



ГЕОДЕЗІЯ

УДК 528.48

<https://doi.org/10.32347/0130-6014.2019.67.7-14>

Г. М. Литвин, канд. техн. наук, доц. кафедри інженерної геодезії,
С. А. Бондар, ас. кафедри інженерної геодезії
Київський національний університет будівництва і архітектури

АКТУАЛЬНІСТЬ УЗГОДЖЕННЯ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ПІД ЧАС ПОБУДОВИ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ ЗГУЩЕННЯ З МОЖЛИВОСТЯМИ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ

У статті розглянуто стан побудови полігонометрії згущення на даний час, проаналізовано нормативну літературу, яка регламентує точність побудови, обґрунтовано необхідність та визначені шляхи зменшення категорій ходів полігонометрії без згуби точності при вимірюванні ліній електронним тахеометром. Звернена увага на виконання кількості прийомів вимірювання кутів в різних категоріях ходів полігонометрії при застосуванні електронних тахеометрів. Також, визначено необхідність змін в побудові знімальної мережі, що розвивається на основі полігонометрії згущення, побудованої із застосуванням електронних тахеометрів.

Ключові слова: полігонометрія згущення, категорії ходів, стадії побудови, точність вимірювань кутів і ліній, кількість кутових прийомів, параметри знімальних мереж.

Вступ. На різних етапах розвитку полігонометричних мереж застосовували різні методи вимірювання ліній для забезпечення відповідної точності конкретної категорії ходів. Основними з них були методи: підвісних приладів, базисних вимірів, оптичних віддалемірів, паралактичних ланок, радіо- та світловіддалемірів. На сучасному етапі геодезичне виробництво забезпечено достатньою кількістю високоточних електронних тахеометрів, які і є основним засобом вимірювання ліній в полігонометрії. Але, особливості та можливості їх застосування до цього часу не враховані в нормативній геодезичній літературі. Не відкориговані довжини ходів, кількість і довжини сторін ходу, не визначена стадійність побудови з урахуванням можливостей електронних тахеометрів, не визначена кількість прийомів вимірювання кутів у полігонометрії.

© Г. М. Литвин, С. А. Бондар, 2019

Також, не вирішене питання побудови знімальних мереж в умовах застосування для вимірювання ліній і кутів електронними тахеометрами. Натомість, вся нормативна технічна література подає вимоги минулих років, навіть документ останніх років [6] наводить застарілі дані.

Аналіз досягнень та публікацій. Протягом усього періоду розвитку геодезії методи побудови мереж, їх параметри і точність, кількість станцій, та інше регламентувалось технічною нормативною документацією, основними положеннями побудови та інструкціями.

Починаючи з 1955 року і до нинішнього часу геодезична діяльність проводилась згідно інструкцій [1-5], згідно яких встановлювалась категорія ходів полігонометрії згущення та ситуації їх побудови. Незважаючи на прогрес в розвитку приладів, методів вимірювань і технологій, полігонометрія згущення складається з трьох категорій ходів: 1 розряд підвищеної точності [2], перейменованій в 4 клас [3-6] та ходи 1 і 2 розрядів, причому точність їх не змінювалась: 1: 25000, 1:10000 та 1:5000 (1 розряд в різний час мав точність 1:8000). Тобто, протягом половини століття в полігонометрії згущення нічого не змінювалось, окрім незначної зміни довжин ходів і сторін ходу.

Але в восьмидесятих роках минулого століття точність світловіддалемірів для вимірювання ліній в полігонометрії згущення становила $m_s = (a + b * S_{км})$, де $a = 15$ мм, $b = 10$ мм, то на даний час, величини a і b становлять, в основному, 2 мм. Слід відзначити, що була спроба [7] скорегувати довжини сторін та їх кількість в полігонометричних ходах, але в нормативній літературі це знайшло відображення лише при побудові знімальних мереж (теодолітних ходів). В полігонометрії були внесені зміни, як доповнення, від 11 листопада 1987 р. до інструкції [4], але в подальших документах ці доповнення (хоч вже і застарілі) загубились.

Нині діюча інструкція [5] також безнадійно застаріла. Вона була розроблена ще згідно з Основними положеннями (ГКНТА-1.04-01-93, К., 1993 р.) та видана в 1999 році, коли діяли вже нові основні положення створення державної геодезичної мережі України. Ці положення втратили чинність і були замінені в 2013 році на Порядок побудови ДГМ [6]. Це останній розроблений діючий документ, але в ньому теж, окрім піднесення полігонометрії згущення до спеціальних мереж, нічого не змінилось. Все ті ж три категорії ходів полігонометрії і та ж точність, незважаючи на сучасні досягнення.

