

Л.О. Коваленко, В.А. Ємець

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ І ВИКОНАВЧА ЗЙОМКА МОНТАЖУ ПРОГОНОВИХ БУДОВ МОСТІВ

Розглянуті основні методи і послідовність виконання інженерно-геодезичних робіт при будівництві мостів та інших споруд. Зміни в технології виконання геодезичних робіт, пов'язані з впровадженням в геодезичну практику сучасних електронних приладів та програм автоматизованої обробки інформації потребує застосування як традиційних, так і нових технологій і методів виконання геодезичних робіт. У практиці мостобудування зростає ступінь використання індустріальних методів будівництва, що сприяє підвищенню продуктивності праці та якості мостів.

Ключові слова: мостовий перехід, інженерно-геодезичні роботи, геодезичні прилади, будівельний підйом, прогінна конструкція.

Постановка проблеми

Мости являють собою складні штучні інженерні споруди, які зводяться в місцях перетину автомобільних доріг з водотоками, ярами, балками та іншими перешкодами. Сучасне будівництво мостових переходів неможливо без інженерно-геодезичних робіт тому, що при перенесенні проекту на місцевість необхідно виконувати вимірювання у горизонтальній і вертикальній площині з високою точністю. Зміни в технології виконання геодезичних робіт, пов'язані з впровадженням в геодезичну практику сучасних електронних приладів та програм автоматизованої обробки інформації потребує застосування як традиційних, так і нових технологій і методів виконання геодезичних робіт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для оцінки ділянки майбутнього будівництва з метою отримання відомостей про особливості рельєфу місцевості та ситуації проводять комплексні дослідження: інженерно-геодезичні, інженерно-геологічні, кліматологічні та метеорологічні. Інженерно-геодезичні дослідження дозволяють отримати інформацію про рельєф, ситуацію місцевості і служать основою не тільки для проектування та будівництва, але й для проведення інших видів вишукувань та обстежень [1, 2]. У процесі інженерно-геодезичних вишукувань виконують роботи по створенню геодезичного обґрунтування і топографічної зйомки в різних масштабах на ділянці будівництва, виконують трасування лінійних споруд, геодезичну прив'язку геологічних виробок, гідрологічних створів, точок геофізичної розвідки й багато інших робіт. Геодезичні роботи,

що забезпечують проектне положення та розміри як всієї споруди, так і її окремих частин, ведуться протягом усього періоду будівництва моста. При цьому вимірюють на місцевості і вивіряють геодезичну планову та висотну основи, а також переносять на місцевість вісь моста, вісі опор, підходів, струмененапрямних дамб; систематично контролюють зведення окремих частин споруди, забезпечуючи їх проектне становище; перевіряють розміри і форму прибуваючих із заводів монтажних елементів; на будівельному майданчику ведуть геодезичні роботи по іншим спорудам [3,4]. Для великих і позакласових мостів необхідно мати інформацію про пункти триангуляції або полігонометрії, схеми розташування всіх центрів геодезичної основи мостового переходу, виписку з каталогу координат і висотних відміток геодезичної основи [5, 6].

Геодезичні роботи при будівництві мостів та інших споруд є комплексом вимірювань, обчислень і побудов на місцевості, при якому повинно забезпечуватися проектне розміщення споруд з необхідною точністю і зведення їх конструкцій в повній відповідності з геометричними параметрами та вимогами нормативних документів. Вирішення зазначених завдань здійснюється відповідно до етапів будівельно-монтажного виробництва.

На підготовчому етапі розглядають методи виконання інструментального контролю за якістю ведення будівельних робіт, терміни і обсяги виробництва геодезичних робіт. Встановлюється потреба в тих чи інших інструментах, використання яких дозволить забезпечити необхідну точність всіх запланованих інженерно-геодезичних робіт [7, 8].

