

Б.О. Кодунов, Н.О. Кандала

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИКОНАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

Наведена характеристика сучасних геодезичних приладів та методів виконання геодезичних робіт з їх застосуванням. Виконано порівняння нових методів виконання геодезичних робіт з традиційними.

Ключові слова: геодезичні виміри, теодоліт, тахеометр, нівелір, лазерний сканер, квадрокоптер, супутниковий приймач.

У геодезії є традиційні та інноваційні види геодезичних вимірів:

- лінійні;
- кутові;
- висотні або нівелювання;
- тахеометричні, чи координатні;
- фотограмметричні;
- супутникові.

Раніше для кожного виду вимірів існував свій тип приладів: для кутових вимірів теодоліт, для висотних вимірів – нівелір, для лінійних вимірів – рулетка і далекомір. Кожен прилад, залежно від передбачуваного використання, мав свої точнісні характеристики.

В даний час створено багато геодезичних приладів і нових геодезичних технологій, принципово відмінних від традиційних. Серед нових приладів можна назвати електронні теодоліти та тахеометри, цифрові та лазерні нівеліри, дрони (квадрокоптери), лазерні сканери, супутникові приймачі та ін. (рис. 1). Застосування цих приладів частково або майже повністю змінило методи та методики виконання більшості геодезичних робіт. Наприклад, виконання тахеометричної зйомки за допомогою електронного тахеометра значно спростилося, підвищилась точність нівелювання із застосуванням електронного нівеліра, з'явилися

повністю нові технології – лазерне сканування та визначення координат точок методом супутникового позиціонування.



Рис. 1. Сучасні геодезичні прилади: 1 – електронний теодоліт (CST/berger DGT10); 2 – електронний тахеометр (SOKKIA SET550RX); 3 – нівелір цифровий (Leica LS15 (0,3); 4 – нівелір лазерний ротаційний (LEICA RUGBY CLA & CLX700); 5 – квадрокоптер (DJI Phantom 4 Pro V2.0); 6 – лазерний сканер (Leica HDS8800); 7 – супутниковий приймач (Trimble R4).

Електронний теодоліт – прилад для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів. У нових високоточних теодолітах використовується система відліку з оптико-електронним скануванням, що дозволяє автоматизувати процес кутових вимірювань та підвищити точність приладів. Відліки виражаються в градусах або гонах ($1/400$ частини кола). Електронний теодоліт має дисплейну панель керування та реєстратор. Клавішами задають режим роботи теодоліту, на екрані дисплея виводяться значення виміряних кутів. Реєстратор зберігає записану інформацію, веде

математичну обробку результатів вимірювань згідно із заданою програмою. До реєстратора можна підключити комп'ютер.

Найважливішою відмінністю електронних теодолітів від оптичних апаратів є застосування двійкової цифрової вимірювальної системи з датчиками повного поворотного кута. Її суть полягає у розмітці фотоелектричного диска алгоритмом чорно-білих кодових відміток, при просвітленні яких виходить 1 або 0. Дане значення згодом проходить аналіз та обробку в процесорі.

Однією з найбільш вагомих переваг електронних теодолітів є те, що ймовірність помилки оператора практично виключається, оскільки всі дані фіксуються на дисплеї геодезичного приладу.

Електронний тахеометр - геодезичний прилад для вимірювання відстаней, горизонтальних і вертикальних кутів. Використовується для обчислення координат та висот точок місцевості при топографічній зйомці місцевості, при розбивальних роботах, перенесенні на місцевість висот та координат проектних точок.

Одним з головних достоїнств використання електронних тахеометрів для тахеометричної зйомки є відсутність необхідності ведення спеціального журналу для запису відстаней і кутів, як при роботі з теодолітом, оскільки тахеометрична зйомка вимагає тільки ведення абрису. Нумери пікетів, відстані і кути зберігаються автоматично в пам'яті інструменту, і при зміні місця його розташування необхідно буде тільки внести відомості про нову станцію і пронумерувати пікети, після чого при натисканні спеціальної кнопки тахеометр сам зробить всі виміри. Також тахеометр дозволяє проводити розрахунок горизонтального прокладення автоматично - дисплей пристрою показує горизонтальні і вертикальні кути, похилу відстань, перевищення і горизонтальне прокладення, а режими відображення інформації можуть бути змінені при першій же необхідності. Електронний тахеометр має функцію "виносу в натуру", тобто установку пристрою на місце з уже певними координатами, після чого він

"орієнтується" - за допомогою завдання дирекційного кута або координат точки орієнтування, вводяться дані про точку виносу, і прилад показує відстань до об'єкта і кут, на який його слід розвернути. Після виконання польових робіт дані заносяться в комп'ютер, де автоматично виконуються необхідні обчислення і будується план ділянки, яку знімали.

