

УДК 528.414

О. В. Верешко*

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1892-1153>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, 43025

В. У. Волошин

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6586-2045>

Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру

Волинський національний університет імені Лесі Українки, проспект Волі, 13, Луцьк, Україна, 43025

Д. А. Цицюк

здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, 43025

*автор-фкореспондент, e-mail: o.vereshko@lutsk-ntu.com.ua

Створення планово-висотної геодезичної основи за допомогою електронного теодоліта DT-5

Цитувати як:

Верешко, О. В., Волошин, В. У., Цицюк, Д. А. (2025). Створення планово-висотної геодезичної основи за допомогою електронного теодоліта DT-5, *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 24, 85-109. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-07](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-07)

© 2025, Верешко О. В., Волошин В. У., Цицюк Д. А.

Анотація. Геодезичне забезпечення є наріжним каменем будь-якого будівельного чи інфраструктурного проекту, оскільки воно фактично розпочинає процес будівництва. Цей комплекс робіт охоплює вимірювання земної поверхні за допомогою високоточних приладів, обчислення просторових даних, та подальше створення топографічного плану.

Основна функція геодезичних робіт полягає у наданні необхідної просторової інформації та геометричного контролю, що є критично важливим для забезпечення точності, відповідності об'єкта проектній документації та безпеки на будівельному майданчику. Геодезична основа на будівництві створюється ієрархічно для забезпечення точного переходу від державних координат до детальної розбивки елементів конструкції. Це багаторівневий підхід, який мінімізує накопичення похибок, і гарантує, що детальні геодезичні роботи завжди базуються на максимально точній основі, забезпечуючи високу якість і безпеку будівництва.

Необхідність математичної обробки вимірювань у геодезії та інженерній справі виникає через неминучість похибок у результатах вимірювань. Ці похибки призводять до того, що польові вимірювання не відповідають строгим геометричним умовам або теоретичним рівнянням, які описують об'єкт чи процес вимірювання. Точність вимірювань (наприклад, оцінена за допомогою середньо-квадратичної похибки) повинна бути прямо узгоджена з допусками, які визначені у існуючій нормативній документації та проектній документації будівництва.

Математична обробка результатів вимірювань зазвичай здійснюється методом найменших квадратів і слугує для: забезпечення найбільш ймовірної та обґрунтованої оцінки вимірюваних величин; визначення надійності отриманих результатів; приведення вимірюваних величин у відповідність до геометричних рівнянь.

Підтримання високої якості та ефективності робіт на кожному етапі можливе лише за умови безперервного та точного геодезичного супроводу. В статті описано методику визначення координат пунктів геодезичної мережі оптико-електронними приладами та оцінку їх точності на прикладі будівельного майданчика.

Ключові слова: геодезичні роботи, інженерно-геодезичні вишукування, врівноваження, оцінка точності.

Вступ

Перед початком будь-яких робіт в будівництві виконують низку ключових вимірювань, необхідних для юридичного та просторового визначення ділянки будівельного чи інфраструктурного проєкту. Сюди слід віднести встановлення меж земельної ділянки та винесення їх в натуру. Оцінка будівельної ділянки вимагає проведення низки комплексних інженерних досліджень на підготовчому етапі. До цього комплексу входять інженерно-геодезичні, інженерно-геологічні, кліматологічні, метеорологічні та інші вишукування. Особливе значення мають інженерно-геодезичні дослідження, оскільки вони надають точні дані про рельєф і загальну ситуацію місцевості, фіксують розташування опорних точок та реперів, слугують незамінною основою як для проєктування майбутніх об'єктів, так і для самого процесу будівництва та подальшого моніторингу.

Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми

Підготовчий етап будівництва передбачає ознайомлення з проєктною документацією, що включає будгенплан для підготовчого та основного періодів, а також пояснювальну записку. Будгенплан обов'язково повинен містити ситуаційні плани, на яких відображені знаки планово-висотної геодезичної основи. Усі матеріали, які передаються виконавцям робіт, повинні містити чіткі прив'язки до пунктів державної планової та висотної геодезичної мережі та відповідати встановленим вимогам щодо масштабу плану та геодезичних знаків [1-3].

Геодезичні роботи у будівництві являють собою комплекс організаційних, технологічних та технічних заходів, спрямованих на визначення просторового положення об'єктів, їх форм та розмірів, а також одержання геометричних, аналітичних та цифрових моделей. Це невід'ємна частина геодезичного забезпечення, що має на меті гарантувати відповідність геометричних параметрів об'єктів вимогам проєктної та нормативної документації. Головним нормативним документом, що

регулює ці процеси в Україні, є ДБН В.1.3-2:2010 «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві», який встановлює загальні умови забезпечення точності та виконання робіт [4].

Необхідність математичної обробки вимірювань виникає через неминучість похибок у результатах, які роблять вимірювання несумісними з рівняннями, що виражають геометричні умови. Для керівників геодезичних служб та інженерів з якості критично важливо розуміти, що точність вимірювань повинна бути прямо пов'язана з граничними допусками, передбаченими проектною та існуючою нормативною документацією [5].

Сучасні потреби будівництва стимулюють застосування інноваційних технологій та методів виконання геодезичних робіт. Ці зміни зумовлені широким використанням електронних приладів і програмного забезпечення для автоматизації обробки геодезичних вимірів. На сьогоднішній день існує велика кількість новітніх геодезичних рішень, що є принципово іншими, ніж традиційні, де для кожного типу вимірювань використовувався окремий інструмент: теодоліт (кутові вимірювання), нівелір (висотні вимірювання) та рулетка/далекомір (лінійні вимірювання).

Для виконання кутових вимірювань в будівництві використовуються електронні теодоліти. Вони застосовуються як незалежні прилади в різних видах геодезичних робіт і оснащені функціями накопичення та збереження вимірної інформації для подальшої автоматизованої обробки. У світлі останніх тенденцій в розвитку геодезичного обладнання, цей прилад був суттєво модернізований. Поява електронного тахеометра стала результатом злиття та вдосконалення двох ключових геодезичних приладів: електронного теодоліта та світловіддалеміра, інтегрованих із мікропроцесорною технологією. Появу електронних тахеометрів можна вважати природним розвитком геодезичної техніки, пов'язаним із загальним розвитком приладобудування та електроніки. Як найбільш багатофункціональний геодезичний прилад, електронний тахеометр має широкий набір технологічних можливостей. Його впровадження дало змогу оперативно визначати координати необхідних точок на об'єкті за мінімальний час, усуваючи потребу у виконанні будь-яких допоміжних чи попередніх польових побудов [6].

Геодезичні роботи при будівництві – це комплекс заходів з вимірювання, обчислення та контролю параметрів земельної ділянки та майбутньої споруди для забезпечення точності, безпеки та відповідності проекту. Вони включають топографічну зйомку, розбивку осей будівлі, моніторинг деформацій, контроль монтажу конструкцій та підготовку відповідної документації. Ці роботи виконуються на всіх етапах будівництва – від проектування до здачі об'єкта в експлуатацію [7].

Електронний теодоліт є елементом сучасної інженерної та прикладної геодезії. Його ключова роль полягає у забезпеченні високоточних вимірювань горизонтальних та вертикальних кутів шляхом автоматизованого цифрового відліку, що кардинально знижує суб'єктивні похибки зчитування, які були неминучі при використанні оптико-механічних приладів [8].

Метою даної роботи є апробація роботи електронного теодоліта DT-5 при побудові топографічної основи для будівництва та прецизійна оцінка точності врівноваження геодезичних вимірювань.