Формулювання мети статті

Метою статті є розгляд інженерно-геодезичних робіт при будівництві моста в складі комбінованого мостового переходу, який споруджується в місті Київ через річку Дніпро і рукав Десенка. На всіх етапах будівництва моста потрібна висока точність виконання проекту, яка забезпечується геодезичними роботами. До них, зокрема, відносяться: розбивка мостових опор на різних етапах їх зведення, контроль монтажу прогонової будови та його установки на опорні частини.

Виклад основного матеріалу

Основними інженерно-геодезичними роботами при зведенні мостів є: розбивка центрів і осей опор, розбивка прогонових будов моста, контроль розмірів заводських монтажних елементів, розбивка і контроль за зведенням всіх частин споруди, розбивка допоміжних і тимчасових споруд, виконання зйомки побудованих об'єктів, спостереження за деформаціями елементів мостів в процесі їх експлуатації. Проводиться контроль габаритів монтажних елементів, отриманих від поставників будівельних конструкцій. Геодезичний контроль здійснюється за розбивкою і спорудженням всіх частин моста, допоміжних і тимчасових споруд. Для цього необхідно проводити теодолітну, тахеометричну і нівелірну зйомку.

Для роботи було використано таке обладнання, як електронний тахеометр «Sokkia 630» і цифровий нівелір марки «Trimble DiNi» [9]. 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.

Щоб знизити ймовірність надходження неякісних монтажних елементів на будівельний майданчик, був розроблений вхідний контроль, на якому задача геодезиста заключається в контролі якості конструкції. На практиці вхідний контроль обмежується виміром довжини, ширини і висоти. При вимірюванні довжини прогонової конструкції фіксується температура її металу і перераховується на довжину прогонової конструкції для проектної температури. Всі ці розміри вказані в детальних кресленнях металоконструкцій. Як правило за проектну температуру прийнято брати 20° С. Формула для знаходження позитивного або негативного подовження прогонової будови виглядає так (1):

$$\Delta L = L \times (\Delta t) \times 0,0000125, \quad (1)$$

де L – фактично виміряна довжина;

Δt – різниця проектної і фактичної температури;

0,0000125 – коефіцієнт лінійного температурного розширення сталі, залежить від марки сталі.

Методика і порядок геодезичних робіт під час монтажу прогонових будов моста залежать від їх конструкції та матеріалів. В якості прогонових конструкцій використані металеві балки, на яких в подальшому улаштовують монолітні залізобетонні плити. На даний час до найбільш поширених способів монтажу прогонових будов належать навісна та напівнавісна збірка, збірка на стапелі, збірка на березі з наступним насувом [10]. Під час монтажу прогонових будов основними завданнями геодезичного забезпечення є визначення прямолінійності головних балок і вивірка так званого будівельного підйому.

Будівельний підйом – це дуга над проектними точками конструкції, прорахована в прогонової конструкції для досягнення фінальної форми конструкції під впливом подальших навантажень. Будівельний підйом зміцнює експлуатаційні якості конструкції; він може використовуватися в конструкціях різного типу – металевих, дерев'яних, бетонних. При цьому чим більше будова прогонової конструкції, тим масивніший потрібен будівельний підйом. Висотна позначка нижнього кінця балки може бути обчислена за формулою (2):

$$H_c = H_{гор} + y_i - f_i, \quad (2)$$

де H_c – позначка нижнього кінця блоку, м;

$H_{гор}$ – висотна позначка площини умовного горизонту, що проходить через верх опорної частини на опорі «9»;

y_i – ордината низу вертикального стику блоку з урахуванням ухилу пролітної будови та його будівельного підйому, м;

f_i – прогин кінця блоку на даному етапі збирання.

