

522
4-52



IV СЪЕЗД АСТРОНОМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

19-29 ноября 1997 г.

ТРУДЫ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. П.К.ШТЕРНБЕРГА

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М.В.ЛОМОНОСОВА

МОСКВА 1998

УДК 521.8; 520.25

КОМПЛЕКС АЗТ-22 - АМК - НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ НАЗЕМНОГО АСТРОМЕТРИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.

Р.И. Гумеров¹, Н.А. Сахибуллин¹, Г.И. Пинигин²

¹Казанский государственный университет, rgumerov@ksu.ru, nas@astro.ksu.ras.ru.

²Николаевская астрономическая обсерватория, pinigin@mao.nikolaev.ua.

Для повышения эффективности астрометрических наблюдений предлагается комплексная работа двух новых автоматических телескопов оснащенных ПЗС: АЗТ-22 КГУ и АМК НАО. 1.5м АЗТ-22 позволит проводить высокоточные позиционные наблюдения до 21^m; связь с опорной системой координат НС будет обеспечивать АМК, снимая проблему промежуточных ступеней. Рассматриваются возможности комплекса при наблюдении малых тел Солнечной системы.

1. ВВЕДЕНИЕ

С появлением практической космической астрометрии произошли коренные изменения в традиционной позиционной астрономии и ее приложениях. Роль наземной астрометрии в Post-Hipparcos период изменяется с учетом результатов космических экспериментов HIPPARCOS, HST и перспектив будущих космических проектов: DIVA, LIGHT, GAIA и др. При обсуждении новых задач в астрометрии следует отметить значительно возросшие требования к увеличению объемов наблюдений за счет слабых объектов (до десятков и сотен млн. звезд), расширение астрофизического приложения в астрометрических программах, появление новой техники (ПЗС, мощные компьютеры и средства хранения данных), конкурирующих методов (РСДБ, оптическая интерферометрия, космические методы). Поскольку точность космических наблюдений вне конкуренции, наземные наблюдения вытесняются в область звезд слабее 12^m, которые недоступны наблюдательным программам первых космических проектов (HIPPARCOS, TUCO). Здесь уже активно работают крупные астрографы и автоматические меридианные круги, оснащенные ПЗС, пока, главным образом, зарубежные. В этой связи в рамках совместных исследований предлагается использовать астрометрический комплекс из двух инструментов: АЗТ-22 Казанского университета и Аксиального меридианного круга

(АМК) Николаевской обсерватории. Эксплуатация такого комплекса приобретает дополнительное качество при использовании глобальной информационной сети типа Internet как для организации связи между телескопами, так и для обеспечения режима удаленного доступа для пользователей.

2. АСТРОМЕТРИЯ НА БОЛЬШИХ ТЕЛЕСКОПАХ

Развитие астрометрических исследований на крупных телескопах, оснащенных ПЗС, становится все более активным. В материалах комиссии N24 "Фотографическая астрометрия", подготовленных для 23-й Генеральной Ассамблеи МАС в Киото, отмечались программы по ПЗС определениям тригонометрических параллаксов звезд до 21-й величины на USNO, обсерватории Siding Springs (1м рефлектор); обширные программы по определению положений и собственных движений поставлены на ПЗС астрографах в Флагстаффе (1.3м астрометрический рефлектор), на обсерваториях СТЮ и KPNO (0.9м, 4м.), на 2.5м рефлекторе (Апачи, США) [1,2]. Интенсивные исследования по определению связи между оптической (НС) и радио (ICRF) опорными системами координат (СК) проводятся в КНР на 1.56 м телескопе Шанхайской обсерватории. Астрометрические наблюдения спутников планет выполняются французскими астрономами на 1 и 2-х метровых телескопах обсерватории Pic du Midi и на 2.2 м телескопе ESO (Чили) [3]. На территории СНГ включился в астрометрические работы 2-х метровый телескоп ГАО НАНУ (Украина), АЗТ-22 ГАИШ, в ГАО РАН начались ПЗС наблюдения на 26 дюймовом рефракторе.



