

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ В РФ

Александр Сергеевич Глазунов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры космической и физической геодезии, тел. (383)355-30-54, [e-mail: aleks50@mail.ru](mailto:aleks50@mail.ru)

В статье рассмотрены вопросы современного состояния и развития астрономо-геодезических измерений в Российской Федерации. Астрономо-геодезические определения необходимы для различных целей (обороны, исследований внутреннего строения Земли и т.д.), но к сожалению в РФ в 90-е годы была разрушена инфраструктура обеспечивающая развитие астрономо-геодезических определений. В тоже время за рубежом это направление геодезической науки развивается. В нашей стране для целей обороны также ведутся работы по новым автоматизированным приборам. Для возрождения астрономических определений в гражданском секторе геодезии необходимо проведение ряда организационных мероприятий.

Ключевые слова: астрономические определения, организационные мероприятия, модернизация оборудования и методов определений астрономических координат и азимутов.

STATUS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF GEODESIC ASTRONOMY IN THE RUSSIAN FEDERATION

Alexander S. Glazunov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., Associate Professor of the Department of Space and Physical Geodesy, tel. (383) 355-30-54, e-mail: aleks50@mail.ru

The article deals with the current state and development of astronomical and geodetic measurements in the Russian Federation. Astronomical and geodetic definitions are necessary for various purposes (defense, research of the internal structure of the Earth, etc.), but unfortunately in the RF in the 90s the infrastructure providing the development of astronomical and geodetic definitions was destroyed. At the same time, this direction of geodesic science is developing abroad. In our country, work is also being done on new automated devices for defense purposes. For the revival of astronomical definitions in the civil sector of geodesy, a number of organizational arrangements are necessary.

Key words: astronomical definitions, organizational arrangements, modernization of equipment and methods for determining astronomical coordinates and azimuths.

Современные задачи геодезической астрономии были поставлены в работе [1]. Если перечислить главные из них, то это:

– определение уклонов отвесных линий с ошибками не более $\pm 0",1$ – $0",2$ и изучение полного спектра их изменений для установления связи между астрономической и геодезической системами координат, приведения результатов измерений к принятой эпохе отсчета координат и гравитационного потенциала, правильного интерпретирования результатов повторного нивелирования, изучения внутреннего строения Земли;

– выполнение азимутальных определений для ориентирования сетей специального назначения, в том числе с ошибками от $\pm 0''{,}15$ до $\pm 0''{,}20$ и менее для ориентирования специальных опорных направлений, элементов радиотехнических измерительных комплексов, изучения современных горизонтальных движений земной коры на геодинимических полигонах.

Важнейшее значение астрономо-геодезические определения имеют для обороны страны, обеспечивая РВСН необходимыми данными.

Астрономические определения координат и азимут необходимы для обеспечения запусков ракет на космодроме «Восточный».

О сохранение астрономо-геодезических определений при развитии ГГС говорится в «Основных положения о государственной геодезической сети Российской Федерации» 2004 года.

Современное состояние с астрономо-геодезическими определениями в РФ можно смело характеризовать как удручающее. Научным обеспечением астрономо-геодезических определений во времена СССР занимался ЦНИИГАиК, где существовал специальный отдел. Преемником ЦНИИГАиК является Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»), в составе которого есть «Управление геодезических исследований», но которое согласно информации на сайте <http://www.cgkipd.ru/services/geodeziya> не ведет работ по тематике астрономо-геодезических определений.

В большинстве предприятий, ранее относившихся к системе ГУГиК, в 90-е годы ликвидирован парк астрономического оборудования. Высоквалифицированные специалисты, ранее занимавшиеся астрономическими определениями, по естественным причинам уже отошли от активной трудовой деятельности.

В геодезических вузах, готовивших инженеров по специальности астроном-геодезист, это направление ликвидировано. При этом значительно сокращено число часов по дисциплине геодезическая астрономия и отсутствует современная инструментальная база, что не позволяет готовить специалистов по геодезической астрономии.

К началу 2000-х годов в университетах Ганновера и Цюриха были созданы зенитные цифровые камеры для оперативного определения астрономических координат, а в связке с GPS-приемником и УОЛ [2,3]. Такое сочетание позволяет получать значения ξ и η в автоматическом режиме с точностью $0''{,}1$ и лучше менее чем за час наблюдений. В связи с уникальными возможностями этих приборов рассмотрим их более подробно.

Предшественниками цифровых зенитных камер были фотографические зенитные камеры TZK 1,2,3 разработанные в университете Ганновера в 70-ые –80-ые годы XX века (подобная разработка была выполнена в начале 70-х годов в НИИГАиКе К.М. Антоновичем). Эти камеры позволяли оперативно определять астрономические координаты, но требовали много времени для измерения снимков, что снижало их экономическую эффективность. С

появлением дешёвых ПЗС-сенсоров в университетах Ганновера и Цюриха камеры TZK-2 и TZK-3 были переоборудованы. Вместо фотокамеры установлена ПЗС-матрица, общий вид камер представлен на рисунке 1.

В камерах автоматизирован процесс нивелировки и фокусировки. Для измерения остаточного наклона на камеры установлены электронные уровни типа HRTM фирмы Липман, с точностью измерения наклона $0,05''$.

Управление камерами осуществляется с помощью ноутбука по радиоканалу, обработка наблюдений выполняется с помощью специального программным обеспечением «Auriga» в режиме реального времени. Как пишут авторы, для измерений требуется только один клик мыши. Для определения УОЛ на камерах смонтирована антенна GPS- приёмника.

Рабочее место оператора зенитной камеры представлено на рисунке 2.



Рис.1. Общий вид зенитных камер TZK-2 и TZK-3



Рис. 2. Рабочее место оператора зенитной камеры

Точность определения УОЛ зависит от продолжительности наблюдений. Достигнутые значения точности представлены в таблице.

Таблица

Точность определения координат зенитными цифровыми камерами

Тип наблюдений	Продолжительность наблюдений	Количество наблюдений	Количество звезд	Уровень точности в "
Единственное Наблюдение	30 секунд	1	40-100	0.2-0.3
Полевые определения	20 минут	50	2000-5000	0.08-0.1
Расширенные определения	2 часа	200	10000-20000	0.05
Высокоточные Определения	10-20 часов	>1000	>50000	0.02-0.03

Камеры используются для определения геоида в альпийской зоне. Отмечается, что по сравнению с гравиметрической методикой астрономогеодезические наблюдения представляют независимый набор данных и их выборка может быть признана репрезентативной.

Зенитные камеры использованы для определения УОЛ при строительстве 57-и километрового железнодорожного туннеля через горный массив Сент-Готтард.

Астрономогеодезические УОЛ в сочетании с определёнными гравиметрическими аномалиями силы тяжести позволили с максимальной точностью локализовать соляные купола на месторождении в Германии.

Определения УОЛ с помощью цифровых зенитных камер также планируется использовать для контроля данных гравиметрических спутников GOCE-GRAND и для обеспечения работ по строительству новых линейных ускорителей.

В качестве резервной навигационной системы, подобные камеры планируют применять в ВМФ США.

В СГГА велись опытные работы по созданию автоматизированного астрономического комплекса на базе астрономического универсала АУ-2/10 [4,5], которые показали перспективность этого направления.

На седьмой всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение (КВНО-2017)» был представлен доклад сотрудников концерна «АО ЦНИИ Электроприбор» о разработке автоматизированного зенитного телескопа [6], который должен был пройти опытные испытания в российской армии.

Группой японских исследователей с участием сотрудника казанского федерального университета разработан опытный экземпляр зенитного телескопа для наблюдения градиента силы тяжести и вращения Луны [7] (см.

Рис.3). Все это говорит о том, что результаты астрономо-геодезических определений востребованы различными современными областями человеческой деятельности.

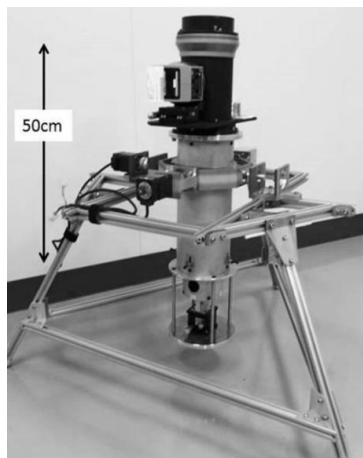


Рис. 3. Макет зенитного телескопа

Для возвращения астрономических определений в геодезическую практику в РФ следует решить ряд организационных задач. Прежде всего необходимо восстановить тематику научных работ по геодезической астрономии в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» и предусмотреть гранту на проведение исследований по этому направлению в вузах. Необходимо также провести ревизию наличия астрономо-геодезического оборудования в бывших предприятиях ГУГиК и частях Российской армии, занимавшихся геодезическими работами и принять все меры к его сохранности. Следует увеличить количество часов на преподавание геодезической астрономии по некоторым направлениям подготовки специалистов в высших учебных заведениях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Краснорылов И. И., Львов В. Г., Сафонов Г. Д. Об астрономических определениях в АГС СССР и задачах геодезической астрономии //Геодезия и картография.- 1995.- N8.- С.22-27.
2. Die digitalen Zenitcamerasysteme TZK2-D und DIADEM zur hochpräzisen Geoidbestimmung [Электронный ресурс] / С. Hirt, G.Seeber, B. Bürki., A. Müller.– Режим доступа: <http://www.mplusm.at/ifg/download/hirt-05.pdf>
3. Status of Geodetic Astronomy at the Beginning of the 21st Century [Электронный ресурс] / С. Hirt, B. Bürki. – Режим доступа: http://www.ife.uni-hannover.de/mitarbeiter/seeber/seeber_65/pdf_65/hirt8.pdf
4. Глазунов А. С., Голдобин Д. Н., Коршиков В. В. Полевой астрономический оптико-электронный комплекс // Гео-Сибирь 2007: сб. материалов науч. конгр. 2007. Т. 2, ч. 2. С. 79–83.
5. Глазунов А. С., Голдобин Д. Н. Результаты наблюдения Полярной звезды в период солнечного затмения 1.08.08 г. //Гео-Сибирь-2010: сб. материалов VI междунар. выставки и науч. конгр. Новосибирск: СГГА. 2010. Т. 1,ч. 3. С.56–59.
6. Гайворонский С. В., Кузьмина Н. В., Цодокова В. В. Исследование влияние синхронизации данных автоматизированного зенитного телескопа на точность определения

астрономических координат // Тезисы докладов КВНО-2017. СПб.: ИПА РАН, 2017.– С.92–93.

7. Ханада Х., Цурута С., Асари К. и др. Разработка компактного зенитного телескопа с учетом влияния вибрации ртутного зеркала и фонового шума // Гироскопия и навигация. 2017. Т. 25, № 3 (98) – С. 130–152.

© А.С. Глазунов, 2017