

УДК 622.834:528:74

## АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БАЗОВОЙ ГНСС-СТАНЦИИ

Осепашвили В. Р., студентка гр. ГМс-121, IV курс,  
Леонтьева М. С., студентка гр. ГМс-121, IV курс,  
Научный руководитель: Корецкая Г. А., старший преподаватель  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Развитие опорного съёмочного обоснования и его обновление является государственной задачей. В настоящее время многие пункты государственной геодезической сети (ГГС) оказались утраченными или потеряли сохранность. Причины утраты пунктов ГГС: изменение растительного покрова, вандализм, агрессивные погодные условия, рельефные изменения искусственного и естественного происхождения.

Государственная система координат СК-42 (СК-95), созданная классическими наземными методами измерений, уже не может в полной мере удовлетворять многочисленных потребителей. Поэтому создаются новые геодезические сети из трёх уровней, основанные на спутниковых технологиях:

– фундаментальная астрономическая геодезическая сеть (ФАГС);  
– высокоточная геодезическая сеть (ВГС);  
– спутниковые геодезические сети первого и второго классов точности (СГС-I, СГС-II) [1]. Характеристики сетей по точности приведены в табл. 1, где  $D$  – расстояние между пунктами (км).

Таблица 1

Сеть	Расстояние между пунктами, км	Погрешность взаимного положения пунктов	
		В плане	По высоте
ФАГС	650-1000	$\pm 2$ см	$\pm 3$ см
ВГС	150-300	$\pm (3 \text{ мм} + 0,05 \text{ мм}) D$	$\pm (5 \text{ мм} + 0,07 \text{ мм}) D$
СГС-1	25-35	$\pm (3 \text{ мм} + 0,1 \text{ мм}) D$	$\pm (5 \text{ мм} + 0,2 \text{ мм}) D$

*Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС)* – сеть пунктов, геоцентрические координаты которых определяются методами космической геодезии относительно центра масс Земли с погрешностью не более 10-15 см. Расстояния между пунктами (650 – 1000) км.

*Высокоточная геодезическая сеть (ВГС)* обеспечивает распространение на всю территорию страны геоцентрической системы координат и уточнение параметров связи геоцентрической системы с действующей системой координат СК-95. Пункты ВГС определяются по наблюдениям спутников систем ГЛОНАСС и GPS. Расстояния между пунктами (150 – 300) км.

Спутниковая геодезическая сеть 1 класса (СГС-1) создаётся по мере необходимости по спутниковым наблюдениям. Расстояния между пунктами 25 – 35 км.

Перспективным направлением развития геодезических сетей является создание региональных ГНСС-сетей постоянно действующих референционных станций (РС), которые представляют собой комплекс, состоящий из спутниковых приемников, антенн, общего управляющего (вычислительного) центра, специализированного программного обеспечения, устройств коммуникации, каналов связи и требует наличие хозяйственной инфраструктуры (рис. 1)

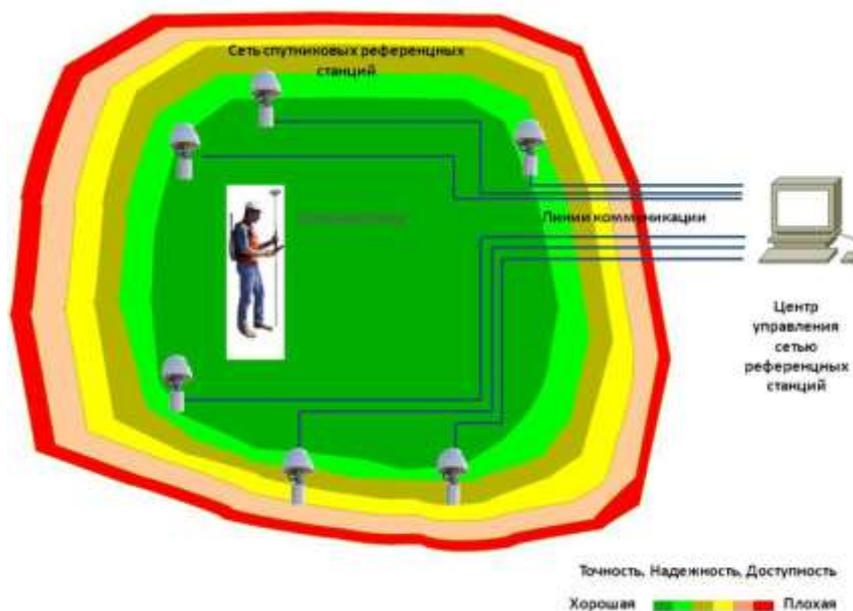


Рис. 1. Структура региональной референционной ГНСС-сети

Преимущества постоянно-действующих референционных станций:

1. Надежная стационарная структура, обеспечивающая стабильные данные для относительного метода спутниковых измерений и определения точного местоположения окружающих объектов;

2. Возможность непрерывной работы 24 часа в сутки, обеспечивая постоянный сбор спутниковых данных для постобработки (PP) и корректирующей информацией для работы в режиме реального времени (RTK);

3. Эффективна на территории, где периодически или постоянно выполняются измерения большого числа объектов;

4. Не требует постоянного присутствия оператора, все процессы автоматизированы;

5. Предоставление пространственных результатов в цифровом виде в едином координатно-временном поле на обширных территориях;

6. Сокращение расходов на выполнения измерений (транспорт, износ оборудования, накладные расходы) и времени на выполнения работ;

7. Существенное сокращение расходов на создание опорного обоснования (опорной межевой сети) и поддержания ее в рабочем состоянии.

Зарубежный опыт: в США национальная геодезическая служба (НГС) создала и поддерживает общую для всей страны референционную сеть, в которую входит около 1800 станций по всей стране. Станции управляются независимо друг от друга. Любое предприятие, имеющее свою референционную станцию, предоставляет свои данные НГС. НГС их обрабатывает, и бесплатно распространяет для постобработки.

Работы по созданию референционных ГНСС-сетей в нашей стране ведутся в различных регионах, например, в Москве, Санкт-Петербурге, Омске и Новосибирске. В связи с широким внедрением спутниковых технологий и отсутствием сетей РС топографо-геодезические и кадастровые организации создают собственные одиночные референционные станции с целью повышения точности определения координат и расширения коммерческой деятельности. Координаты базовой станции можно получить различными способами:

- определить из классических геодезических измерений и передать координаты с ближайшего пункта ГГС (1–4 классов точности);
- получить абсолютным методом определения координат двухчастотным GPS-приёмником с погрешностью не выше  $\pm 1$  м;
- определить дифференциальным методом с использованием ближайших геодезических пунктов.

Дифференциальный метод является самым перспективным, т.к. позволяет получить сантиметровую и даже миллиметровую точность определения приращений координат относительно исходного пункта [2].

В данной статье приведён опыт создания одиночной референционной ГНСС-станции дифференциальным методом в организации г. Кемерово, выполняющей заказы на производство топографо-геодезических работ Кемеровской области. В августе 2015 года производились работы по сгущению маркшейдерско-геодезической сети на территории горного предприятия. Было принято решение создать референционную станцию стационарного спутникового оборудования и использовать его в качестве пункта ГГС. Работы производились двухчастотным спутниковым приёмником Trimble-R8.

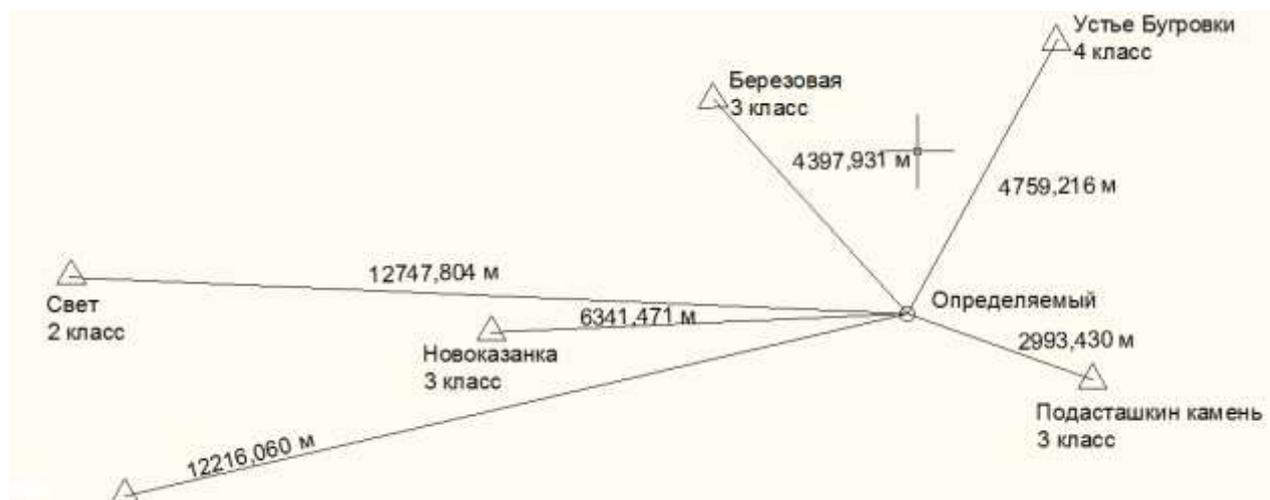


Рис. 2. . Схема определения координат дифференциальной станции  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
19-22 апреля 2016 г., Россия, г. Кемерово

Технические характеристики приведены в табл. 2. Координаты исходных пунктов ГГС, принадлежащие землям Прокопьевского района, были получены в Росреестре. Характеристика и названия пунктов – на рис. 2.

