

Л.О. Коваленко

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна***ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД**

Метою статті є розгляд геодезичних робіт при будівництві інженерних споруд. В роботі розглянуті питання виконання інженерно-геодезичних робіт при будівництві конструктивних елементів моста. В процесі будівництва необхідно забезпечити відповідність побудованих об'єктів проектній документації та високу точність виконання робіт. Ці вимоги можуть бути досягнуті застосуванням високоточних геодезичних приладів з постійним контролем виконання монтажних робіт.

Ключові слова: інженерна споруда, мостовий перехід, інженерно-геодезичні роботи, геодезичні прилади, опора, прогонова будова.

Постановка проблеми

Будівництво інженерних споруд неможливо без виконання геодезичних робіт при перенесенні проекту на місцевість. Склад та послідовність інженерно-геодезичних робіт залежить від особливостей проектування і будівництва об'єктів та виду споруди. Будівництво конструктивних елементів інженерних споруд повинно відповідати будівельним нормам та геометричним параметрам проекту об'єкта [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Перед початком будівництва проводять комплексні інженерно-геодезичні, інженерно-геологічні, кліматологічні метеорологічні та інші дослідження для оцінки будівельної ділянки. Інженерно-геодезичні дослідження дозволяють отримати інформацію про рельєф, ситуацію місцевості, наявність опорних точок та реперів і служать основою для проектування і будівництва об'єктів та їх подальших обстежень. У процесі інженерно-геодезичних вишукувано виконують роботи по виконанню топографічної зйомки в різних масштабах, створенню геодезичної основи будівництва, виконують трасування лінійних споруд й багато інших робіт [2, 3].

При підготовці до будівництва вивчають проектну документацію, яка містить будгенплан для підготовчого і основного етапів будівництва та пояснювальну записку. Будгенплан обов'язково містить ситуаційні плани з нанесеними на них знаками планово-висотної геодезичної основи [4]. У переданих будівельним організаціям матеріалах повинні бути вказані прив'язки до пунктів державної планової та висотної геодезичної мережі. Передані матеріали по геодезичним знакам та масштабам плану повинні задовольняти встановленим вимогам [1, 5].

Сучасне будівництво потребує застосування нових технологій і методів виконання геодезичних

робіт, які пов'язані з впровадженням в геодезичну практику електронних приладів та програм автоматизованої обробки інформації [6, 7]. У наш час створено велику кількість геодезичних приладів і нових технологій в геодезії, які принципово відрізняються від традиційних. Раніше для кожного виду вимірювань існував свій тип приладів: для кутових вимірювань – теодоліт, для висотних вимірювань – нівелір, для лінійних вимірювань – рулетка і далекомір [8, 9].

Для вимірювання кутів було створено електронні теодоліти, які можуть застосовуватися як самостійні прилади для кутових вимірювань в різних видах геодезичних робіт, вони мають функцію накопичення і збереження інформації як невеликі комп'ютери з метою обробки вимірювань. За останні роки активно розвивалося все геодезичне обладнання, тому і даний прилад було значно вдосконалено. В результаті він став не просто інструментом, що поєднує в собі функції далекоміра і теодоліта, а потужним геодезичним приладом, незамінним у багатьох випадках.

Поява електронних тахеометрів можна вважати природним розвитком геодезичної техніки, пов'язаним із загальним розвитком приладобудування та електроніки. Тепер як найбільш функціональний різновид геодезичного обладнання, електронний тахеометр включає в себе величезну кількість технологічних опцій. Електронний тахеометр зробив можливим отримання координат будь-якої точці об'єкта протягом короткого проміжку часу без будь-яких додаткових або попередніх побудов на території [8, 9].

Формування мети статті

Метою статті є розгляд геодезичних робіт при будівництві інженерних споруд. В роботі розглянуті питання виконання інженерно-геодезичних робіт при

будівництві конструктивних елементів моста через річку Десенка в місті Київ. В процесі будівництва необхідно забезпечити повну відповідність проектній документації та високу точність виконання робіт. Ці вимоги можуть бути досягнуті застосуванням високоточних геодезичних робіт з постійним контролем виконання монтажних робіт.