Матеріали та методи

Геодезичні роботи на будівельному майданчику є фундаментальною основою для забезпечення точності геометричних параметрів споруд та їх подальшої експлуатаційної надійності. В Україні загальні правила проектування, виконання та приймання цих робіт встановлені Державними будівельними нормами (ДБН) В.1.3-2:2010 "Геодезичні роботи у будівництві". Ці норми застосовуються обов'язково під час усіх етапів будівництва, реконструкції та технічного переоснащення об'єктів будь-якого призначення.

Нормативна база геодезичної діяльності тісно пов'язана із законодавчою сферою. ДБН В.1.3-2:2010 містить прямі посилання на ключові закони, зокрема "Про метрологію та метрологічну діяльність" та "Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність", підкреслюючи необхідність метрологічної повірки та сертифікації всього геодезичного обладнання та процесів.

На будівельному майданчику геодезична основа будується ієрархічно, забезпечуючи перехід від високоточних державних систем до детальної розбивки елементів конструкції. Ця ієрархія включає:

- Опорна геодезична мережа (ОГМ): Це первинна основа, яка має заданий клас точності. Вона може бути частиною державної геодезичної мережі (ДГМ), мережі згущення або спеціальної інженерно-геодезичної мережі. ОГМ служить базою для подальшого створення розмічувальної мережі будівельного майданчика.
- Геодезична розмічувальна мережа будівельного майданчика: Ця мережа створюється безпосередньо для перенесення проектних рішень у натуру, включаючи червоні лінії та будівельну сітку. Вона обов'язково прив'язується до ОГМ.
- Зовнішня геодезична розмічувальна мережа: Використовується для винесення основних розмічувальних осей споруди та виконання виконавчого знімання. Пункти цієї мережі є вихідними для розмічувальних робіт на нульовому циклі.

- **Внутрішня геодезична розмічувальна мережа:** Створюється на монтажних горизонтах (поверхах) для висотних будівель (понад дев'ять поверхів). Пункти внутрішньої мережі прив'язуються до пунктів зовнішньої мережі вихідного горизонту. Для будівель, що не перевищують дев'ять поверхів, створення внутрішньої мережі не є обов'язковим. Необхідність створення внутрішньої мережі для об'єктів висотністю понад дев'ять поверхів демонструє інженерно-технічний підхід до управління ризиками. Складність об'єктів, схильних до акумуляції помилок при вертикальному передаванні осей, а також необхідність контролю осідання та деформацій вимагають багаторівневого геометричного контролю. Внутрішня мережа не просто полегшує розмітку, але й є інструментом для контролю стабільності вертикального проектування осей та забезпечення співвісності вертикальних елементів (колон, панелей).

Створення планової геодезичної мережі передбачає використання методів, що забезпечують необхідний клас точності для прив'язки будівельної сітки. Державна планова геодезична мережа України (ДГМ) створювалася з використанням триангуляції, трилатерації та полігонометрії. Геодезична мережа 1-го та 2-го класів служить основою для подальшого розвитку мереж. Сучасні методи та технології глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) дозволяють створювати планові мережі з високою ефективністю [6].

При виборі методу розвитку мережі необхідно керуватися вимогами до точності та умовами майданчика. Для великих, відкритих об'єктів GNSS/RTK є оптимальним для швидкого створення опорної мережі. Проте, якщо необхідна максимальна міліметрова точність на обмежених ділянках (наприклад, для монтажу високоточного технологічного устаткування) або в умовах перешкод (щільна забудова, високі конструкції), високоточна полігонометрія та використання вимірювальних станцій залишаються незамінними. Тому створення планової геодезичної мережі, як правило, передбачає застосування комбінованого методу: GNSS для зовнішньої прив'язки та високоточні наземні методи для згущення сітки в межах майданчика.

Якість кінцевих вимірювань кутів електронним теодолітом прямо залежить від ретельності підготовчого етапу. Ключові операції – точне центрування та горизонтування – мають вирішальне значення, оскільки неякісне їх виконання є причиною появи похибок центрування (ексцентриситету) та похибки нахилу вертикальної осі. Для досягнення

високої точності, необхідної для полігонометрії 1-2 розрядів, горизонтальні кути вимірюються способом прийомів. Збільшення кількості прийомів є основним методичним інструментом для зниження впливу випадкових похибок.

Основним показником якості вимірювання є середня квадратична похибка (СКП), яка відображає надійність результату. Для мереж, що містять надлишкові вимірювання, як-от триангуляційні або полігонометричні ходи, якість вимірювань горизонтальних кутів оцінюється за нев'язками f у трикутниках. Середня квадратична похибка вимірювання горизонтального кута обчислюється за відомою формулою Ферреро:

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{\sum f^2}{3n}} \quad (1)$$

СКП є статистичним підтвердженням якості вимірювань, що використовується для порівняння з допустимими значеннями та граничними нев'язками, які встановлені для різних класів робіт.

Метод найменших квадратів (МНК) є найбільш фундаментальним і єдиним математично обґрунтованим підходом для врівноваження геодезичних вимірювань. Його ключова властивість полягає в тому, що він дозволяє отримати найбільш ймовірні та незміщені оцінки вимірюваних параметрів.

Критерій МНК вимагає мінімізувати суму квадратів поправок до виміряних величин:

$$\sum_{i=1}^n v_i^2 = [v^2] \rightarrow \min \quad (2)$$

Метод найменших квадратів дозволяє знайти єдиний розв'язок системи (2), причому він усуває появу великих поправок і для вимірювань поправки рівномірно розподіляються між результатами вимірювань. Сумісне врівноваження вимірюваних величин із використанням методу найменших квадратів є задачею на умовний екстремум, яку розв'язують двома шляхами. Перший полягає у знаходженні абсолютного екстремуму функції, де всі виміряні величини подаються у вигляді функцій від деяких незалежних і невідомих величин (параметрів). Даний підхід називається параметричним методом. Другий шлях полягає у заходженні умовного екстремуму функції із використанням методу Лагранжа, де фігурують невизначені множники (у геодезії їх називають корелатами). Цей підхід називають корелатним

методом. Обидва методи є еквівалентними, тобто вони є тільки різними підходами розв'язування однієї і тієї ж задачі, вони приводять до однакових результатів, але часто мають різну трудомісткість при розв'язанні однієї і тієї ж задачі. Крім зазначених двох способів врівноваження, існують і так звані комбіновані способи, що поєднують переваги одного й іншого [5].

Розглянемо результати вимірювань x_i ($i = \overline{1..n}$) горизонтальних кутів у геодезичній мережі, істинні значення яких дорівнюють X_i ($i = \overline{1..n}$). Серед n вимірних величин є k необхідних і $r = n - k$ – надлишкових. Наявність надлишкових вимірних величин приводить до появи r умов, яким повинні задовольняти виміряні значення x_i ($i = \overline{1..n}$). Ці умови запишемо у вигляді нелінійних рівнянь

$$\phi_j(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad j = \overline{1..r} \quad (3)$$

Якщо замість істинних значень X_i ($i = \overline{1..n}$) вимірних величин у рівняння (3) підставити їх результати вимірювань x_i ($i = \overline{1..n}$), то дані рівності строго виконуватись не будуть. У зв'язку з цим у правих частинах (3) з'являться величини w_j ($j = \overline{1..r}$) замість нулів, які називаються **нев'язками** і виникають за рахунок наявності похибок у результатах спостережень x_i ($i = \overline{1..n}$), тобто

$$\phi_j(x_1, x_2, \dots, x_n) = w_j \quad j = \overline{1..r} \quad (4)$$

Якщо у формулах (4) замість вимірних значень x_i ($i = \overline{1..n}$) розглянути врівноважені значення $x_i + v_i$ ($i = \overline{1..n}$), то поправки v_i ($i = \overline{1..n}$) повинні усунути невязки w_j ($j = \overline{1..r}$) і тоді матимемо:

$$\phi_j(x_1 + v_1, x_2 + v_2, \dots, x_n + v_n) = 0 \quad j = \overline{1..r} \quad (5)$$

