

М.А. Кухар<sup>1</sup>, О.В. Доброходова<sup>2</sup>, А.А. Євдокімов<sup>1</sup>, М.Л. Мироненко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

<sup>2</sup>Харківський національний університет будівництва та архітектури, Україна

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИБАДІВ

У статті представлено аналіз сучасних геодезичних приладів. Порівнюються тахеометри та GNSS приймачі, різниця між датами релізу між якими не перевищує 8 років.

Ставиться задача визначення тенденцій розвитку сучасного геодезичного обладнання, яке використовується у будівельній та геодезичній практиці на даний час, з використанням конкретних приладів, що концептуально характеризують подібне обладнання.

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

**Ключові слова:** геодезія, прилади, тахеометр, GNSS приймач, Leica TS09 plus 1" R500, Leica Nova MS60 1", Leica Viva GS15, Leica GS18 I.

### Постановка проблеми

Сучасне геодезичне обладнання розвивається дуже стрімко. 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 сучасних геодезичних приладів на прикладі двох представників: тахеометрів та GNSS приймачів.

### Мета і задачі дослідження

Метою роботи є порівняльний аналіз сучасних геодезичних приладів на прикладі тахеометрів Leica TS09 plus 1" R500, Leica Nova MS60 1" та GNSS приймачів Leica Viva GS15, Leica GS18 I.

Об'єкт дослідження – порівняльний 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

Дана робота присвячена порівняльному аналізу сучасних електронних геодезичних приладів на базі конкретних приладів: тахеометрів та GNSS приймачів

Тахеометри – це геодезичні прилади, які володіють широкою сферою застосування. Вимірювальний інструмент, у якому конструктивно об'єднані електронний теодоліт, світлодалекомір і мікропроцесор із прикладним геодезичним програмним забезпеченням, призначений для вирішення багатьох будівельних і геодезичних задач.

В GNSS приймачах положення об'єкта обчислюється завдяки прийому та обробці сигналу

супутників космічного сегменту системи глобального позиціонування.

Для порівняння обрані прилади найбільш відомої та передової компанії з виробництва геодезичних приладів – Leica.

Для початку проведено порівняльний аналіз тахеометрів Leica TS09 plus 1" R500 та Leica Nova MS60 1" (рис. 1).

Перший тахеометр Leica TS09 plus 1" R500 – це представник стандартних тахеометрів, які мають високу точність та всі додаткові функції, які можуть знадобитись при геодезичних вишукуваннях. Ця серія тахеометрів була презентована в 2012 році. Короткий перелік можливостей цього приладу, які були передовими ще декілька років тому:



Рис. 1. Зображення тахеометрів Leica TS09 plus 1" R500 та Leica Nova MS60 1"

- наявність вбудованих програм, що дозволяють швидко проводити збір даних;
- врахування приладом точок зеніту, рефракцію, колімаційних помилок і автоматичне коректування вимірювань за цими даними;
- здатність приладу встановлюватися в рівну позицію завдяки лазерному наведенню і електронного рівня;
- можливість робити навіть похилу розмітку в 360° з високою точністю.

Другий тахеометр, остання модель якого презентована в 2020 році, характеризує технології останнього часу – Leica Nova MS60 1", перша в світі MultiStation, дозволяє виконувати всі геодезичні завдання за допомогою одного інструмента. Він виводить об'єднання датчиків на новий рівень за рахунок поєднання:

- можливості виконання тахеометрії найвищого класу;
- 3D-лазерне сканування, що дозволяє сканувати до 30 000 точок в секунду;
- можливість підключення до GNSS;
- цифрове зображення по координатам точок.

MS60 функціонує за допомогою вбудованого програмного забезпечення з простими у використанні додатками, які дозволяють вирішувати значний спектр геодезичних завдань, наприклад:

- моделі поверхонь в будівництві і гірничих роботах: відвали, поверхні для створення та перевірки цифрової моделі рельєфу, товщина матеріалу;
- аналіз складних конструкцій і об'єктів в рамках заводських, морських і комунальних об'єктів: контроль розмірів, стан робіт і ведення обліку;
- параметри будівель і споруд;
- фасади та історичні об'єкти: створення традиційних фасадна зйомка, 3D-моделі.
- традиційні топографічні зйомки: створення результатів за результатами польових робіт, таких як 2D-карти або 3D-моделі;
- моніторинг землі і споруд: вимірювання в реальному часі або періодичні вимірювання мостів, гребель, будівель і землі, льодового та сніжного покриву.

Для порівняння заздалегідь були взяті прилади, які мають схожу точність вимірювання кутів – 1" та відстаней – 1мм, яка забезпечує виконання геодезичних робіт високої точності, але характеризують зовсім різні етапи розвитку геодезичних технологій.

Перший тахеометр дозволяє виконувати абсолютно всі задачі, які можуть стати перед геодезистом, підвищує швидкість роботи за рахунок наявності вбудованих технологій з використанням USB та Bluetooth і, загалом, прилад сконструюваний

таким чином, що з ним дуже зручно працювати.

Другий тахеометр маючи за базу всі достатки першої моделі, має ряд додаткових функцій, які вже переходять за рамки функцій стандартного тахео-

метра, що дозволяє ще швидше та якісніше виконувати нестандартні задачі.

Наступними аналізувались GNSS приймачі компанії Leica: Leica Viva GS15 та Leica GS18 I (рис 2).



Рис. 2. Зображення GNSS приймача Leica Viva GS15 та Leica GS18 I

Перший приймач 2015 року представляє собою стандарт сучасних GNSS приймачів. З рядом функцій GPS комплекту Leica Viva GS15 можливе вирішення наступного ряду задач:

- винос в натуру будівельних об'єктів;
- вимірювання площі ділянок;
- проведення високоточних вимірювань при будівництві доріг і мостів;
- інженерні вишукування;
- топографічна зйомка території.

Другий GNSS приймачів Leica GS18 I був презентований в 2020 році та крім функцій, які представлені в попередній моделі має свої особливості.

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 в GS18 I. Ця нова технологія дозволяє створювати координати точок місцевості, зняті з відстані камерою приладу, з точністю яка відповідає геодезичним стандартам.

Для порівняння, як і в випадку тахеометрів, заздалегідь були взяті прилади, які мають схожу точність визначення координат точок 3–5мм. Але водночас маючи однакову початкову базу вони відрізняються.

Перший GNSS приймач дозволяє виконувати абсолютно всі задачі на виробництві, з відповідною точністю, з використанням стандартних методів.

Другий GNSS приймач, маючи за базу всі функції першої моделі, має додаткову функцію, яка характеризує сучасний шлях розвитку цих геодезичних приладів, а саме технологію візуального позиціонування.

## Висновки

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

В роботі було проведений порівняльний аналіз сучасних геодезичних приладів на прикладі тахеометрів Leica TS09 plus 1" R500, Leica Nova MS60 1" та GNSS приймачів GNSS Leica GS08Plus, Leica GS18 I для визначення тенденцій розвитку сучасних електронних геодезичних приладів.

Таким, чином з цього аналізу випливає певна закономірність. Вона полягає в тому, що вже відсутня гонка за точністю приладів – сучасні прилади мають дуже високу точність. А також прослідковується нова тенденція технологічного розвитку геодезичних приладів у напрямку збільшення функціональності та автоматизації.

## 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. *Investytsiyi: praktyka ta dosvid*, vol. 4, pp. 80–83. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2019.4.80>
2. Chibiryakov, 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>

## COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN ELECTRONIC GEODESIC DEVICES

M. Kukhar<sup>1</sup>, O. Dobrokhodova<sup>2</sup>, A. Evdokimov<sup>1</sup>, M. Myronenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup>Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Ukraine

*Modern geodetic equipment is developing very rapidly. There is a growing need for modern surveying instruments with modern electronics. These devices differ not only in model number, but also in fundamentally new technological solutions.*

*The latest software is used in the devices themselves and in the processing of geospatial data. It provides more*

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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:mariamyronenko87@gmail.com)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0266-4463>

*opportunities to automate the process of creating terrain models and the implementation of non-standard geodetic tasks.*

*Therefore, now characteristic of the development of modern geodetic equipment is not to increase the accuracy of measurements, but to optimize the workflow using these devices. This is achieved through the development of hardware and software of these devices.*

*This work is devoted to the comparative analysis of modern electronic geodetic instruments on the basis of specific instruments: total stations and GNSS receivers.*

*The study uses methods: observation - to get acquainted with modern surveying equipment, comparison - to determine the technical features of modern electronic surveying instruments, analysis - to identify trends in modern electronic surveying instruments, sampling - to select instruments that will characterize their categories.*

*A comparative analysis of modern geodetic instruments on the example of total stations Leica TS09 plus 1 "R500, Leica Nova MS60 1" and GNSS receivers GNSS Leica GS08Plus, Leica GS18 I was carried out to determine trends in modern electronic geodetic instruments.*

*Thus, from this analysis follows a certain pattern. It is that there is no race for the accuracy of instruments - modern instruments have a very high accuracy. There is also a new trend in the technological development of geodetic instruments in the direction of increasing functionality and automation.*

**Keywords:** *analysis, geodesy, instruments, total station, GNSS receiver, Leica TS09 plus 1" R500, Leica Nova MS60 1", GNSS receiver, Leica Viva GS15, Leica GS18 I.*