Під час монтажу прогонових будов завдання полягало в тому, щоб дві балки автопроїзду, виставлені на бетонні блоки, стали в проектне положення. Весь процес проходив на землі, так як це полегшувало роботу, для геодезиста і будівельників. Балки розміром 16 і 17 метрів за допомогою крана виставлялися одна навпроти одної. Нівелір виставляли в точці, з якої можна побачити усі точки конструкції, далі рейку виставляли по периметру балок, щоб дізнатися висоту приладу. Балка АП довжиною 17 метрів мала вигнуту форму й за проектом повинна була знаходитися на 20 мм вище балки АО, що має довжину 16 метрів при вигнутій формі (рисунок 1). За місце нуля використовували середину балки АО, яка знаходиться на відстані 8 метрів від краю

конструкції. Місце зварювального стику піднімалося на 20 мм за допомогою домкратів, після чого на балки опускалися бетонні плити, для того, щоб в процесі зварювання метал не відчував сильної деформації.

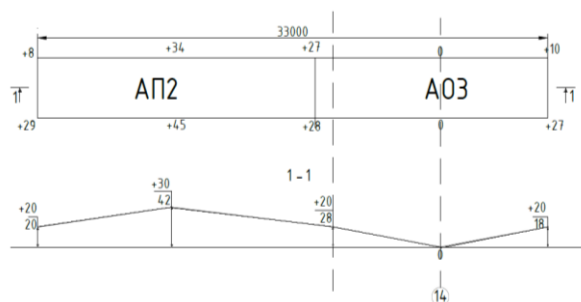


Рис. 1. Схема будівельного підйому

Монтаж здійснюють або безпосередньо в прогоні, або на спеціальному стапелі, розташованому на березі на продовженні осі моста, з подальшим насуванням на опори, або в акваторії поруч із прогоном на тимчасових опорах з наступним насуванням на штатне місце. В усіх випадках геодезичний контроль зводиться до забезпечення проектних розмірів конструкцій прогону, розмітки осьових і висотних рисок маяків, розміщення блоків по осі моста або тимчасовій монтажній осі та влаштування належного будівельного підйому. Аналогічно контролюється установлення опалубки при зведенні монолітної залізобетонної прогінної конструкції методом неперервного армування.

Під час збирання металевої прогінної конструкції на стапелі розміщують поздовжню вісь моста, паралельні їй ліву і праву розмічувальні осі та систему поперечних осей, які разом складають монтажну сітку. Окрім поздовжньої осі моста, всі розмічувальні осі зміщують на 200-300 мм, що забезпечує зручність геодезичного контролю співвісності, вертикальності й перпендикулярності торцевих площин будівельних конструкцій. Поздовжні й основні поперечні розмічувальні осі закріплюють на кінцях та в основних створних точках надійними пунктами (навіть пілонами з інструментальними столиками), бетонними монолітами з фіксацією центра знака керном, його розфарбуванням та огороженням для розпізнавання і захисту від пошкодження та руйнування.

Якщо прогінну конструкцію збирають на березі на продовженні осі моста, то його будівельні та розмічувальні осі закріплюються в зоні монтажного стапеля на кінцях та у проміжних пунктах стаціонарними залізобетонними стовпами заввишки до 1,5 м. На окремих пунктах з великим обсягом точних геодезичних контрольно-монтажних вимірю-

вань залізобетонні стовпи доцільно закріплювати пілонами для примусового центрування приладів.

Вказані вище пункти закріплення розмічувальних осей служать робочими реперами, прив'язаними до реперів висотної мережі будівельного майданчика. На розкосах конструкцій при їх підготовці до монтажу наносять та фіксують осьові риси з відповідним контрастним розфарбуванням. Висотний контроль полягає у нівелюванні накочувального шляху підмостків, що створюють будівельний підйом, а також нижніх або верхніх вузлів з'єднання елементів нижнього і верхнього поясів прогінних конструкцій. Наприкінці збирання прогінної конструкції проводять виконавче знімання, яким фіксується остаточне фактичне положення конструктивних вузлів нижнього і верхнього поясів відносно проектних поздовжніх і поперечних осей.

У ході насування прогінної конструкції проводять поетапний геодезичний контроль її планово-висотного положення, коткових опор та їх деформацій; створюється відповідна документація (плани і профілі в характерних перерізах), аналізуються просторові зміщення для вжиття відповідних заходів та дій. Після установлення конструкції на стаціонарні опори проводять остаточне виконавче знімання, передусім нівелювання основних вузлів з'єднання будівельних елементів для визначення прогину балки або ферми та його порівняння з проектним значенням. Допустимі відхилення не повинні перевищувати величини, наведені в таблиці 1 [10, 11].