Наведені рівняння у загальному випадку є нелінійними, і процедура розв'язування їх за методом найменших квадратів є складною. Тому їх лінеаризують, для чого функції ϕ_j ($j = \overline{1..r}$) розкладають у ряд Тейлора в околі точки (x_1, x_2, \dots, x_n) і, оскільки поправки v_i ($i = \overline{1..n}$) є малими, то обмежимося лінійними членами розкладу. У результаті отримаємо

$$\phi_j(x_1, x_2, \dots, x_n) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \phi_j}{\partial x_i} \right) v_i = 0, \quad j = \overline{1..r} \quad (6)$$

Умовні рівняння поправок (6) можна подати у матричній формі:

$$AV + W = 0, \quad (7)$$

де A – матриця коефіцієнтів умовних рівнянь поправок, V – вектор поправок до результатів вимірювань, W – вектор нев'язок.

Розв'язок матричного рівняння (7) будемо шукати, використавши умову (2).

Початкову задачу врівноваження зведено до визначення екстремуму функції. Наведену задачу на умовний екстремум функції можна розв'язати методом Лагранжа, тобто вона зводиться до задачі на абсолютний екстремум нової функції

$$\Phi = V^T V - 2K^T (AV + W) \rightarrow \min \quad (8)$$

де K – вектор корелат.

Необхідною умовою мінімуму функції від багатьох змінних є рівність нулеві її часткових похідних або рівність нулеві її повного диференціалу першого порядку, тобто $d\Phi = 0$. Провівши нескладні математичні викладки отримаємо вектор поправок

$$V = A^T K. \quad (9)$$

Невідомий вектор корелат можна знайти за (11) розв'язавши наступне матричне нормальне рівняння корелат

$$AA^T K + W = 0. \quad (10)$$

$$K = -(AA^T)^{-1} W. \quad (11)$$

Результати та обговорення

На прилеглий території до майбутнього будівельного майданчика (рис. 1) було визначено дві точки планово-висотної мережі методом GNSS та вибрано ще дві точки для згущення мережі високоточними вимірюваннями електронним теодолітом DT-5. Координати точок наведені і табл. 1.

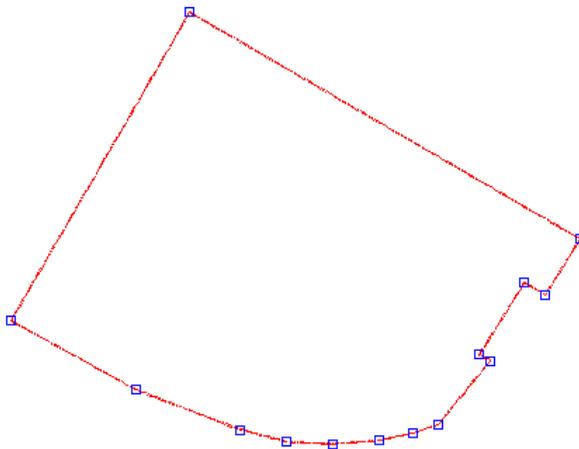
Таблиця 1. Координати точок планово-висотної мережі, отримані методом GNSS

№	X*	Y*	Z
T1	XX15655.054	XX12180.006	193.45
T2	XX15449.634	XX12243.157	190.46

*перші дві цифри координат приховано.



а)



б)

Рис. 1. Територія майбутнього будівельного майданчика (вул. Станіславського, м. Луцьк): а –фрагмент фотозображення сервісу <https://www.google.com/maps>; б – схема межі земельної ділянки.

В результаті на майбутньому будівельному майданчику утворилася опорна геодезична мережа у вигляді геодезичного чотирикутника.

Вимірювання геодезичного чотирикутника електронним теодолітом включало встановлення приладу у кожній вершині чотирикутника, центрування над точкою, вирівнювання і послідовне вимірювання всіх

горизонтальних, вертикальних кутів та відстаней між вершинами. Схема вимірювання показана на рис. 2.

Таблиця 2. Результати кутових вимірів отриманих електронним геодезітом

№ кута	значення кута	№ кута	значення кута
1	47° 59' 35''	5	35° 16' 55''
2	27° 50' 15''	6	40° 33' 00''
3	44° 02' 15''	7	47° 30' 10''
4	60° 07' 45''	8	56° 40' 10''

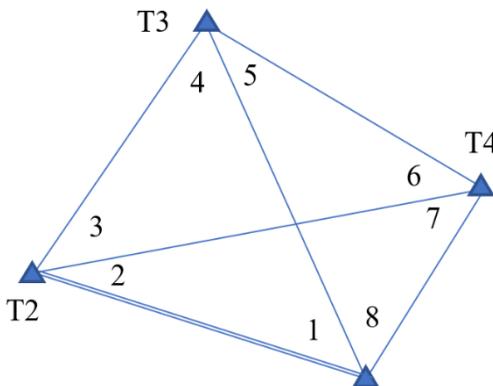


Рис. 2. Схема опорної геодезичної мережі.

Мережа триангуляції містить 8 вимірних кутів, істинні значення яких є невідомими. Тому задача врівноваження зводиться до усунення нев'язок системі рівнянь (3), для чого потрібно знайти поправки до результатів вимірювань. Розв'язання даної задачі розглянемо за допомогою кореатного методу врівноваження [9].

Оцінка точності кутових вимірювань за нев'язками в трикутниках згідно формули Ферреро (2) становить

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{[f^2]}{3n}} = 6.9'',$$

а допустима нев'язка в кожному з трикутників мережі становить:

$$w_{\text{доп}} = 2.5\sqrt{3} \cdot m_{\beta} = 27.6 = 29,7''$$

Маємо вихідне рівняння (10), де

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 24,47 & 0 & 0 & -14,09 & -1,99 & -24,61 & 19,29 & 5,51 \end{pmatrix}$$

$$W = \begin{pmatrix} -10 \\ 15 \\ 10 \\ 331,86 \end{pmatrix}$$

Вектор корелат обчислимо за формулою (11):

$$K = \begin{pmatrix} 2,17 \\ -4,85 \\ 1,97 \\ -0,25 \end{pmatrix}$$

Обчислення поправок проведемо із рівняння (9). Матимемо наступні поправки в горизонтальні кути:

$$V = \begin{pmatrix} -2,1 \\ 4,1 \\ 2,2 \\ 5,8 \\ -4,3 \\ -1,4 \\ -7,8 \\ -4,3 \end{pmatrix}$$

Точність результатів вимірювань за середньою квадратичною похибкою значення вимірюваного кута становить

$$m = \pm \sqrt{\frac{[v^2]}{r}} = \pm 6.3'' .$$

Отже, на прилеглий території до майбутнього будівельного майданчика отримали опорну геодезичну мережу у вигляді геодезичного чотирикутника, координати точок якої наведені і табл. 3.

Таблиця 3. Координати точок планово-висотної мережі, отримані методом GNSS

№	X*	Y*	Z
T1	XX15655.054	XX12180.006	193.45
T2	XX15449.634	XX12243.157	190.46
T3	XX15555.818	XX12393.623	191.90
T4	XX15726.684	XX12295.756	192.98

*перші дві цифри координат приховано.

