

УДК 528.3

І.В. Калинич

Ужгородський національний університет

**ДО ПИТАННЯ ПРО КЛАСИФІКАЦІЮ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ***О Калинич І.В., 2012**Анализируются проблемы, возникающие при использовании действующей классификации государственных геодезических сетей в современных условиях.**This paper analyzes the problems that occur with the current classification of state geodetic networks in the modern world.*

**Постановка проблеми.** Класифікація геодезичних вимірів, що була розроблена понад сімдесят років тому для забезпечення побудови планових державних геодезичних мереж традиційними наземними геодезичними методами (триангуляції, полігонометрії, трилатерації), у своїй основі базувалась на прийнятих тоді методах побудови планових мереж та методиках вимірювань. Це було зумовлено поточним станом справ у геодезичній галузі – наявним парком геодезичних інструментів, досвідом проведення попередніх робіт, залученням до покриття новоохоплених територій іншими аспектами польових і камеральних робіт тощо. Серйозним випробуванням для традиційної класифікації геодезичних вимірів стали супутникові вимірювання, які не вкладаються у наявну класифікацію.

**Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями.** Висвітлені в цій публікації питання тісно пов'язані з Основними положеннями створення Державної геодезичної мережі (ДГМ) України. Основні положення побудови ДГМ встановлюють загальні вимоги та принципи її побудови, моніторингу її пунктів і передбачають побудову ДГМ із застосуванням як сучасних глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS), а також допускають використання традиційних геодезичних методів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання цієї проблеми.** Визначення обґрунтованої структури ДГМ необхідне для розповсюдження національної геодезичної референцної системи координат на всю територію держави з метою геодезичного забезпечення картографування території країни, виконання кадастрових зніманих та ведення державних кадастрів, забезпечення функціонування національної інфраструктури геопросторових даних [7]. Подальше виконання цих завдань забезпечить якісне виконання топографічних, картографічних, кадастрових зніманих, оновлення карт і планів тощо [3,4]. Основні положення побудови ДГМ також передбачають встановлення середньої густоти ДГМ не менше одного пункту на 30 км<sup>2</sup>. Водночас зауважується, що у разі використання супутникових технологій для визначення пунктів знімальних мереж можливе обґрунтоване зменшення густоти пунктів ДГМ [2].

**Постановка завдання.** За час свого існування класифікація геодезичних вимірювань зазнала деяких змін, які приводили до того, що один і той самий клас точності геодезичних вимірювань мав різні кількісні характеристики в різні роки виконання вимірювань. Таке положення можна безпосередньо пояснити і воно є цілком виправданим. Класифікація геодезичних вимірювань не є суто математичним, абстрактним об'єктом, вона розробляється для розв'язування конкретних геодезичних задач з урахуванням наявних на певний момент умов, в яких доведеться виконувати поставлені завдання. Однак такий стан справ, коли якісно різні геодезичні вимірювання класифікуються одним і тим же класом точності, то це створює проблеми при їх спільному опрацюванні.

У статті аналізуються проблеми, що виникають при використанні чинної класифікації геодезичних мереж в сучасних умовах та нові підходи до методів класифікації.

**Виклад основного матеріалу.** На теперішній час склалися умови для перегляду чинної нині класифікації точності геодезичних вимірювань в ДГМ, про що свідчать ознаки, які спостерігаються в геодезичній практиці.

Перша ознака має, так би мовити, хронологічний характер. Річ у тім, що чинна нині класифікація геодезичних вимірювань [5] була розроблена понад півстоліття тому для забезпечення побудови планових ДГМ традиційними наземними геодезичними методами (триангуляція, полігонометрія, трилатерація) і її вихідна редакція закріплена в Основних положеннях про побудову державної опорної геодезичної мережі СРСР 1939 р. та 1961 р. [1]. Прийнята полігональна структура дозволяла набагато швидше і з набагато меншими затратами охоплювати необхідні території геодезичною мережею 1-го класу, проте не давала змоги значно знизити точність геодезичної мережі 2-го класу, що заповнювала такі мережі, без істотного зниження надійності побудови ДГМ. Це можна ілюструвати співвідношенням між точністю вимірювань сусідніх класів, яке для 1–4 класів становило 1:1.7 – 1:2.0. Таке співвідношення точності сусідніх класів вимірювань означає, що одне вимірювання вищого класу робить в урівнювання такий же внесок, як три-чотири вимірювання нижчого класу, а з часом і два-три вимірювання [6].

