

## ТУНЕЛЬНА ТРІАНГУЛЯЦІЯ ПРИ БУДІВНИЦТВІ МЕТРОПОЛІТЕНУ У М. ДНІПРО

*НТУ «Дніпровська політехніка»*

**Сімонов В.Є.**

**Науковий керівник: к.т.н., доц. Бруй Г.В.**

Для забезпечення будівництва метрополітенів створюється мережа тунельної тріангуляції. В якості вихідних пунктів для тунельної тріангуляції використовуються пункти міської тріангуляції, які зручно розташовані. Перед початком проектування мереж виконується обстеження існуючих пунктів міської тріангуляції. Предметом обстеження є стан центрів пунктів, майданчиків для спостережень, наявність підходів до пунктів і видимості на суміжні пункти тріангуляції. Одночасно з рекогносцировкою тріангуляційних мереж відмічають будівлі в напрямку розвитку майбутньої мережі, що є придатними для спорудження на них нових пунктів тунельної тріангуляції. В результаті таких робіт складається план мережі та перелік будівельних робіт з обладнання нових тріангуляційних пунктів, майданчиків для спостережень і підходів до них. Особливістю даного виду робіт є те, що необхідно передбачити подальші види робіт з орієнтування підземних виробок через стволи, бо передача дирекційного кута є особливо відповідальним завданням.

Коли визначено остаточну схему тріангуляції, з урахуванням вихідних пунктів міської тріангуляції і тих пунктів, що плануються до вставлення, необхідно розрахувати очікувану точність координат і дирекційних кутів для найбільш слабких сторін мережі.

Вимоги до тунельної тріангуляції наведено у ДБН В.2.3-7-2010. Споруди транспорту. Метрополітен [1]. та Інструкції з геодезичних і маркшейдерських робіт при будівництві транспортних тунелів [2]. Остання є досить застаріла в часі, але альтернативи досі немає. Тому в частині виконання маркшейдерсько-геодезичних робіт при спорудженні тунелів користуються саме нею.

Допустима величина похибки положення кінцевих пунктів розраховується за формулою для мережі тріангуляції при наступному згущенні мережі ходами основної полігонометрії [2]:

$$M = \pm 0.3 \Delta \sqrt{\frac{L}{l}}$$

Величина допустимого відхилення робочої осі тунелю від кінцевої осі [1, 3] складає 100 мм;

Допустима похибка має бути не більше:

$$M_{\text{доп}} = \pm 0,3 \cdot 100 \cdot \sqrt{\frac{4,2}{1,1}} = \pm 58,6 \text{ мм};$$

Звичайно, мережа тунельної тріангуляції для ділянки метрополітену, що будується вже побудована. Виконавець – ДП «Укргеодезмарк» ПАТ «Київметробуд», яким розроблено технічний звіт [5] у 2017 р.

Згідно матеріалів звіту побудова мережі тунельної тріангуляції

виконувалась у відповідності до [1-4], з дотриманням наступних вимог:  
 клас триангуляції – III-I;  
 середня квадратична похибка виміряного кута -  $\pm 1,5''$ ;  
 лінійні вимірювання виконувати світлодалекомірами зі внесенням атмосферних та інших необхідних поправок;  
 довжина сторін триангуляції від 1,5 до 5 км;  
 допустима нев'язка трикутника  $\pm 6,0''$ ;  
 відносна похибка вимірювання довжини базису – 1:400000.

