

РОЛЬ ЭТАЛОННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПОЛИГОНОВ В СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ GNSS ПРИБОРОВ

Анвар Абдисаидович Мирзаев

Самаркандский Государственный Архитектурно-Строительный университет, г. Самарканд,

Шухрат Абдусалиевич Суюнов

Самаркандский Государственный Архитектурно-Строительный университет, г. Самарканд,

Олим Абдиғофирович Ураков

Самаркандский Государственный Архитектурно-Строительный университет, г. Самарканд,

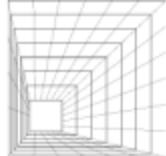
Гулноза Мухиддиновна Муллоджанова

Самаркандский Государственный Архитектурно-Строительный университет, г. Самарканд,

Аннотация: В данной статье изучен мировой опыт определения погрешностей измерений в спутниковой системе, то есть погрешностей измерения координат и расстояний, и создания в результате их эталонных геодезических полигонов. Методы исследования, разработанные для спутниковой системы, подчеркивают необходимость создания опорной геодезической сети для оценки точности измерения пользователем координат и расстояний в производственных условиях, определения вида ошибки и снижения влияния ошибки.

Ключевые слова: Триангуляция, приемники GNSS, светодальномер, полигон, эталон, лаборатория, съемка, геодезические приборы, метрология.

Введение. В современной геодезии для дальномерной, угловой и топографической съемки используются GPS/GNSS- приемники, электронные тахеометры, светодальномеры, лазерные рулетки и традиционные приборы. В настоящее время геодезия представляет собой развитую науку об измерениях в научной сфере, успешно применяет методы теории измерений, а также является направлением, которое согласовывается с методами и средствами метрологического обеспечения, опираясь на соответствующие эталоны единиц физических величин и методика выполнения измерений[1,3]. Геодезия и метрология - научные дисциплины, тесно связанные друг с другом в плане измерений: метрология занимается измерениями вообще, геодезия производит измерения на поверхности земли. Помимо традиционных тем геодезической метрологии необходимо рассмотреть метрологические проблемы измерения расстояний и углов, нивелирования, гравиметрических и геодезических сетей, а также широко применяемые сегодня современные космические геодезические



технологии. Метрологическое обеспечение геодезических измерений гарантирует их единство и способствует повышению качества и эффективности работ [1,4].

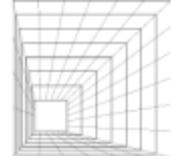
Одной из важнейших задач метрологии является разработка методов и средств измерений. Уникальность геодезической метрологии в том, что весь комплекс работ по созданию новых геодезических средств измерений и исследованию существующих работ проводится в лабораторных условиях. Выделенная характеристика геодезической метрологии приводит нас к обсуждению существования геодезической метрологии в двух областях, одна из которых является «закрытой» (лабораторной) областью, а другая - «открытой» областью, которую называют «полигоном». «Полигон» означает общую среду и основную часть геодезических измерений в приземном слое атмосферы. Итак, наиболее близкими к геодезическим измерениям условиями являются изменчивость и непредсказуемость результатов[2,4,7].

Анализ проблемной ситуации: В геодезии используются специфические методы определения координат; по сути, геодезия и картография — это особые виды метрологии, нуждающиеся в собственной системе эталонов. В геодезии такие эталоны давно понимаются как практические методы, с помощью которых триангуляционные сети позволяют определять точные координаты объектов с помощью классических угловых приборов. Триангуляционные сети носят не глобальный, а национальный характер и считаются инфраструктурой каждой страны, то есть геодезическая деятельность требует ограничения объема услуг[5,7,8]. С 1984 года в мире изменилось это понятие, на смену секретной триангуляционной сети пришли глобальные спутники в геодезии. В этом методе пространственное положение точек на земной поверхности можно определить в любое время и при любых условиях с помощью спутников и их приемников и антенн на земле.

