

Развитие локальных геодезических сетей обсерваторий ИПА РАН

© А. О. Шамов

ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

В статье приведены общие сведения о локальных геодезических сетях (ЛГС) обсерваторий ИПА РАН, их составе и назначении. Кроме этого, указаны основные пути по ее модернизации. Указаны основные пути модернизации ЛГС, под которой подразумевается совокупность мероприятий, направленных на повышение оперативности, точности средств и методов получения информации о геометрии объектов ЛГС, их взаимном положении в пространстве. Помимо этого целью данных мероприятий является улучшение защищенности пунктов ЛГС перед воздействием окружающей среды, влияющей на стабильное положение данных объектов.

Ключевые слова: локальная геодезическая сеть, средства и методы геодезического контроля, пункты колокации, периодичность измерений, реперный пункт.

Введение

Локальные геодезические сети (ЛГС) обсерваторий ИПА РАН представлены совокупностью реперных пунктов, размещенных на земле и сооружениях, положение которых определено относительно местной системы координат обсерваторий. Кроме этого в состав ЛГС обсерваторий входят опорные точки наблюдательных инструментов (радиотелескопы РТ-13 [7], РТ-32 [6], квантово-оптические системы (КОС) «Сажень-ТМ» [9], пункты ГНСС [8]), формирующих узлы колокации [5].

Назначение ЛГС заключается:

— в определении пространственного положения опорных точек наблюдательных инструментов (РТ-13, РТ-32, КОС «Сажень-ТМ», пункты ГНСС), формирующих узлы колокации;

– в проведении контрольно-диагностических измерений геометрии РТ-13, РТ-32 и КОС «Сажень-ТМ»;

– в создании съемочного обоснования при проведении топографической съемки [4].

В период 2000–2010 гг. точность определения пространственного положения РТ-32 была на уровне 3 мм в плане и 2 мм по высоте. Однако, в процессе появления новых инструментов (РТ-13, КОС «Сажень-ТМ») на территории обсерваторий ИПА РАН, требования к геодезическим измерениям непрерывно возрастали. В настоящее время среднее квадратическое отклонение (СКО) координат опорных точек наблюдательных инструментов, в том числе РТ-32, не должно превышать 1.5 мм в плане и 1 мм по высоте.

Пути повышения качества ЛГС обсерваторий

Для достижения требуемой точности определения координат опорных точек наблюдательных инструментов относительно ЛГС обсерваторий были проведены следующие мероприятия:

– модернизация существующего метода геодезического контроля;

– модернизация пунктов ЛГС, а также установка реперов нового типа;

– повышение периодичности проводимых высокоточных геодезических измерений;

– применение современного высокоточного измерительного оборудования.

Рассмотрим каждое направление в отдельности.

• Изначально положения РТ-32 и пунктов ГНСС относительно местной системы координат обсерваторий определялись путем последовательных измерений горизонтальных, вертикальных углов и расстояний с каждого пункта на другие, находящиеся в прямой видимости [2, 3]. Стоит отметить, что пункты ГНСС и РТ-32 имеют возможность непосредственного размещения измерительного оборудования в центре азимутального вращения антенн, характеризующем их плановое положение. Эти центры могут использоваться в качестве дополнительных пунктов в съемке ЛГС. Далее, по совокупности горизонтальных, вертикальных углов и расстояний рассчитывались плановые и высотные координаты искомых объектов.

С появлением новых инструментов, таких как РТ-13 и КОС «Сажень-ТМ», на территории обсерваторий ИПА РАН, возникла необхо-

димось в модернизации существующего метода определения пространственных координат объектов. Причина возникшей необходимости заключается в конструктивных особенностях РТ-13 и КОС «Сажень-ТМ», а именно, в невозможности непосредственного размещения измерительного оборудования в центре азимутального вращения данных объектов. В результате был разработан метод, основанный на нахождении центров вращения точек объекта в горизонтальных и вертикальных плоскостях относительно пунктов ЛГС. Полученные координаты данных центров характеризуют плановое и высотное положение искомого объекта.