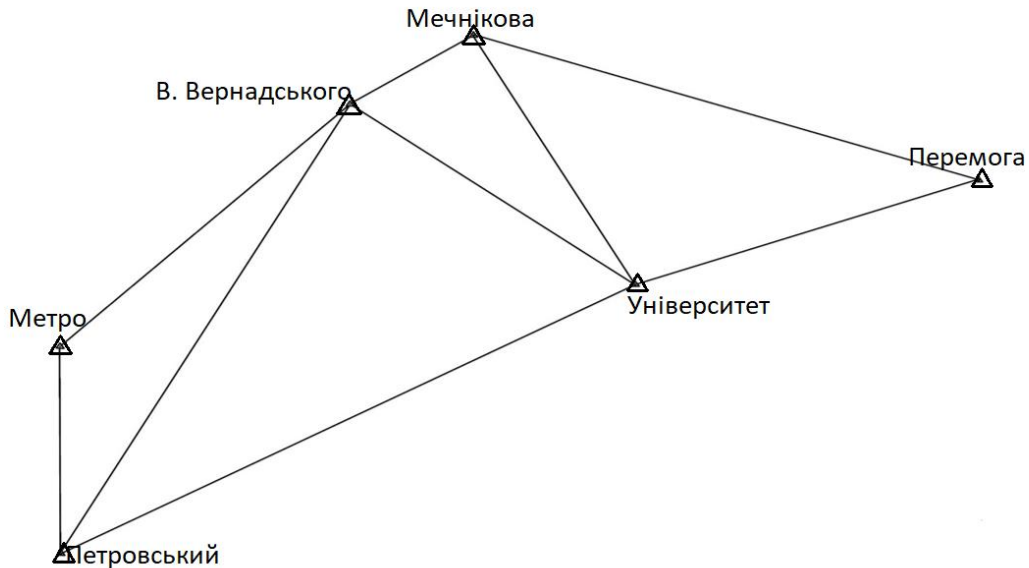


Рис. 1 – Схема мережі тунельної триангуляції для будівництва метрополітену м. Дніпро

Всі зазначені пункти мають типовий спосіб закріплення турами, викладеними з цегли та споряджені зйомними візирними циліндрами Шишкіна.

Доступ до всіх пунктів для пересічних громадян обмежений.

Проте, фактично замість триангуляції можливо було б виконати координування пунктів за допомогою GPS, що не суперечить постанові [6].

Для GPS-спостережень за вихідні пункти прийняті: «Метро», «Університет», «Перемога» та постійно діючі базові станції мережі TNT-TPI GNSS Network.

Для створення планової мережі пропонується використовувати супутникову навігаційну систему із застосуванням двохчастотних GPS-приймачів Topcon GB-1000 з двохчастотними GPS-антенами PG-A1, які вимірюють псевдовіддалі до супутників фазовим методом.

Точність позиціонування приладом Topcon GB-1000 в плані в режимі «статика» складає  $\pm (3 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км відстані від базової станції})$ . Таким чином, враховуючи найгірший випадок (відстані від базової станції до «Перемога» 4 км а до «Мечнікова» 2,5 км) можна розрахувати похибку взаємного положення пунктів «Перемога» – «Мечнікова»:

$$M_{\text{«Перемога» – «Мечнікова»}} = \pm \sqrt{(3 + 4)^2 + (3 + 2.5)^2} = \pm 8,9 \text{ мм},$$

що менше  $M_{\text{доп}} = \pm 58,6$  мм.

Загалом такий підхід потребує додаткового вивчення, бо точність визначення векторів ліній залежить від багатьох факторів, а саме:

- від геометричного розташування супутників, що одночасно спостерігаються з кожного пункту протягом всього спостереження;
- від кількості супутників;
- від впливу іоносферної і тропосферної рефракції;
- від технічних характеристик приймачів.

#### **Перелік посилань**

- 1 ДБН В.2.3-7-2010. Споруди транспорту. Метрополітен
- 2 ВСН 160-69 Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей. – М.: Минтрансстрой, 1970. – 463 с.
- 3 ДБН В.2.3-7-2018 Метрополітени. Споруди транспорту
- 4 ДБН В.1.3-2:2010 Геодезичні роботи у будівництві
- 5 Технічний звіт про створення планово-висотної геодезичної мережі по проекту «Завершення будівництва метро в м. Дніпро», ДП «Укргеодезмарк» ПАТ «Київметробуд», м.Київ, 2017 р.
- 6 Деякі питання застосування геодезичної референцної системи координат. Постанова кабінету міністрів України №1259 від 22.09.2004 р.
- 7 ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва
- 8 ДБН А.2.1-1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва