

Т.О. Шмакова¹, Н.Р. Сумчинский¹, К. М. Титов¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СЕТЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЯХ

Аннотация. Описаны методики измерения с применением глобальных навигационных спутниковых систем. Рассмотрены проблемы выполнения геодезических работ на железнодорожных станциях с применением технологий ГНСС и предложены различные решения данных проблем. Приведен пример применения динамических базовых станций на модели железнодорожной станции в стесненных условиях.

Ключевые слова: глобальные навигационные спутниковые системы, ГЛОНАСС, GPS, геодезические работы, методы съемки, топография, железнодорожная станция.

T. O. Shmakova¹, N.R. Sumchinskiy¹, K. M. Titov¹

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

USE OF GLOBAL NAVIGATION SATELLITE NETWORKS IN PERFORMANCE OF SURVEY WORKS AT RAILWAY STATIONS

Abstract. Methods of measurement using global navigation satellite systems are described. The problems of performing geodetic works at railway stations using GNSS technologies are considered and various solutions to these problems are proposed. An example of the use of dynamic base stations on a model of a railway station in a cramped environment is given.

Keywords: global navigation satellite systems, GLONASS, GPS, geodetic works, survey methods, topography, railway station.

Введение

Геодезические работы – один из важных и сложных этапов, как во время строительства различных сооружений, так и в процессе их эксплуатации. Применение геодезических методов может обеспечить высокую точность выполнения проектных и строительно-монтажных работ, которая особо необходима для железнодорожных объектов. Одним из наиболее сложных объектов инженерно-геодезических изысканий на железной дороге являются железнодорожные станции. На крупных железнодорожных станциях геодезисты сталкиваются со многими проблемами, затрудняющими процесс тахеометрической съемки: плотный график движения поездов, стесненные условия, множество объектов съемки, наличие препятствий на пути съемки и прочее. В данной статье рассматривается один из вариантов ускорения геодезической съемки на станциях – использование приборов для применения глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) взамен стандартных измерений тахеометром [1, 2]. Максимальная точность съемки наиболее распространенных в инженерно-геодезических изысканиях комплектами оборудования для определения координат с помощью ГНСС приведена в таблице 1.

Таблица 1. Точность съемки, заявленная производителем

Наименование оборудования	Точность
Leica GS18 T [3]	Статика:
	В плане 3 мм + 0,1 ppm
	По высоте 3,5 мм + 0,4 ppm
	Кинематика:

	В плане 8 мм + 1 ppm По высоте 15 мм + 1 ppm
RTK комплект Trimble R10 [4]	Статика: ± 3 мм + 0,5 мм/км
	Кинематика: В плане ± 8 мм + 1 мм/км По высоте ± 5 мм + 0,5 мм/км
TOPCON GR-5 с контроллером FC-500 [5]	Статика: В плане 3 мм + 0,5 мм/км. По высоте 5 мм + 0,5 мм/км.

Методики измерений при съемке с применением ГНСС

Существует несколько методик измерений при съемке с повышенной точностью, которые могут использоваться с большинством геодезических ГНСС приёмников [6]. Геодезист должен выбрать соответствующую методику измерений, для решения поставленной перед ним задачи.

Статика - используется для измерения длинных линий, развития геодезических сетей, изучения движений тектонических платформ и т. д. Предлагает высокую точность на длинных расстояниях, но медленные измерения с выстаиванием на каждой точке до 60 минут.

Быстрая статика - используется для развития съёмочных сетей, сетей сгущения и т. д. Предлагает высокую точность на базовых линиях до 20 км - намного быстрее обычной статике, но всё равно требуется выстаивание на точках до 15 минут.

Кинематика «стой-иди» (stop & go) – используется для топографической съёмки и для быстрого определения координат большого количества точек. Предполагает периодическое переключение между режимами статике и кинематике. Очень эффективный способ измерения большого количества близко расположенных точек. Однако если сигналы спутников преграждают различные препятствия: деревья, мосты, высокие здания и т. д., и при этом отслеживаются менее 4-х спутников, то приёмник должен быть повторно инициализирован, что потребует ожидания до 10 минут.

Кинематика в реальном времени (RTK) – для измерений кинематикой в реальном времени, используется радиомодем на базовой станции (база) для передачи роверу спутниковых данных полученных базой. Этот способ позволяет вычислять координаты непосредственно в поле в реальном времени. Используется для того же, что и кинематика. Очень эффективный путь выполнения топографической съёмки, поскольку результаты будут получены сразу же после выполнения полевых работ. Эта методика, однако, полагается на радиосвязь, которая подвержена интерференции от других источников радиоизлучения, а также необходима прямая видимость между базой и ровером для исключения отраженных сигналов.

