

УДК 528.02

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ МЕСТНОСТИ



MODERN METHODS OF GEODETIC MEASUREMENTS

Васильев Станислав Геннадьевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
stasushka787@gmail.com

Андрющенко Антон Владимирович

студент,
Кубанский государственный технологический университет
antonandr72@gmail.com

Шалая Алина Алексеевна

студентка,
Кубанский государственный технологический университет
alinashalaya310303@mail.ru

Щенявская Людмила Андреевна

студентка,
Кубанский государственный технологический университет
Lyudmela2311@mail.ru

Сукманюк Александр Славьянович

старший преподаватель
кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный технологический университет
Краснодар, Россия
a.sukmanyuk@mail.ru

Аннотация. В процессе развития городов неизбежно происходят сопутствующие изменения территории. Такими изменениями могут служить как возведение большого количества уникальных зданий, улиц, парков, зон отдыха, жилых комплексов, так и кардинальное изменение топографии и границ населенных пунктов. Например, землетрясения, в результате которых могут быть получены: сотрясения грунта, цунами, наводнения, оползни, пожары. В районах землетрясений наблюдаются небольшие сдвиги земной поверхности, вызывающие изменения окружающего ландшафта. Такие неприятные события возникают по всему миру, поэтому обществу просто необходимо иметь универсальные и удобные приборы, чтобы обойти стороной все трудности при их использовании. Также, к смещениям геодезических пунктов можно отнести все экзогенные, эндогенные и техногенные процессы. Всё это требует оперативного реагирования, поэтому в геодезии создается всё больше инструментов и инновационных методов геодезических измерений. Это позволит геодезисту получить полную и точную информацию по всей заданной территории, что значительно упростит планирование и проектирование объекта. В статье подробно рассмотрены некоторые современные методы геодезической топографии. Изучены основные режимы выбранных методов, а также выявлены преимущества их использования.

Ключевые слова: современные методы, геодезические измерения, спутниковая геодезия, лазерное сканирование, аэрофотосъемка, беспилотное воздушное судно (БВС), нивелирование, оптическая геодезия.

Vasiliev Stanislav Gennadievich

Student,
Kuban State Technological University
stasushka787@gmail.com

Anton Andryushchenko Vladimirovich

Student,
Kuban State Technological University
antonandr72@gmail.com

Alina Alekseevna Shalaya

Student,
Kuban State Technological University
alinashalaya310303@mail.ru

Ludmila Andreevna Schenyavskaya

Student,
Kuban State Technological University
Lyudmela2311@mail.ru

Sukmanyuk Oleksandr Slavyanovich

Senior Lecturer of the Cadastre
and Geoengineering Department,
Kuban State Technological University
a.sukmanyuk@mail.ru

Annotation. In the process of urban development, there are inevitably accompanying changes. Such changes can be both the erection of a large number of unique buildings and a radical change in the topography and boundaries of settlements. For example, earthquakes that can cause: earthquakes, tsunamis, floods, landslides, fires. In areas of earthquakes, small movements of the earth's crust are observed, causing an increase or decrease in the water level of natural springs. Such unpleasant events occur all over the world, so society simply needs to have universal and convenient instruments to bypass all the difficulties in their use. Also, all exogenous, endogenous and anthropogenic processes can be attributed to the displacements of geodetic points. All this requires a prompt response, so more and more innovative methods of geodetic measurements are being created in geodesy. This will allow the surveyor to obtain complete and accurate information for the entire specified area, which will greatly simplify the planning and design of the facility. In this article, some modern methods of geodetic topography are discussed in detail. The main modes of the selected methods are studied, and the advantages of their use are identified.

Keywords: modern methods, geodetic measurements, satellite geodesy, laser scanning, aerial photography, unmanned aerial vehicle (UAV), leveling, optical geodesy.

