



Значення коефіцієнтів наведено у 8-му стовпчику. Перемножимо значення  $a_{ij}$  на прямі й зворотні відстані (9-й та 10-й стовпчики) і  $a_{ij}$  на різниці  $d_{ij}$  (11-й стовпчик). Визначимо суму членів 9,10 та 11-го стовпчиків та поділимо ці суми на число постійних поправок  $N$ , яке обчислюється згідно з поясненням до формули (2), а саме  $N=6 \cdot (6-1)(6-2)/6=20$ . Маємо два значення постійної поправки для прямих та зворотних вимірювань ліній –  $V_{\Pi}=-41,2$  мм,  $V_3=-41,3$  мм. Середнє з них  $V_{\text{сеп}}=-41,25$  мм  $\approx -41$  мм і буде значенням постійної поправки. Контролем обчислень є те, що

$$a_{ij}S_{\Pi} - a_{ij}S_3 = a_{ij} \cdot d_{ij};$$

$$V_{\Pi} - V_3 = \sum_1^{N_S} a_{ij} d_{ij}.$$

З табл. 2 випливає, що коефіцієнти  $a_{14}=a_{25}=a_{36}=0$ , а тому відповідні їм лінії  $S_{14}$ ,  $S_{25}$ ,  $S_{36}$  можна було б і не вимірювати.

СКП середнього значення постійної поправки  $m_{V_{\text{сеп}}}$  визначаємо за формулою, наведеною в [1]. За СКП вимірювання сторони  $m_S$  візьмемо найбільше значення, яке дорівнює 2,17 мм (див. табл. 2). Тоді

$$m_{V_{\text{сеп}}} \leq m_S \sqrt{\frac{6}{(n-1)(n-2)}} = 2,17 \text{ мм} \sqrt{\frac{6}{(6-1)(6-2)}} = 1,2 \text{ мм}.$$

**Висновок.** Наслідком наших теоретичних досліджень є нова формула для обчислення середнього значення постійної поправки електронних віддалемірів у компактному вигляді для випадку рівноточних вимірювань ліній у всіх можливих комбінаціях. Пропонується вимірювати лінії з повторенням так, щоб кожному із них вимірювати в прямому та зворотному напрямках з підставок, які встановлені на штативах, без закріплення точок на місцевості. Це дозволяє контролювати якість вимірювань у польових умовах за різницями подвійних дій та виключити вплив похибок центрування на точність визначення постійної поправки. Розроблено методику обчислення середнього значення поправки з контролем.

**Перспективи подальших досліджень.** Доцільно конкретизувати методику визначення постійної поправки для випадку нерівноточних вимірювань ліній у всіх можливих комбінаціях з повторенням.

#### Література

1. *Бронштейн, Г.С.* Комбинированные способы измерения расстояний / Г.С. Бронштейн. – М.: Недра, 1991. – 92 с.
2. *Ворошилов, А.П.* Определение постоянной поправки дальномера электронного тахеометра / А.П. Ворошилов // Геопроби. – 2005. – № 4. – С. 46-47.
3. *Сборник инструкций по производству поверок геодезических приборов* / Гл. упр. геодез. и картогр. при Совете Министров СССР. – М.: Недра, 1988. – 77 с.

Надійшла 21.11.14

\* \* \*

УДК 528.3

К. О. Бурак

## ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ КООРДИНАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ В УКРАЇНІ

*С учетом инструктивных требований, которые выдвигаются к крупномасштабному картографированию, обосновывается необходимость определения взаимного положения пунктов (как геодезических сетей 3 класса, так и геодезических сетей сгущения) со среднеквадратической погрешностью, которая бы при уравнивании съемочного обоснования составляла 1:70 000 расстояния между соседними пунктами, а также предлагается закрепить в нормативных документах использование для координатного обеспечения инженерных изысканий сетей референцных станций ГНСС.*

