

УДК 528.48

І. ТРЕВОГО<sup>1</sup>, В. КОВТУН<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут геодезії, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна, 79013, тел. +380322-58-27-19, e-mail: itrevoho@gmail.com

<sup>2</sup> ПАТ “Київметробуд” Державної корпорації “Укрметротунельбуд”, вул. Каблукова, 4, Київ, Україна, 03065, тел.+38044-592-14-00, e-mail: ukrgeoinstrument@gmail.com

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ З “GYROMAXТМАК 2М” ДЛЯ АВТОНОМНОГО ОРІЄНТУВАННЯ У ПРОСТОРІ

Розглянуто особливості й переваги використання технологій орієнтування у просторі з використанням гіроосадка GYROMAXТМАК 2М в різних сферах діяльності, у тому числі і військовій, без використання GNSS.

*Ключові слова:* гіроскопічний прилад, орієнтування, електронний тахеометр, точність орієнтування.

Актуальність роботи. Розроблення й застосування у військовій справі, геодезії та маркшейдерії та інших напрямках методів орієнтування були б неможливі без створення гіроскопічних приладів, що відповідають вимогам сучасного виробництва.

Понад 20 років компанія “GeoMessTechnik Heger” (“GMT Heger”) здійснює розроблення, випускає і обслуговує гіроскопічні прилади для світових партнерів та надає інженерний сервіс гіроскопічних вимірювань з високою точністю. Штаб-квартира компанії розміщена в м. Нойбранденбург, Німеччина, приблизно за 110 км на північ від столиці Німеччини м. Берліна.

Сучасний гіроскопічний прилад – складний оптико-електронний механізм, для його створення потрібні були декілька десятиліть роботи.

Під час вирішення проблем, що виникають переважно у військовій справі під час визначення азимутального напрямку без використання GNSS-технологій, гіроскопічні прилади посідають окреме місце. Передусім необхідно розробити математичну модель розрахунку точності вимірювань, методику виконання вимірювань та технічні засоби для орієнтування. Для вирішення цих завдань насамперед потрібно виконати аналіз та дослідження застосування відомих гіроскопічних технологій з урахуванням використання сучасних вимірювальних приладів.

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження сучасних технологій визначення азимутальних напрямків геодезичних мереж на прикладі розробки німецьких колег компанії “GMT Heger” на основі гіроскопічних насадок “Gyromax”, сумісних із сучасними електронними тахеометрами.

Аналіз сучасного стану проблеми

Сьогодні технології “Gyromax” застосовують у науковій сфері, в університетах, у метрологічних, військових установах, гірничодобувній промисловості, метро- та тунелебудуванні, дослідженні історичних об’єктів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Найвідомішим продуктом компанії “GMT Heger” є “Gyromax™ AK-2М” (рис. 1), гіроскопічна насадка для вимірювання напрямку точністю 20 кутових секунд (6 mgon). Час вимірювання – до 25 хвилин. Модель “Gyromax™ AK-2М-пТ” оновлена. Нині компанія “GMT Heger” розробляє новий автоматичний гіроскопічний прилад, призначений для вимірювання з точністю 6–10 кутових секунд.



Рис. 1. Гіроскопічний прилад “Gyromax™ AK-2М”

Більшість спеціалізованих європейських університетів використовують вимірювальну систему “Гугомах” для навчання та наукових досліджень, зокрема університети Люксембургу, Штутгартський університет, Університет в Йоганнесбурзі, Фрайберзький університет та інші.

Також прилад адаптований для орієнтації в підземних шахтах під час видобування вугілля, золота, платини, на мідних рудниках у Північній Африці, використовувався в багатьох інших сферах.

Концептуально “Гугомах™ АК-2М” почали використовувати набагато раніше, ніж дуже популярні моделі GAK фірми “Wild” – прародича фірми “Leica”. Всесвітньо відому заміну цього обладнання здійснила компанія “GMT Heger”. Можливе адаптування і для електронних тахеометрів “Leica/Geomax/Torcon / Trimble/Zeiss”. Існує також багато таких адаптацій за необхідністю для різних установ та потреб.

#### Технічні характеристики “Гугомах™ АК-2М”:

Точність	20"
тривалість вимірювання	пуск 15 хв
живлення	24 В
вага	гіронасадка 3,6 кг батарея 5,5 кг
габарити, розміри	540×340×230 мм (у кейсі для транспортування)

Адаптоване до ПК програмне забезпечення Гугомах Control використовується для автоматизації та спрощення вимірювання, забезпечує розрахунок і програмне забезпечення для запису.

Електронний тахеометр можна підключати за допомогою кабелю або через Bluetooth. За допомогою комп'ютера або КПК автоматично виконуються вимірювання, всі поправки враховуються під час визначення напрямку.

На території України гіроскопічна насадка “Гугомах АК-2М” з 2008 р. використовувалась для орієнтації тунелів метрополітену та будівництва комунікаційних та транспортних тунелів і гідротехнічних споруд, для робіт зі збереження національно-культурної спадщини України, а також для практичних, наукових та дослідницьких цілей на території Крив-

басу, навчально-практичних завдань навчальних закладів Києва, Львова, Чернігова тощо.

У 2015, 2016 рр. обладнання “Гугомах” було використано в Грузії та Вірменії, зокрема для військових цілей, тому що деякі спеціалісти схильні вважати, що GPS може відмовити у роботі під час військових дій або США, як оператор глобальної навігаційної системи, може значно обмежити використання сигналів. За допомогою гіроскопічних приладів “Гугомах” інженери і військові повинні правильно зорієнтувати у просторі та своєчасно задавати напрямки з необхідною точністю без використання GNSS.

Висновки. Гіроскопічні насадки в комплексі із сучасним електронним тахеометром є багатостороннім інструментом, сфери їх використання різноманітні. Технології “Гугомах” для визначення азимутальних напрямів у просторі можна використовувати не тільки в тунелях метрополітену, транспортних тунелях, але й в інших галузях, зокрема у військовій, без застосування GNSS.

#### Література

- Білоус М. В., Ковтун В. Я., Марчук С. В., Рошин О. Д., Тревого І. С. (2009). Застосування нової гіроскопічної насадки Гугомах АК-2М фірми GMT для виконання орієнтування в підземних умовах. Сучасні досягнення геодезичної науки і техніки. (I), С. 141–143.
- Кемниц Ю. В. (1967). Теория ошибок измерений. М.: Недра, 178 с.
- Споруди транспорту. Метрополітени: ДБН В.2.3-7-2010. [Чинний від 2011-10-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2010.
- Ingensand H., Ryf A., Stengele R. (1997). The Gotthard Base Tunnel – a challenge for geodesy and geotechnics / H. Ingensand, Paper to FIG-Symposium “Surveying of Large Bridge and Tunnel Projects”, Copenhagen, Denmark, 2–5 June 1997. P. 23–32.
- Сайт гео-приладів. URL: [http://ugm.com.ua/index.php?dispatch=categories.view&category\\_id=260](http://ugm.com.ua/index.php?dispatch=categories.view&category_id=260)

I. TREVOHO<sup>1</sup>, V. KOVTUN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Geodezy, Lviv Polytechnic National University, 12, S, Bandery str., Lviv, Ukraine, 79013, e-mail: itrevoho@gmail.com

<sup>2</sup> PAT “Kyivmetrobud” State Corporation “Ukrmetrotunnelstroy”, 4, Kablukova street, Kiev, Ukraine, 03065, phone + 38044-592-14-00, e-mail: ukrgeoinstrument@gmail.com

#### APPLICATION OF EFFICIENT TECHNOLOGIES WITH GYROMAXTMAK 2M FOR AUTONOMOUS ORIENTATION IN SPACE

The features and advantages of technologies application for orientation in space using the gyroscope GYROMAXTMAK 2M in various fields of activity, including military, without use of GNSS was considering.

Key words: gyroscopic instrument, orientation, total station, orientation accuracy.