Прийняті в Україні “Основні положення ...” у 1998 р. хоч і зазначають можливість використання супутникових технологій проведення вимірювань, проте фактично закріплюють класичні підходи до класифікації геодезичних мереж попередніх часів [2].

Традиційна класифікація розроблялася, безумовно, з урахуванням прийнятих тоді методів побудови ДГМ і її переглядали через кожні 15–20 років, що було обумовлено поточним станом справ у геодезичній галузі – з’являлися нові геодезичні інструменти з підвищеною точністю вимірювання, досвід проведення попередніх робіт дозволяв уточнювати методичні аспекти польових і камеральних робіт, виникала необхідність у повторному урівнюванні державних геодезичних мереж із залученням новоохоплених територій.

Отже, можна вважати, що необхідність перегляду чинної нині класифікації назріла хронологічно, тому що з часу останнього її коригування минуло майже 15 років.

Інша, важливіша ознака, мала технологічний характер. Так зближення показників точності сусідніх класів геодезичних вимірів у них приводило до того, що прийнята для побудови ДГМ класифікація опорних геодезичних мереж 1–4 класів не дозволяла математично строго розглядати точніші опорні мережі як жорсткі, безпомилкові каркаси для заповнення їх менш точними опорними мережами. А саме, не дозволяла розглядати мережі 1 класу в якості жорсткого каркасу для урівнювання мережі 2 класу, а мережу 2 класу в якості жорсткого каркасу для урівнювання мережі 3 класу тощо. На практиці це означало, що для побудови планових мереж 2 класу необхідно урівнювати спільно геодезичні вимірювання 1 і 2 класів, для побудови планових мереж 3 класу необхідно урівнювати спільно геодезичні вимірювання 1, 2 та 3 класів, для побудови планових мереж 4-го класу необхідно було урівнювати спільно геодезичні вимірювання 1, 2, 3 і 4 класів. Зрозуміло, що виконати такий обсяг робіт обчислювального характеру у 1950–1980 рр. було технологічно неможливо.

З погляду сучасних можливостей побудови опорних геодезичних мереж зазначену ознаку нині чинної класифікації можна розглядати не інакше, як недогляд, оскільки ми маємо вже приклад сумісного урівнювання ДГМ 1-4 класів в Україні [7]. Результати такого сумісного урівнювання дозволили не тільки отримати однорідну за точністю мережу й закріпити нову державну систему координат УСК-2000, але й виявити зазначене вище. Тобто співвідношення точності сусідніх класів вимірювань означає, що одне вимірювання вищого класу робить в урівнювання майже такий же внесок, як декілька вимірювань нижчого класу. У табл.1 і 2 наведені дані, що повністю підтверджують це твердження, оскільки як розподіл похибок урівнювання за класами, так і за значеннями практично не залежить від класу мережі [7].

Таблиця 1

## Розподіл середніх квадратичних похибок за класами

Назва	1 клас	2 клас	3 клас	4 клас
Кількість пунктів	813	5586	10084	8174
Мінімальне значення СКП	0.001	0.001	0.001	0.003
Максимальне значення СКП	0.026	0.112	0.099	0.143
Середнє	0.003	0.020	0.032	0.032
Середнє квадратичне відхилення	0.002	0.007	0.013	0.009

Таблиця 2

## Розподіл середніх квадратичних похибок за значеннями

Назва	1 клас	2 клас	3 клас	4 клас
від 0 до 1 см	803	316	841	7
від 1 до 2 см	8	2738	622	658
від 2 до 3 см	2	2219	3119	3074
від 3 до 4 см	0	189	3143	2883
від 4 до 5 см	0	80	1722	1256
від 5 до 6 см	0	30	493	236
від 6 до 10 см	0	13	144	58
Більше 10 см	0	1	0	2