*The case for determination of relative positions of points (geodetic networks of 3rd class as well as geodetic network of extension) with root-mean-square error which would consists 1:70 000 of the distance between near-by points when adjusting control for survey is made with due consideration to recommended practices to the large scale mapping. Also it is suggested to enshrine in normative documents the application of reference stations of GNSS for coordinate support of engineering research.*

**Постановка проблеми.** Інженерно-геодезичні вишукування завжди становили велику частку геодезичних робіт, яка постійно зростає. Пояснюється це прогресом сучасних наземних методів картографування (поява безпілотних літальних апаратів, лазерного сканування), що значно дешевші та оперативніші за традиційні технології, а ще зростанням інвестицій у розвиток економіки. У свою чергу це зу-

мовлює помітне зростання обсягів проектно-вишукувальних робіт. До того ж, і карта, і план потребують оновлення, якщо їхня інформаційна складова змінилася на 35 %.

Основні нормативні документи, на базі яких розробляються методики інженерно-геодезичних вишукувальних робіт, це ДБН [2], Інструкція з топографічного знімання (ГКНТА-2.04.02-98) [4] та Основні положення створення Державної геодезичної мережі (ДГМ) України, затверджені

© К. О. Бурак, 2015



Постановою КМУ від 7 серпня 2013 р. № 646 [3].

Наявна кількість пунктів Державної геодезичної мережі (ДГМ) і геодезичних мереж згущення (ГМЗ) в Україні не завжди забезпечує можливість використання їх для контролю та оцінювання точності вимірів при створенні знімальної основи великомасштабних зніманих, тому часто при цьому виконують згущення таких мереж. Враховуючи сучасний стан розвитку ГНСС, зокрема наявність потужних референцних станцій, які розвиваються в т. ч. й комерційними структурами, подальше згущення мережі ГМ-3 і ГМЗ (як і розвиток знімальної основи) доцільно виконувати методами ГНСС. І це положення слід законодавчо закріпити в нормативних документах. У них доцільно також викласти і вимоги до технології трансформування координат в УСК-2000 при використанні архівних матеріалів.

**Виклад основного матеріалу.** Згідно з п. 2.3.2 ДБН [2], розвиток і відновлення державних опорних геодезичних мереж, а ще топографічні знімання різних масштабів у процесі інженерно-геодезичних вишукувань необхідно виконувати з дозволу спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади у сфері геодезичної, картографічної та кадастрової діяльності, а звітні матеріали передавати у Державний картографо-геодезичний фонд України.

Оскільки згідно з чинними нормативними документами всі геодезичні роботи мають здійснюватися у системі УСК-2000, то і дані повинні передаватися в цій системі (*виняток*: знімання невеликих площ, якщо це допускається, – в умовній системі координат).

Це положення (необхідність проведення великомасштабних зніманих винятково в УСК-2000) має бути обов'язково вказане у новій редакції ДБН [2]. Особливо це стосується системи координат 1963 р., яка вже давно законодавчо заборонена (і ця заборона достатньо обґрунтована в численних публікаціях). Хоча й повільно, але становище у сфері земельного кадастру України змінюється після видання наказу Мінагрополітики України № 468 від 27.09.2012 р. "Про питання застосування Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 для забезпечення ведення Державного земельного кадастру", яким передбачено ведення земельного кадастру винятково в УСК-2000.

У 2013 р. уряд затвердив нові Основні положення про побудову Державної геодезичної мережі України [3] (з 2011 р. вони діяли як відомчий нормативний документ Укргеодезкартографії). Згідно з п. 3 цих положень, ГМ-3 створювалася "з метою збільшення кількості геодезичних пунктів до щільності, яка забезпечує створення знімальної основи великомасштабних топографічних та кадастрових зйомок і включає наявні мережі 3 та 4-го класу..." Тобто геодезична мережа згущення відтоді включає тільки ходи або мережі ходів 1 і 2 розрядів, а вимоги до мережі колишнього 4 класу встановлені аналогічно до ГМ-3. Отже, необхідно внести зміни і в документ [4].

