

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД НА ДНІПРОВСЬКИХ СХИЛАХ У м. КИЄВІ

**В. Ковтун**

*Дочірнє підприємство “Укргеодезмарк” ПАТ “Київметробуд” Державної корпорації “Укрметротунельбуд”,  
Київ, Україна*

**Р. Шульц**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна*

**В. Сидоренко**

*Криворізький національний університет, Кривий Ріг, Україна*

**О. Бойко**

*Національний авіаційний університет, Київ, Україна*

**Ключові слова:** штольня, збійка, геодезична мережа, електронний тахеометр, нівелір, похибка.

**Актуальність роботи** Будівництво протизсувних споруд на схилах правого берега Дніпра було розпочато ще 1685 р., коли архімандрит Печерського монастиря закликав генерала Гардона вжити упереджувальних заходів, аби вберегтися від “обвала холма, на якому стоїть церква”.

За останніх триста років на дніпровських схилах збудували чимало захисних споруд: підпірні стіни, дренажні галереї та підземні штольні. І все – аби уникнути зсувів ґрунтів. Однак через їх постійне старіння, величезне перенавантаження пагорбів транспортом і забудовою, різке підвищення рівня ґрунтових вод виникає потреба у створенні нових та реконструкції наявних дренажних споруд.

Серед проблем, що виникають під час знімання та будівництва підземних споруд, проблема підземної геодезично-маркшейдерської основи посідає окреме місце. Розв’язання потребують насамперед такі задачі: розроблення математичної моделі розрахунку точності вимірювань, розроблення методики виконання вимірювань та розроблення технічних засобів для орієнтування. Для вирішення цих завдань передусім необхідно виконати аналіз та порівняльне дослідження наявних методів створення підземної маркшейдерської основи з урахуванням використання сучасних вимірювальних засобів.

**Мета дослідження** Метою цієї роботи є дослідження сучасних методів визначення координат,

відміток, дирекційних кутів геодезичних мереж на прикладі мережі на денній поверхні та в підземних штольнях і розроблення рекомендацій щодо використання сучасних методів побудови підземних геодезично-маркшейдерських мереж.

**Аналіз сучасного стану досліджуваної проблеми.** З часу початку будівництва підземних споруд розроблено цілу низку методів вимірювання геодезичних мереж під землею. Традиційно методи орієнтування одночасно є і методами передавання координат, дирекційного кута до сторони підземної геодезичної мережі. Серед сучасних методів, що використовуються для передавання координат, дирекційного кута, є метод, оснований на використанні лазерних приладів вертикального проектування та сучасних вимірювальних приладів, гіронасадок.

### **Виклад основного матеріалу дослідження**

Виконано комплекс робіт зі створення планово-висотного геодезичного обґрунтування на денній поверхні та в підземних виробках для спорудження штолень. Методику виконання польових вимірювань за окремими видами робіт зі створення планово-висотного обґрунтування на поверхні та в підземних штольневих системах (рис. 1) наведено у відповідних розділах роботи.

Для створення планового обґрунтування на денній поверхні було прокладено хід підхідної полігонометрії у вигляді замкнутого полігона навколо об’єкта робіт. Для забезпечення єдиної

системи координат вихідними були прийняті пункти планового обґрунтування, створеного для виконавчого знімання дренажно-штовельних систем: ОЦ-1, ОЦ-2, ОЦ-3, ОЦ-4, ОЦ-5, ОЦ-6, 4174вр. У місцях втрати видимості, безпосередньо поблизу наявних пунктів, закладено дублювальні пункти з індексом “bis”. Пункти планового обґрунтування закріплено в асфальті тротуару сталевими дюбелями або залізничними костиллями з отвором діаметром 2 мм та складено абрис прив’язок до місцевих предметів.

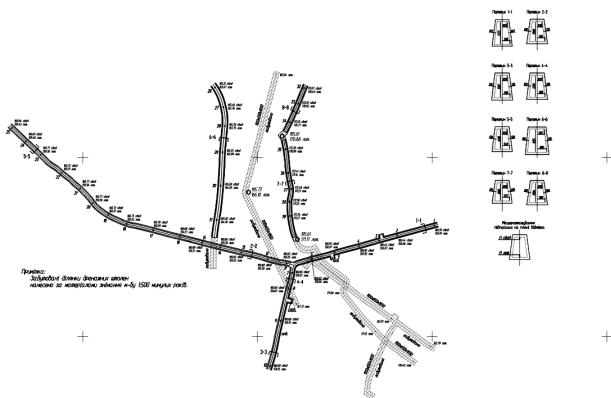


Рис. 1. Підземні штовельні системи

Вимірювання виконано у сприятливих погодних умовах, які забезпечили мінімальні вертикальну і бокову рефракцію та коливання зображень. Перед початком, а, в разі потреби, і під час вимірювань виконувались всі передбачені нормативними документами перевірки та юстування геодезичних приладів, за методиками відповідно до інструкцій приладів.