Спутниковые измерения производятся на основе глобальной системы координат, основанной на нескольких астрогеодезических пунктах и на основе четырех космических геодезических методов. В связи с этим, кроме США, России, Китая и отчасти Евросоюза, метрологи стран-пользователей должны знать, что они не полагаются на свои национальные эталоны для определения расстояний и координат. Для многих стран средства измерения и программное обеспечение для обработки измерений являются «импортными», и никто не может гарантировать соответствие международным стандартам. В настоящее время перед геодезистами и метрологами поставлена задача с помощью лазерных электронных дальномеров и глобальных навигационных спутниковых систем измерять расстояния от одного метра до нескольких километров с точностью до миллиметра[5,8].

Для проведения геодезических измерений со спутниковой системой необходимо, чтобы приборы, принимающие спутниковые сигналы, и их программное обеспечение прошли метрологическую аттестацию. Фирмы-производители могут поставлять геодезические приборы потребителям без специальной лицензии, но геодезическим организациям, выполняющим геодезические, топографические, кадастровые и другие работы, запрещается выполнение вышеуказанных задач несертифицированными приборами[8,9].

Проработку вопроса сертификации приемников спутниковых систем должны проводить только компании-производители оборудования, т. к. они должны предоставить покупателю (геодезической организации) соответствующие сертификационные документы. Однако любое геодезическое оборудование нуждается не в разовой, а в регулярной проверке



Не являются исключением и приемники спутниковых систем, в настоящее время во всех странах принят свод нормативно-технических документов по проверке и сертификации приемников спутниковых систем[1].

Российские источники подчеркивают важность изучения метрологии спутниковой техники, а также подчеркивают, что исследования должны вестись по трем направлениям:

1. Исследовательские приемники спутниковой системы.
2. Программное обеспечение для исследований (компьютерное программное обеспечение, обрабатывающее и выравнивающее спутниковые измерения).
3. Изучение методов проверки[3].

Метод исследования: В этой статье «Уфимский» и «Верхневолжский» созданы в России полигонов изучены и разработанные схемы. Для аттестации опорной геодезической сети спутниковой системы следует использовать специальную антенну типа "Choke Ring", программное обеспечение и геодезические приемники, обеспечивающие максимально точное измерение. В спутниковой системе для обработки и выравнивания измерений используется специальное программное обеспечение, такое как Bernese (версия 5.0 и выше), GAMIT/GLOBK (версия 10.0 и выше), GIPSY-OASIS II. При аттестации точек SYTEGT, то есть при определении векторов и координат, среднеквадратическая ошибка тестируемого приемника должна находиться в пределах рабочего диапазона[6,7,9].

Если разница между измеренными и стандартными базовыми значениями, не превышает основной допустимой абсолютной погрешности, рассчитанной по формуле приемник считается пригодным для использования.

$$\Delta_{\text{доп}} = 2 \times (a + b \times 10^{-6} D)$$

Здесь a и b — числовые значения в мм. в, согласно цитируемым документам;
 D - длина основания в мм.

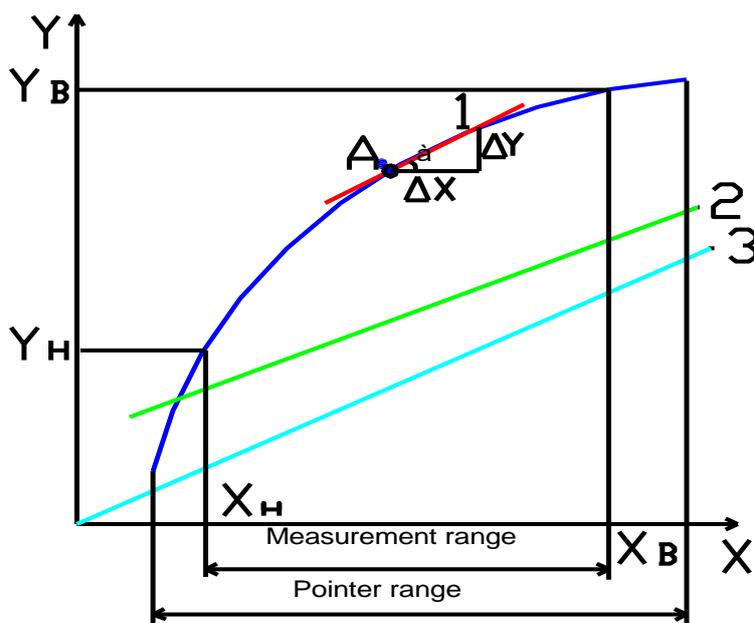
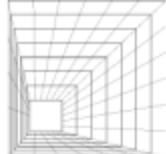


Рис.1. Статическая характеристика измерительного прибора



Характеристика измерительного прибора представлена наименьшим временным интервалом между отдельными импульсами или наименьшим расстоянием между объектами, регистрируемыми прибором отдельно.