Згідно з виконаним оглядом існуючої нормативної документації для побудови мереж згущення, можна зробити висновок про застарілі вимоги, які не відповідають сучасному стану розвитку приладів і методів побудови полігонометрії.

Постановка завдання. На основі аналізу нормативної літератури для побудови спеціальних геодезичних мереж методом полігонометрії (мереж згущення) обґрунтувати можливість зменшення ситуаційності побудови мереж з урахуванням можливостей електронних тахеометрів.

Основна частина. Полігонометрія згущення проектується рівномірно по всій території з умовою, що довжина окремих теодолітних ходів точною 1:2000 між пунктами полігонометрії не повинна перевищувати вимог інструкції [5]. В забудованих територіях необхідно, окрім крупномасштабного знімання,

забезпечити також перенесення проектів планування і забудов в натуру, розпланування трас міських підземних комунікацій, перенесення в натуру червоних ліній, виконавче знімання та інше. По точності геодезична мережа згущення (полігонометрія) повинна відповідати вимогам точності знімання планів масштабу 1:500.

Щільність пунктів державної геодезичної планової мережі для топографічного знімання масштабу 1: 2000 і крупніше складає: для незабудованих територій - 1 пункт на 5-15 км², а на забудованих територіях — 1 пункт на 5 км², - це означає, що максимальна відстань по прямій між пунктами може бути в межах 4,5 - 7 км (максимальна довжина ходу 1 розряду). Довжина окремого ходу 4 - 14 км. Наявна неузгодженість між щільністю пунктів ДГМ та довжинами ходів полігонометрії. Звідси і кількість категорій ходів (стадій) побудови. Три стадії встановлені були при малоточних та затратних засобах вимірювання ліній для досягнення необхідної точності.

Відомо, що однією із переваг полігонометрії є розподіл впливу похибок кутових і лінійних вимірів на точність положення кінцевої точки ходу (на похибки поперечного і поздовжнього зсуву). Отже, при однаковій загальній похибці можливо змінити співвідношення між ними. При застосуванні електронних тахеометрів значно зменшується похибка поздовжнього зсуву при незмінній або зменшеній похибці поперечного. Це дає змогу підвищити точність полігонометричних ходів і при коротких сторонах. При найменшій стороні полігонометрії 2 розряду 80 м, $m_s=(2+2ppm)=2.15\text{мм}$; $\Delta_s=2m_s=4.3\text{мм}$ відносна похибка складе 1:18600, що в 3,5 рази точніше, ніж в інструкції. Внаслідок цього можна збільшити довжини ходів в 2-2,5 рази, що не є дослідженим. Отже, можливо без втрати точності відмовитись від 1 і 2 розрядів і будувати лише однастадійну полігонометрію.

При сучасних методах побудови полігонометрії вимірювання кутів і ліній в ходах різних категорій (4 класу, 1 і 2 розрядів) практично, по точності і трудозатратах, нічим не відрізняються. А однастадійна побудова забезпечує жорсткість мережі, значно зменшує похибки вихідних даних на ходи нижчої точності. Вирівнювання суцільної мережі на всю територію населеного пункту дозволяє отримати однорідну точність пунктів, підвищити надійність їх визначення. Тому є нагальна вимога ввести корекцію в інструкцію. Тільки в [5] існує пункт, в якому рекомендується прагнути до скорочення багатоступеневості і обмежитись розвитком полігонометрії 4 класу і 1 розряду. Але ніяких конкретних нормативів і параметрів не наведено.

Методика розрахунку кількості стадій геодезичної основи і необхідної точності вимірювання кутів і ліній наведена в [14]. Розрахунок зроблений виходячи із приладів і методів того часу, тому необхідно виконати розрахунки, виходячи із нинішньої ситуації та закріпити результати в нормативних документах.

Також відсутня інструкція по закріпленню пунктів полігонометрії стінними знаками на забудованій території, регламентація кількості прийомів вимірювання кутів при їх координуванні та методика використання електронних тахеометрів та електронних рулеток при прив'язці до стінних знаків.

Важливим фактором врегулювання співвідношення точності кутових і лінійних вимірів є встановлення кількості прийомів вимірювання кутів в полігонометрії електронними тахеометрами.