Таблиця 1.

Допустимі відхилення елементів конструкцій прогонів будов від проектних положень

Контрольовані параметри	Допустимі відхилення
Стріла прогину осі елемента: а) для головних ферм і балок проїзної частини, мм б) для елементів зв'язків, мм	10 15
Відхилення стінок суцільних балок висотою H , мм	$-0,003 \cdot H$
Відхилення від вертикалі або від проектного нахилу бічних поверхонь конструкції: а) балкових і аркових залізобетонних пролітних будов у будь-якому поперечному перерізі, мм б) стінок, діафрагм, стійок і колон, мм	-10 20
Відстань від шафової стінки до осі опорних балок (опорних вузлів), мм	-0 -30

Різниця (у поперечному напрямку) позначок вузлів прогонових будов після встановлення прогонової будови на опори за умови відстані B між осями ферм: а) опорних вузлів ферм і балок, мм б) однойменних вузлів суміжних ферм, мм	$0,001 \cdot B$ $0,02 \cdot B$
Відхилення в плані вузлів головних ферм від осей поясів за умови прольоту L , мм зокрема одного з вузлів від прямої, що з'єднує два сусідніх з ним вузла, мм	$0,002 \cdot L$ 0,0001 довжини панелі
Відхилення стійок головних ферм висотою H_{ϕ} від вертикалі в поперечному напрямку, мм	$0,0015 \cdot H_{\phi}$
Відхилення величини ординат будівельного підйому по вузлах головних ферм після установа пролітної будови на опори (з урахуванням пружного прогину від маси самої пролітної будови) для ординат: а) величиною 100 мм і менше, % б) величиною понад 100 мм, %	10 10

Висновки

В статті розглянуті основні інженерно-геодезичні роботи при будівництві мостів. В процесі будівництва окремих частин моста, проводять геодезичні роботи по визначенню геометричних розмірів зведених споруд та обсягів виконаних робіт (виконавчі зйомки і обміри). В окремих випадках на мостах, що будуються в складних геологічних умовах, роблять геодезичні спостереження за деформацією побудованих споруд за спеціальними програмами.

Варто зауважити, що з роками у практиці мостобудування зростає ступінь використання індустріальних методів будівництва, тобто виготовлення окремих блоків конструкцій з наступним їх з'єднанням на штатному місці, що сприяє підвищенню продуктивності праці та якості мостів.

Література

1. Graham R. *Digital Aerial Survey: Theory and Practice*/R. Graham, A.Koh. Whittles Publishing. Scotland, UK, 2002.
2. Bird P. *An updated digital model of plate boundaries. Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2003 Vol. 4, No 3, art. no. 1027, doi: 10.1029/2001GC000252, 1. 52.
3. Osada E. *Geodezja. E. Osad, Geodezja Wroclaw: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej. 2001. 223 c.*

4. Войтенко С.П. *Інженерна геодезія: підручник. Київ: Знання, 2012. 574 с.*
5. Островський А.Л. *Геодезія: підручник/ 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.*
6. Galda M. *Geodezja I miernictwo budowlane/ M. Galda, E. Kujawski, S. Przewlocki/ Geodezja. Warszawa, Wroclaw, 2000. 402 c.*
7. Hofmann Wellenhof B. *Physical Geodesy/ B. Hofmann, Wellenhof, H. Morit./ Physical Geodesy Wien New York, 2005. 403 p.*
8. Nadolinets L., Levin E., Akhmedov D. *Surveying instruments and technology. Florida. 2017. 253 p.*
9. Шевченко Т.Г., Мороз О.І., Тревого І.С. *Геодезичні прилади. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 482 с.*
10. Батракова А.Г., Кузьмін В.І. *Інженерно-геодезичний моніторинг і контроль в будівництві, частина І. Геодезичні роботи при будівництві мостових переходів: навч. посіб. Харків: ХНАДУ, 2018. 116 с.*
11. Баран П.І. *Інженерна геодезія: Монографія. Київ. ПАТ «ВІПОЛ» 2012. 618 с.*