Електронна тахеометрія дозволяє вирішувати такі завдання:

- згущення геодезичної мережі шляхом полігонометрії;
- вимірювання сторін у трилатерації;
- створення планово-висотного обґрунтування;
- прив'язка знімків;
- топографічна великомасштабна зйомка місцевості;
- геодезичні роботи при інженерно-геодезичних вишукуваннях;
- геодезичне забезпечення монтажних робіт при будівництві будівель та інженерних споруд;
- геодезичні роботи на будівельних майданчиках та багато інших завдань геодезії, земельного та міського кадастру тощо.

Цифровий нівелір являє собою геодезичний прилад, який має електронний пристрій, що дозволяє зберегти всі результати спостережень. Електронні цифрові нівеліри мають також вбудоване програмне забезпечення, яке дозволяє обробляти отримані дані. Відліки можна знімати автоматично багаторазово завдяки спеціальній інварній або штрих-кодовій рейці. Нівелір цифровий високоточний дає максимально точні виміри.

Цифрові нівеліри дозволяють максимально прискорити процес проведення вимірювань, завдяки автоматизації процесу виключається людський чинник, тому підвищується надійність отриманих результатів. Цифровий нівелір виводить на екран усі отримані значення та відстані до рейки. Він є багатофункціональним приладом, тому що поєднує в собі функції електронного пристрою, високоточного оптичного нівеліра.

Лазерний нівелір (побудовник площин) - геодезичний прилад призначений для визначення перевищень та передачі висотних позначок.

Область застосування у таких приладів досить широка. Це роботи при будівництві та реконструкції споруд як усередині так і зовні будівлі, роботи з прокладання підземних комунікацій, монтажу технологічного обладнання та і т.д.

Робота з лазерним нівеліром досить проста, тим більше, що більшість сучасних приладів забезпечені пучком випромінювання, що автоматично горизонтується, багато приладів забезпечені обертовим лазерним пучком, здатним будувати горизонтальні, а деякі моделі і вертикальні площини.

Для роботи необхідно встановити прилад в робоче положення (встановити на підставку/штатив) і взяти відлік по видимому лазерному променю за допомогою спеціальної або нівелірної рейки, а іноді і по рулетці. Дальність роботи лазера зазвичай знаходиться в межах 20-30 м, за наявності приймача випромінювання до 100 м і більше. Основними характеристиками лазерного нівеліра є: - точність вимірювання перевищень, дальність роботи лазера, кількість лазерних променів, вага приладу, наявність автоматичного компенсатора, рівень вологопилозахисту та ін.

Існують такі типи приладів:

- Лазерний нівелір, що вирівнюється вручну і контролюється за допомогою бульбашкових рівнів, розташованих у компенсаторі. Прилад дозволяє виконувати розмітку під будь-яким кутом, а не лише по горизонталі та вертикалі;

- Вертикальним напівавтоматичним лазерним нівеліром варто скористатися, якщо в роботі періодично потрібно вирівнювання по вертикалі.

- Багатофункціональні автоматичні нівеліри, що самовирівнюються, володіють широким спектром можливостей для вирівнювання по всіх напрямках.

- Ротаційні лазерні нівеліри утворюють видиму горизонтальну, похилу та вертикальну площину за допомогою високочастотного обертання променя лазера. Такий нівелір необхідно встановлювати за допомогою бульбашкових рівнів.

Безпілотний літальний апарат (БПЛА).

Поряд як із класичними методами геодезичних вимірів, так і сучасними приладами та технологіями, що застосовуються для зйомки місцевості, все частіше використовують квадрокоптери. До дронів кріплять цифрові фотокамери та отримують за їх допомогою:

- цифрові 3D-моделі місцевості та рельєфу;
- фотосхеми та фотоплани при аерофотозйомці;
- ортофотоплани, топографічні плани.