Следует отметить, что новый метод определения координат, в частности, при нахождении высоты угломестной (УМ) оси, заменил предыдущий, основанный на косвенных вычислениях. Так в ходе определения высоты УМ оси РТ-32 определялось высотное положение верхней части цилиндрической детали, центр которой, при горизонтальном положении, лежал на данной оси. В случае незначительного отклонения от горизонта центр данной детали будет иметь расхождение с центром вращения по углу места.

- Реперные пункты ЛГС представляют собой фундаментальные сооружения с известными координатами, назначение которых заключается в топогеодезическом обеспечении территорий обсерваторий ИПА РАН. Поэтому основные требования, предъявляемые к реперным пунктам, являются стабильность и долговременность [1]. В связи с этим существующие пункты ЛГС, преимущественно свайного типа, были укрыты металлическими кожухами, обеспечивающими защиту от воздействия солнечного излучения. Однако от воздействия поперечного давления верхних нестабильных слоев грунта без разрушения целостности земляного покрова вокруг пункта, защитить данные репера невозможно. В результате была разработана новая технология изготовления и установки реперных столбов, которая учитывает факторы, влияющие на долговременность и стабильное положение данных пунктов. Особенности данного способа заключаются в следующем. Основное тело реперного столба, помещенное в обсадную трубу, фиксируется железобетонным фундаментом («якорем») на уровне, находящемся ниже границы промерзания. Пространство между основным телом реперного столба и обсадной трубой заполняется теплоизолирующими материалами. На поверхности реперный пункт накрывается защитной крышкой. Данная конструкция позволяет су-

щественно снизить влияние солнечного излучения, давления верхних нестабильных слоев грунта, а также уменьшить температурную разницу между нижней и верхней точкой реперного столба.

- Повышение периодичности геодезических измерений ЛГС позволяет накапливать больше информации по каждому объекту исследования. В связи с этим, по совокупности данных можно провести анализ положения пунктов ЛГС за период наблюдений. Результатом данного анализа станет оценка стабильности каждого объекта сети, что, в свою очередь, влияет на достоверность получаемой информации в ходе проводимых геодезических измерений на территориях обсерваторий ИПА РАН. В настоящее время периодичность проводимых геодезических измерений по сравнению с 2006–2010 гг. возросла с 1 до 2–3 раз в год. На рис. 1–3 представлены графики отклонений координат радиотелескопов РТ-32 обсерваторий ИПА РАН от их средних значений с указанием СКО по каждой из них за 2010–2016 гг.

Значения координаты (Н) на рис. 1–3, характеризующей высотное положение УМ оси РТ-32, представлены с учетом температурной поправки (Δh), которая рассчитывалась по формуле (1):

$$\Delta h = \frac{K \cdot L \cdot \Delta t}{1000000}, \quad (1)$$

где Δh — высотная поправка в мм; K — коэффициент линейного расширения (11.9 для стали СТ-3); L — длина детали в мм; Δt — разница между текущей температурой и температурой равной 0 °С.

С целью повышения точности проводимых геодезических измерений, начиная с 2013 г., была проведена программа по переоснащению существующего парка измерительного оборудования и программных средств. В результате стало доступно оборудование, обладающее точностью угловых измерений не хуже 0.5", а дальномерной составляющей 0.5 мм и 0.02 мм на расстоянии 300 м и 30 м соответственно. По сравнению с предыдущими измерительными средствами, точность проводимых геодезических измерений возросла более чем в 2 раза. Кроме этого, для обработки данных измерений стала применяться аналитическая программа, предоставляющая возможность быстрого получения результатов измерений, проверки их достоверности и выполнения комплексного анализа геометрических характеристик.