Вимірювання на пунктах полігонометрії виконано за триштативною системою, способом кругових прийомів на вузлових пунктах та методом напівприймів на пунктах з двома напрямками. Спостереження проведено трьома прийомами з використанням електронних тахеометрів GPT 6001C, TOPCON GTS 722, (Японія).

Технічні характеристики електронного тахеометра GPT-6001C (кутова складова):

- середня квадратична похибка вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів одним прийомом 1;
- двовісний електронний компенсатор (точність встановлення) 1;
- збільшення зорової труби 30х;
- вага 6,0 кг.

Під час вимірювання горизонтальних кутів дотримано такі основні допуски:

- розбіжність відліків на початковий напрямок – не більше ніж 8’;

– різниця у значенні кутів, отриманих з різних прийомів:

- якщо сторона понад 40 м – не більше ніж 10’;
- якщо сторона до 40 м – не більше ніж 15’.

Центрування на пунктах полігонометрії приладів та відбивачів з візирними марками виконувалося вбудованими оптичними лотопаратами з точністю  $\pm 0,8$  мм. Всі обчислення в польових журналах виконано в дві руки. За матеріалами вимірювань складено схему вимірюваних горизонтальних кутів та ліній.

Допустима кутова нев’язка  $f\beta$  в ході розрахована за формулою:

$$f\beta = m\beta \times \sqrt{n},$$

де  $m\beta$  – середня квадратична помилка виміру кута;  $n$  – кількість вимірюваних кутів у ході.

Вимірювання довжин сторін у ходах підхідної полігонометрії виконано спільно з кутовими вимірюваннями, двічі – кожного разу в прямому й зворотному напрямках за допомогою електронних тахеометрів TOPCON GTS 722, GPT 6001C.

Технічні характеристики електронного тахеометра TOPCON GTS 722– лінійна складова:

- СКП вимірювання довжин 2 мм + 2 ppm;
- діапазон вимірювання довжин ліній:
- 1 призма 0–3500 м;
- точність індикації 0,2 мм.

Безпосередньо під час вимірювання у довжини ліній введено поправки за компарування приладу, за температуру повітря та атмосферний тиск, за перевищення кінців лінії. Найбільша довжина лінії в ході підхідної полігонометрії – 227,8 м, найменша – 40,5 м, середня – 117,4 м (рис. 2).

Замкнений полігон підхідної полігонометрії врівноважено методом найменших квадратів (корелатний спосіб) із застосуванням програми “Інвент-Град” та “RGS v6.0” – ГП “Румб”.

У результаті врівноваження отримано поправки у виміряні горизонтальні кути та сторони ходу. За величинами нев’язок у ході виконано оцінювання точності вимірювань. Підхідну полігонометрію на денній поверхні, за показниками, що характеризують якість її побудови, можна прийняти за планову геодезичну основу для збійки штовель зі стволем. Координати пунктів планового обґрунтування на поверхні подано у відповідному каталогу.

Для створення висотного обґрунтування на денній поверхні прокладено хід нівелювання III класу по пунктах полігонометрії методом тригонометричного нівелювання. Як вихідні проконтрольовано та прийнято пункти висотного обґрунтування, створеного для виконавчого знімання дренажно-штовельних систем: ОЦ-1, ОЦ-2, ОЦ-3, ОЦ-4, ОЦ-5. Вимірювання

перевищень у ходах нівелювання виконано спільно із вимірюванням довжин сторін полігонометрії двічі – кожного разу в прямому й зворотному напрямках за допомогою електронного тахеометра GPT 6001C, технічну характеристику якого наведено вище. Визначення висот приладу та відбивача виконували сталевую рулеткою. Усі вимірювання виконано з дотриманням вимог та допусків “Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов”.

