

М.А. Кухар¹, О.В. Доброходова², А.А. Євдокімов¹, М.Л. Мироненко¹

¹Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

²Харківський національний університет будівництва та архітектури, Україна

МОЖЛИВОСТІ СУЧАСНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕНДЕНЦІЇ ЙОГО РОЗВИТКУ

В роботі розглянуто два представника геодезичного обладнання, які концептуально характеризують тенденції розвитку сучасного електронного геодезичного обладнання – це тахеометр *Leica Nova MS60* та GNSS приймач *Leica GS18 I*.

Розглядаються особливості функціональних характеристик цих приладів. Ставиться задача визначення основних напрямів розвитку геодезичного обладнання.

У дослідженні використанні методи: спостереження, аналіз, синтез, вибірка.

Ключові слова: геодезія, прилади, тахеометр, GNSS приймач, *Leica Nova MS60*, *Leica GS18 I*.

Постановка проблеми

У сучасних умовах геодезичне обладнання переходить на новий рівень розвитку. Це формулювання ґрунтується на фактичних доказах, з огляду на аналіз сучасних електронних приладів.

Раніше прилади розвивались таким чином, щоб забезпечити найбільшу точність. На даний момент часу стандартні геодезичні прилади забезпечують достатню точність для виконання більшої частини робіт в сфері геодезії.

З цього приводу, виникає необхідність в оптимізації самого робочого процесу: збільшення ефективності збору інформації, кількості зібраної інформації за одиницю часу, збільшення ефективності виконання стандартних задач в геодезії. Ця необхідність і характеризує новий етап розвитку геодезичних приладів.

Зважаючи на це зростає необхідність в сучасних геодезичних приладах забезпеченими сучасною електронікою, які відрізняються не лише номером моделі, але й принципово новими технологічними рішеннями.

Новітнє програмне забезпечення, яке використовується в самих приладах та при обробці геопросторових даних, надає більше можливостей автоматизації процесу створення моделей місцевості та реалізації нестандартних завдань.

Тому, зараз характерним в розвитку сучасного геодезичного обладнання є не збільшення точності вимірів, яка на даний момент закриває всі потреби геодезії, а оптимізація робочого процесу з використанням цих приладів за рахунок розвитку технічної та програмної частини цих приладів.

Для більш концептуального представлення цих тенденцій вирішується задача аналізу можливостей

сучасних геодезичних приладів.

Мета і задачі дослідження

Метою роботи є аналіз можливостей сучасних наземних геодезичних приладів на прикладі тахеометрів *Leica Nova MS60* та GNSS приймачів *Leica GS18 I* та тенденцій розвитку.

Об'єкт дослідження – аналіз можливостей сучасних геодезичних приладів.

Предмет дослідження – сучасні геодезичні прилади.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розглянута найновіша публікація щодо аналізу сучасних приладів [1].

Проаналізована актуальна робота про точність сучасних геодезичних приладів при використанні на виробництві [2].

Розглянуто міжнародний досвід про точність сучасних геодезичних приладів при використанні на виробництві [3–4].

Проведений аналіз міжнародних праць з приводу розвитку програмного геодезичного забезпечення [5].

Абстраговано проаналізовані технічні характеристики сучасних геодезичних приладів більш старшого зразку [6–7].

Абстраговано проаналізовані технічні характеристики сучасних геодезичних приладів більш новітнього зразку [8–9].

Виклад основного матеріалу

В роботі використано два представника геодезичних приладів, які концептуально характеризують сучасні тахеометри та GNSS

приймачі: тахеометр Leica Nova MS60 та GNSS приймач Leica GS18 I.

Ці прилади на даний час мають найвищу точність серед своїх конкурентів та забезпечують ефективне виконання геодезичних задач, за рахунок технічних рішень та сучасного програмного забезпечення.

Тахеометр

Тахеометр презентований у 2020 році. Він концептуально характеризує технології останнього часу – Leica Nova MS60 – це MultiStation, яка дозволяє виконувати всі геодезичні завдання за допомогою одного інструмента, також з можливістю

використання GNSS приймача (рис. 1).

Він дозволяє виконувати геодезичні задачі більш швидше та комфортніше ніж попередні моделі тахеометрів.

Робити зйомку поверхонь в будівництві та обсягів робіт гірництві: відвали, створення та аналіз проектних поверхонь робіт, товщина матеріалу, земляні рівні. Він дозволяє виконувати аналіз складних конструкцій та об'єктів в рамках промислових, морських та комунальних проектів: контроль розмірів, побудови елементів та ведення статистики змін, вимірювання та аналіз стану будівель та споруд.