Введение. Города растут, возводятся все больше уникальных зданий, кардинально меняются топография и границы населенных пунктов. В районах землетрясений наблюдаются небольшие движения земной коры, вызывающие повышение или понижение уровня воды природных источников. Все это требует оперативного реагирования. Поэтому в геодезии создается все больше инновационных методов геодезических измерений.

Методика исследований: поиск информации в сети Интернет, библиотеках, а также отбор только самой важной и интересной информации по теме.

Современные методы геодезической топографии заключаются в использовании специализированных инструментов и технологий, которые позволяют точно определять географические координаты точек на поверхности Земли, а также проводить измерения и детальный анализ территории. Ниже рассмотрены некоторые современные методы геодезической топографии. Используя методы геодезических спутниковых измерений, можно с наибольшей точностью определить положение объектов. Источником создания столь новых и качественных методов стал эволюционный прогресс техники и науки. Инновационные спутниковые конфигурации заменяют привычные методы съемки [1]. Метод, основанный на использовании глобальной позиционной системы, представляет собой сеть спутников, вращающихся вокруг Земли и передающих сигналы на её поверхность. Используя приемник, специалисты могут получать данные о местоположении снимаемых объектов с высокой точностью [2].

Спутниковые измерения проводятся двумя способами:

1. Статический метод. Приемник неподвижен в найденной или заранее определенной точке. Этот метод отличается трудоёмкостью, но при этом обладает повышенной надёжностью.

2. Кинематический метод (рис. 1) [URL : <https://zelengarden.ru/2-foto/shema-sputnikovyh-izmerenij.html>]. Высокая скорость, но менее эффективная, чем измерение с помощью геостационарного спутника. Модем настроен на два приемника, один из которых размещен в известном месте, а второй перемещается из одной точки в другую, что позволяет использовать кинематический режим в реальном времени. Кинематический режим требует, чтобы не было потери количества циклов во время измерения при наблюдении за группировкой спутников. Если наблюдается 5 спутников, потеря количества циклов 1-го спутника может быть легко восстановлена.

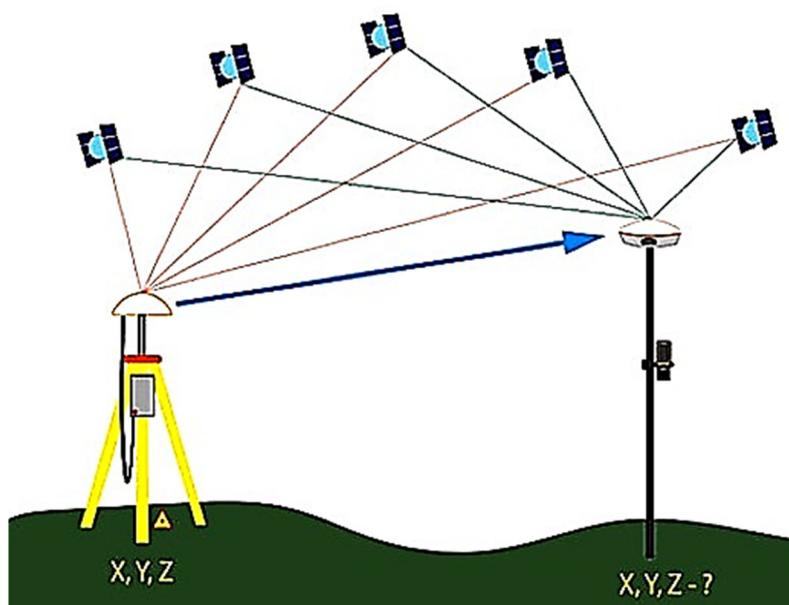


Рисунок 1 – Кинематический метод

Геодезические спутниковые устройства позволяют работать в различных режимах.

В «статическом» режиме одновременные измерения выполняются в двух или более точках стационарным приемником.

Инициализация на поверхности Земли может быть выполнена одним из трех методов:

- наблюдение в точке, координаты которой известны;
- наблюдение базовой линии;
- обмен сигналом между антеннами приемников.