Виклад основного матеріалу

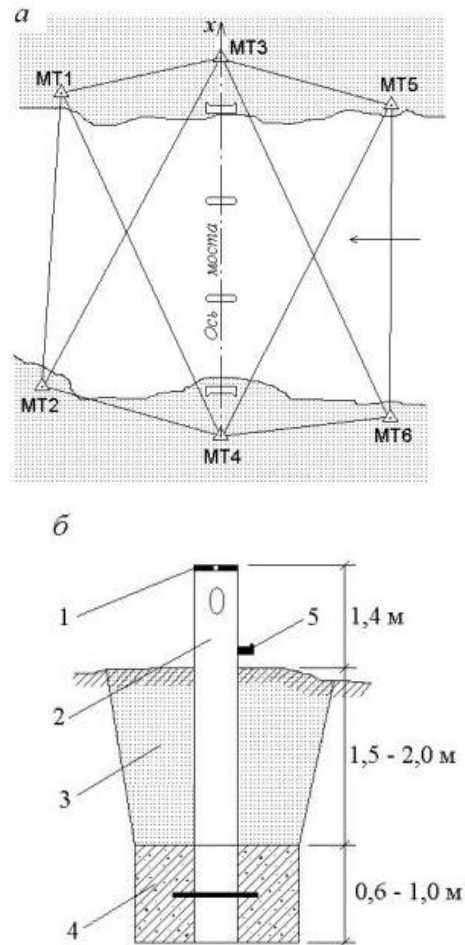
На всіх стадіях будівництва моста геодезичні роботи супроводжують перенос на місцевість вісі моста, вісі опор, виконують детальну розбивку при зведенні опор та монтажі прогонових будов. Також постійно ведеться контроль зведення окремих частин споруди, перевіряють розміри і форму монтажних елементів.

При будівництві великих споруд необхідно мати інформацію про пункти геодезичної основи мостового переходу, виписку з каталогу координат і висотних відміток геодезичної основи [10, 11]. Геодезична розбивочна мережа є плановою та висотною, пункти розбивочної мережі розташовують на берегах річки й островах, в місцях, зручних для виконання розбивочних робіт і контрольних вимірів (рис. 1). Координати пунктів планової розбивочної мережі визначають в місцевій системі координат. На прямолінійних мостах найчастіше вісь X направляють по осі моста. Положення закріплених центрів поздовжньої вісі моста даються в пікетажі траси, а висотні відмітки – в системі позначок, прийнятих в проекті споруджуваної дороги.

Пункти висотної мережі закріплюють на місцевості реперами. При будівництві складного моста розміщують по два та більше реперів на кожному березі. Часто репер висотної мережі поєднують з центром пункту планової мережі. Репери пов'язують між собою ходами геометричного нівелювання III або IV класу в єдину висотну мережу. Середні квадратичні похибки відміток щодо репера, прийнятого за вихідний, не повинні перевищувати у постійних реперів – 3 мм, у тимчасових – 5 мм. Висотну мережу моста пов'язують з державної нівелірної мережею.

Розбивки виконують, прив'язуючись до пунктів геодезичної опорної мережі, що має координати в абсолютній або умовній системі. Планову і висотну (локальну і суміщену) мережу виносять у натуру за допомогою електронного тахеометра. При виконанні розглянутої роботи було розміщено шість пунктів опорної мережі на берегах ріки, два пункти передбачено закласти в акваторії для контролю висотного положення секцій центральної частини мосту. За результатами врівноваження положення пункту мережі похибка становила 2,7 мм, відносна похибка сторін – менше 1:200 000. Позначки реперів, закріплених на плиті інструментальних столиків

напівсферичними кульками, визначено у Балтійській системі прецизійним тригонометричним нівелюванням. Середня похибка позначок пунктів, розташованих на різних берегах, дорівнювала 2,2 мм.



а – схема; б – конструкція пункту

1 – сталевая пластина товщиною 10 мм з отвором $d = 16,5$ мм; 2 – труба $d = 160$ мм; 3 – щебінь або крупнозернистий пісок; 4 – бетон; 5 – репер.

Рис. 1. Схема розташування пунктів розбивочної мережі

Для проведення знімальних робіт були використані геодезичні прилади такі як електронні тахеометри та нівеліри. Кожен прилад, в залежності від їх використання має різну точність й характеристики. Електронний тахеометр здатний вимірювати відстані і кути та обробляти дані прямо в процесі польових робіт. Крім того, з його допомогою вирішується багато прикладних геодезичних завдань. Електронний тахеометр, відомий як «інтелектуальне» геодезичне обладнання, має внутрішню пам'ять, де може зберігати всі отримані в результаті вимірів дані.