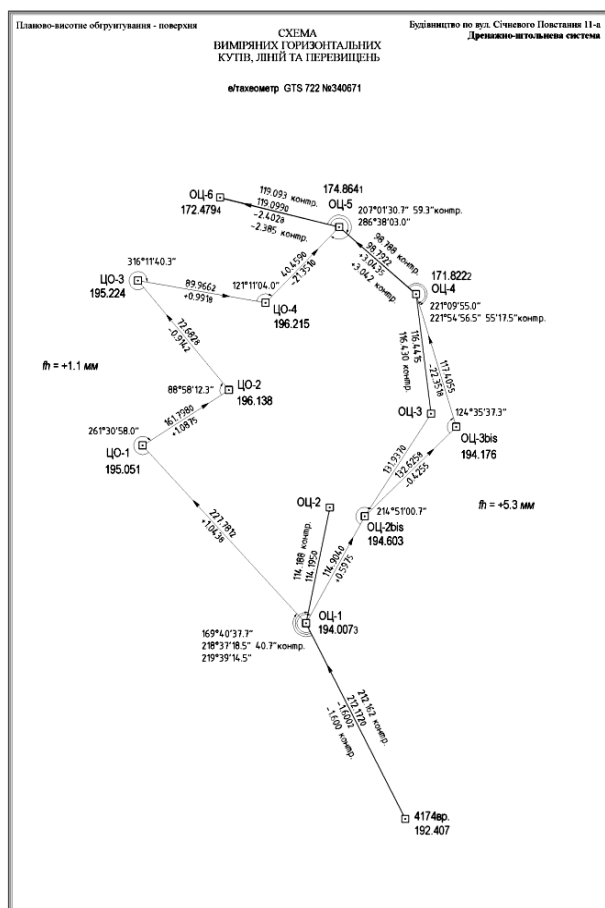


Рис. 2. Схема обґрунтування

Висотні репери, розташовані поблизу ствола т 50, т 51, були визначені в єдиній системі висот та використані під час передавання відмітки на пункти підземного висотного обґрунтування.

Результати польових вимірювань оброблено в дві руки. Після закінчення опрацювання польових матеріалів складено схему ходу нівелювання III класу по пунктах підхідної полігонометрії із зазначенням на ній величин перевищень.

Допустиму нев'язку ходів  $f_h$  обчислено за формулою:

$$f_h = \pm 0,04 * \Sigma \sqrt{N},$$

де  $N$  – кількість ліній в ході;  $\Sigma$  – середня довжина ліній в ході.

Недопустимі нев'язки в ходах відсутні.

Врівноваження ходів нівелювання III класу по пунктах підхідної полігонометрії виконано із застосуванням програми “RGS v6.0”.

### Передавання координат та відміток у штольні

З метою забезпечення штольні планово-висотною підземною маркшейдерською основою, з поверхні, через колодязі штольневих систем № 18, № 27, № 56 та наново побудований ствол, розташований на території будівельного майданчика, безпосередньо з пунктів планово-висотного обґрунтування ОЦ-2bis, ОЦ-3, ОЦ-4, ОЦ-5, ОЦ-6, ЦО-2, ЦО-3 здійснено передавання координат та відміток.

Передавання координат у підземні виробки штольневих систем № 18, № 27, № 56 здійснено за допомогою лазерних приладів через два колодязі в кожній із систем та із прокладанням полігонометричного ходу між висками в штольні. Передавання координат у ствол, розташований на території будівельного майданчика, здійснено за допомогою лазерного приладу вертикального проєціювання FOIF JC 100.

Кутові та лінійні вимірювання проводилися одночасно у штольні та на поверхні з пунктів полігонометрії. Вимірювання кутів та ліній проведено як середнє з відліків на крайні положення лазера.

Вимірювання горизонтальних кутів та ліній на поверхні виконано електронним тахеометром GPT 6001C, технічну характеристику якого наведено вище, а в штольні електронним тахеометром GPT-3005N. У виміряні лінії внесено всі необхідні поправки.

Всі врівноваження, пов'язані з передаванням координат у штольню, виконано із застосуванням програм “Інвент-Град” та “RGS v6.0”.

Передавання висот виконано з використанням стометрової сталеві компарованої рулетки, обтяжено вантажем вагою близько 10 кг, із синхронним нівелюванням на поверхні та в штольні через два колодязі в кожній із систем та із проходженням нівелірного ходу між двома положеннями рулетки в штольні. Нівелювання на поверхні здійснено нівеліром АТ G7 та шкаловою рейкою, в штольні електронним тахеометром GPT-3005N (під час передавання відмітки в штольні) та нівеліром С32 (Sokkia) (у разі передавання відмітки в ствол).

