

А.Г. Батракова, Є.В. Дорожко, Е.В. Захарова, Г.С. Саркісян

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ОПОРНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ У ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

Розглянуто особливості створення та відновлення опорної геодезичної мережі та геодезичної розмічувальної мережі для вишукувань та розмічувальних робіт на стадії капітального ремонту, реконструкції та нового будівництва автомобільних доріг. Запропоновані особливості знайшли відображення у розробленому ДСТУ 9154 «Настанова з виконання геодезичних робіт у дорожньому будівництві, що набуває чинності з 01.09.2022.

Ключові слова: відновлення, геодезичні вимірювання, дорожнє будівництво, опорна геодезична мережа.

Постановка проблеми

Успішність реалізації проектів капітального ремонту, реконструкції або нового будівництва автомобільних доріг та штучних споруд суттєво залежить від якості геодезичного супроводу. Геодезичний супровід будівництва починається з процесу інженерно-геодезичних вишукувань, що виконуються для збору та підготовки вихідних даних з метою подальшого розроблення проекту ремонтних робіт чи нового будівництва. Геодезичні розмічувальні роботи обов'язково супроводжують процес виконання будівельних або ремонтних робіт. Закінчується геодезичний супровід проведенням виконавчого знімання. Якість та точність усіх видів геодезичних робіт, починаючи від інженерно-геодезичних вишукувань і закінчуючи виконавчим зніманням базується на багатьох факторах, серед яких одним з найважливіших є якість опорної геодезичної мережі. До особливостей створення та відновлення опорної геодезичної мережі у дорожньому будівництві необхідно приділяти особливу увагу, оскільки ці питання мають першочерговий вплив на успішність розробки і реалізації проектів ремонту та будівництва тож впливають на увесь життєвий цикл автомобільної дороги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Опорну геодезичну мережу створюють на ділянці автомобільної дороги з урахуванням умов щодо подальшого виконання геодезичних робіт на стадіях проектування, розроблення робочої документації, супроводу будівництва та експлуатації автомобільної дороги, тому точність опорної геодезичної мережі має вплив на усі етапи, починаючи від розробки проекту, закінчуючи виконавчим зніманням [1–6]. Розрізняють дві складові частини опорної геодезичної мережі, а саме планову та

висотну. В дорожньому будівництві планову та висотну опорні геодезичні мережі зазвичай заздалегідь поєднують в одну мережу. Планову опорну геодезичну мережу створюють переважно методами супутникових геодезичних спостережень. На ділянках, де неможливе створення опорної геодезичної мережі методами супутникових геодезичних спостережень, використовують методи полігонометрії, триангуляції або трилатерації [7–13]. Закладання пунктів опорної геодезичної мережі регламентується наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України № 435 від 03.11.2014 «Про затвердження Порядку обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі», при цьому даний наказ не регламентує та не визначає особливостей створення і відновлення опорної геодезичної мережі у дорожньому будівництві.

Формулювання мети статті

Метою даної статті є визначення складу, точності та особливостей створення і відновлення опорної геодезичної мережі у дорожньому будівництві.

Виклад основного матеріалу

Закладку пунктів опорної геодезичної мережі виконують з метою забезпечення топографічного знімання на стадії вишукувань та забезпечення подальших розмічувальних робіт на стадії виконання капітального ремонту, реконструкції або нового будівництва автомобільної дороги. Проект створення опорної геодезичної мережі необхідно наводити у складі основної програми робіт або складати окремо та узгоджувати із замовником роботи. У проєкті створення опорної геодезичної мережі обов'язково необхідно відобразити інформацію щодо типу пунктів мережі, щільності та місць закладення пунктів, методів виконання геодезичних вимірів, системи координат та висот, основні

вимоги до точності положення пунктів опорної геодезичної мережі та вимоги щодо звітних матеріалів у технічному звіті. Опорна геодезична мережа для виконання геодезичних робіт у дорожньому будівництві складається з:

- опорної постійно діючої мережі спостережень ГНСС;
- геодезичної мережі спеціального призначення;
- полігонометрії 4 класу, 1 і 2 розрядів;
- мережі триангуляції, трилатерації 4 класу, 1 і 2 розрядів;
- Державної нівелірної геодезичної мережі II, III та IV класу.

Місце розташування, тип закріплення, конст-

рукція та зовнішнє оформлення пунктів опорної геодезичної мережі повинні забезпечувати зберігання просторового положення, захищеність від пошкоджень та втрати пунктів. Металеві конструкції геодезичних знаків та елементів оформлення повинні бути захищені від корозії спеціальним антикорозійним покриттям. Місце розташування пунктів визначають після проведення робіт з рекогносцировки місцевості, вивчення вихідних даних та потреб проєктування, будівництва та експлуатації. Після закладання пунктів опорної геодезичної мережі доцільно скласти картку закладення пункту, відповідно до зразка наведеного на рис. 1.



Рис. 1. Приклад картки обліку пункту опорної геодезичної мережі

Планову опорну геодезичну мережу створюють переважно методами супутникових геодезичних спостережень. Супутникові спостереження доцільно виконувати побудовою мережі методом статичних вимірювань. Кількість вихідних пунктів, які входять до складу мережі має бути не менше чотирьох, зазвичай на кожен з пунктів створюваної мережі має потрапити не менше трьох визначених векторів. Створення планової геодезичної мережі для умов дорожнього будівництва псевдокінематичним методом (статичний переривчастий або «бистра статика», «Stop-and-go») та RTK виконувати не доцільно, що пов'язано із точністю виконання робіт. Довжина векторів при використанні одночастотних приймачів не повинна перевищувати 20 км, двочастотних – 50 км. Кут відсічки супутників не повинний бути меншим за 15 град, інтервал вимірювань має становити 1 с, 5 с, 10 с, 15 с. Оцінювання точності планової опорної геодезичної мережі необхідно виконувати за середньоквадратичними похибками взаємного положення суміжних пунктів.

Максимальна середньоквадратична похибка визначення координат відносно вихідних пунктів не має перевищувати:

- 20 мм – для каркасної мережі або мережі постійно діючих базових (референтних) станцій; знімальної мережі або мережі постійно діючих базових (референтних) станцій; полігонометрії, триангуляції, трилатерації, 4 класу мереж створених методом геодезичних супутникових вимірювань;
- 50 мм – для полігонометрії, триангуляції, трилатерації, 1 та 2 розряду мереж створених методом геодезичних супутникових вимірювань.

Висотна опорна геодезична мережа створюється методами геометричного та супутникового нівелювання з прив'язкою не менше ніж до двох пунктів державної нівелірної геодезичної мережі, як правило, вищого класу. Оцінювання точності висотної опорної геодезичної мережі виконується за середньоквадратичними похибками пунктів зазначеної мережі відносно пунктів державної геодезичної мережі та за нев'язками в ходах та полігонах.

Гранична середня квадратична похибка вимірювання перевищень на станції:

- для II-го класу – 0,3 мм;
- для III-го класу – 0,6 мм;
- для IV -го класу – 3 мм.

Гранична похибка визначення висот пунктів нівелірної мережі відносно вихідних пунктів:

- для II-го класу – 10 мм;
- для III-го класу – 20 мм;
- для IV -го класу – 30 мм.

При створенні висотних опорних мереж IV класу можливе застосування супутникового нівелювання. Спостереження повинні виконуватись дво-частотними приймачами. При обробці результатів вимірювань застосовуються сучасні глобальні та регіональні моделі геоїда.

Відновлення опорної геодезичної мережі виконують відповідно до проекту з використанням закріплених знаків, що закладені на етапі інженерних вишукувань.

Геодезичні роботи з відновлення опорної геодезичної мережі передбачають:

- відшукування постійних нівелірних марок і реперів;
- відшукування збережених і відновлення знищених тимчасових реперів;
- відновлення кутів знімальної основи на будівельних майданчиках, майданчиках тимчасового використання (резерви, кар'єри тощо).

Для відновлення опорної геодезичної мережі та розмічувальної мережі можна застосовувати теодоліт, нівелір, електронний тахеометр або ГНСС-приймач, що забезпечують необхідну точність. Додаткові репери встановлюють у місцях розташування:

- штучних споруд, транспортних розв'язок у різних рівнях, перехрест'я в одному рівні;
- насипів висотою понад 3 м, виїмок глибиною понад 3 м.

Репери встановлюють за межами земляних робіт, забезпечуючи їх збереження до закінчення всіх будівельних робіт. Під час відновлення висотної основи, замість знищених реперів встановлюють додаткові, позначки яких визначають нівелюванням відповідного класу.

Створення зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі для будівництва, спостереження за її сталістю, геодезичні вимірювання деформацій основ, фундаментів, споруд, їх частин, фундаментів технологічного устаткування об'єкта нового будівництва та інженерних мереж, підземних споруд, об'єктів інфраструктури, що його оточують, у процесі будівництва є обов'язком замовника. Побудова і розвиток внутрішньої геодезичної розмічувальної мережі та контроль за її збереженням,

виконання детальних геодезичних розмічувальних робіт під час будівництва, геодезичний контроль точності геометричних параметрів споруд та виконавче знімання є обов'язком підрядника.

Геодезичну розмічувальну мережу формують:

- знаки геодезичної розмічувальної мережі;
- планові (осьові) знаки зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі інженерних споруд, точок перетину основних розмічувальних осей інженерних споруд;

– планові (осьові) знаки лінійних споруд, що визначають вісь, початок, кінець траси, які закріплені на прямолінійних ділянках не менше ніж через 1000 м і на кутах повороту траси;

– нівелірні репери, які встановлюються у кількості не менше одного біля кожної споруди та не менше двох на об'єкт будівництва, вздовж осей інженерних мереж не рідше ніж через 500 м, вздовж осі траси не рідше ніж через 2000 м;

– додаткові репери.

До складу технічної документації на геодезичну розмічувальну мережу входять:

- каталоги координат, висот та абрисів всіх пунктів геодезичної розмічувальної мережі;
- відомість знаків закріплення;
- відомість реєстрації реперів;
- відомість геодезичної розмічувальної мережі додаткових реперів;
- журнал виносних точок.

Технічну документацію, геодезичну розмічувальну мережу та закріплені на місцевості пункти і знаки замовник передає підряднику зі складенням відповідних актів.

Геодезична розмічувальна мережа мостових споруд створюється у вигляді триангуляції, трилатерації, полігонометрії, а також лінійно-кутових побудов. Віссю абсцис розмічувальної мережі є вісь мостової споруди. Точки геодезичної розмічувальної мережі реєструють у журналах виносних точок.

Висновки

Запропоновані особливості створення та відновлення опорної геодезичної мережі у дорожньому будівництві знайшли відображення у ДСТУ 9154:2021 «Настанова з виконання геодезичних робіт у дорожньому будівництві», що розроблено Харківським національним автомобільно-дорожнім університетом (ХНАДУ), ТОВ «Інститут проектування інфраструктури транспорту» та Технічним комітетом стандартизації «Автомобільні дороги і транспортні споруди» (ТК 307) на замовлення Державного агентства автомобільних доріг України, та згідно з наказом ДП «УкрНДНЦ» набирає чинності з 01 вересня 2022 р.

Література

1. Основні положення створення Державної геодезичної мережі України. Топографо-геодезична та картографічна діяльність : Законодавчі та нормативні акти. Ч. 1. – Вінниця : Антекс, 2000. – С. 41–49.
2. Тревого І.С. Моніторинг геодезичних пунктів : моногр. / Тревого І.С., Ільків Є.Ю., Голярник М.В. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2018. – 214 с.
3. Батракова А.Г. Інженерно-геодезичний моніторинг і контроль в будівництві, частина І. Геодезичні роботи при будівництві мостових переходів : навч. посіб. / Батракова А.Г., Кузьмін В.І. – Харків : ХНАДУ, 2018. – 116 с.
4. Інноваційні технології у галузі геодезії, землеустрою та проектування : монографія. – Харків : ХНАДУ, 2021. – 486 с.
5. Karan E.P. Digital modeling of construction site terrain using remotely sensed data and geographic information systems analyses / E.P. Karan, J. Irizarry // Journal of construction engineering and management. – 2014. – Vol. 140(3). – P. 04013067-1 – 04013067-12. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000822](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000822)
6. Кузьмін В.І. Інженерная геодезия при изысканиях, проектировании и строительстве автомобильных дорог : учеб. пос. – Харьков : ХНАДУ, 2008. – 372 с.
7. Hofmann Wellenhof B. Physical Geodesy / B. Hofmann, Wellenhof, H. Morit / Wien, New York, 2005. – 403 p.
8. Nadolinets L. Surveying instruments and technology / Nadolinets L., Levin E., Akhmedov D. – Florida, 2017. – 253 p.
9. Michal Ondrej. Optimization method singeodeticnet works // 16th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference SGEM 2016 : Conference Proceedings, June 28–July 6, 2016. – Book 2, Vol. 2. – P. 479–486.
10. Galda M. Geodezja I miernictwo budowlane / Galda M., Kujawski E., Przewlocki S. – Geodezja, 2000. – 402 p.
11. Островський А.Л. Геодезія. Частина перша. Топографія / А.Л. Островський, О.І. Мороз, З.Р. Тартачинська, І.Ф. Герасимчук. – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2011. – 440 с.
12. Saleh B. Geodetic monitoring of a landslide using conventional surveys and GPS techniques / B. Saleh, O. Al-Bayari // Survey Review. – 2007. – Vol. 39(305). – P. 252–260. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/175227007X197165>
13. Коваленко Л.О. Інженерно-геодезичні роботи і виконання зйомки монтажу прогонових будов мостів / Л.О. Коваленко, В.А. Ємець // Комунальне господарство міст. – 2021. – Вип. 1(161). – С. 124–128. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-1-161-124-128>

References

1. Osnovni polozhennia stvorennia Derzhavnoi heodezychnoi merezhi Ukrainy. Topografoheodezychna ta kartografična diialnist. (2000). Zakonodavchi ta normatyvni akty. Ch. 1. Vinnytsia, Anteks. [in Ukrainian]
2. Trevohe, I.S., Ilkiv, Ye.Iu., Holiamyk, M.V. (2018). Monitorynh heodezychnykh punktiv. Monohrafiia. Ivano-Frankivsk, IFNTUNH. [in Ukrainian]
3. 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]
4. Innovative technologies in the field of geodesy, land management and design. (2021). Monograph. Kharkiv, KhNADU. [in Ukrainian]

5. Karan, E.P., Irizarry, J. (2014). Digital modeling of construction site terrain using remotely sensed data and geographic information systems analyses. Journal of construction engineering and management, 140(3). DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000822](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000822)
6. Kuzmin, V. (2008). Engineering geodesy in the survey, design and construction of highways. Tutorial. Kharkov, KhNADU. [in Russian]
7. Hofmann B., Wellenhof & Morit, H. (2005). Physical Geodesy. Wien, New York.
8. Nadolinets, L., Levin, E. & Akhmedov, D. (2017). Surveying instruments and technology. Florida.
9. Michal, Ondrej. (2016). Optimization method singeodeticnet works. Conference Proceedings 16th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference SGEM 2016, June 28–July 6, 2(2), 479–486.
10. Galda, M., Kujawski, E., Przewlocki, S. (2000). Geodezja I miernictwo budowlane. Geodezja.
11. Ostrovsky, A.L. Moroz, O.I., Tartachinskaya, Z.R. Gerasimchuk, I.F. (2011). Geodesy. Part One Topography. Lviv, View of Lviv polytechnics. [in Ukrainian]
12. Saleh, B., Al-Bayari, O. (2007). Geodetic monitoring of a landslide using conventional surveys and GPS techniques. Survey Review, 39(305), 252–260. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/175227007X197165>
13. Kovalenko, L., Yemets, V. (2021). Engineering and geodesic works and executive survey installation of bridge structures. Municipal economy of cities, 1(161), 124–128. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-1-161-124-128>

Рецензент: канд. техн. наук, доцент І.В. Мусієнко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

Автор: БАТРАКОВА Анжеліка Геннадіївна
доктор технічних наук, професор кафедри
проектування доріг, геодезії і землеустрою
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет
E-mail – rp@khadi.kharkov.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4067-4371>

Автор: ДОРОЖКО Євген Вікторович
кандидат технічних наук, завідувач кафедри
проектування доріг, геодезії і землеустрою
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет
E-mail – evgeniy.dorozhko@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2894-2131>

Автор: ЗАХАРОВА Еліна Володимирівна
асистент кафедри проектування доріг, геодезії і
землеустрою
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет
E-mail – linazaharova21@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8811-451X>

Автор: САРКІСЯН Гор Саркісович
доцент кафедри проектування доріг, геодезії і
землеустрою
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет
E-mail – gorsar14@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2343-4461>

FEATURES OF CREATION AND RESTORATION OF SUPPORTING GEODESIC NETWORK IN ROAD CONSTRUCTION MEASUREMENTS

A. Batrakova, Y. Dorozhko, E. Zakharova, G. Sarkisian

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The success of the implementation of projects of capital repairs, reconstruction or new construction of roads and man-made structures depends on the quality of geodetic support. Geodetic marking works must accompany the process of construction or repair work. Particular attention should be paid to the peculiarities of the creation and restoration of the geodetic support network in road construction, as these issues have a primary impact on the success of development and implementation of repair and construction projects and therefore affect the entire life cycle of the highway.

The laying of points of the geodetic reference network is performed in order to ensure topographic survey at the stage of surveys and to ensure further marking works at the stage of overhaul, reconstruction or new construction of the highway. The project of creating a geodetic reference network must be included in the main work program or compiled separately and agreed with the customer. The project of creating a geodetic reference network must display information on the type of network points, density and location of points, methods of geodetic measurements, coordinate systems and heights, basic requirements for the accuracy of the position of geodetic reference points and requirements for reporting materials in the technical report.

The location, type of fastening, construction and external design of the points of the basic geodetic network must ensure the preservation of the spatial position, protection from damage and loss of points. Metal structures of geodetic signs and design elements must be protected from corrosion by a special anti-corrosion coating. The location of the points is determined after the reconnaissance work, study of the initial data and the needs of design, construction and operation.

The proposed features of creation and restoration of the basic geodetic network in road construction are reflected in DSTU 9154:2021 «Guidance on performance of geodesic works in road building».

Keywords: restoration, geodetic measurements, road construction, geodetic support network.