Таблица 2

<b>Технические характеристики Trimble R8</b>	
72 канала	
GPS сигналы	L1 C/A код, полный цикл фазы несущих L1/L2
ГЛОНАСС сигналы	L1 C/A код, L1 P код, L2 P код
Поддержка SBAS систем WAAS/EGNOS	
<b>Дифференциальная кодовая GPS съемка</b>	
в плане	$\pm (0,25\text{мм} + 1\text{ppm})^2$ СКО
по высоте	$\pm (0,50\text{мм} + 1\text{ppm})^2$ СКО
WAAS	обычно <5м (3 СКО)
<b>Статическая и быстростатическая GPS съемка</b>	
в плане	$\pm (5\text{мм} + 0,5\text{ppm})^2$ СКО
по высоте	$\pm (5\text{мм} + 1\text{ppm})^2$ СКО
<b>Кинематическая съемка</b>	
в плане	$\pm (10\text{мм} + 1\text{ppm})^2$ СКО
по высоте	$\pm (20\text{мм} + 1\text{ppm})^2$ СКО
время инициализации	обычно <10сек
<b>Масса</b>	1,35кг
весь подвижный RTK комплект,	3,71кг
<b>Рабочая температура</b>	от -40°C до +65°C

Способ закрепления станции на крыше здания показан на рис. 3.



Рис. 3. Закрепление базовой станции

Измерения производились через 10 секунд на протяжении всего времени измерений. В это время на доступные пункты ГГС устанавливался второй приемник в режиме статики и на каждом пункте производились измерения через каждые 10 секунд в течении часа. Полученные данные импортировали в программу Trimble Business Center и обработали. После камеральной обработки получили координаты заложеного пункта.

После камеральной обработки получили координаты заложеного пункта. В результате анализа точности результатов выявлены невязки координат исходных пунктов (табл. 3).

Погрешности определения пунктов в плане от 0,268 до 0,598 м, по высоте – от 0,313 до 1,625, 3D-погрешности – 0,473 – 1,721. Максимальные погрешности превышают инструктивные требования [3] в десятки раз.

Таблица 3

№	Пункты ГГС	Расхождение фактических от вычисленных координат пунктов ГГС, м			Невязка в плане	Невязка по высоте	3D
		$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta H$			
1	Новоказанка	-0,458	-0,384	-0,016	0,598	-0,984	1,151
2	Осинники	0,562	-0,090	-1,625	0,568	1,625	1,721
3	Свет	-0,029	0,485	+1,1	0,486	-1,100	1,203
4	Березовая	-0,347	-0,073	-0,313	0,355	0,313	0,473
5	Устье Бугровки	0,083	+0,255	-0,77	0,268	0,770	0,816
6	Подасташкин камень	0,191	-0,194	+0,624	0,273	-0,624	0,681

Следовательно, созданная референсная ГНСС-станция не может рассматриваться в качестве пункта государственной геодезической сети и все дальнейшие съёмочные работы, выполняемые организацией, следует считать привязанными к собственной системе координат относительно базовой станции. Тем не менее, созданная станция обеспечивает определение пространственных координат в режиме реального времени в радиусе до 25-30 км с сантиметровой точностью. Принципиальное удаление ровера от базовой станции может быть большим (до 300 км). Однако при удалении от базовой станции точность позиционирования ухудшается пропорционально расстоянию.

Для устранения невязок необходимо масштабное уравнивание системы пунктов ГГС на государственном уровне и создание региональных сетей спутниковых постоянно действующих референчных станций (РС).

Учитывая масштаб использования спутниковых технологий при выполнении геодезических работ в г. Кемерово (40 кадастровых, 47 геодезических и 112 архитектурно-строительных организаций) создание референчных сетей на территории Кемеровской области является актуальной задачей.

### Список литературы:

1. ГКИНП (ГНТА)-01-006-03 Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации. – М. : ЦНИИГАиК, 2004. – 14 с.
2. Антонович, К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 т. Т. 1 / К. М. Антонович. – М.: ФГУП «Картоцентр», 2005. – 344 с.

3. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС И GPS. – М. : ЦНИИГАиК, 2002. – 73 с.