Кожне передавання здійснено за двох горизонтів приладів, у виміряні перевищення введено поправки за компарування рулетки та за коефіцієнт температурного розширення.

За результатами польових робіт та первинної обробки матеріалів складено схеми вимірювань (рис. 3).

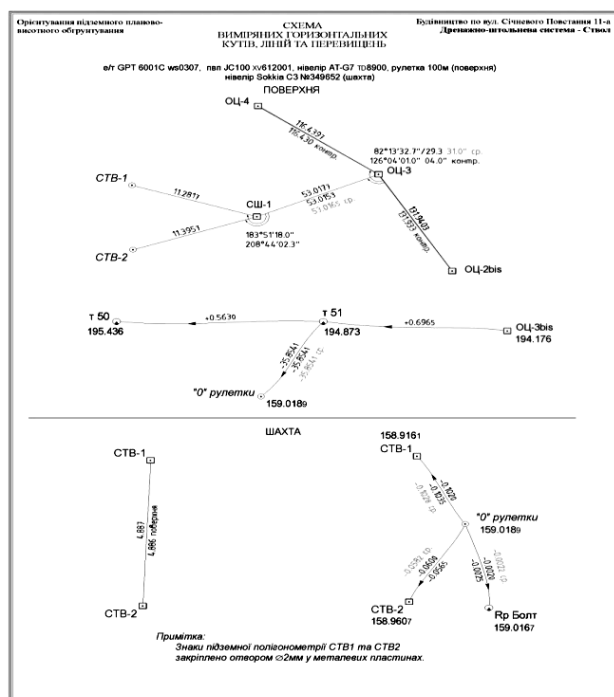


Рис. 3. Схема вимірювань

### Підземне планово-висотне обґрунтування

Для забезпечення ведення маркшейдерських та прохідницьких робіт штольневих систем № 18, № 27, № 56 прокладено ходи підземної полігонометрії та нівелювання.

Ходи підземної полігонометрії прокладено від точок полігонометрії, на які безпосередньо виконано передавання координат з поверхні.

На початку, а також під час вимірювань виконувались передбачені перевірки та необхідні юстування приладів.

Кутові та лінійні вимірювання проведено електронним тахеометром GPT-3005N. Ходи по пунктах підземної полігонометрії прокладено за триштановою системою з позacentровим встановленням інструмента та відбивачів на точках.

У кінці полігонометричних ходів у призабутованих ділянках дренажно-штольневих систем № 18, № 27, № 56 визначено та закріплено по три пункти планово-висотного обґрунтування в кожній із систем. Пункти закріплено сталевими дюбелями в зводі оброблення штольневих систем та пофарбовано червоною фарбою. Носієм координат та відмітки на пунктах планово-висотного обґрунтування у дренажно-штольневих системах № 18, № 27, № 56 є центр верхньої головки сталевого дюбеля, який виступає нижче зводу оброблення штольневих систем на 10–20 мм. Носієм координат та відмітки на пунктах планово-висотного обґрунтування у стволі є отвори діаметром 2 мм у металевих пластинах, закріплені внизу на обробленні ствола. Горизонтальні кути виміряні двома прийомами, лінії між тимчасовими

точками – по два прийоми у прямому та зворотному напрямках, а на пункти полігонометрії – в один бік двома прийомами. Безпосередньо під час вимірювання у виміряні довжини ліній введено поправки за компарування приладу, за температуру повітря та атмосферний тиск, за перевищення кінців лінії.

Усі результати польових вимірювань оброблено у дві руки. Після закінчення опрацювання польових матеріалів складено схеми ходів підземної полігонометрії з вказанням на ній значень горизонтальних кутів та довжин сторін.

Вихідними для врівноваження ходів підземної полігонометрії як вільних прийнято точки підземної полігонометрії, на які передано координати з поверхні.

Для створення висотного обґрунтування в штольні було прокладено ходи з точністю нівелювання III класу по пунктах полігонометрії методом тригонометричного нівелювання.

Вимірювання перевищень у ходах нівелювання виконано спільно з вимірюванням довжин сторін полігонометрії двічі – кожного разу в прямому й зворотному напрямках за допомогою електронного тахеометра GPT-3005N. Усі вимірювання виконано із дотриманням вимог та допусків. Під час передавання відмітки в ствол, розташований на території будівельного майданчика, окрім пунктів СТВ-1 та СТВ-2, була передана відмітка на Рр Болт, розташований в обробці ствола, поблизу пункту СТВ-2, та пофарбований червоною фарбою.