Створення знімальної основи передбачає розв'язання двох задач:

- координатної прив'язки точок знімальної основи (може бути виконана навіть при включенні в мережу одного пункту ДГМ або ГМЗ і ще одного орієнтирного);

- контролю правильності всіх вимірів у знімальній мережі, включно з координатною прив'язкою (може бути здійснена тільки при включенні в мережу двох і більше пунктів ДГМ або ГМЗ).

Зважаючи на обмеженість обсягу статті, спинимось виключно на питанні планової прив'язки. За інструкцією [4], граничні похибки  $\Delta_{\text{гран}}$  у положенні пунктів планової знімальної мережі відносно пунктів ДГМ і мереж 1 та 2 розрядів не повинні перевищувати 0,2 мм у масштабі плану (максимальної точності потребують роботи в масштабі 1:500, при яких  $\Delta_{\text{гран}}$  становить 10 см, хоча для центральних частин великих міст уже давно передбачено масштаб 1:250) [10].

Спочатку встановимо вимоги до точності визначення координат точок ГМ-3 і ГМЗ –  $m_{\text{ГМ-3}}$ ,  $m_{\text{ГМЗ}}$ , яка б дозволяла виконувати і координатну прив'язку знімальної основи, й одночасно контролювати виміри в процесі її створення при класичній схемі, прийнятій [7] для обґрунтування побудови промислових майданчиків. Ця схема передбачала створення і ГМ-3, і ГМЗ. При такій схемі загальна СКП визначення координат пунктів знімальної основи  $m_{\text{зн.о}}$  (якщо нехтувати кореляційною залежністю, що виникає при зрівнюванні знімальної мережі між пунктами вищих класів) становитиме:

$$m_{\text{зн.о}}^2 = m_{\text{ГМ-3}}^2 + m_{\text{ГМЗ}}^2 + m_{\text{вим.зн.о}}^2, \quad (1)$$

де  $m_{\text{вим.зн.о}}$  – СКП вимірів у ходах чи мережах ходів знімальної основи.

Для уникнення деформації мережі через вплив похибок на вищих ступенях вимагається, щоб вони були в  $K$  раз менші ( $K$  – коефіцієнт знехтуваного впливу) сумарного впливу всіх похибок у вимірюваннях на нижчих ступенях. Звідси допустиму СКП вимірів у ходах чи мережах ходів ГМ-3 після деяких перетворень можна обчислити за формулою

$$m_{\text{ГМ-3}} = \frac{\Delta_{\text{гр}}}{t\sqrt{K^4 + K^2 + 1}}, \quad (2)$$

де  $t$  – коефіцієнт переходу від граничних похибок до СКП.

Саме таку чітку схему, на нашу думку, необхідно покласти в основу обґрунтування точності вимірювань у мережах ГМ-3 і ГМЗ.

Якщо прийняти коефіцієнт знехтуваного впливу  $K$  рівним мінімальному значенню  $\sqrt{2}$  і коефіцієнт переходу до СКП від граничних  $t$  всього тільки 2, то можемо побачити, що СКП в положенні пунктів ГМ-3 становить 1,9 см, ГМЗ – 2,7 см,  $m_{\text{вим.зн.о}}$  – 3,8 см для масштабу 1:500. Якщо ж прийняти  $t=2$  і  $K=3$ , тоді точність  $m_{\text{вим.ГМ-3}}$  становитиме 0,5 см, ГМЗ – 1,5 см,  $m_{\text{вим.зн.о}}$  – 4,5 см. Відзначимо, що при плануванні є



можливість вибрати значення  $K$  і тим самим регулювати точність вимірювань на кожному ступені. Враховуючи, що наразі вимірювання як при створенні знімальних мереж, так і при згущенні опорних проводяться зазвичай одними і тими ж приладами, оптимальним є значення  $K = \sqrt{2}$ , як це і вказано в праці [7].