Рис. 1. Зображення тахеометра Leica Nova MS60 в стандартному комплекті та з підключенням до GNSS приймача

Виконувати фасадну зйомку: створення традиційних фасадних зйомок, тривимірних моделей та фотодокументації фасадів (рис. 2).

Традиційні топографічні зйомки та картографування: створення 2D-карти або 3D-моделі.

Моніторинг вимірювань та аналіз земель та споруд: вимірювання мостів, дамб, будівель та земель, льоду та снігу в режимі реального часу або періодичні.

MS60 постачається із вбудованим програмним забезпеченням Leica Captivate із простими у використанні програмами, які охоплюють весь спектр геодезичних задач, забезпечує можливість перегляду, часткового редагування матеріалів зйомки і, загалом, швидкий доступ до просторової інформації яка міститься на приладі.



Рис. 2. Зображення 3D-моделі зі сканованих точок на екрані тахеометра Leica Nova MS60

MultiStation дозволяє виконувати обробку даних отриманих приладом в офісі з використанням відповідного програмного забезпечення.

Leica Infinity: зручний набір геопросторових офісних програм для управління, обробки, аналізу та перевірки якості даних отриманих на місцевості.

Leica GeoMoS: програмне забезпечення для автоматичного контролю деформацій споруд.

Leica Cyclone: програмне забезпечення для обробки хмарних точок.

Leica Cloudworx: плагіни, які дозволяють ефективно працювати з великими хмарами точок безпосередньо у вибраній системі обробки просторових даних.

Загалом цей тахеометр вже виходить за рамки поняття тахеометр, тому його й називають «MultiStation» бо функції, які він має і задачі, які він може виконувати в разі розширюють цей спектр у звичайних тахеометрів. Така можливість з'явилася завдяки наявності новітнього програмного забезпечення. Це програмне забезпечення дозволяє оптимізувати технічні аспекти, що мають геодезичні сканери з тахеометрами та поєднати їх, оптимізувавши під поставлені задачі.

GNSS приймач

Наступними аналізувався GNSS приймач Leica GS18 I (рис. 3). GS18 I дозволяє без використання трудомістких методів або додаткового обладнання для визначення недоступних точок. Ці точки завдяки інтеграції GNSS, IMU (інерціального вимірювального пристрою) і камери, можуть бути визначені за зображеннями, з використанням технології візуального позиціонування. Ця нова технологія дозволяє створювати координати точок місцевої, зняті з відстані камерою приладу, з точністю яка відповідає геодезичним стандартам.

Візуальне позиціонування дозволяє:

- визначати положення сотень точок;
- вимірювати недоступних точок, наприклад через річку, за воротами або в небезпечних районах;
- визначати точки зйомки в місцях із перешкодами сигналу (наприклад, під дахом, балконом або деревом);
- визначати точки вимірювання на фасаді будівлі (наприклад, кути вікна та висота даху);
- вимірювати додаткові точки без необхідності повторного відвідування об'єкту;
- генерувати хмар точок захоплених об'єктів;
- розрахунок обсягу запасів;
- захоплення зображень місцевості для точкових вимірювань.

Для вимірювання координат точок певного об'єкту, наприклад, парковки (рис. 4) необхідно з приладом пройти вздовж будівлі з камерою, спрямованою на цю будівлю, тоді як GS18 I автоматично робить знімки (рис. 4). GS18 I робить знімки зі швидкістю 2 Гц, забезпечуючи оптимальне покриття та геометрію зображення. Після припинення зйомки зображення автоматично обробляються алгоритмами, що працюють на Captivate. Зображення можна використовувати для вимірювання точок відразу після обробки захоплених зображень.

Під час зйомки GS18 I перевіряє, чи достатньо точними є положення та якість нахилу. Якщо ні, то зйомка автоматично зупиняється, але вже захоплені зображення обробляються. Крім того, GS18 I встановлює геометричний зв'язок між послідовними зображеннями, витягуючи із зображень елементи (відмінні точки).



Рис. 3. Зображення GNSS приймача Leica GS18 I



Рис. 4. Зображення послідовності визначення координат точок по знімкам на планшеті GNSS приймача Leica GS18 I

Captivate автоматично обробляє, позиціонує та орієнтує зроблені зображення, забезпечуючи контроль якості вже на місці. Немає необхідності збігати будь-які контрольні точки або лінії вручну, як це вимагається при використанні подібних технологій. Просто необхідно вибрати одну точку на зображенні, і алгоритм буде автоматично порівнювати цю точку на інших зображеннях. В результаті обчислюються 3D-координати вимірюваної точки та зберігаються в Captivate (рис. 5).