Таким чином, на досліджуваному об'єкті будівництва сформована опорна геодезична мережа із 4 точок, координати яких отримані GNSS-методом вимірювання та за допомогою лінійно-кутових вимірювань електронним теодолітом DT-5 з подальшою математичною обробкою за допомогою методу найменших квадратів з визначенням оцінки їх точності. Дана опорна геодезична мережа яка слугуватиме базою для подальшого створення розмічувальної мережі будівельного майданчика.

Висновки

Координати пунктів геодезичної основи будь-якого будівельного чи інфраструктурного проекту визначають від функціонуючих пунктів державної геодезичної мережі різними технологіями вимірювань, такими як: триангуляція, трилатерація, полігонометрія, геометричне нівелювання, тригонометричне нівелювання, супутникові визначення координат. Найсучаснішим методом визначення координат об'єкта є GNSS-метод.

До складу геодезичних робіт, що виконуються на будівельному об'єкті, входять: побудова опорної геодезичної мережі, побудова зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі, побудова геодезичної розмічувальної мережі будівництва, детальне розмічування елементів будівництва, створення внутрішньої розмічувальної мережі на вихідному та монтажних горизонтах, виконавче знімання, вимірювання деформацій фундаментів та конструкцій будівель. Вимірювання виконують різними геодезичними приладами та методами.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. Inzhenerni vyshukuvannya dlya budivnytstva DBN A.2.1-1-2014.. (2014) (Ukrayina). https://dbn.at.ua/ld/11/1167_DBNInzhenernivu.pdf.
2. Baran, P. I., Burak, Tretyak, K. R. (2011). Inzhenerno-heodezychni roboty v Ukrayini. Visnyk heodeziyi ta kartohrafiyi, (5), 19-26
3. Ostrovs'kyu A.L. (2012) Heodeziya : pidruch. / A.L. Ostrovs'kyu, O.I. Moroz, V.L. Tarnavs'kyu ; za zah. red. N.L. Ostrovs'koho. 2-he vyd., vypr. L'viv : Vydavnytstvo L'vivs'koyi politekhniky. 564 s.
4. Systema zabezpechennya tochnosti heometrychnykh parametriv u budivnytstvi. Heodezychni roboty u budivnytstvi. DBN B V.1.3-2:2010. Zmina 1. (2010) (Ukrayina). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25911.
5. Zazulyak P. M., Havryk V. I., Yevseyeva E. M., Yosypchuk M. D. (2007) Osnovy matematychnoho opratsyuvannya heodezychnykh vymiryuvan'. L'viv: Rastr. 408 s.
6. A. Vivat, N. Nazarchuk, KH. Kryva (2018). Doslidzhennya tochnosti vyznachennya koordynat metodom GNSS u RTK ta PPP rezhymakh. U Zbirnyk materialiv mizhnar. nauk.-tekhn. konf. molodykh vchenykh «GeoTerrace – 2018» (S. 15–18.). L'viv: Vydavnytstvo L'vivs'koyi politekhniky.
7. Vykonannya vymiryuvan', rozrakhunok ta kontrol' tochnosti heometrychnykh parametriv. Nastanova. DSTU-N B V.1.3-1:2009 (2009). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25920.
8. Metrolohiya. Teodolity y takheometry. Metrolohichni ta tekhnichni vymohy K.: DP «UkrNDNTS» Ukrayiny. DSTU 8955:2019 (2020). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86558
9. Yedyna systema dopuskiv i posadok. Terminy ta vyznachennya. Poznachennya i zahal'ni normy. DSTU 2500-94 (1994). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=55979.