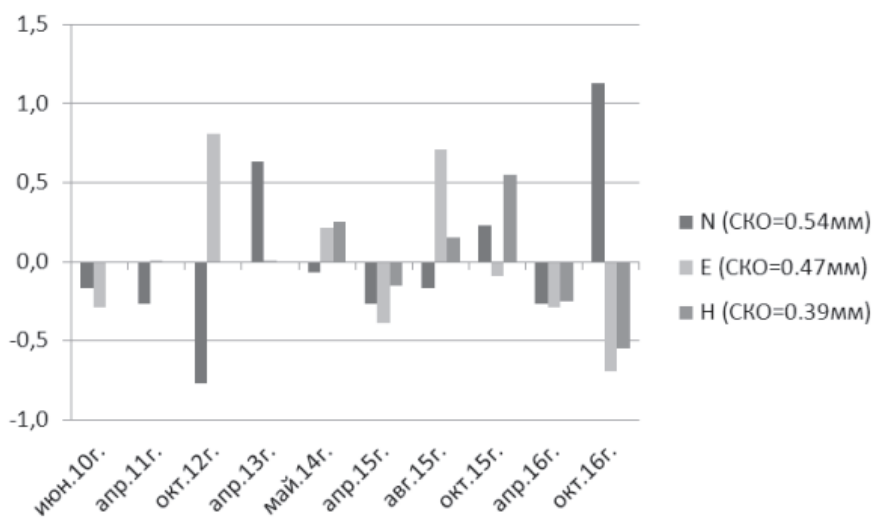


Рис. 1 Отклонения координат РТ-32 обсерватории «Светлое» от средних значений

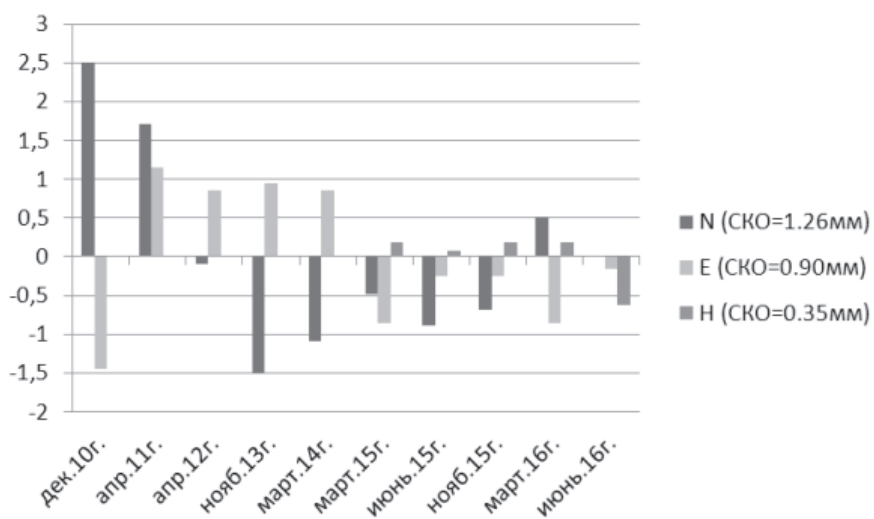


Рис. 2 Отклонения координат РТ-32 обсерватории «Зеленчукская» от средних значений