В електронних тахеометрах, як і в електронних теодолітах, застосовується імпульсна або динамічна система відлічування та автоматична реєстрація результатів вимірювань. Електронні тахеометри випускають відомі фірми: Leica, Sokkia, Nikon, Trimble, Topcon та інші. Точність вимірювання кутів у яких сягає від 5"- 6" до 0,5". Не вдаючись в детальне перерахування всіх наявних моделей, можна відмітити їх характерні особливості, а саме: автоматично компенсуються колімаційна похибка, похибка за нахил осі обертання труби і осі обертання приладу; вводяться поправки за кривизну Землі та рефракцію; враховується температура навколишнього середовища і атмосферний тиск. Вбудовані блоки керування автоматично компенсують похибки візування та індексу вертикального круга. Два осьові компенсатори автоматично виправляють похибку встановлення горизонтальних і вертикальних площин. Багато тахеометрів оснащені автоматичною системою наведення та самонаведення, автоматизованою системою відлічування кругів під час визначення кутів та напрямків. Це дає можливість повністю виключати помилки спостерігача (необхідність фокусувати на кожну точку, помилки від втоми), що, в свою чергу, значно прискорює швидкість та підвищує ефективність вимірів.

Існують різноманітні методи електронних відліків при вимірюванні напрямків (динамічні, кодові, імпульсні), але в будь-якій документації тахеометра не приведені кількість прийомів для досягнення тієї чи іншої точності вимірюваного кута чи напрямку. Необхідно відмітити, що, для послаблення впливу ексцентриситету та похибок нанесення поділок на лімб, в динамічних системах використовують двосторонню систему відліків (що гарантується конструкцією приладу), та рекомендовано повторні виміри на різних частинах лімбу (однак, не вказано на яких саме; не зазначено кут між прийомами). Але такі системи використовують в якості еталонних [10].

Зважаючи на вищесказане, виникає питання встановлення кількості прийомів вимірювань кутів як в полігонометрії різних категорій ходів, так і в знімальних мережах.

Для знімальних мереж, сторони в яких виміряні електронними тахеометрами, довжини теодолітних ходів збільшені від 0,8 км до 2,0 км при мінімальній довжині сторони 0,02 км. Отже, щільність пунктів полігонометрії згущення може бути значно зменшена.

Довжина всякого теодолітного ходу, при використанні електронних тахеометрів, збільшується в 5-8 разів. Але, якщо врахувати точність кутових вимірів, то її можна іще збільшити, в порівнянні з ходами, в яких відстані вимірюються рулетками і мірними стрічками.

Аналогічна ситуація спостерігається і в ДБН [12; 15], куди автоматично перенесені положення діючої інструкції [5], хоча в [15] пропонується збільшити довжини ходів 1 і 2 розрядів до 30% при використанні електронних тахеометрів. Такий стан мереж також накладає відбиток на визначення трудових затрат та розцінок на виконані роботи, ускладнює складання кошторису, та робить його

невідповідним дійсності. Наприклад, порівняно нескладна робота по рекогностуванню пунктів полігонометрії 4 класу та 1 розряду, які визначаються з допомогою ГНСС і мають практично однаковий склад робіт, значно відрізняються за розцінками та трудовими затратами (приблизно в 2,5 рази), що є невиправданим. Також відрізняються розцінки і трудові затрати при вимірюванні кутів і ліній на пунктах 4 класу та 1 розряду в 1,5 рази [16]. Аналогічна ситуація спостерігається і при інших видах робіт при побудові полігонометрії згущення. При застосуванні електронних тахеометрів практично немає різниці в об'ємах робіт по вимірюванню кутів та ліній для різних категорій ходів полігонометрії, так як і для теодолітних ходів.