Література

1. Інженерні вишукування для будівництва ДБН А.2.1-1-2014.. (2014) (Україна). https://dbn.at.ua/ld/11/1167_DBNInzhenernivu.pdf.
2. Баран, П. І., Бурак, Третяк, К. Р. (2011). Інженерно-геодезичні роботи в Україні. Вісник геодезії та картографії, (5), 19-26

3. Островський А.Л. (2012) 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. 564 с.
4. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. ДБН Б В.1.3-2:2010. Зміна 1. (2010) (Україна). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25911.
5. Зазуляк П. М., Гаврик В. І., Євсєєва Е. М., Йосипчук М. Д. (2007) Основи математичного опрацювання геодезичних вимірювань. Львів: Растр. 408 с.
6. А. Віват, Н. Назарчук, Х. Крива (2018). Дослідження точності визначення координат методом GNSS у RTK та PPP режимах. У Збірник матеріалів міжнар. наук.-техн. конф. молодих вчених «GeoTerrace – 2018» (С. 15–18.). Львів: Видавництво Львівської політехніки.
7. Виконання вимірювань, розрахунків та контроль точності геометричних параметрів. Настанова. ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 (2009). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25920.
8. Метрологія. Теодоліти й тахеометри. Метрологічні та технічні вимоги К.: ДП «УкрНДНЦ» України. ДСТУ 8955:2019 (2020). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86558.
9. Єдина система допусків і посадок. Терміни та визначення. Позначення і загальні норми. ДСТУ 2500-94 (1994). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=55979.

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 14.11.2025	Received 14.11.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 18.11.2025	Received in revised form 18.11.2025
Прийнято 25.11.2025	Accepted 25.11.2025
Опубліковано 25.12.2025	Published 25.12.2025

O.V. Vereshko*

Ph.D. in Engineering, <https://orcid.org/0000-0002-1892-1153>
Department of building and civil engineering
Lutsk National Technical University, Lvivska 75, Lutsk, Ukraine, 43018

V.U. Voloshyn

Ph.D. in Engineering, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6586-2045>
Department of Geodesy, Land Management and Cadastre
Lesya Ukrainka Volyn National University, Voli ave., 13, Lutsk, Ukraine, 43025

D.A. Tsytsiuk

student pursuing a first (bachelor's) degree in higher education
Department of building and civil engineering
Lutsk National Technical University, Lvivska 75, Lutsk, Ukraine, 43018

*corresponding author, e-mail: o.vereshko@lutsk-ntu.com.ua

Creation of a planimetric and altimetric geodetic basis using a DT-5 electronic theodolite

How to Cite:

Vereshko, O.V., Voloshyn, V.U., Tsytsiuk D.A. (2025). Creation of a planimetric and altimetric geodetic basis using a DT-5 electronic theodolite, 24, 85-99. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-07](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-07)

Abstract. Surveying is the cornerstone of any construction or infrastructure project, as it effectively kicks off the construction process. This complex set of tasks includes measuring the earth's surface using high-precision instruments, calculating spatial data, and then creating a topographic plan.

The main function of surveying is to provide the necessary spatial information and geometric control, which is critical for ensuring accuracy, compliance of the object with the project documentation, and safety on the construction site. The geodetic basis in construction is created hierarchically to ensure an accurate transition from state coordinates to a detailed breakdown of structural elements. This is a multi-level process that minimizes the accumulation of errors and ensures that detailed surveying work is always based on the most accurate foundation possible, ensuring high quality and safety in construction.

The need for mathematical processing of measurements in geodesy and engineering arises due to the inevitability of errors in measurement results. These errors lead to field measurements not meeting strict geometric conditions or theoretical equations that describe the object or measurement process. The accuracy of measurements (e.g., estimated using the root mean square error) must be directly consistent with the tolerances specified in existing regulatory documentation and construction design documentation. Mathematical processing of measurement results is usually performed using the least squares method and serves to: ensure the most probable and reasonable estimate of the measured values; determine the reliability of the results obtained; bring the measured values into line with geometric equations.

Maintaining high quality and efficiency of work at each stage is only possible with continuous and accurate geodetic support. The article describes the methodology for determining the coordinates of geodetic network points using optoelectronic devices and evaluating their accuracy using the example of a construction site.

Keywords: geodetic works, engineering and geodetic surveys, alignment, accuracy assessment.