Електронні тахеометри серії Sokkia 630R дають можливість вимірювати відстані без відбивачів до

150 метрів і дозволяють виконувати вимірювання на об'єкти, на які небезпечно або неможливо встановлювати відбивач. Перемикання між режимами робіт «без відбивача» – «призма» – «плівка» відбуваються лише натисканням однієї кнопки. У тахеометров серії 30R використовуються LI-Ni акумулятори, управління тахеометром здійснюється за допомогою 15 функціональних клавіш. При необхідності введення імен точок і координат можна застосовувати бездротову інфрачервоних клавіатуру SF14, що має 37 клавіш. Можливість настройки клавіатури дозволяє надати необхідне значення будь-якій програмній кнопці. Передбачено вимір і збереження даних натисканням однієї кнопки, об'єм внутрішньої пам'яті 10 000 точок. На додаток до внутрішньої пам'яті можлива установка зчитувача SCRC2 для Compact Flash карт, простий експорт в AutoCAD, є можливість завантаження координат в тахеометр, сумісність з CREDO-DAT.

Нівелір Trimble DiNi – геодезичний інструмент для нівелювання, тобто визначення різниці висот між декількома точками земної поверхні щодо умовного рівня тобто визначення перевищення. Принцип дії сучасних нівелірів ґрунтується на реєстрації показань (відліків) інварних рейок, встановлених на різних висотах, різниця показань відповідає перевищенню між точками. З розвитком технологій змінилися елементи цього пристрою, їх стали виготовляти з певним додатковим обладнанням – зорова труба і високоточний рівень, які істотно підвищили точність вимірювань.

Цифровий нівелір має пристрій автоматичної реєстрації вимірювань по рейці і процесор для подальшої обробки всіх результатів нівелювання. Під час вимірювань, прилад вимірює відстань до рейки і перевищення між точками. Це дозволяє виключити два основних типів помилок: помилки спостереження при взятті (знятті) відліку і найголовнішу помилку вимірювань відстані. Точність приладу коливається від 0,3–1,3 мм на 1 км подвійного ходу.

При будівництві опор на кожній з них встановлюють тимчасовий репер, який ходами нівелювання прив'язують до постійних реперів. На кожному етапі будівництва опори моста при зведенні шпунтової огорожі, польової підстави, ростверку, тіла опори, ригеля, підферменних майданчиків – виконують геодезичні роботи з виносу в натуру осей і основних точок даного елемента.

Винос точок в проектне положення виконують за допомогою зарубок або відкладаючи проектні відстані по осі моста. При цьому часто застосовують прийом, званий методом редукування. Метод редукування включає два етапи. На першому етапі винесення точки в проектне положення виконують наближено. Наближену точку тимчасово закріплю-

ють і визначають її координати. На другому етапі обчислюють елементи редукації, тобто елементи векторів, що з'єднують наближену точку з проектною. Відклавши ці елементи, знаходять остаточне, проектне положення точки. Необхідні для реалізації методу редукування координати зазвичай визначають за допомогою зарубок. Для визначення координат точки досить виміряти два елементи (кута або відстані), як це й виконується з кожною зарубкою. Але для виявлення можливих грубих помилок при вимірах і підвищення точності визначення координат однією засічкою не обмежуються і вимірюють певне число кутів та відстаней. Спільну обробку таких вимірювань виконують методом найменших квадратів, що забезпечує обчислення координат з мінімальними середніми квадратичними похибками. Існують програми для таких обчислень, ними, зокрема, оснащені сучасні електронні тахеометри. Винесення відміток на опори виконують методами геометричного або тригонометричного нівелювання.

Координати реперів були отримані і занесені в план місцевості. Для роботи з ними в асфальт і ґрунт були забиті анкери, сфотографовані і занесені в документацію. На опорах моста були наклеєні марки для засічки приладу із світоповертаючим ефектом. Дані координат і висот вносилися у пам'ять тахеометра.

Інженерно-геодезичне забезпечення монтажу фермової балки на опорах принципово не відрізнялося від методу збирання секцій на березі вздовж осі моста. Але збирання блоків прогонових будов у секції на березі та їх установлення у проектне положення на великій висоті за допомогою плаваючого крана вимагає пошуку точних і ефективних методів геодезичного контролю збирання секцій із врахуванням точності виготовлення елементарних блоків, впливу температури на довжину секцій і викликаних нею змін у просторовому положенні уже змонтованої частини прогонової будови для пристикування чергової секції.