Анализ вышеуказанных методик показал, что для геодезической съёмки станции наиболее подходящим является сочетание статике и кинематике в реальном времени. Данные методы позволят получить достаточную точность и скорость съёмки, при определенном подходе, позволяющем избежать возможных проблем.

Возможные проблемы съёмки с использованием ГНСС на железнодорожных станциях и пути их решения

Первая проблема заключается в частом отсутствии прямой видимости из-за стесненных условий. Решением может быть обход препятствия базовой станцией в горизонтальной или вертикальной плоскости.

Второй проблемой является присутствие различных источников помех и экранированных поверхностей рядом с точкой съёмки (металлические вагоны, здания, контактная сеть, радиовышки и т.д.). Для защиты от помех некоторыми производителями предлагается располагать ровер на расстоянии до 50 метров от источника помех для исключения ошибок, но данный вариант неприемлем на железнодорожных станциях. Поэтому необходимо выбирать модели приборов с каналами связи, наименее подверженными внешнему воздействию. Так-

же решением может быть сокращение расстояния между базовыми станциями и ровером для поддержания более мощного сигнала связи.

И последняя, третья – ограничение времени съемки из-за движения поездов. Здесь необходимо максимально сократить время выстаивания на точках путей размещением как можно больше базовых станций рядом, которые бы обеспечивали максимально быструю корректировку по данным получаемым с максимально возможного количества спутников в данной местности.

Из вышесказанного следует, что для быстрой и точной съемки, с помощью глобальных навигационных спутниковых систем, объектов на железнодорожных станциях необходимо придерживаться следующих правил:

- 1) увеличить количество базовых станций или увеличить высоту базы и ровера для обеспечения прямой видимости;
- 2) сократить расстояние между базами и ровером, для уменьшения затухания сигнала канала связи;
- 3) увеличить количество базовых станций для быстрого получения данных ровером с высокой точностью в плане и профиле.

Также не исключается вариант длительного выстаивания ровера до получения нужной точности, если точка съемки находится вне путей движения поездов.

Пример увеличения количества базовых станций на объекте

Для описания способов использования ГНСС введем следующие понятия:

- 1) Стационарная базовая станция (СБС) - это приемник GPS/ГЛОНАСС с известным точным местоположением, находящаяся на одном месте постоянно или длительное время;
- 2) Динамическая базовая станция (ДБС) – это приемник GPS/ГЛОНАСС, считывающий сигналы спутника и стационарной базовой станции, который устанавливается на определенное время (инициализация до 20 минут);
- 3) Ровер - это прибор, который принимает данные от базовой станции, обрабатывает измерения базовой станции со своими измерениями и вычисляет координаты в режиме реального времени.

К примеру, на посту ЭЦ устанавливается стационарная базовая (рис.1) станция круглогодичного действия. Радиус действия станции при прямой видимости и хороших условиях - до 20 километров. Учитывая особенности местности на примере, радиус действия станции ограничен горами.