Ще одна важлива ознака свідчить не на користь чинної системи класифікації геодезичних вимірювань. Йдеться про ту її властивість, що нею класифікуються якісні характеристики геодезичних вимірювань, а не геодезичних мереж. І хоча геодезичні мережі теж мають клас, але клас цей є саме класом вимірювань, виконаних в цих мережах. Тому у випадку, скажімо, планової геодезичної мережі 2 класу не можна сказати, яка точність взаємного положення суміжних пунктів, оскільки класифікація не надає такої інформації. Можна сказати тільки, що на пунктах цієї мережі виконані геодезичні вимірювання 2 класу. Звідси випливає, що нині чинна класифікація регламентує якість результатів даних для побудови мережі, але не регламентує якість кінцевого продукту, тобто не регламентує точність побудованої мережі. І, отже, що класифікація забезпечує потреби виробників геодезичної інформації, а не потреби її користувачів. Фактично користувачі геодезичної інформації не мають її нормативно закріплених (і, отже, гарантованих) якісних оцінок, оскільки оцінки якості геодезичних мереж, насамперед оцінки точності взаємного положення (суміжних і віддалених) пунктів цих мереж, виводяться з вирівнювання геодезичних мереж і залежно від умов вирівнювання можуть виявитися, взагалі кажучи, довільними.

На противагу цьому, користувачам геодезичних даних потрібна визначеність якісних оцінок таких даних, оскільки, очевидно, що визначеність вихідних даних потрібна для правильного розрахунку необхідних витрат, правильної організації перебігу виробничих процесів і коректної оцінки якості результатів виробничих процесів користувачів геодезичної інформації.

Такий стан речей створював проблеми при подальших роботах з уже створеними мережами. Наприклад, у разі згущення вже створеної і вирівняної мережі вищого класу мережею нижчого класу в ситуації, коли якісні характеристики цих класів доволі близькі (така ситуація має місце для мереж ДГМ 1-4 класів, де мережі сусідніх класів мають дуже близькі якісні характеристики), або при повторному вирівнюванні мережі одного й того ж класу, коли в ній накопичилися значні зміни. Очевидно, вказані задачі часто виникали в топографо-геодезичній практиці. А оскільки у зведених каталогах вирівняні координати надходили без оцінок точності, і вже тим більше без коваріаційної матриці похибок координат всіх пунктів мережі, то для якісного опису точності урівняних координат залишався тільки клас мережі, до якої входять геодезичні пункти. Однак, як це вже

ззначалося, наявні класифікації не давали прямих вказівок про те, які точнісні характеристики координат пунктів мережі заданого класу.

Отже, на сучасному етапі повинні регламентуватися якісні характеристики власне мереж, а не виконаних в них геодезичних чи супутникових вимірювань. Тому користувачі геодезичних даних, наприклад земельно-кадастрові служби, можуть орієнтуватися на встановлені якісні характеристики опорних геодезичних мереж при розробці та виконанні своїх власних виробничих завдань. Геодезичне відомство, зі свого боку, повинно забезпечити декларовані якісні характеристики опорних геодезичних мереж. Істотним моментом є те, що такий процес не обмежується лише досягненням необхідної точності під час виконання польових вимірювань, а вимагає виконання на необхідному якісному рівні всього циклу виробничих геодезичних робіт, що передбачає і власне польові вимірювання, і їх подальше опрацювання.

