах звезд двух усредненных списков составила $0.05''$ по α и $0.02''$ по δ , которая показывает, что несмотря на существенно разные алгоритмы, оба метода эквивалентны по точности. Хорошее сходжение двух списков может свидетельствовать о сравнимой точности выбранных опорных систем. Точность вычисленных координат составила $0.14''$ по α и δ . Она несколько меньше, чем для звезд стандарта, положения которых определены по пластинкам программы ФОН. Это не удивительно, так как положения слабых звезд определены по пластинкам, полученным на одном телескопе и имеющим практически совпадающие центры, а редукция пластинок выполнялась с использованием одних и тех же опорных звезд.

Координаты 699 звезд от 15^m до 20-22 звездной величины,

вычисленные с использованием промежуточной системы и усредненные по двум пластинкам взяты в качестве окончательного результата и включены в стандарт.

Высокоточные астрометрические стандарты требуются всегда при исследовании и калибровки телескопов, поскольку от точности координат использованных звезд зависит точность определения параметров телескопа (дисторсии, фокусного расстояния (F), положение оптического центра (x, y)). Для оценки качества созданного астрометрического стандарта была проведена калибровка ША ГисАО, с использованием моделей радиальной (Гауссовой) дисторсии (K) и дисторсии децентрации (J_1, J_2). Результаты калибровки по трем негативам представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты калибровки.

NN !	F mm	σ_F mm	$K \cdot 10^{-5}$ mm ⁻²	$\sigma_K \cdot 10^{-5}$ mm ⁻²	$J_1 \cdot 10^{-5}$ mm ⁻¹	$\sigma_{J_1} \cdot 10^{-5}$ mm ⁻¹
1	2009.0762	0.014	-4.34	0.47	1.36	0.12
2	2009.0674	0.018	-4.49	0.45	1.18	0.15
3	2009.0697	0.015	-4.36	0.51	1.34	0.12
4	2009.06	0.02	-5.4			

NN !	$J_2 \cdot 10^{-13}$ mm ⁻³	$\sigma_{J_2} \cdot 10^{-13}$ mm ⁻³	X mm	σ_X mm	Y mm	σ_Y mm	$\sigma \cdot 10^{-5}$
1	-8.78	1.7	-1.234	0.001	4.897	0.001	4.2
2	-8.76	1.6	-1.403	0.001	4.874	0.001	4.1
3	-8.84	1.7	-1.346	0.001	4.829	0.001	3.9
4			4.4	0.04	2.4	0.02	

Примечание. Под номером 4 приведены значения, полученные Киселевым А. А.

По результатам табл. 3 можно оценить точность координат звезд, используемых в качестве опорных. Главным фактором ошибки определения масштаба служат величина σ'' , которая зависит в основном от точности опорных звезд на эпоху наблюдения. Эта величина связана с масштабом следующим образом

$$\frac{\epsilon_M}{M} = 5.56 \cdot \frac{\sigma''}{R \sqrt{n}} \cdot 10^{-4}$$

где ϵ_M - оценка точности в определении масштаба, M - масштаб снимка, R^0 - радиус исследуемого поля, n - число опорных звезд, δ'' - ошибка в определении координат опорных звезд.

Используя данные табл. 3 для фокусного расстояния, можно определить масштаб M и оценить точность в определении масштаба. Подставляя эти значения в формулу можно определить δ'' . Определенная таким образом точность положений звезд стандарта характеризуется ошибкой для первого и второго приближений 0.3" и 0.24" на эпоху 1985 г.

Для сравнения калибровка астрографа была проведена по тем же пластинкам для случая когда в качестве опорных звезд брались координаты звезд из каталогов AGK-3 и PPM. Оценка точности координат звезд при этом дает ошибки 1.01" и 0.62" соответственно.

Возможно, что полученные таким образом оценки точности координат звезд, используемых как опорные несколько занижены, однако они наглядно показывают, что методика примененная при создании стандарта позволила повысить точность определяемых координат уже в первом приближении.

Основные результаты диссертации заключаются в следующем:

- 1) На основании реального фотографического материала, полученного по программе ФОН на четырех ША, а также по программе Лормана на Таутенбургском телескопе, применяя современные методики обработки, создан каталог положений 2197 звезд с точностью 0".23 по α и 0".17 по δ в широком диапазоне звездных величин от 7^m до 22^m.
- 2) Используя в качестве первой эпохи результаты обработки наблюдений по программе CdC определены собственные движения 119 звезд стандарта до 13^m.
- 3) При исследовании оптимальных редуцированных моделей установлено, а) что оптимальная модель конкретна для данной пластинки и выбор ее зависит от точности координат выбранных опорных звезд, от особенностей телескопов, от условий получения пластинок, от выбранного расстояния от центра пластинки; б) предварительный учет таких постоянных телескопа, как дисторсия, кома и положение оптического центра оправдан в случае хорошо исследованных телескопов, с хорошей оптикой.

Во всех остальных случаях, даже после учета этих постоянных, остаются значимы коэффициенты при квадратичных и кубических членах, что может быть объяснено либо недостаточно "хорошим" исследованием телескопа, либо "плохой" оптикой, приводящей к несимметричности распределения с.к. ошибок. в) При подборе оптимальных моделей редукации пластинок CdC и Таутенбургских показано, что эти модели модели также различны и конкретны для каждой пластинки.

4) Найдено, что применение упрощенного метода перекрытий (двухкратного для CdC, четырехкратного для ФОН) позволяет в значительной мере исключить и снизить ошибки в положениях звезд примерно на 20 %.

5) Исследовано УВ Таутенбургского телескопа системы Шмидта. На примере обработки Таутенбургских пластинок показана целесообразность и эффективность использования стандарта в качестве промежуточной системы.

6) Выполнена калибровка ША с использованием моделей радиальной дисторсии и дисторсии децентрации, привлекая в качестве опорных - звезды АСКЗ, РРМ, а также созданного стандарта.

7) В результате обработки 17 пластинок CdC получен каталог первой эпохи для площадки $4^{\circ} \times 4^{\circ}$ 1009 звезд до 13, представляющий самостоятельный научный интерес.

8) Разработанные в процессе работы программы могут быть использованы для создания стандартов в любых областях неба, а также для калибровки любых инструментов.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Кислюк В.С., Рельке Е.В. Создание астрометрического стандарта в области созвездия Лебедя. // Кинематика и физика небесных тел. 1992, т. 8, N 2, с. 56-64.

2. Рельке Е.В. Астрометрический стандарт в созвездии Лебедя: каталог 2197 звезд. // Астрон. циркуляр, N 1551 (ноябрь-декабрь 1991), с. 36-37.

3. Рельке Е.В. Гамбург О.Е. Исследование 40-см астрографа ГисАО. // Бюллетень Института астрофизики АН Таджикистана, 1992 г.

4. Рельке Е.В. Создание списка опорных и определяемых звезд по пластинкам программы ФОН. // Бюллетень Ин-та астрофизики АН Таджикистана, 1992 г.

ЛНБ им. В. Степанюк
АН Украины

5. Рельке Е. В., Гамбург О. Е. Выбор редуцированных моделей для астрометрического стандарта в созвездии Лебедя. // Бюллетень Ин-та астрофизики АН Таджикистана, 1992 г.

6. Рельке Е. В. Астрометрическая редуция с двумя системами опорных звезд на снимках широкоугольных и длиннофокусных астрографов. // Бюллетень Ин-та астрофизики АН Таджикистана, 1992 г.

AB 26.826