Один из приемников используется в качестве базового приемника. Позиции других получателей определяются относительно базового получателя. Измерения в «статическом» режиме обычно выполняются на больших расстояниях до точки (15 км и более). Время наблюдения зависит от расстояния между точками, количества спутников, ионосферных и тропосферных условий и требуемой точности, но обычно составляет не менее часа.

Быстрый статический режим позволяет использовать алгоритмы активного разрешения на линиях с неоднозначностью до 15 км, тем самым сокращая время измерения. Время наблюдения в этом режиме составляет от 5 до 20 минут.

Режим «Кинематика» предназначен для определения координат мобильной станции во время ее движения.

При работе в этом режиме базовая станция и приемники ровера должны поддерживать постоянную связь со спутником в течение всего периода измерений. Перед началом движения выполняется инициализация, чтобы устранить двусмысленность [15].

Перед началом движения выполняется инициализация, чтобы устранить двусмысленность в измерении фазы.

Режим «стоп-Go» – это своего рода кинематический режим, в котором ровер (мобильный GPS-приемник) перемещается из точки в точку, останавливаясь в каждой точке и проводя несколько периодов измерений в течение 5–30 секунд для повышения точности (рис. 2) [URL : <https://triptonkosti.ru/foto/shema-sputnikovyh-izmerenij-84-foto.html>].

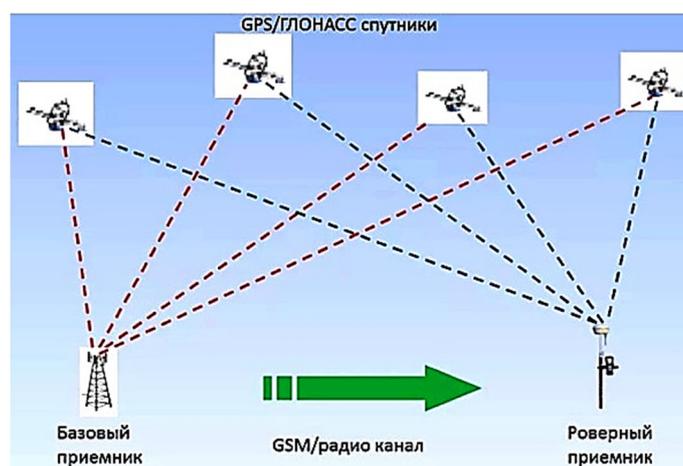


Рисунок 2 – Схема спутниковых измерений

Преимущества спутниковых геодезических измерений:

- Геодезические измерения, за исключением визуального наблюдения, выполняются между точками, удаленными на тысячи километров;
- Климатические условия и время суток не влияют на результаты измерений;
- Надежность измерений повышается за счет снижения давления воздуха;
- Измерение возможно во время движения;
- Возможность наблюдать любые изменения в зданиях и земной коре;
- Оптимально определять координаты всех объектов;
- Автоматизация измерений повышает эффективность и уменьшает количество ошибок.

Использование спутниковых навигационных систем является эффективным и инновационным способом проведения геодезических измерений. Этот метод обеспечивает получение точных и надежных данных в полевых условиях, обеспечивая при этом эффективные и простые измерения [14].

Другим современным методом геодезических измерений является лазерное сканирование [3, 4]. С помощью лазера можно быстро и точно измерить расстояние до объекта и получить его 3D-модель (рис. 3) [URL : <https://iziskania.com/services/geodezicheskie-izyskaniya/lazernoskanirovanie>]. Также возможно детально изучить рельеф местности и создать точные цифровые модели территории для различных целей [5].