Результати польових вимірювань оброблено в дві руки. Після закінчення опрацювання польових матеріалів складено схему ходів нівелювання III класу по пунктах підземної полігонометрії із зазначенням на ній величин перевищень та врівноважених відміток. Координати та відмітки пунктів планово-висотного обґрунтування подано замовнику робіт у відповідному каталозі.

З метою визначення положення штолень у місцях розміщення пунктів підземного обґрунтування здійснено планово-висотне знімання обробки штольневих систем № 18, № 27, № 56, за допомогою лінійних промірів від закріплених пунктів підземного планово-висотного обґрунтування по перерізах у місцях розташування пунктів обґрунтування, на рівній відстані між ними та безпосередньо в місцях забуток.

Після закінчення опрацювання польових матеріалів складено схеми із вказанням на них значень лінійних промірів по перерізах обробки штольневих систем.

### Висновки

Створене планово-висотне геодезично-маркшейдерське обґрунтування для спорудження підземних штолень відповідає нормативним вимогам та забезпе-

чує як винесення проекту комплексу споруд у натуру, так і необхідну точність під час подальших прохідницьких робіт.

Створене планово-висотне геодезичне обґрунтування на поверхні та під землею становить єдину систему координат та висот і збігається із системою координат і висот, в якій виконано знімання дренажно-штольневих систем. Використання сучасних геодезично-маркшейдерських технологій забезпечує ефективність їх застосування, високу точність і економічну вигоду.

### Література

1. Афанасьев В. Г. Геодезия и маркшейдерское дело в транспортном строительстве / В. Г. Афанасьев, А. В. Муравьев. – М.: Недра, 1987. – 440 с.
2. Ковтун В. Я. Застосування нової гіроскопічної насадки GYROMAX АК-2М фірми GMT для виконання орієнтування в підземних умовах / М. В. Білоус, В. Я. Ковтун, С. В. Марчук, О. Д. Рошин, І. С. Тревого // Сучасні досягнення геодезичної науки і техніки. – 2009 (I). – С. 141–143.
3. Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей: ВСН 160-69 [Дата введения 1970-04-01]. – М.: Минтрансстрой, 1970.
4. Геодезия в тоннелестроении / А. Н. Баранов, К. И. Егупов, Е. И. Зельцер [и др.] Ч. I и II. – М.: Геодезиздат, 1952. – 503 с.; 1953. – 492 с.
5. Споруди транспорту. Метрополітени: ДБН В.2.3-7-2010. – [Чинний від 2011-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010.
6. Дейнека Ю. П. Геодезичні роботи в тунелебудуванні / Ю. П. Дейнека. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 1999. – 220 с.
7. Кемниц Ю. В. Теория ошибок измерений / Ю. В. Кемниц. – М.: Недра, 1967. – 178 с.
8. Ingensand H. The Gotthard Base Tunnel – a challenge for geodesy and geotechnics /

H. Ingensand, A. Ryf, R. Stengele // Paper to FIG-Symposium “Surveying of Large Bridge and Tunnel Projects”, Copenhagen, Denmark, 2–5 June 1997. – P. 23–32.

9. Neuhierl T. How to Transfer Geodetic Network Orientation through Deep Vertical Shafts – An Inertial Approach / T. Neuhierl, K. Schnädelbach, T. A. Wunderlich, H. Ingensand, A. Ryf / XXIII FIG Congress Munich, Germany, October 8–13, 2006. – 12 p.

### **Застосування ефективних геодезичних технологій для визначення положення підземних споруд на дніпровських схилах у м. Києві**

В. Ковтун, Р. Шульц, В. Сидоренко, О. Бойко

Виконано дослідження сучасних методів геодезично-маркшейдерських робіт зі створення планово-висотного обґрунтування для підземних дренажно-штольневих споруд.

### **Применение эффективных геодезических технологий для определения положения подземных сооружений на днепровских склонах в г. Киеве**

В. Ковтун, Р. Шульц, В. Сидоренко, О. Бойко

Выполнено исследование современных методов геодезически-маркшейдерских работ по созданию планово-высотного обоснования для подземных дренажно-штольневых сооружений.

### **The usage of effective geodetic technologies definition position of underground facilities on the dneiper slopes in Kyiv**

V. Kovtun, R. Schultz, V. Sidorenko, O. Boyko

This article has explored modern methods of geodetic surveying works for development planning-high justification for underground drainage-adit facilities.



# InterDrone

The International Drone Conference and Exposition  
September 6-8, 2017 • Rio Hotel - Las Vegas, NV