Висновки. Для підвищення ефективності геодезичних робіт при побудові полігонометрії згущення необхідно в законодавчому порядку визначити категорії ходів полігонометрії згущення і кількість стадій її побудови при застосуванні електронних тахеометрів. Також слід визначити кількість прийомів при вимірюванні кутів електронними тахеометрами, впорядкувати довжини сторін в ходах як полігонометрії, так і в знімальних мережах. Обґрунтовано потребу вирішити питання ціни і трудових затрат для однотипних робіт в ходах різних категорій полігонометрії. Вирішення цих питань закріпити в першому наближенні як додаток до інструкції, а в подальшому ввести її в текст і зобов'язати геодезичну спільноту до виконання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Инструкция* по топографической съемке в масштабе 1:5000 и 1:2000. Москва: Геоиздат, 1955. – 93 с.
2. *Инструкция* по топографо-геодезическим работам для городского, поселкового и промышленного строительства. ГКС СН.212-62., Москва: Госстройиздат, 1962. – 183 с.
3. *Инструкция* по топографическим работам при инженерных изысканиях для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства: СН-212-73, Москва: Стройиздат, 1974. -190 с.
4. *Инструкция* по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 : ГКИНТ-02-033-82. Москва: Недра, 1982. – 195 с.
5. *Інструкція* з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (ГКНТА 2.04-02-98). – Київ, 1999. – 155 с.
6. *Порядок* побудови Державної геодезичної мережі: прийнятий 7 серпня 2013 р. №646 // Урядовий кур'єр, - 2013 - №165. – 12 вересня. – С. 11-12.
7. *Тревого И.С.* О соотношении точности угловых и линейных измерений в светодальномерной полигонометрии / И.С. Тревого // *Геодезия, картография и аерофотосъемка.* – 1977, №26. – с. 90-97.
8. *Тревого И.С.* Городская полигонометрия: монография / И.С. Тревого , П.М. Шевчук. – Москва: Недра, 1986. – 198 с.
9. *Геодезія.* Підручник / А.А. Островський, О.І. Мороз, В.Л. Тарнавський. – Львів: 2007. – 507 с.
10. *Ямбаев Х.К.* Геодезическое инструментоведение: Учебник. / Х.К. Ямбаев. – М.: Гаудеамус, 2011 – 583 с.

11. *ДБН В.1.3-2:2010* Геодезичні роботи в будівництві. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві.(чинний від 21.01.2010 р.) - Київ, Мінрегіонбуд України, 2010 р. – 70 с.

12. *ДБН А.2.1-1-2014*. Інженерні вишукування для будівництва. – Київ, Мінрегіонбуд України, 2014 – 126 с.

13. *Мороз О. І.* Геодезичні прилади: навч. посіб. / О. І. Мороз, С. Тревого, Т. Г. Шевченко; за ред. Т. Г. Шевченка. — Львів: вид-во нац. ун-ту „Львівська політехніка”, 2005. – 264 с.

14. *Курс инженерной геодезии.* Геодезические работы при проектировании и строительстве городов и тоннелей // Н.Н. Лебедев. – Москва, Недра 1970 – 376 с.

15. *СНиП 1.02.07-87* Инженерные изыскания для строительства/ Госстрой СССР, ГУГК СССР, - Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 104 с.

16. *Сборник* цен на изыскательские работы для капитального строительства. М., Стройиздат СССР, 1982г.

REFERENCES

1. Instrukcija po topograficheskoj sjomke v masshtabe 1:5000 и 1:2000 [Instructions for topographic photography on a scale of 1: 5000 and 1: 2000] (1955). Moscow: Geoizdat [in Russian].

2. Instruksiya po topografo-geodezicheskim rabotam dlya gorodskogo, poselkovogo i promyshlennogo stroitelstva.[Instructions for topographic and geodetic works for urban, village and industrial construction] (1962). GKS SN.212-62. Moscow: Gosstroyizdat [in Russian].

3. Instrukcija po topograficheskim rabotam pri ingenernih izyskanijah dlja promyshlennoho, selskohozjajstvennoho, gorodskogo i poselkovogo stroitelstva: SN-212-73 [Instructions for topographical work in engineering surveys for industrial, agricultural, urban and township construction] (1974). Moscow: Stroyizdat [in Russian].

4. Instruksiya po topograficheskoj syomke v masshtabah 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 : GKINT-02-033-82. [Instructions for a topographic survey on a scale of 1: 5000, 1: 2000, 1: 1000, 1: 500] (1982). Moscow: Nedra [in Russian].

5. Instruksiia z topografichnoho znimannia u masshtabakh 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (HKNTA 2.04-02-98) [Instruction of topographic information at scales 1: 5000, 1: 2000, 1: 1000, 1: 500 (GKNTA 2.04-02-98)] (1999). Kyiv [in Ukrainian].

6. Poryadok pobudovi Derzhavnoyi geodezichnoyi merezhI: priynyaty 7 serpnia 2013 r. №646 [Procedure for designing of the State Geodetic Network: adopted on August 7, 2013 №6466.] (2013). *Uryadovyy kuryer - Government courier*. 165, 11-12 [in Ukrainian].

7. Trevogo I.S. (1977). O sootnoshenii tochnosti uglovyih i lineynyih izmereniy v svetodalnomernoy poligonometrii [On the ratio of the accuracy of angular and linear measurements in light-range polygonometry] *Geodeziya, kartografiya i aerofotosemka – Geodesy cartography and aerial photography*, 26, 90-97 [in Russian].