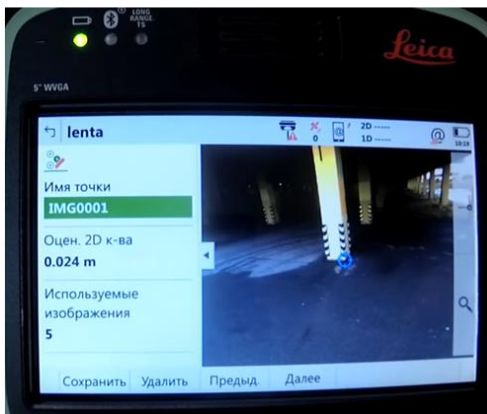
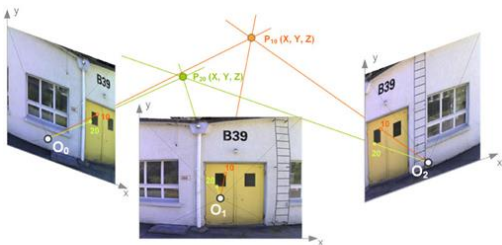


Рис. 5. Зображення визначення координат точок на планшеті GNSS приймача Leica GS18 I за допомогою вбудованого програмного забезпечення Captivate

З GS18 I точки не потрібно вибирати вручну на кожному зображенні, оскільки алгоритм виконує цю задачу самостійно. Коли вибрана точка відповідає послідовним зображенням, положення точки відновлюється за допомогою перетину вперед (рис. 5).

Висновки

У дослідженні використанні методи: спостереження – для ознайомлення з сучасним геодезичним обладнанням, абстрагування – для визначення концептуальних технічних особливостей сучасних електронних геодезичних приладів взявши за основу конкретні приклади, аналіз – для виявлення тенденцій розвитку сучасних електронних геодезичних приладів, вибірка – для вибору приладів, які будуть характеризувати свої категорії.

В роботі було проведений аналіз можливостей сучасних електронних приладів на прикладі тахеометра Leica Nova MS60 та GNSS приймача Leica GS18 I для визначення тенденцій та особливостей розвитку сучасних електронних геодезичних приладів.

Було виявлено, що на даний момент характерним в розвитку сучасного геодезичного обладнання є не збільшення точності вимірів, яка закриває всі потреби геодезії, а оптимізація робочого процесу з використанням цих приладів за рахунок розвитку технічної та програмної частини цих приладів. Наприклад, в тахеометрах – це розширення можливостей, автоматизація процесів геодезичних робіт. В GNSS приймачах – це збільшення об'єму зібраної інформації, зменшення впливу недоліків супутникового сигналу. Більша частина цього технічного розвитку забезпечило сучасне програмне забезпечення, наприклад в компанії Leica – це Captivate.

Тенденції розвитку іншого і подібного сучасного геодезичного обладнання також йдуть у цьому напрямку. Це твердження характеризується межами розвитку технічної частини геодезичного обладнання і значними можливостями розвитку в програмній частині.

Література

1. Анисенко О.В. Сучасні геодезичні прилади, їх значення і роль у геодезичних вимірюваннях / Анисенко О.В., Платонова К.А. // Інвестиції: практика та досвід. – 2019. – № 4. – С. 80–83. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2019.4.80>
2. Чибіряков В.К. Моделювання точності геодезичних спостережень при проведенні моніторингу стану магістральних газопроводів / Чибіряков В.К., Староверов В.С., Нікітенко К.О. // Інженерна геодезія. – 2019. – Вип. 67. – С. 22–34. DOI: <https://doi.org/10.32347/0130-6014.2019.67.22-34>
3. Кухтар Д.В. Геодезичний контроль надземних переходів магістральних газопроводів із застосуванням

електронних тахеометрів у безрефлекторному режимі вимірювання : дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Кухтар. – Львів, 2016. – 136 с.

4. Kovačiča B. *Analysis of Precision of Geodetic Instruments for Investigating Vertical Displacement of Structures* / Kovačiča B., Kamnika R., Pustovgarb A., Vatin N. // *Procedia Engineering*. – 2016. – Vol. 165. – pp. 906–917. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.800>

5. Mrówczyńska M. *Compression of results of geodetic displacement measurements using the PCA method and neural networks* / Mrówczyńska M., Sztubeckib J., Greinert A. // *Measurement*. – 2020. – Vol. 158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107693>

6. *Leica flexline TS02/TS06/TS09 User Manual*. – Leica Geosystems AG, 2012. – 310 p.