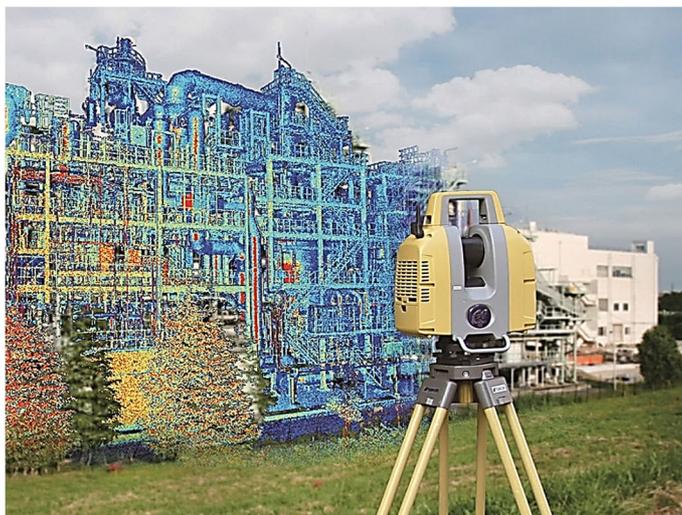


Рисунок 3 – Применение лазерного сканирования

Для лучшего понимания технологии лазерного сканирования необходимо рассмотреть его виды:

Наземное. При наземных съемках можно собирать данные удаленно на расстоянии до 1,5 км. Процесс захвата выполняется в реальном времени и гарантирует получение сканов без искажений даже в неблагоприятных условиях и при множестве отражений от объектов.

Воздушное. Для воздушного сканирования используется мощный лазерный передатчик с возможностью приема неограниченного количества сигналов. Высота полета может достигать 4700 м, поэтому нет необходимости пересекать местность.

Мобильное. Съёмка ведется во время движения машины, оснащенной лазером. Частота измерений – до 1 млн/сек с максимальной детализацией. При съемке в движении панорамные снимки можно создавать с помощью дополнительной цифровой камеры.

Преимущества лазерного сканирования включают: выполнение полевых работ; высококачественная трехмерная визуализация в реальном времени; высокая точность измерений и детализация изображения; удаленный сбор данных; возможность съемки в труднодоступных местах; выполнение работы в любых погодных и световых условиях. Также дает возможность быстро получать данные, высокую степень автоматизации, отсутствие ошибок, гибкое использование результатов, низкие трудозатраты по сравнению с другими видами географической съемки.

Аэрофотосъемка с использованием БВС – позволяет получать высококачественные изображения и данные о местности с воздуха, что особенно полезно для измерения труднодоступной местности или больших площадей [6].

Использование БВС позволяет существенно повысить эффективность и точность геодезических топографических измерений (рис. 4).

Установка специального оборудования и датчиков на БВС дает возможность проводить различные виды геодезических измерений, таких как аэрофотосъемка, съемка местности и создание определенных геодезических моделей технического ри-

сунка [URL : https://dji.datum-group.ru/katalog/item/kvadrokopter_dji_phantom_4_rtk_sdk/]. Одним из важнейших преимуществ использования БВС в геодезии является возможность сбора данных об участках местности, недоступных обычным измерительным приборам, например, склонах, наклонных стенах или высотных зданиях [7]. Это позволяет геодезисту получать полную и точную информацию по всей территории, что значительно упрощает планирование и проектирование объекта.



Рисунок 4 – Использование БВС

Современные возможности использования БВС в геодезических съемках значительно расширили пределы и возможности выполнения геодезических топографических измерений. Появление этой новой технологии сделало процесс сбора данных более эффективным и точным, а также сократило время, необходимое для обработки и анализа данных. В результате геодезисты получают более полную информацию о районе, что позволяет им принимать более обоснованные решения.

Оптическая геодезия – включает применение транспортов, уровнемеров, теодолитов, тахеометров и других оптических приборов для измерения угловых и линейных размеров местности. Это фундаментальная концепция, поскольку она активно исследуется в высших учебных заведениях и часто используется на практике. Однако можно утверждать, что это один из самых популярных и подходящих методов геодезических измерений.

Одними из самых известных и популярных в своей области, простых в обращении и точных геодезических приборов считаются оптические нивелиры (рис. 5) [URL : https://www.youtube.com/watch?v=zp_SrpnCuhg] [8].