Необхідність такої схеми (обов'язкового розвитку ГМ-3 і ГМЗ з підвищеними вимогами до точності, які майже в два рази вищі від зазначених в інструкції [4]) пояснювалась частково і тим, що до того (див. джерело [3]) вважалось: "Точність визначення взаємного положення пунктів ДГМ характеризується середньоквадратичною похибкою 0,196 м", тобто  $m_{\text{ГМ-3}} = 0,136$  м. Це суперечить опублікованим даним про точність ДГМ, одержаних у ході зрівнювання ДГМ з врахуванням результатів ГНСС-вимірювань [1] (для ГМ-3 СКП визначення координат становить 3,2 см, а для ГМ-2 вона дорівнює 2,0 см). Тому те, що в новій редакції Закону України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" даної характеристики точності вже немає, дуже правильно. Проте в [3], у додатках 1 і 2, міститься вимога, що "середня квадратична похибка визначення положення пунктів для ГМ-2 повинна дорівнювати 4-5 см, а для ГМ-3 – 5 см". Очевидно, допущено неточне формулювання і слід розуміти, що це вимога до СКП визначення взаємного положення пунктів, як це і мало місце в старій редакції закону від 1998 р. Тоді це збігатиметься з даними, наведеними в праці [1], і тим, що обґрунтовано в [7]. Проте нова редакція Основних положень про створення ДГМ допускає зменшення точності мереж приблизно вдвічі.

Безперечно, класична триступенева система вже давно віджила. Більшість нинішніх інженерних електронних тахеометрів дозволяють визначати планові координати при віддальх до 2 км, а найсучасніші – до 5 км з міліметровою точністю. Тому варіант безпосередньої прив'язки знімальної мережі до пунктів ГМ-3, ГМЗ або пунктів, координати яких визначені ГНСС, цілком можливий, якщо врахувати, що мінімальні віддалі навіть між пунктами ГМ-3 допускаються в 2 км, максимальні довжини ходів знімальної основи в масштабі 1:500 – такими ж, а в масштабі 1:1000 навіть 4 км. У такому разі допустимі СКП ГМ-3, ГМЗ або ГНСС  $m_{\text{вих}}$  (пункти, які використовують як тверді при зрівнюванні знімальної основи) можна знайти з виразу, який після деяких перетворень впливає з (2):

$$m_{\text{вих}} = \frac{\Delta_{\text{гр}}}{t\sqrt{K^2 + 1}}. \quad (3)$$

Прийнявши і в цьому випадку  $\Delta_{\text{гр}}$  рівним 10 см, коефіцієнт знехтуваного впливу  $K$  рівним мінімальному значенню  $\sqrt{2}$  і коефіцієнт переходу до СКП від граничних  $t$  рівним 2, одержимо, що максимальна СКП в положенні твердих точок має становити 3 см, а це при максимальній довжині ходу, рівній 2 км [3], становить 1:70 000 віддалі між точками ГМ-3, які ми приймаємо твердими. Неважко

встановити, що при менших довжинах ходів ця величина буде більшою. Тому, якщо прийняти, що довжини в мережі ГМ-3 і ГМЗ визначаються з СКП, рівною 1:70 000 віддалі між сусідніми пунктами, то це завжди може забезпечити можливість використання їх як твердих при зрівнюванні знімальної основи. Що стосується вимірювань безпосередньо при створенні знімальної основи, то  $m_{\text{вим.зн.о}}$  повинно бути в  $K$  раз більшим:  $m_{\text{вих}} - 4$  см. Для допустимої нев'язки ходу при  $t$ , рівному 2, одержимо значення 16 см, що в два рази менше, ніж те, яке допускається інструкцією [4] – 30 см. Тобто вимога, щоби абсолютні лінійні похибки не перевищували 0,3 м у масштабі 1:500, не завжди забезпечує одержання координат точок знімальної основи з граничною похибкою 0,2 м, як це вимагається тим самим документом. Тому в інструкцію потрібно внести відповідні зміни.