8. Trevogo I.S. & Shevchuk P.M. (1986). *Horodskaya polyhonometriya: monohrafyya [Urban polygonometry: monograph]* Moscow: Nedra [in Russian].

9. Ostrovskiy A.A., Moroz O.I., Tarnavskiy V.L. (2007). *Heodeziia [Geodesy]*. Lviv: Lvivska politekhnika [in Ukrainian].
10. Yambaev H.K. (2011). *Geodezicheskoe instrumentovedenie: Uchebnik [Geodetic Instrumentation: A Textbook]*. Moscow: Gaudeamus [in Russian].
11. Heodezychni roboty v budivnytstvi. Systema zabezpechennia tochnosti heometrychnykh parametriv u budivnytstvi [Geodetic works in construction. System for ensuring the accuracy of geometric parameters in construction].(2010). *DBN V.1.3-2:2010 from 21st January 2010*. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy [in Ukrainian].
12. Inzhenerni vyshukuvannia dlia budivnytstva [Engineering surveys for construction]. (2014). *DBN A.2.1-1-2014 from 1st August 2014*. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy [in Ukrainian].
13. O. I. Moroz, S. Trevoho, T. H. Shevchenko (2005). *Heodezychni prylady. Navchalnyi posibnyk [Geodetic instruments: textbook]*. Lviv: Natsionalnyy universytet «Lvivska politekhnika» [in Ukrainian].
14. Lebedev N.N. (1970). *Kurs inzhenernoy geodezii. Geodezicheskie raboty pri proektirovanii i stroitelstve gorodov i tonneley [Course of engineering geodesy. Geodetic works in the design and construction of cities and tunnels]*. Moscow: Nedra [in Russian].
15. Inzhenernyie izyiskaniya dlia stroitelstva [Engineering surveys for construction] (1988). *SNiP 1.02.07-87*. Moscow: TsITP Gosstroya SSSR [in Russian].
16. Sbornik tsen na izyiskatelskie raboty dlia kapitalnogo stroitelstva [Collection of prices for survey work for capital construction] (1982). Moscow: Stroyizdat SSSR [in Russian].

Г. М. Литвин, С. А. Бондар

**АКТУАЛЬНОСТЬ СОГЛАСОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ
ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПОЛИГОНОМЕТРИИ СГУЩЕНИЯ С
ВОЗМОЖНОСТЯМИ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ**

В статье проанализирована нормативная литература многолетнего построения полигонометрии сгущения, обсуждаются категории ходов и этапы их построения. Сделан вывод о несоответствии инструкций современным методам измерений электронными тахеометрами. Сделан вывод о необходимости согласовать точность линейных и угловых измерений и стадий построения полигонометрии сгущения, разработать условия построения съёмочных сетей на современном этапе, определить соотношение между стоимостью работ в различных категориях ходов.

Ключевые слова: полигонометрия сгущения, категории ходов, стадии построения, количество угловых приемов, точность измерений линий и углов.

H. Lytvyn, S. Bondar

**THE RELEVANCE OF COORDINATION OF REGULATORY
REQUIREMENTS IN THE CONSTRUCTION OF POLYGONOMETRY
OF DENSIFICATION WITH THE POSSIBILITIES OF MODERN
ELECTRONIC DEVICES**

At different stages of development of polygonometric networks, different methods of measuring lines were used to ensure the appropriate accuracy of a specific category of moves. At the present stage, geodetic production is provided with a sufficient number of high-precision electronic total stations, which are the main means of measuring lines in polygonometry. However, the features and possibilities of their application are still not taken into account in the normative geodetic literature.

With modern construction methods of polygonometry, the measurement of angles and lines in the course of different categories is practically, in accuracy and labor costs, no different. And one-stage construction provides network rigidity, considerably reduces measurement errors of initial data on moves of lower accuracy. Alignment of a continuous network on all territory of the settlement allows to receive uniform accuracy of points, to increase reliability of their definition.

The article analyzes the normative literature of the long-term construction of densification polygonometry, discusses the categories of networks and the stages of their construction. It is concluded that the instructions do not correspond to the modern methods of measurement with electronic total stations. It was concluded that it is necessary to agree on the accuracy of linear and angular measurements and stages of building densification polygonometry, to elaborate the conditions for building survey networks at the current stage, to determine the relationship between the cost of work in various categories of networks.

Key words: *densification polygonometry, network categories, construction stages, number of angular methods, accuracy of line measurements and angles.*

Надійшла до редакції

05.05.2019