УДК 528.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ GPS-ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОДЕЗИИ

♦♦♦♦♦

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF USING GPS TECHNOLOGIES IN GEODESY

Мусатова Варвара Александровна
Кубанский государственный технологический университет
varya.yav1406@gmail.com

Исычко Вячеслав Евгеньевич
Кубанский государственный технологический университет
isychko02@mail.ru

Титова Вера Эдуардовна
кандидат геолого-минералогических наук,
доктор экономических наук,
профессор кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный технологический университет
ver4741@yandex.ru

Аннотация. В статье проведен комплексный анализ возможностей применения спутниковых GPS-технологий в геодезических исследованиях. Рассмотрены основные методы спутниковых измерений, их точность и области применения. Особое внимание уделено преимуществам GNSS-технологий по сравнению с традиционными геодезическими методами, а также существующим ограничениям. Представлены перспективные направления развития спутниковой геодезии, включая использование многосистемных приемников, сетевых RTK-технологий и интеграцию с БПЛА. Результаты исследования демонстрируют высокую эффективность GPS-методов для решения широкого круга геодезических задач.

Ключевые слова: GPS, ГЛОНАСС, GNSS, спутниковая геодезия, RTK, точность позиционирования, геодезические измерения.

Musatova Varvara Aleksandrovna
Kuban State Technological University
varya.yav1406@gmail.com

Isychko Vyacheslav Evgenievich
Kuban State Technological University
isychko02@mail.ru

Titova Vera Eduardovna
Candidate of Geological
and Mineralogical Sciences,
Doctor of Economic Sciences,
Professor of the Department
of Cadastre and Geoengineering,
Kuban State Technological University
ver4741@yandex.ru

Annotation. The article provides a comprehensive analysis of the possibilities of using satellite GPS technologies in geodetic research. The main methods of satellite measurements, their accuracy and applications are considered. Special attention is paid to the advantages of GNSS technologies in comparison with traditional geodetic methods, as well as the existing limitations. Promising directions for the development of satellite geodesy are presented, including the use of multi-system receivers, network RTK technologies and integration with UAVs. The results of the study demonstrate the high efficiency of GPS methods for solving a wide range of geodetic problems.

Keywords: GPS, GLONASS, GNSS, satellite geodesy, RTK, positioning accuracy, geodetic measurements.

Современная геодезия претерпела значительные изменения с появлением спутниковых навигационных технологий. Глобальные системы позиционирования (GNSS), включая американскую GPS, российскую ГЛОНАСС, европейскую Galileo и китайскую BeiDou, обеспечивают высокоточные геопространственные данные, что делает их незаменимыми в геодезических работах.

Актуальность исследования обусловлена:

– ростом требований к точности геодезических измерений;
– необходимостью автоматизации процессов съемки и мониторинга;
– расширением областей применения спутниковых технологий.

Основные методы GPS-геодезии

1. **Статический метод.** Применяется для создания опорных геодезических сетей. Работы проводятся при неподвижных приёмниках без канала связи между ними. Аппараты работают синхронно, измерения накапливаются, скачиваются и обрабатываются после завершения съёмок.

2. **Быстростатический метод.** Один приёмник размещается на опорном пункте, второй перемещается по намеченным точкам, на каждой выполняются наблюдения в течение 15–20 минут. Методика позволяет быстро определить базовую линию, применяется для создания сетей сгущения, съёмок в городских условиях, где много помех.

3. **Кинематический метод.** Техника предполагает использование двух приёмников: базовый локализуется на точке с установленными координатами, ровер постепенно перемещается по точкам участка, координаты которых предстоит определить. Продолжительность измерений на каждой позиции – около 30 секунд, точность 1–2 см 2 мм/км.

4. **Непрерывный кинематический метод.** Используются, как минимум, два принимающих устройства. После привязки неподвижного аппарата на первой точке, подвижные приёмники поочерёдно перемещаются на другие точки измерений. Сферы применения – трассировка дорог, линий электропередач, подземных коммуникаций, других линейных объектов. Точность измерений – 10–15 см.

5. **RTK-метод.** Кинематика в реальном времени – основной режим работы спутникового геодезического оборудования. Использование соединённых каналом связи базового и роверного приёмников позволило повысить скорость измерений до нескольких точек в минуту, отслеживать координаты объектов в процессе работы, достигать сантиметровой точности [1].

Преимущества GPS-технологий в геодезии

Использование GPS мониторинга в геодезии имеет ряд неоспоримых преимуществ. Среди них:

– *Высокая точность*: Современные GPS приемники обеспечивают высокую точность измерений, что позволяет проводить геодезические исследования на самом высоком уровне. Это особенно важно при работе в сложных условиях или при строительстве крупных объектов;

– *Широкий охват*: GPS работает на глобальном уровне, что позволяет использовать его в любых точках Земли. Это делает систему универсальной для различных проектов, независимо от их местоположения;

– *Непрерывность мониторинга*: С помощью GPS можно проводить постоянный мониторинг объектов, что особенно актуально для наблюдения за подвижными или деформирующимися объектами;

– *Автоматизация процессов*: Система позволяет автоматизировать многие процессы, что снижает трудозатраты и вероятность ошибок при выполнении измерений [1].