Проте найважливішою ознакою є, безумовно, поява в геодезичному виробництві вимірювань нового типу – супутникових вимірювань. Вони мають низку характеристик, які ніяк не вкладаються в нині чинну класифікацію геодезичних вимірювань. А саме, супутникові вимірювання:

а) потенційно є набагато високоточнішими, ніж традиційні (відносна точність вимірюваного вектора може бути краще  $1 : 10\,000\,000$ , що для класичних геодезичних вимірювань знаходиться далеко поза межами можливого);

б) можуть виконуватися на значних відстанях між пунктами (довжина вимірюваного вектора може перевищувати 1000 км, що теж знаходиться далеко за межами можливостей традиційних лінійно-кутових вимірювань);

в) є тривимірними, причому третьою компонентою, що вимірюється крім планових координат, є геодезична висота (безпосередні вимірювання геодезичних висот теж неможливо було виконувати традиційними геодезичними методами).

Отже, якісні показники опорних геодезичних мереж, що будуються із застосуванням сучасних супутникових технологій, повинні у повному обсязі забезпечити потреби всіх користувачів у вихідних геодезичних даних. І тут є можливими два головних напрями.

Перший напрям, що базується на сучасних супутникових технологіях космічної геодезії. Нині існують супутникові геодезичні засоби, що базуються на супутникових навігаційних системах GNSS, які можуть забезпечити в масових масштабах потреби будь-яких користувачів при доволі незначній густоті опорної геодезичної мережі. Опорними пунктами при цьому можуть бути національні перманентні супутникові станції, що входять у загальноєвропейську мережу EPN чи загальносвітову IGS. Національний сегмент таких станцій може слугувати опорною геодезичною мережею, а активні референсні станції – мережею згущення.

Другий напрям, що базується на звичних методах побудови та згущення опорних геодезичних мереж з використанням як традиційних, так і сучасних методів вимірювань. Цей напрям поширений у країнах СНД. Вважається, що доцільно нарівні з впровадженням сучасних технологій максимально повно використовувати наявні вже геодезичні можливості і напрацьовані, традиційні геодезичні методи. Насамперед, це згущення опорної мережі до необхідної густоти шляхом використання як традиційних лінійно-кутових вимірювань, так і сучасних супутникових вимірювань. Для цього потрібно виконати узгодження ваг цих різнотипних, різнокласових геодезичних вимірів, щоб забезпечити їх коректну спільну обробку і урівнювання, тобто призначити цим різнотипним геодезичним вимірам узгоджені ваги, що задовольняють вимоги кінцевої точності створюваної мережі згущення.

Отже, можна визначити, що перегляд нині чинної класифікації точності геодезичних вимірів потрібно не стільки в частині узгодження можливостей традиційних лінійно-кутових вимірів і супутникових векторних вимірювань для забезпечення можливості їх спільного використання в геодезичних роботах, як принципово інших підходах до класифікації сучасних геодезичних мереж.

**Висновки.** Аналіз сучасного стану класифікації геодезичних мереж показує, що узгодження можливостей традиційних лінійно-кутових і супутникових векторних вимірювань для забезпечення можливості їх спільного використання вже не є настільки актуальною потребою, оскільки роль лінійно-кутових вимірів постійно зменшується. Ситуація змінюється у зв'язку з появою нових супутникових технологій, таких як РТК вимірювання у мережах активних референцних GNSS мережах, використання віртуальних референцних станцій спостережень, методу точного позиціонування PPP тощо.

1. Основные положения о государственной геодезической сети СССР. – М.: Издательство геодезической литературы, 1961. 2. Постанова Кабінету Міністрів України “Про затвердження Основних положень створення Державної геодезичної мережі України” від 8 червня 1998 р. №844. 3. Geospatial Positioning Accuracy Standards, Part 2: Standards for Geodetic Networks, FGDC-STD-007.2-1998. Federal Geographic Data Committee, 1998. 4. Standards and Specifications for Geodetic Control Networks. Federal Geodetic Control Committee. September 1984. Reprinted August 1993. 5. Классификация геодезических сетей СССР // Геодезия и картография. – 1962. – № 4. – С.70–71. 6. Руководящий технический материал по сбору и формированию данных об измерениях, выполненных в астрономогеодезической сети СССР. ГКИНП-06-180-84. М., ЦНИИГАиК, 1984. 7. Кучер О.В. Внедрение государственной референцной системы координат Украины // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2012. – №3(46). – С.67–73.