Все це, а ще той факт, що пунктів (навіть ГМ-3) недостатньо для забезпечення прив'язки і контролю нових, створюваних знімальних мереж, і цей стан дедалі більше загострюватиметься, зайвий раз підтверджує тезу про необхідність внесення змін у нормативні документи [2-4], які передбачали б перехід на технології створення знімальної основи, орієнтованої і на прив'язку пунктів з використанням мережі референціальних станцій ГНСС. Тим більше, що вже зараз такі технології забезпечують точність визначення взаємного положення сусідніх пунктів до 1-2 см. Саме така точність, як показав наведений вище розрахунок, і є бажаною для ГМ-3 і ГМЗ. Вона рекламується і на офіційному сайті ZAKPOS [13], а на сайті ТОВ "TNT ТРІ" [12] у сервісі RAW рекламується досяжна точність 0,005 м. Щодо лінійно-кутових побудов, така точність також можлива, але вона досяжна тільки в мережах, у яких довжина сторін не перевищує мінімально допустимих, що вимагається в документі [3], а саме 5 і 2 км відповідно. Оскільки нині лінійно-кутові побудови при відсутності приладів ГНСС створюються виключно електронними тахеометрами, то, виходячи з їх характеристик, віддаль у 5 км слід встановити не як мінімально, а як максимально допустимому в лінійно-кутових мережах ГМ-3.

Крім того, при створенні знімальної основи в інструкції [4] слід записати вимогу про включення в знімальну мережу мінімум двох пунктів мереж згущення. В ідеалі всі ці пункти повинні мати код, ввівши який (при наявності відповідного допуску) можна було б прочитати в Інтернеті координати. Частково ця задача вирішується створенням сайту (див. джерело [11]), де вже зараз всі бажаючі можуть побачити якщо не координати, то принаймні наявність на даній території пунктів ДГМ включно до 4 класу.

Досягти виконання цих вимог можна тільки, якщо впорядкувати процедуру створення і використання матеріалів, одержаних за допомогою наявної та ефективно діючої наразі в Україні як у комерційному, так і, що дуже важливо, технічному плані, мережі референціальних станцій ГНСС. Мабуть, тут



до місця буде нагадати читачеві, що ніхто не відміняв нормативного документа [8] зі змінами від 5.02.2014 р. № 52, згідно з яким спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у сфері геодезичної, картографічної та кадастрової діяльності зобов'язаний здійснювати державний нагляд за порядком використання супутникових радіонавігаційних систем геодезичного призначення коду 9015 під час всіх геодезичних робіт, які проводяться в країні.

Якщо ж строго слідувати нормативним документам [2-4], то подальше згущення ГМ-3 та прив'язку знімальної основи при геодезичному забезпеченні інженерних вишукувань з використанням ГНСС слід виконувати винятково методом DGPS (про використання для цього референцних станцій у нормативних документах немає навіть згадки. Більше того, в них прямо сказано, що вихідними пунктами для визначення координат пунктів ГМ-3 / мереж згущення повинні бути пункти УПМ ГНСС і пункти ДГМ вищого класу). Але ж сучасний стан розвитку референцних станцій ГНСС дозволяє виконавцеві робіт на територіях покриття цими мережами взагалі обійтися без планової прив'язки до пунктів ДГМ, що на практиці відбувається дедалі частіше. Адже значно ефективніше будь-чим приїхати на об'єкт і за кілька хвилин виконати прив'язку знімальної основи, ніж при роботі в режимі DGPS розшукувати ближні пункти ДГМ, встановлювати додатковий прилад, залучати бригаду і додатковий транспорт для облаштування на ньому базової станції, витратити дорожочинний час на постобробку даних тощо. Більше того, відомо, що зарубіжні фірми (наприклад, SHELL) вимагають при укладанні договору на виконання вишукувань в Україні в обов'язковому порядку використовувати метод RTK як більш точний, і для цього у них є вагомі аргументи. Звичайно, виконавець робіт повинен бути упевнений, що комерційна структура, яка надає йому послуги, забезпечить нормативну точність.