Рисунок 5 – Оптический нивелир

Оптические нивелиры позволяют нам:

– Измерять высоту между точками относительно горизонтальной балки через луч прямой видимости трубы;

- Определять отклонение измеряемой поверхности от горизонтальной балки и тип поверхности;
- Определять высоту точки относительно исходной системы координат (абсолютную, условную).

Еще одним удобным прибором является тахеометр. Он является одним из ключевых инструментов в арсенале геодезиста и используется для решения множества задач.

Основными функциями тахеометра являются:

- Измерение расстояний, тахеометры оснащены дальномером, который позволяет измерять расстояния с высокой точностью. Это делает тахеометры незаменимыми при проведении топографических съемок и землеустроительных работ;
- Измерение горизонтальных и вертикальных углов. Тахеометры позволяют измерять вертикальные и горизонтальные углы, что делает их незаменимыми при контроле строительства и геодезических работах;
- Определение координат. С помощью тахеометров можно определить координаты точек на местности, что позволяет создавать точные карты и планы. Это особенно важно при строительстве зданий и сооружений, а также при планировании инфраструктуры населенных пунктов.

Тахеометр является универсальным и точным инструментом для геодезических работ, который помогает решать множество задач в различных областях деятельности [9].

Результаты исследований: результатом является успешное изучение различных методов геодезических измерений.

Вывод: таким образом, проанализированные методы помогают специалистам различных отраслей получать точные данные о местности, создавать цифровые модели рельефа, проводить инженерные изыскания, планировать строительство и многое другое. Также, нужно отметить, что для успешной работы с современными геодезическими приборами и техникой необходимо постоянно повышать свой уровень квалификации [10, 11, 12].

Литература

1. Грибкова И.С. Геодезические сети для мониторинга земной поверхности / И.С. Грибкова, А.С. Сукманюк // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды Куб ГТУ». – 2018. – № 4. – С. 24–33.
2. Современные методы и приборы геодезического мониторинга зданий и сооружений / И.С. Грибкова [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2023. – № 2. – С. 44–47.
3. Цветков В.Я. Современные методы получения геодезической информации / В.Я. Цветков, В.В. Шлапак // Инженерные изыскания. – 2013. – № 4. – С. 28–32.
4. Хашпакянц Н.О. Применение лазерного сканирования в землеустройстве и кадастрах / Н.О. Хашпакянц, И.С. Грибкова // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2017. – № 9. – С. 27–35.
5. Гура Д.А. Мобильному миру – мобильные сканирующие системы / Д.А. Гура, Е.А. Березубов // Науки о земле на современном этапе. VIII Международная научно-практическая конференция. – 2013. – С. 56–58.
6. Гура Т.А. Лазерное сканирование промышленных объектов / Т.А. Гура, Т.Р. Иналов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 2. – С. 225–229.
7. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территорий / Ч.Н. Желтко [и др.]. – Краснодар, 2016.
8. Сукманюк А.С. Сканирующие технологии. Трёхмерное лазерное сканирование / А.С. Сукманюк, З.А. Малый // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 4. – С. 183–187.
9. Коломыцев А.А. Актуальные проблемы нормативного регулирования назначения класса нивелирования при проведении геотехнического мониторинга / А.А. Коломыцев, А.В. Шевцов // Нефть. Газ. Новации. – 2023. – № 6(271). – С. 37–40.
10. Об исследованиях угломерных погрешностей электронных тахеометров / Ч.Н. Желтко [и др.]. – Краснодар, 2016.
11. Методы повышения эффективности взаимодействия студентов во время геодезической практики в вузе / А.Ю. Гура [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2023. – № 2. – С. 335–337.