Геодезичні роботи, що проводяться при спорудженні прогонової будови, забезпечують точність її збірки відповідно до проекту. Вимірами, які виконують після закінчення збору, контролюють результати збирання і відхилення від проекту. Прогонові будови розрізняються за матеріалом (залізобетонні, металеві, комбіновані); за конструкцією (балкові, аркові, рамні та ін.); за методом складання (на риштованні, в навіс, поздовжнє або поперечне насування, доставка на плаву). Методи геодезичних робіт при складанні прольоту та контролю результатів складання залежать від перерахованих факторів. Контроль монтажу прогонової будови в плані полягає в перевірці прямолінійності головних балок або коробчатих елементів

прольоту. Прямолінійність елементів прольоту контролюють методом бічного нівелювання.

Визначення стану прогонової будови в плані виконують за допомогою тахеометра візуванням по створу поздовжньої осі моста або за паралельним створом. Тахеометр встановлюють на одній з опор попереду прогонової конструкції і орієнтують уздовж осі моста. На осі прогонової конструкції, на різних рівнях, розміщують рейки. Зсув від осі визначають шляхом взяття відліків по рейках. Ухилення осі прогонової будови у поперечному напрямку моста не повинно перевищувати 50 мм. Геодезична перевірка положення конструктивних елементів в плані та по висоті проводиться поетапно, після установки кожного елементу. В результаті проведення виконавчої зйомки складають план, поздовжній та поперечні профілі монтажних елементів мостів.

Висновки

Будівництво інженерних споруд та мостових переходів неможливо без геодезичного супроводу. До початку інженерно-геодезичних робіт збирають інформацію про пункти геодезичної основи мостового переходу з їх координатами та висотними відмітками. Геодезична розбивочна мережа є плановою та висотною, пункти розбивочної мережі розташовують на берегах річки у зручних для виконання розбивочних робіт місцях. Координати пунктів планової розбивочної мережі визначають в місцевій системі координат.

Сучасне будівництво потребує застосування нових технологій і методів виконання геодезичних робіт, які пов'язані з впровадженням в геодезичну практику електронних приладів та програм автоматизованої обробки інформації. Виконання усіх монтажних робіт супроводжується геодезичним контролем.

Геодезична служба бере участь у винесенні і закріпленні головних і основних осей споруди, виконує детальні розбивки в процесі будівництва, проводить періодичний геодезичний контроль за незмінністю положення геодезичних пунктів розбивочної основи, виконує відновлення геодезичних знаків при їх втраті. Також геодезична служба здійснює перевірку і прийом виконаних будівельних робіт, дає зауваження, що стосуються невідповідностей геометричних параметрів запроектованої споруди, дає заключення про необхідну точність виконання монтажних робіт.

Література

1. Островський А.Л. Геодезія : підруч. / А.Л. Островський, О.І. Мороз, В.Л. Тарнавський ; за заг. ред. Н.Л. Островського. 2-ге вид., випр. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 564 с.

2. Войтенко С.П. Інженерна геодезія : підруч. – Київ : Знання, 2012. – 574 с.
3. Osada E. *Geodezja*. – Geodezja Wroclaw : Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej, 2001. – 223 p.
4. Баран П.І. Інженерна геодезія : моногр. – Київ : ПАТ «ВІПОЛ», 2012. – 618 с.
5. Hofmann-Wellenhof B. *Physical Geodesy* / B. Hofmann-Wellenhof, H. Morit. – *Physical Geodesy*, Wien New York, 2005. – 403 p.
6. Graham R. *Digital Aerial Survey: Theory and Practice* / R. Graham, A. Koh. – Whittles Publishing, Scotland, UK, 2002.
7. Bird P. *An updated digital model of plate boundaries* // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2003. – Vol. 4. – No 3. – Art. no. 1027. DOI: <https://doi.org/10.1029/2001GC000252>
8. Шевченко Т.Г. Геодезичні прилади // Шевченко Т.Г., Мороз О.І., Тревого І.С. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2009. – 482 с.
9. Nadolinets L. *Surveying instruments and technology* / Nadolinets L., Levin E., Akhmedov D. – Florida, 2017. – 253 p.
10. Батракова А.Г. Інженерно-геодезичний моніторинг і контроль в будівництві, Ч. I / Батракова А.Г., Кузьмін В.І. // *Геодезичні роботи при будівництві мостових переходів : навч. посіб.* – Харків : ХНАДУ, 2018. – 116 с.
11. Galda M. *Geodezja I miernictwo budowlane* / M. Galda, E. Kujawski, S. Przewlocki / *Geodezja*, Warszawa, Wroclaw, 2000. – 402 с.