Использование геодезического оборудования GPS при геодезии

Оборудование GPS-съемки используется в различных геодезических приложениях. К ним относятся:

– *Граничные обследования*: Оборудование GPS-навигации идеально подходит для обследования границ, поскольку оно обеспечивает высокоточные данные позиционирования, которые можно использовать для создания точных карт границ;

– *Топографические съемки*: Оборудование GPS-съемки также используется для топографических съемок, которые применяются для создания высокоподробных карт рельефа местности;

– *Строительные обследования*: Оборудование GPS-навигации используется при строительных изысканиях, чтобы гарантировать, что здания, дороги и другие сооружения возводятся в правильном месте;

– *Преимущества геодезического оборудования GPS*: Использование оборудования для геодезической съемки GPS дает ряд преимуществ для геодезистов и других специалистов, которым необходимо собирать точные данные о местоположении;

– *Улучшенная точность*: Оборудование для GPS-съемки обеспечивает высокоточные измерения, снижая вероятность ошибок и улучшая качество собираемых данных;

– *Повышение эффективности*: Оборудование для геодезической съемки GPS позволяет геодезистам быстро и эффективно собирать данные, сокращая время и усилия, необходимые для ручных измерений;

– *Гибкость*: Геодезическое оборудование GPS может использоваться в различных областях, что делает его универсальным инструментом для геодезистов, инженеров и других специалистов [2].

Перспективные направления GPS-технологий в геодезии

– *Прецизионные измерения*. Современные GPS-устройства смогут фиксировать местоположение с точностью до миллиметров, что важно для сложных строительных проектов;

– *Точность в сложных условиях*. Улучшенный GPS будет работать более стабильно даже в горной местности или в густом лесу;

– *Мониторинг движений земной коры*. Высокоточная GPS-система позволит отслеживать даже незначительные изменения в земной коре, что важно для изучения сейсмоактивных зон;

– *Интеграция с другими технологиями*. Комбинирование данных, полученных с помощью дронов, лазерных сканеров и GPS-приёмников, позволит создавать комплексные и высокоточные модели местности и объектов;

– *Использование в сельском хозяйстве*. Интеграция данных дистанционного зондирования с GPS-технологиями лежит в основе систем точного земледелия, позволяющих оптимизировать использование ресурсов и повысить урожайность [3].

Проблемы использования GPS-технологий в геодезии

– *Сложности с сигналом*. В городских каньонах или районах с густой листвой установить прямую видимость с четырьмя или более спутниками сложно. Внутри здания или под землёй это невозможно;

– *Многолучевые помехи*. Точность показаний GPS зависит от способности приёмника правильно измерить расстояние, которое сигнал прошёл от спутников. Если сигнал отразился от зданий или других объектов на пути к приёмнику, это может исказить показания;

– *Атмосферные эффекты*. Заряженные частицы в земной атмосфере могут вызвать сбои в работе, замедляя проходящий сигнал GPS, что снижает точность показаний;

– *Ограничения приёмника*. Способность GPS-приёмников геодезического класса смягчать некоторые из проблем варьируется в зависимости от конкретной конструкции и качества используемых компонентов;

– *Сложность использования в полузакрытом или закрытом пространстве*. Это связано с экранированием сигналов спутника;

– *Недостаток относительной точности определений на небольших расстояниях*. Также усложняется процесс привязки ориентирных пунктов [4].

Проведенное исследование подтвердило высокую эффективность GPS-технологий для решения широкого спектра геодезических задач.

Основные выводы:

– Современные GNSS-методы обеспечивают точность от мм до см;

– Наибольший потенциал имеет комбинация различных методов;

– Перспективы связаны с развитием сетевых технологий и интеграцией с новыми видами съемки.

Литература

1. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии : Монография : в 2 т. / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М. : ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – Т. 1. – 334 с.
2. Leick A. GPS Satellite Surveying. – Wiley, 2015.
3. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Картгеоцентр, 2004. – 355 с.
4. Куприянов А.О. Глобальные навигационные спутниковые системы : учебное пособие. – М. : МИИГАиК, 2017. – 76 с.

References

1. Antonovich K.M. Use of satellite radio navigation systems in geodesy : monograph : in 2 vol. / K.M. Antonovich; State Educational Institution of Higher Professional Education «Siberian State Geodetic Academy». – M. : Federal State Unitary Enterprise «Kartgeocenter», 2005. – Vol. 1. – 334 p.
2. Leick A. GPS Satellite Surveying. – Wiley, 2015.
3. Global satellite positioning systems and their application in geodesy. – 2nd Ed., revised. – M. : Kartgeocenter, 2004. – 355 p.
4. Kupriyanov A.O. Global navigation satellite systems : textbook. – M. : MIIGAiK, 2017. – 76 p.