7. *Leica MS60/TS60 User Manual*. – Leica Geosystems AG, 2016. – 90 p.

8. *Leica GS10/GS15 User Manual*. – Leica Geosystems AG, 2015. – 158 p.

9. *Leica GS18 User Manual*. – Leica Geosystems AG, 2020. – 56 p.

References

1. Anysenko, O. and Platonova K. (2019) Modern surveying instruments, their importance and role in geodetic measurements. *Investytsiyyi: praktyka ta dosvid*, vol. 4, pp. 80–83. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2019.4.80>

2. Chibiriyakov, V., Staroverov, V., Nikitenko, K. (2019) Simulation of the accuracy of geodesic observations in the condition of monitoring of the state of main gas pipes. *Engineering geodesy*, 67, pp. 22–34. DOI: <https://doi.org/10.32347/0130-6014.2019.67.22-34>

3. Kukhtar, D.V. (2016) *Geodetic control for aerial gas pipeline crossing using total stations in DR mode*. (PhD Dissertation). Lviv Polytechnic National University, Ukraine.

4. Kovačiča, B., Kamnika, R., Pustovgarb, A., Vatin, N. (2016) Analysis of Precision of Geodetic Instruments for Investigating Vertical Displacement of Structures. *Procedia Engineering*, Vol. 165, pp. 906–917. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.800>

5. Mrówczyńska M., Sztubeckib J., Greinert A. (2020) Compression of results of geodetic displacement measurements using the PCA method and neural networks. *Measurement*, Vol. 158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107693>

6. *Leica flexline TS02/TS06/TS09 User Manual*. Leica Geosystems AG. 2012. 310 p.

7. *Leica MS60/TS60 User Manual* (2016) Leica Geosystems AG. 90 p.

8. *Leica GS10/GS15 User Manual* (2015) Leica Geosystems AG. 158 p.

9. *Leica GS18 User Manual* (2020) Leica Geosystems AG. 56 p.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Л. Литвинов, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: КУХАР Максим Анатолійович

кандидат технічних наук, старший викладач каф. земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail – maksimposhta@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8305-6269>

Автор: ДОБРОХОДОВА Ольга Валеріївна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інженерної геодезії, Харківський національний університет будівництва та архітектури

E-mail – helga_dov@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3143-9051>

Автор: ЄВДОКИМОВ Андрій Анатолійович

кандидат технічних наук, доцент каф. земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail – akim050776@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7538-8922>

Автор: МИРОНЕНКО Марія Леонідівна

асистент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail – mariamyronenko87@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0266-4463>

POSSIBILITIES OF MODERN ELECTRONIC GEODESIC EQUIPMENT AND TRENDS OF ITS DEVELOPMENT

M. Kukhar¹, O. Dobrokhodova², A. Evdokimov¹, M. Myronenko¹

¹O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

²Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Ukraine

In modern conditions, geodetic equipment is moving to a new level of development. Previously, the devices developed in the direction of developing accuracy. Now geodetic instruments provide sufficient accuracy to perform work in the field of geodesy.

In this regard, there is a need to optimize the workflow: increase the efficiency of information collection, the amount of information collected per unit time, increase the efficiency of standard tasks in geodesy. This need characterizes a new stage in the development of geodetic instruments.

The study uses methods: observation - to get acquainted with modern geodetic equipment, abstraction – to determine the conceptual technical features of modern electronic geodetic instruments (used specific examples), analysis – to identify trends in modern electronic surveying instruments, sampling – to select instruments to be characterize their categories.

The analysis of the capabilities of modern electronic devices on the example of the total station Leica Nova MS60 and GNSS receiver Leica GS18 I was carried out.

It was found that at the moment characteristic of the development of modern geodetic equipment is the optimization of the workflow using these devices through the development of hardware and software for these devices. For example, in total stations it is an expansion of opportunities, automation of processes of geodetic works. In GNSS receivers – this is an increase in the amount of information collected, reducing the impact of the shortcomings of the satellite signal. Much of this technical development has been provided by modern software, such as Captivate at Leica.

Trends in the development of other and similar modern geodetic equipment are also going in this direction. This statement is characterized by the limits of development of the technical part of the geodetic equipment and significant opportunities for development in the software part.

Keywords: *geodesy, instruments, total station, GNSS receiver, Leica Nova MS60, Leica GS18 I.*