Рис.1. АЗТ-22 КГУ

В сентябре 1997 года в основном завершены монтажные и пусконаладочные работы на 1.5 метровом телескопе АЗТ-22 КГУ, установленном в Турции, Бакиртепе (рис.1). На весну 1998г. запланированы работы по юстировке и приборному оснащению телескопа, затем

пробные наблюдения. Для астрометрических исследований предусмотрена работа в фокусе $F=11,6\text{м}$ (с корректором или без него), при этом поле зрения составляет $1^{\circ}28'$ или $26'40''$ соответственно; дополнительные возможности предоставит использование

для наблюдений одного из двух штатных гидов ($D=0.4\text{м}$, $F=4\text{м}$). Регистрирующая ПЗС система предполагается на основе матрицы Loral 2048x2048 (USA). Матрицы такого типа при сенсбилизации по технологии, разработанной в Ликской обсерватории, могут достигать квантовой эффективности до 90%. Аппаратура управления матрицей и считывания сигнала предоставляет пользователю возможность изменять в широких пределах режимы управления ПЗС. Основой разработки являются сигнальные процессоры (DSP56002, DSP56001), работа которых программируется от рабочей станции через соответствующий интерфейс: VMEbus, Sbus (Sun) или PCibus (IBM PC).

3. МЕРИДИАННЫЙ ТЕЛЕСКОП

Полные данные по АМК НАО представлены в ряде публикаций, например [4,5], поэтому отметим лишь, что это единственный на территории СНГ меридианный телескоп - робот, позволяющий проводить ПЗС наблюдения светил до 15 звездной величины в режиме дрейфового сканирования (функциональная схема приведена на рис.2). Инструментальная точность позиционных наблюдений небесных объектов

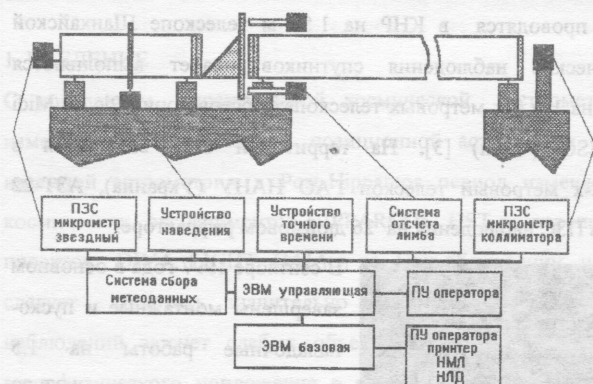


Рис.2. Функциональная схема АМК НАО

0."04 до 12^m и 0."12 до 14^m, по коллимационной марке точность не хуже 0."02. Полученная в процессе первых наблюдений «система инструмента» оказалась не более 0."03 по склонению и прямому восхождению. С 1996 года на АМК ведутся регулярные наблюдения звезд 12-14 величин из GSC, TC, распределенных вокруг 250 внегалактических радиоисточников для создания промежуточной системы координат на основе опорных звезд каталога HIPPARCOS (HC) и последующего использования ее для связи оптической и радио (ICRF) СК. В 1998 году планируется получить предварительную версию каталога с ожидаемой точностью порядка 20 mas.

4. ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСА АЗТ-22 - АМК

Сочетание меридианного телескопа и астрографа на параллактической монтировке имеет определенные особенности, используя которые можно повысить точность определения положений светил. При наблюдении небесных объектов на 1.5м АЗТ-22 в течение минуты и работе матрицы в режиме экспозиции неподвижного изображения можно вести позиционные измерения до 21^m . При наличии опорного каталога достаточно высокой плотности (до 200 звезд на 1 кв.градус) задача получения координат определяемых звезд решается сравнительно просто. Однако опорного каталога такой плотности пока не имеется и обычно используется метод перекрытий, значительно увеличивающий объем работ и в принципе ухудшающий точность связи опорных и определяемых звезд. С другой стороны современный меридианный телескоп имеет возможность высокоточного ($0.''02-0.''03$) определения положений небесных объектов по большой дуге меридиана с производительностью до нескольких миллионов наблюдений в год. Однако, требуемая точность наблюдений большинства автоматических меридианных телескопов обеспечивается для объектов не слабее 15^m . Эти наблюдения можно использовать для приведения наблюдений более слабых звезд, выполненных на астрографе к системе опорного каталога, исключая многоступенчатую привязку. Кроме того, для исследования параметров (масштаб, наклоны, ошибки поля, чувствительность) и контроля стабильности ПЗС матрицы (или мозаики) в фокальной плоскости астрографа необходимо иметь калибровочные площадки с высокоточными положениями и фотометрическими данными звезд. Для аналогичных работ уже используется Карлсбергский меридианный телескоп - САМС [6,7].

В плане постановки наблюдений на АЗТ-22 проблема малого поля может быть решена аппаратно или методически. Аппаратное решение этой проблемы - использование мозаики из ПЗС-матриц для увеличения поля зрения, как, например, для астрометрического телескопа SLOAN [8,9]. Здесь резко увеличиваются объем и стоимость оборудования как непосредственно светоприемной части, так и вычислительных ресурсов (объем памяти, производительность процессора и т.д.). Если эти проблемы преодолимы, то такое решение является предпочтительным.

Прямое и простое решение заключается в получении большей зоны путем перекрытия малых площадок (кадров) и их связью методом «перекрывающихся пластинок».

Недостатки метода очевидны: много промежуточных кадров и падение точности пропорционально их числу. В определенной степени проблема малого поля решается при работе ПЗС в режиме дрейфового сканирования. При зафиксированной в меридиане трубе телескопа можно регистрировать звезды в полосе, размеры которой определяются по склонению форматом ПЗС, а по прямому восхождению ограничиваются стабильностью линии визирования. В таких длинных полосах могут находиться опорные звезды с точными положениями, например, из НС. Подобный подход уже практикуется при наблюдениях на меридианных телескопах и некоторых астрографах. Дополнительно, посредством меридианного телескопа можно определить положения достаточного числа промежуточных опорных звезд и редукция, в целом, будет выполнена с точностью до нескольких сотых долей секунды.

Согласованные наблюдения на АЗТ-22 и АМК будут весьма эффективны при расширении каталогов НС и ТС на слабые звезды (до 16-18^m), при наблюдениях оптических аналогов внегалактических радиоисточников (до 18-20^m) в системе опорного каталога НС и улучшении таким образом связи оптической и радио опорных систем координат. Наиболее выразительными в данном случае могут быть наблюдения малых тел Солнечной системы (астероидов, малых планет, спутников планет) до 20^m. Одной из важных задач при этом является уточнение динамической системы координат (ДСК) и ее связи с ICRF. Актуальность задачи связана с резким (почти в 100 раз) повышением точности опорной оптической системы координат на основе НС, при этом ДСК определяет значения ее нуль-пунктов и параметры ориентации. В целом задача включает два этапа: 1) уточнение собственно ДСК на основе определений положений малых планет путем астрометрических наблюдений с максимально высокой точностью; 2) установление связи между различными системами координат путем наблюдения общих объектов, например, наблюдая малые планеты в системе НС или ICRF, можно определить связи ДСК-НС, ДСК-ICRF.

Для астрометрического комплекса АМК НАО и АЗТ-22 готовится программа наблюдений избранных малых планет и астероидов яркостью до 20-й звездной величины в системе НС. В основе программы наблюдений будет список около 100 малых планет (МП), который уже наблюдается на САМС (Carlsberg Meridian Catalogues, 1985-1997). Представляют интерес также и объекты из списка ИМП, составленного в ИТА РАН, и наблюдаемого на астрографах в разных обсерваториях по международной