References

1. Ostrovskiy, A.L., Moroz, O.I. & Tarnavskiy, V.L. (2012). *Geodesy*. Lviv, Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki. [in Ukrainian]
2. Voitenko, S.P. (2012). *Engineering geodesy*. Kyiv, Znannia. [in Ukrainian]
3. Osada E. (2001). *Geodezja*. Wroclaw, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej.
4. Baran, P. (2012). *Engineering geodesy*. Kyiv, PAT «VIPOЛ». [in Ukrainian]
5. Hofmann-Wellenhof, B. & Morit, H. (2005). *Physical Geodesy*. Physical Geodesy, Wien New York.
6. Graham, R. & Koh, A. (2002). *Digital Aerial Survey: Theory and Practice*. Whittles Publishing, Scotland, UK.
7. Bird, P. (2003). *An updated digital model of plate boundaries*. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4(3), 1027. DOI: <https://doi.org/10.1029/2001GC000252>
8. Shevchenko, T., Moroz, O. & Trevocho, I.S. (2009). *Geodetic instruments*. Lviv, Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki. [in Ukrainian]
9. Nadolinets, L., Levin, E. & Akhmedov, D. (2017). *Surveying instruments and technology*. Florida.
10. Batrakova, A. & Kuzmin, V. (2018). *Engineering and geodetic monitoring and control in construction, part I. Geodetic works in the construction of bridges*. Kharkiv, KhNADU. [in Ukrainian]
11. Galda, M., Kujawski, E. & Przewlocki, S. (2000). *Geodezja I miernictwo budowlane*. Geodezja, Warszawa, Wroclaw.

Рецензент: д-р техн. наук, професор А.Г. Батракова, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

Автор: КОВАЛЕНКО Людмила Олександрівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
вишукувань та проектування доріг і аеродромів
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет
E-mail – milakowalenko@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3829-3131>

GEODETIC SUPPLY FOR THE CONSTRUCTION OF ENGINEERING STRUCTURES

L. Kovalenko

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The construction of engineering structures when transferring the project to the area is impossible without geodetic work. The composition and sequence of engineering and geodetic works depend on the features of the design and construction of facilities and the type of structure. The purpose of the article is to consider geodetic works in the construction of engineering structures. The issues of performing engineering and geodetic works during the construction of structural elements of the bridge are considered. During the construction process, it is necessary to ensure full compliance with the design documentation and high accuracy of work performance. These requirements can be achieved by using high-precision geodetic works with constant monitoring of the installation work.

At all stages of the bridge construction, geodetic works accompany the transfer to the terrain of the bridge axis, the resistance axis, perform a detailed breakdown during the construction of resistances and the installation of purlins. Also, the construction of individual parts of the building is constantly monitored, the dimensions and shape of the mounting elements are checked.

When building large structures, it is necessary to have information about the points of the geodetic base of the bridge crossing, an extract from the catalog of coordinates and elevations of the geodetic base. The breakdown is carried out by tying to the points of the geodetic reference network, which has coordinates in the absolute or conditional system.

Modern construction requires the use of new technologies and methods for performing geodetic work related to the introduction of electronic devices and programs for automated information processing into geodetic practice. Currently, a large number of geodetic instruments and new technologies in geodesy have been created, which differ from traditional ones.

To carry out survey work, geodetic instruments, such as electronic total station and levels, were used. The electronic total station measures distances, angles and processes data directly in the process of field work, has an internal memory where it can store all the data obtained as a result of measurements.

The digital level has a device for automatic registration of measurements along the rail and a processor for subsequent processing of all leveling results. During measurements, the device measures the distance to the rail and the elevation between points. This eliminates two main types of errors: observation errors when taking a reading and error in distance measurements.

During the construction of supports, a temporary rafter is installed on each of them, which is tied to permanent rafter by leveling moves.

The removal of marks on the supports is carried out by methods of geometric or trigonometric leveling. The coordinates of the rafter were received and entered into the local plan. Marks for serif of the device with a retroreflective effect were pasted on the bridge supports. The data of coordinates and heights were entered into the total station memory.

Geodetic work carried out during the construction of the span structure ensures the accuracy of its assembly in accordance with the project. After the installation is completed, the assembly results and deviations from the project are monitored.

The construction of structural elements of engineering structures must comply with building codes and geometric parameters of the facility design.

Keywords: *engineering structure, bridge crossing, engineering and geodetic works, geodetic instruments, support, running structure.*