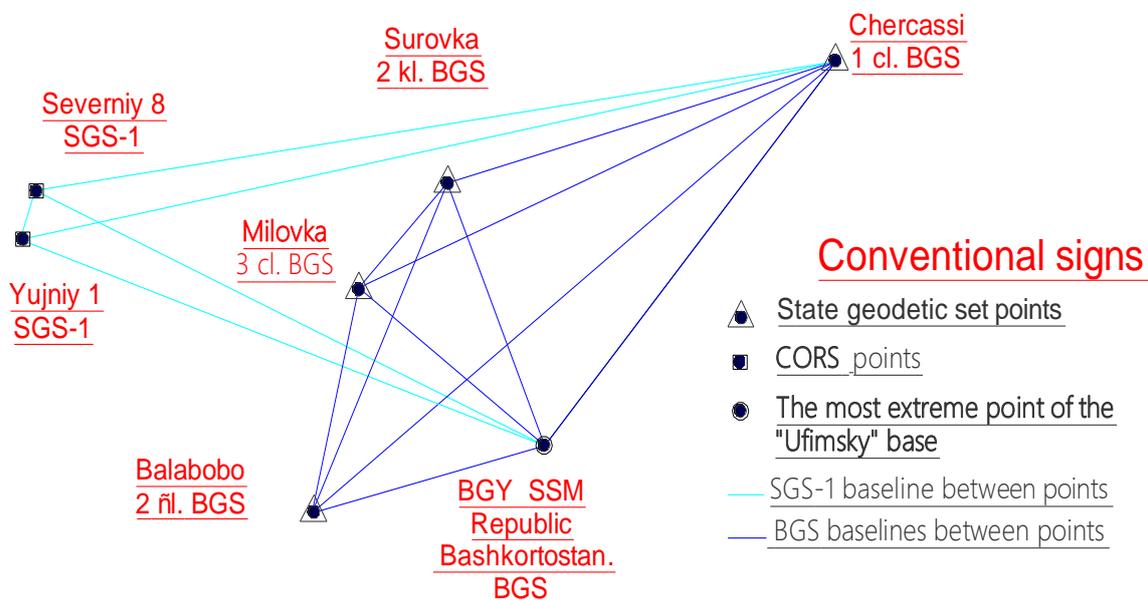


Рис. 2. Схема расположения точек на Уфимском полигоне Российского государства [4]

Разработчики полигона «Верхневолжск» Российского государства отмечают, что метрологическая аттестация геодезических приемников ГНСС осуществляется этим оборудованием на основании результатов измерений, проведенных в точках геодезической сети метрологического полигона (эталон). Такая сеть представляет собой идеальный «стандартный» базис.

Высокоточные дальнометры позволяют измерять расстояние в несколько километров с погрешностью в одну десятую миллиметра. Такая ошибка меньше длины сторон, определяемой спутниковой аппаратурой. По этой причине метрологический полигон приемников ГНСС следует принимать в качестве «образцовой базы» на стороне измеряемой стороны.

Таким образом, проверка приемников ГНСС на Верхневолжском полигоне осуществляется на основе измерения длин баз с помощью приборов, которые сравниваются с эталонными значениями [6,7,9].

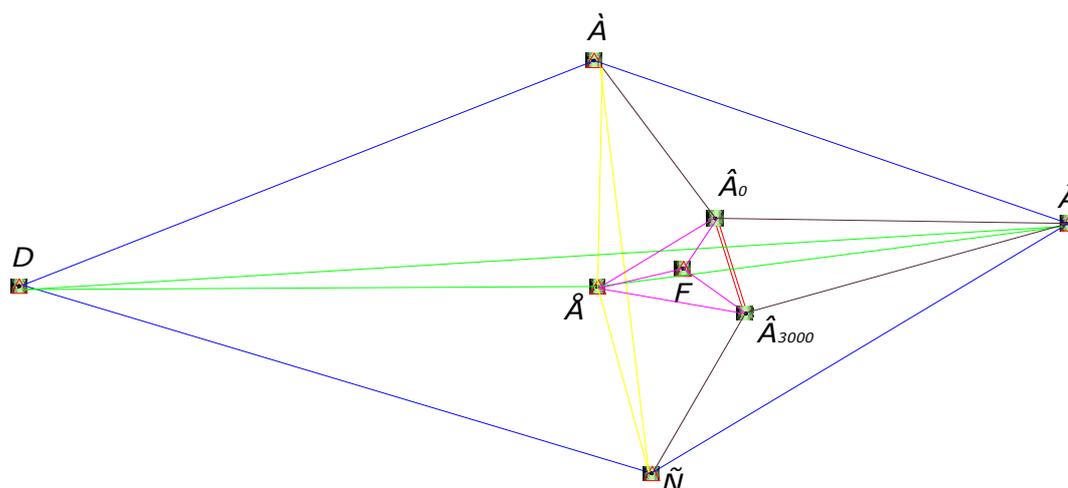
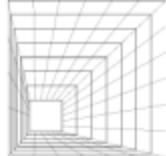


Рис.3. Эталонный геодезический базис созданный в Республике Узбекистан[9].

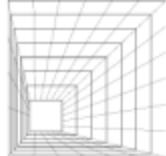
Вывод: Из опыта метрологов и геодезистов можно сделать вывод, что современное состояние метрологического обеспечения традиционных измерений в геодезии соответствует потребностям практики.

Но в области высокоточных GNSS-измерений существуют определенные проблемы с методикой поверки и измерительной аппаратурой [6].

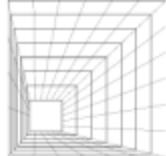
С учетом наблюдений и исследований, проводимых за рубежом, необходимо разработать специальную схему и создать комплекс нормативно-технических документов по сертификации и поверке приемников ГНСС, используемых для ближнего и дальнего базисного измерения пространственных координат на территории Республики Узбекистан[2,9].

Использованная литература:

1. Тревого И. С., Цюпак И. М. Современный научный геодезический полигон для аттестации приборов и технологий: сб. научн _усилие - Львов.: Изд-во нац. «Львовская политехника», 2005. — Вып . II. - С. 14-21.
2. Suyunov, A. S., Uraikov, O. A., Mirzaev, A. A., & Mullodjanova, G. M. (2023, January). The results of the analysis of the accuracy of the permanent satellite state geodetic network in the Republic of Uzbekistan. In *2nd International Conference on Computer Applications for Management and Sustainable Development of Production and Industry (CMSD-II-2022)* (Vol. 12564, pp. 202-207). SPIE.
3. Mirzaev, A. A. and Raxmatullaeva, K., Creation of satellite referece geodetic networks in Uzbekistan for high precision geodetic instruments, *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology* 8(10), 11422-11424 (2019).
4. Тревого И. С. Создание метрологического полигона для аттестации приемников GPS // *Вестник геодезии и картографии.* – 2006. – № 3 (42). - С. 10-12.
5. Suyunov, A. S., Mirzaev, A. A., Uraikov, O. A., & Suyunov, S. A. (2023, January). Field studies of electronic total stations in a special reference satellite geodetic basis. In *2nd International Conference on Computer Applications for Management and Sustainable Development of Production and Industry (CMSD-II-2022)* (Vol. 12564, pp. 208-213). SPIE.



6. Техническое описание Полигона пространственного эталонного "Уфимский". Геодезический полигон Верхневолжского АГП для метрологической аттестации спутниковых приемников//Побединский Г.Г. и др.// Фотограмметрические технологии в 21 веке: материаловедение.- техн. конференция - Новосибирск. - 2003. - с. 209-213.
7. Suyunov, A., Suyunov, S., Aminjanova, M., & Rakhmatullaeva, K. (2021). Improvement of the method for comparing subsidence of structures using the Fischer's F-test and the Foster-Stuart test. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 227, p. 04005). EDP Sciences.
8. Mirzaev, A. A., Khamdamov, M. S. and Mikheev, D., Artificial in Uzbekistan, The principles of creating a standard geodesic network in providing metrology blue for the drainage system, Irrigation and Reclamation of scientific journal, Tashkent 4(18), 41-43 (2019).
9. Суюнов, А. С., Тухтамишев, Ш. Ш., & Муллоджанова, Г. М. (2022). ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ МЕТОДИКИ И ПРОГРАММЫ ШУМОВОЙ КАРТЫ ГОРОДА. *Печатается в авторской редакции*, 66.
10. Suyunov, A. S. Fayziyev Sh. I. Studying the experience of full breakage on the streets of karshi in kashkadarya region. *International Journal of advanced Research in Science, Engineering and Technology*. ISSN (online), 2350-0328.
11. MIRZAEV, A., & URAKOV, A. Selection Of Digital Cameras For Performing Aerial Photographs Using Unmanned Aircraft. *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology*, 7(12), 76-79.
12. Abdisaidovich, M. A., & Kamola, R. (2020). Prohibition of angular and distance measurement errors of electronic taximeters, which are widely used in Uzbekistan. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(8), 1742-1746.
13. Suyunov, A. S., Uraikov, O. A., Mirzaev, A. A., & Mullodjanova, G. M. (2023, January). The results of the analysis of the accuracy of the permanent satellite state geodetic network in the Republic of Uzbekistan. *2nd International Conference on Computer Applications for Management and Sustainable Development of Production and Industry (CMSD-II-2022)* (Vol. 12564, pp. 202-207). SPIE.
14. Suyunov, A. S., Mirzaev, A. A., Uraikov, O. A., & Suyunov, S. A. (2023, January). Field studies of electronic total stations in a special reference satellite geodetic basis. *2nd International Conference on Computer Applications for Management and Sustainable Development of Production and Industry (CMSD-II-2022)* (Vol. 12564, pp. 208-213). SPIE.
15. Суюнов, А. С., & Хушмуродов, Ф. М. (2022). ҚАШҚАДАРЁ ВИЛОЯТИНИНГ ЛАЛМИКОР ЕРЛАРИДАН ФЙДАЛАНИШ ИМКОНИАТЛАРИ. *Conferencea*, 35-39.
16. Suyunov, A. S., & Karjavov, Z. K. (2022). The Main Ways to Ensure the Sustainability of the Financial Position of Contracting Construction Organizations in Uzbekistan. *European Journal of Life Safety and Stability* (2660-9630), 97-102.
17. Суюнов, А. С., Тухтамишев, Ш. Ш., & Муллоджанова, Г. М. (2022). ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ МЕТОДИКИ И ПРОГРАММЫ ШУМОВОЙ КАРТЫ ГОРОДА. *Печатается в авторской редакции*, 66.
18. Суюнов, А. С., & Каржавов, З. К. (2021). СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА В РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН. *ME' MORCHILIK va QURILISH MUAMMOLARI*, 107.



19. Суюнов, А. С., Тухтамишев, Ш. Ш., & Ўроқов, О. А. (2021). ШОВҚИН МАНБАЛАРИ, УНИНГ ТАРҚАЛИШИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ ВА УНИ ТАСВИРЛАШ. *Инновацион технологиялар*, (Спецвыпуск 1), 53-57.
20. Суюнов, А. С., Усманова, Р., & Хушмуродов, Ф. М. (2021). ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ АГРОЛАНДСКИХ ВАЛОВ КАШКАДАРЬИЙСКОГО ОАЗИСА (НА ПРИМЕРЕ КАШКАДАРЬИНСКОГО ОАЗИСА). *Экономика и социум*, (5-2), 358-365.
21. Suyunov, A., Suyunov, S., Aminjanova, M., & Rakhmatullaeva, K. (2021). Improvement of the method for comparing subsidence of structures using the Fischer's F-test and the Foster-Stuart test. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 227, p. 04005). EDP Sciences.
22. Suyunov, A., Suyunov, S., & Urokov, O. (2021). Application of GIS on Research of Horizontal Refraction in Polygonometry on Network. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 227, p. 04003). EDP Sciences.