Планова прив'язка матеріалів вишукувань електронним тахеометром (не в RTK-режимі) безпосередньо до пунктів ДГМ може бути ефективнішою, ніж методами ГНСС тільки в тому випадку, коли на території є достатня кількість пунктів ДГМ і ГМЗ для того, щоб включити їх у знімальну основу.

Далі варто проаналізувати вимоги до щільності пунктів ДГМ з точки зору вирішення задач, пов'язаних із забезпеченням великомасштабних знімань. Згідно з вимогами інструктивних документів, необхідна загальна щільність пунктів ДГМ залежить від масштабу знімання і методів геодезичного знімального обґрунтування. Зокрема, на територіях, де передбачаються знімання у масштабах 1:5 000 і більше, потрібну щільність пунктів ДГМ необхідно доводити до рівня 1 пункт на 5-15 км<sup>2</sup> та 1 репер на 5-7 км<sup>2</sup>. Виходячи з розмірів території України, це буде приблизно 40-50 тис. пунктів.

Точніше кількість необхідних пунктів можна знайти, якщо допустити, що кожен пункт "обслу-

говує" ділянку, обмежену колом з радіусом, рівним половині віддалі  $S$  між пунктами ДГМ. Приймаючи, що середні відстані між пунктами геодезичної мережі 1-3 класів становлять відповідно:  $S_1=25$  км,  $S_2=10$  км і  $S_3=4,5$  км, знаходимо:

$$P_1=3,142 \cdot (25/2)^2=487 \text{ км}^2; \\ P_2=78 \text{ км}^2; \quad P_3=105 \text{ км}^2,$$

де  $P_1, P_2, P_3$  – площі, які "обслуговує" один пункт 1-3 класів відповідно.

При дотриманні цих співвідношень середнє число  $n_i$  пунктів  $i$ -го класу на площі  $P$  можна визначити за формулами

$$n_1 = \frac{P}{P_1}; \quad n_2 = \frac{P}{P_2} - n_1; \quad n_3 = \frac{P}{P_3} - n_1 - n_2. \quad (4)$$

Тепер нескладно підрахувати, що в перспективі для території України, площа якої становить 603 628 км<sup>2</sup>, за умови повного використання ресурсів кількість пунктів має бути:  $n_1=1\ 238$ ;  $n_2=6\ 500$ ;  $n_3=24\ 454$  пункти 1-3 класів відповідно. Кількість пунктів усіх класів  $N=n_1+n_2+n_3=40\ 241$  пункт.

Порівняємо ці дані з реальною картиною в країні (за даними НДІ геодезії і картографії) на 2012 р.:  $n_1=815$ ;  $n_2=5\ 630$ ;  $n_3=10\ 330$  пунктів 1-3 класів відповідно. Кількість пунктів усіх класів  $N=n_1+n_2+n_3=16\ 775$ .

Тобто для повного покриття всієї території України зніманням масштабу 1:2 000 і більших щільність ДГМ для розв'язання інженерно-геодезичних задач, пов'язаних тільки з великомасштабним картографуванням, необхідно збільшувати приблизно в три рази, особливо пунктів ГМ-3.