12. Distance education in a digital age / F.M. Sabirova [et al.] // World Journal on Educational Technology. – 2022. – Vol. 14. – № 5. P. 1415–1427.
13. О прохождении учебной геодезической практики в КубГТУ студентами направлений «Строительство» / Д.А. Гура [и др.] // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2016. – № 12. – С. 180–194.
14. Ming Hao. Transient signal extraction from GPS coordinate time series using ICA / Ming Hao, Yuhang Li, Qingliang Wang // «ScienceDirect» Geodesy and Geodynamics. – 2023. – Vol. 14. – Iss. 6. P. 597–604.
15. Geodetic constraints on modern three-dimensional crustal deformation in the Laji Shan-Jishi Shan tectonic belt / Duxin Cui [et al.] // «ScienceDirect» Geodesy and Geodynamics. – 2023. – Vol.14. – Iss. 6. – P. 589–596.

References

1. Gribkova I.S. Geodetic networks for monitoring the earth's surface / I.S. Gribkova, A.S. Sukmanyuk // Electronic network polythematic journal «Scientific works Kub GTU». – 2018. – № 4. – P. 24–33.
2. Modern methods and instruments for geodetic monitoring of buildings and structures / I.S. Gribkova, R.O. Kuzmin, L.A. Shchenyavskaya, A.A. Panyutishcheva // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2023. – № 2. – P. 44–47.
3. Tsvetkov V.Ya. Modern methods of obtaining geodetic information / V.Ya. Tsvetkov, V.V. Shlapak // Engineering surveys. – 2013. – № 4. – P. 28–32.
4. Khashpakyants N.O. Application of laser scanning in land management and cadastres / N.O. Khashpakyants, I.S. Gribkova // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2017. – № 9. – P. 27–35.
5. Gura D.A. To the mobile world – mobile scanning systems / D.A. Gura, E.A. Berezubov // Geosciences at the present stage. VIII International Scientific and Practical Conference. – 2013. – P. 56–58.
6. Gura T.A. Laser scanning of industrial objects / T.A. Gura, T.R. Inalov // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2017. – № 2. – P. 225–229.
7. Photogrammetry and remote sensing of territories / Ch.N. Zheltko, S.G. Berdzenishvili, D.A. Gura, L.A. Oleynikova, M.A. Pastukhov, G.G. Shevchenko. – Krasnodar, 2016.
8. Sukmanyuk A.S. Scanning technologies. Three-dimensional laser scanning / A.S. Sukmanyuk, Z.A. Small // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2021. – № 4. – P. 183–187.
9. Kolomytsev A.A. Current problems of regulatory regulation of the purpose of leveling class during geotechnical monitoring / A.A. Kolomytsev, A.V. Shevtsov // Oil. Gas. Innovations. – 2023. – № 6(271). – P. 37–40.
10. On the study of angular errors of electronic tachometers / Ch.N. Zheltko, D.A. Gura, M.A. Pastukhov, G.G. Shevchenko. – Krasnodar, 2016.
11. Methods for increasing the efficiency of student interaction during geodetic practice at a university / A.Yu. Gura, S.A. Kosheleva, R.A. Matulyan, S.V. Leniv, A.D. Anapreenko, A.A. Shalaya // Science. Technique. Technologies. (Polytechnic Bulletin). – 2023. – № 2. – P. 335–337.
12. Distance education in a digital age / F.M. Sabirova [et al.] // World Journal on Educational Technology. – 2022. – Vol. 14. – № 5. P. 1415–1427.
13. On the completion of educational geodetic practice at Kuban State Technical University by students of the «Construction» majors / D.A. Gura, G.G. Shevchenko, T.A. Gura, T.A. Muriev // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2016. – № 12. – P. 180–194.
14. Ming Hao. Transient signal extraction from GPS coordinate time series using ICA / Ming Hao, Yuhang Li, Qingliang Wang // «ScienceDirect» Geodesy and Geodynamics. – 2023. – Vol. 14. – Iss. 6. P. 597–604.
15. Geodetic constraints on modern three-dimensional crustal deformation in the Laji Shan-Jishi Shan tectonic belt / Duxin Cui [et al.] // «ScienceDirect» Geodesy and Geodynamics. – 2023. – Vol.14. – Iss. 6. – P. 589–596.