программе IAU. Больших отличий методики наблюдений малых планет от звезд не ожидается: поскольку проведенные в 1997г. опытные наблюдения 10 малых планет на АМК подтвердили возможность их наблюдений и обработки как звездобразных объектов. С учетом быстрого изменения положений МП возрастают требования к более тщательной подготовке видимых положений МП на каждый момент наблюдений. Это особенно важно при автоматическом способе наблюдений. В частности, по оценке Р.Стоуна метод дифференциальных определений координат астероидов с использованием звезд ТС, наблюдаемых в единой ПЗС полосе телескопа FASTT, обещает точность $\pm 0''.06$ [10]. Внешнюю оценку качества таких наблюдений с учетом малых систематических ошибок АМК можно получить из сравнения с многолетним рядом наблюдений списка малых планет САМС и других ПЗС-телескопов. Наличие точных положений большого списка избранных малых планет, помимо решения вопросов динамической системы координат, позволит получить большой массив данных для обнаружения и определения точных орбит слабых малых тел, особенно в околоземном пространстве (АСЗ), представляющих опасность для Земли; получить данные для исследований небесно-механических аспектов и гравитационных эффектов в Солнечной системе.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексное использование высокоточного автоматического меридианного круга АМК НАО и 1.5м телескопа АЗТ-22 Казанского университета даст возможность высокоточных определений большого числа звезд (до десятков миллионов) в системе самого точного в настоящее время опорного каталога НС. Таким образом, может быть достаточно быстро решена проблема расширения НС на слабые звезды, связи радио и оптической систем координат, уточнения динамической СК, решения вопросов определения положений астероидов, сближающихся с землей.

Следует отметить возможности эффективного использования автоматического комплекса АЗТ-22 - АМК в условиях расположения телескопов на значительном взаимном удалении посредством связи через глобальную информационную сеть (Internet) в режиме удаленного доступа. Наличие такой связи является основой, обеспечивающей согласованную работу телескопов при выполнении крупных наблюдательных программ, а также доступ любой научной

группы и отдельных специалистов как к данным наблюдений, так и для участия в наблюдениях.

Исследования, лежащие в основе данной публикации, выполнены благодаря поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант РФФИ No. 95-02-06013 и Федеральной научно-технической программы "Астрономия".

ЛИТЕРАТУРА

1. Commission 24: Photographic astrometry // Reports on Astrometry, **I.Appenzeller** (ed), Kluwer Ac. Publ., 1997.-Vol.XXIIIА, 97-107.
2. **N.Zacharias**. Review of extention of optical reference frame: ground based // Report on the 23rd GA IAU, Kioto, August, 1997.
3. **Arlot J.-E, Colas F., Thuillot W., Vu D.T.** CCD Observations at Bureau des Longitudes: analisys of satellites positions. // IAU Symp. 172, Paris, 1995. -Private communication.
4. **A.N. Kovalchuk, G.I. Pinigin, Yu.I. Protsyik, A.V. Shulga, R.I. Gumerov.** Recent Advances with the Mykolayiv CCD Axial Meridian Circle // Proceedings of the East Asian Meeting on Astronomy "Ground Based Astronomy in Asia", Nat. Astr. Obs., Japan.-1996.- P. 416-417.
5. **Процюк Ю.И., Ковальчук А.Н., Шульга А.В.** Система программного управления и обработки информации автоматического АМК НАО // Сб. "Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики". Санкт-Петербург, ИПА РАН, 1996.- С. 97-101.
6. **L.Helmer**, 1997, private communication
7. **R.Stone**. Astrometric Calibration Regions Along the Celestial Equator// Astron.J. - 1997.- Vol.114, № 6.-P.2811.
8. **Gunn, J.E. and Knapp, R.R.** The Sloan Digital Sky Survey // Sky Surveys, B.T.Sofer (ed.), S.Fransisco, Astr. Soc. of the Pacific. -1993.- Vol.43.-P. 267-279.
9. **Maki Sekiguchi et al** Development of 2000 x 8144 Pixel Mosaic Camera//PASP.-1992.- Vol.104.-P. 44-751.
10. **R.Stone**. CCD Astrometry of Asteroids in the Extragalactic Reference Frame // Astron.J.- 1997.- Vol.113, № 6.- P.2317.