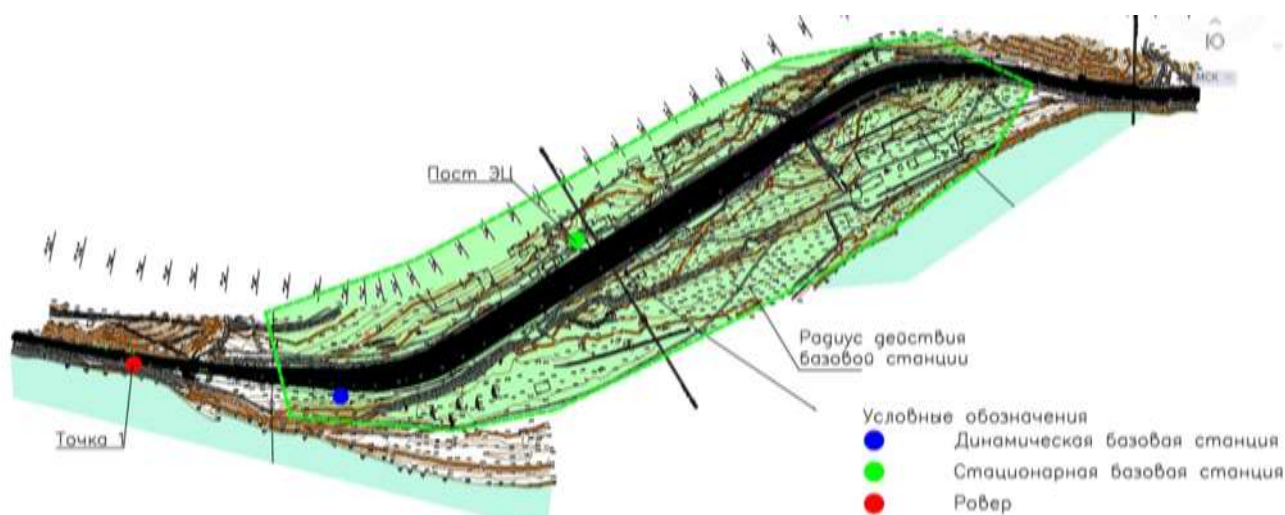


Рис. 1. Схема станции

Предположим, что есть точка 1, координаты которой необходимо вычислить. Расположена она в таком месте станции, которое скрыто от прямой видимости СБС. То есть недостаточно использовать только стационарную базовую станцию и ровер, сигнал не будет передан и возможно будет искажен отражениями. Поэтому, дополнительно, применяется динамиче-

ская базовая станция, которая устанавливается так, чтобы была прямая видимость со стационарной базовой станцией и с ровером. Она устанавливает сигнал с СБС, считывает ее координаты и достаточно быстро вычисляет свои координаты, а затем сразу передает свой сигнал роверу.

Заключение

Методика применения дополнительных динамических базовых станций позволяет решить все вышеописанные проблемы. Кроме того это может сократить расходы и время на реализацию, так как данная методика не требует дополнительных инвестиций в проектирование, производство и установку нового оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генике А.Л., Побединский Г.Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии // М. Картогеоцентр, 2004, - 355с.
2. Демьянов В.В., Имарова О.Б. Тенденции развития технологий GNSS и направлений их применения на транспорте // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2020. № 3 (67). С. 82–90.
3. Официальный сайт компании Leica Geosystems [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://leica-geosystems.com/ru>
4. Официальный сайт компании Trimble [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.trimble.com/>
5. Официальный сайт компании Topcon Electronics [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.topconpositioning.com/ru>
6. Введение в GPS (Глобальная навигационная система), Leica-geosystems [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://gbucitr.ru/referens/help.pdf>.

REFERENCES

1. Genike A.L., Pobedinsky G.G. Global'nyye sputnikovyye sistemy opredeleniya mestopozhzeniya i ikh primeneniye v geodezii [Global satellite positioning systems and their application in geodesy] // М. Kartgeocenter, 2004, - 355p.
2. Demyanov V.V., Imarova O.B. Tendentsii razvitiya tekhnologiy GNSS i ispol'zovaniye ikh primeneniya na transporte [Trends in the development of GNSS technologies and the use of their application in transport]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye* [Modern technologies. System analysis. Modeling]. 2020. No. 3 (67). S. 82–90.
3. The official website of Leica Geosystems [Electronic resource] - Access mode: <https://leica-geosystems.com/ru>
4. The official site of the Trimble company [Electronic resource] - Access mode: <https://www.trimble.com/>
5. The official site of Topcon Electronics [Electronic resource] - Access mode: <https://www.topconpose.com/ru>
6. Vvedeniye v GPS (Global'naya navigatsionnaya sistema) [Introduction to GPS (Global Navigation System)], Leica-geosystems [Electronic resource] - Access mode: <http://gbucitr.ru/referens/help.pdf>.

Информация об авторах

Шмакова Татьяна Олеговна - студентка специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск.

Сумчинский Никита Романович - студент специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск.

Титов Константин Михайлович - к. т. н., доцент кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: forestgamping@mail.ru

Authors

Shmakova Tat'yana Olegovna - student of the specialty "Construction of railways, bridges and transport tunnels", Irkutsk State University of Railways, Irkutsk, e-mail:

Sumchinskiy Nikita Romanovich - student of the specialty "Construction of railways, bridges and transport tunnels", Irkutsk State University of Railways, Irkutsk, e-mail:

Titov Konstantin Mikhailovich – Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Subdepartment "Construction of Railways, Bridges and Tunnels", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: forestgamping@mail.ru

Для цитирования

Шмакова Т.О. Использование глобальных навигационных спутниковых сетей при выполнении геодезических работ на железнодорожных станциях [Электронный ресурс] / Т.О. Шмакова, Н.Р. Сумчинский, К.М. Титов // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2021. — №1. — Режим доступа: <https://mnnv.irgups.ru/toma/111-2021>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 11.05.2021)

For citation

Shmakova T. O., Sumchinskiy N.R., Titov K.M. *Ispol'zovaniye global'nykh navigatsionnykh sputnikovyykh setey pri vypolnenii geodezicheskikh rabot na zheleznodorozhnykh stantsiyakh* [Use of global navigation satellite networks in performance of survey works at railway stations] *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2021, no. 1. [Accessed 11/05/21]