References

1. Graham R. & Koh A. (2002). *Digital Aerial Survey: Theory and Practice. Whittles Publishing.*
2. Bird P. (2003). An updated digital model of plate boundaries. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4, 3.
3. Osada E. (2001). *Geodezja. 223.*
4. Voitenko S.P. (2012). *Engineering geodesy. 574.*
5. Ostrovskiy A.L., Moroz O.I. & Tarnavskiy V.L. (2012). *Geodesy. 564.*
6. Galda M., Kujawski E. & Przewlocki S. (2000). *Geodezja I miernictwo budowlane. 402.*
7. Hofmann B., Wellenhof & Morit H. (2005). *Physical Geodesy. 403.*
8. Nadolinets L., Levin E. & Akhmedov D. (2017). *Surveying instruments and technology. 253.*
9. Shevchenko T., Moroz O. & Trevoho I.S. (2009). *Geodetic instruments. 482.*
10. Batrakova A. & Kuzmin V. (2018). *Engineering and geodetic monitoring and control in construction, part I. Geodetic works in the construction of bridges. 116.*
11. Baran P. (2012). *Engineering geodesy. 618.*

Рецензент: д-р техн. наук, зав. кафедри мостів та будівельних конструкцій проф. Кожушко В.П., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

Автор: КОВАЛЕНКО Людмила Олександрівна кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри вишукування та проектування доріг і аеродромів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

E-mail – rp@khadi.kharkov.ua

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3829-3131>

Автор: ЄМЕЦЬ Володимир Андрійович
асистент кафедри проектування доріг, геодезії і
землеустрою
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет
E-mail – emecvladimir641@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5703-7961>

ENGINEERING AND GEODESIC WORKS AND EXECUTIVE SURVEY INSTALLATION OF BRIDGE STRUCTURES

L. Kovalenko, V. Yemets

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

Modern construction of bridge crossings is impossible without engineering and geodetic works. When transferring a project to the terrain, it is necessary to perform measurements in the horizontal and vertical planes with high accuracy. Geodetic works, to secure the design position and dimensions of both the entire span and its surrounding parts, to be carried out by procrastination before the construction of the bridge. Geodetic work during the construction of bridges and other structures is a complex of measurements, calculations and constructions on the ground, in which the design placement of structures must be ensured. The purpose of the article is to consider engineering and geodetic works during the construction of a bridge as part of a combined bridge crossing. At the stages of the construction of the bridge, the accuracy of the project is required, which will ensure geodesic work. These include: the breakdown of bridge supports at different stages of their construction, control of the erection of the superstructure and its installation on the support parts. To perform geodetic works such equipment as an electronic total station "Sokkia 630" and a digital level of the brand "Trimble DiNi" were used. The coordinates of the benchmarks were obtained and entered into the plan of the area. To work with them, anchors were driven into the asphalt and soil, photographed and entered into the documentation. On the pillars of the bridge were glued marks for the notch of the device, with a reflective effect. The data of coordinates and heights were entered into the memory of the total station. The method and procedure for geodetic works during the installation of bridge spans depend on their design and materials. At present, the most common methods of superstructures erection include hinged and semi-hinged assembly, assembly on the slipway, assembly on the shore with subsequent thrusting. When installing superstructures, the main tasks of geodetic support are to determine the straightness of the main beams and measure the so-called building lift. In the practice of bridge building, the degree of use of industrial construction methods is growing, that is, the manufacture of individual structural blocks with their subsequent connection at a regular place, which contributes to an increase in labor productivity and the quality of bridges.

Keywords: *bridge crossing, engineering and geodetic works, geodetic instruments, construction lifting, girder construction.*