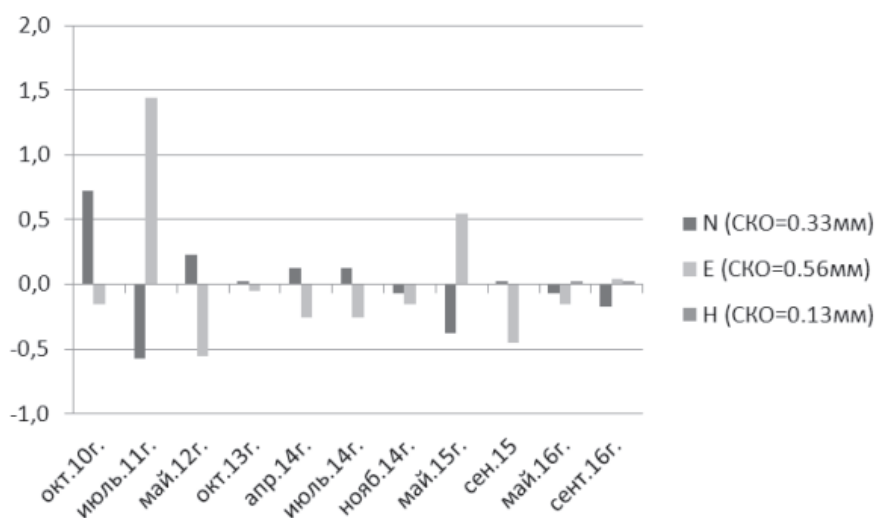


Рис. 3 Отклонения координат РТ-32 обсерватории «Бадары» от средних значений

Заключение

Результатом проведенных мероприятий по повышению качества и развитию ЛГС стало достижение точности (СКО определения координат) не хуже 1.5 мм в плане и 1 мм по высоте в определении пространственного положения опорных точек наблюдательных инструментов (РТ-32, РТ-13, КОС «Сажень-ТМ», пункты GNSS), формирующих узлы колокации. Полученные результаты показывают обоснованность выбранного пути повышения качества и развития ЛГС обсерваторий ИПА РАН.

Литература

1. Иванов Л. Г. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей // М.: «Картгеоцентр» — «Геодезиздат», 1993.
2. Новакт В. Е. Курс инженерной геодезии // М.: «Недра», 1989.
3. Яковлев Н. Г. Высшая геодезия // М.: «Недра», 1989.
4. Условные знаки для топографических планов масштаба 1::5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 // ФГУП «Картгеоцентр», 2005.
5. Ipatov A., I. Gayazov, S. Donchenko, S. Karutin, V. Shargorodskydsky. Russian section of GGOS: Network status and progress // Geodesy and Geodynamics. — 2017. — Vol. 8, Is. 2. — P. 90–95.
6. Кайдановский М. Н., Плотников А. С. Анализ опыта эксплуатации радиотелескопов РТ-32 радиоинтерферометрического комплекса «Квазар-КВО» // Приборы и техника эксперимента. — М.: Наука, 2016. — № 1. — С. 125–128.

7. *Инатов А. В.* Радиointерферометр нового поколения для фундаментальных и прикладных исследований // Успехи физических наук. — М.: 2013. — Т. 183, № 5. — С. 769–777.

8. *Suvorkin V., Kurdubov S., Gayazov I.* GNSS processing in Institute of Applied Astronomy RAS // Proceedings of Journées-2014 «Systèmes de référence spatio-temporels», Z. Malkin, N. Capitaine (eds.). — St. Petersburg, 2015. — P. 261–262.

9. *Finkelstein A., Gayazov I., Shargorodsky V., Smolentsev S., Mitryaev V.* Installing SLR systems at the “Quasar” VLBI network observatories. Proceedings of the 17th International Workshop on Laser Ranging. Frankfurt am Main, 2012. — P. 358–362.

Development of the Local Geodetic Network of the IAA RAS Observatories

A. O. Shamov

This article provides general information about local geodetic networks (LGS) of the IAA RAS observatories, their composition, purpose and methods for their modernization.

The modernization of the LGS includes a set of measures to increase the efficiency and accuracy of means and methods to obtain information about the geometry of LGS objects and their mutual location in space.

As a result, the accuracy (RMS of coordinate determination) is not worse than 1.5 mm in plan and 1 mm in height when a spatial position was determined for the reference points of observational instruments such as RT-32, RT-13, QOS «Sazhen TM» and GLONASS/GPS.

The obtained results show the validity of the chosen ways to improve the quality of the LGS.

Key words: local geodetic network (LGS), the means and methods of geodetic control points, co-location, frequency of measurements, the core station.