Квадрокоптери для геодезичних вимірів оснащені вбудованими або виносними геодезичними платами-приймачами. Для картографування місцевості маршрут зйомки планують між спеціальними опорними точками. Серед переваг БПЛА як інструментів фотограмметричного методу геодезичних вимірів:

- система точного позиціонування;
- автоматизація маршруту зйомки;
- можливості кріплення корисного навантаження;
- робота у несприятливих погодних умовах;
- можливість використання за низьких температур;
- розумний розподіл енергії;
- тривалість перебування у повітрі;
- наявність автопілота;
- компактність.

У такий спосіб визначають координати об'єктів, створюють фотографії місцевості. За допомогою цифрової камери та приймача GPS визначаються всі дані для побудови топографії місцевості.

Лазерний сканер – це прилад отримання об'ємного зображення території, придатного для створення цифрових карт.

Лазерні сканери оснащено високошвидкісним безвідбивним лазерним далекоміром та системою зміни напрямку променя лазера – спеціальним поворотним дзеркалом.

Використання лазерного сканування дозволяє:

- істотно скоротити час виконання зйомок і подальшої обробки отриманих даних;
- отримати повну інформацію про об'єкт, його форму, просторове положення щодо інших (сусідніх) об'єктів;
- отримати результати підвищеної точності;
- спростити проведення будь-яких додаткових досліджень і аналізів;
- здійснити зйомку важкодоступних об'єктів;
- проводити дослідження не заважаючи виробничим процесам на досліджуваному об'єкті;
- скоротити витрати на виконання робіт за рахунок високої швидкості їх проведення і повноти отриманих даних.

Супутниковий приймач (також GNSS-приймач) — пристрій для визначення географічних координат поточного розташування антени приймача, на основі даних про тимчасові затримки приходу радіосигналів, випромінюваних супутниками навігаційних систем.

Одним із завдань геодезії є визначення взаємного розташування точок у просторі, їх планового та висотного положення. У традиційної геодезії це завдання вирішується шляхом побудови різних просторових схем, деякі елементи яких доступні виміру біля геодезичними методами (кути, довжини ліній), інші обчислюються непрямим шляхом. Широке поширення останніми роками систем супутникового позиціонування (GPS – Global Position System) справило справжню революцію уявлення про методи і засоби визначення місцезнаходження точок на земній поверхні. Основною перевагою супутникових систем є їх глобальність та

оперативність. Вимірювання можуть виконуватися за будь-якої погоди, у будь-який час доби, прилади не бояться впливу пилу, вологи, газу. Висока точність визначення координат, що обчислюється сантиметрами і навіть міліметрами, дозволяє використовувати супутникові методи для вирішення широкого спектра геодезичних завдань, таких як створення та підтримка державних геодезичних мереж, створення опорних знімальних мереж, прив'язка аерокосмічних матеріалів, отримання даних топографічних та спеціальних зйомок. Результати вимірювань подаються у цифровому вигляді, що дуже зручно для подальшої обробки.

Визначення місця розташування точок земної поверхні за допомогою супутникової технології на порядок збільшили продуктивність виконання топографо-геодезичних робіт. Підвищення продуктивності праці, а також здешевлення вартості робіт досягається завдяки простоті та швидкості вимірювань, незалежності від погодних умов та часу доби при збереженні високої точності геодезичних робіт.

Висновки. Нові геодезичні прилади, завдяки високій точності, швидкості вимірювань, надійності, дозволяють виконувати геодезичні роботи з високою продуктивністю та якістю. Сучасні методи виконання геодезичних робіт у порівнянні з традиційними методами значно спростились.

Список літератури

1. Конспект лекцій по инженерной геодезии [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mgsu.ru/organizations/RealizDogovorov/realizatsiya-2009/2009-4-polnye/11.4.2.5-polnaya.pdf>
2. Бояркин Г. А. О выполнении топографо-геодезических работ современными методами / Научное обозрение: электрон. журн. – 2016. – № 2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://srjournal.ru/2016/id16>

MODERN METHODS OF GEODESIC WORKS

The characteristic of modern geodetic devices and methods of performance of geodetic works with their application is resulted. A comparison of new methods of geodetic works with traditional ones is performed.

Key words: *geodetic measurements, theodolite, total station, level, laser scanner, quadcopter, satellite receiver.*