Сучасний стан розвитку ГНСС дозволяє замість мереж згущення прив'язувати знімальну основу з використанням технологій GPS/ГЛОНАСС безпосередньо до мереж референцних станцій ГНСС. Організаційні й фінансові переваги такої технології вже відзначались вище. Все це і той факт, що пунктів наявної ГМ-3 недостатньо для забезпечення прив'язки і контролю нових, створюваних знімальних мереж, і така ситуація дедалі більше загострюватиметься, зайвий раз підтверджує необхідність внесення змін у нормативні документи [2-4], які передбачали б перехід на технології створення знімальної основи, орієнтованої і на прив'язку з використанням мережі референцних станцій ГНСС. Тим більше, що наразі такі технології забезпечують точність визначення довжин сторін (векторів) між сусідніми пунктами в 1-2 см. Саме така точність, як підтверджує наведений вище розрахунок, і є необхідною для мереж згущення та має бути законодавчо встановлена для СКП визначення координат пунктів як за допомогою RTK-вимірів у мережі референцних станцій зокрема, так, на нашу думку, і в мережах ГМ-2 і ГМ-3, тим більше, що технічна можливість для цього є. Що стосується ДБН [2], то в новій редакції необхідно прямо вказати, що всі вимоги до технології створення великомасштабних планів повинні строго відповідати нормативам, встановленим інструкціями [3] і [4].



На підтвердження цього можна також вказати на можливі грубі похибки у визначенні положення пунктів ДГМ 1 і 2 класів, які, за даними, наведеними в [5], можуть досягати навіть метра. Тут нагадаємо ще раз, що в редакції 1998 року Основних положень про створення ДГМ України було положення, де вимога до точності визначення взаємного положення пунктів характеризувалась СКП в 0,196 м.

Все це дає нам підстави висловити обґрунтовану пропозицію, що з урахуванням специфічних умов нашої держави (компактність території, повне покриття мережами стільникового зв'язку), вимог до точності знімальної основи, забезпеченості можливості контролю точності вимірювань при створенні цієї основи, подальшого згущення ДГМ прив'язку пунктів знімальної основи слід виконувати і супутниковими технологіями з використанням наявної в Україні мережі референцних станцій. Для застосування супутникових технологій на даному етапі їх розвитку оптимальною вважаємо побудову мереж таких ступенів:

- **перший ступінь** – це фундаментальна астрономо-геодезична мережа (ФАГМ) як вища ланка координатного забезпечення, яка повинна забезпечувати оперативне відтворення загальноземної геоцентричної системи координат, стабільність системи координат у часі, метрологічне забезпечення високоточних космічних засобів вимірювань. Основу цієї мережі мають становити пункти, включені до офіційного каталогу ITRS (зараз до нього входять 9 українських станцій) ;

- **другий ступінь** – це високоточна геодезична мережа (доцільно залишити назву, як вона прописана в нормативному документі, – УПМ ГНСС), що повинна забезпечувати поширення на всю територію України загальноземної геоцентричної системи координат і визначення точних параметрів взаємного орієнтування загальноземної та референцної систем координат – УСК-2000. Основу цієї мережі мають становити станції, які вже входять у Європейську і Середземноморську мережі GPS-станцій як державні, що створені й контролюються трьома державними структурами (Центр геодезичних досліджень Науково-дослідного інституту геодезії і картографії, Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук та Центр контролю навігаційного поля Державного космічного агентства), так і постійно діючі активні референцні станції, створені комерційними структурами. Для того щоб ця модель мала максимально досягнути точність, не тільки обов'язково повинні бути центри управління базовими станціями окремих мереж, але і налагоджена технологія обміну даними між ними та їхнього аналізу в зазначених у постанові уряду [3] центрах. Аби забезпечити сантиметрову точність визначення векторів (віддалей між станціями), максимальний радіус покриття базової станції в такій централізованій мережі може бути навіть до 100 км [8] (дослідження проф. С. Г. Савчука). Неважко підрахувати, що для того щоб покрити всю територію України мережею перманент-

них станцій ГНСС з перекриттям 5 км, при довжині й ширині території України 1300 і 800 км відповідно, мінімальна кількість станцій  $N$  може бути рівною:

$$N = 1300 \cdot \frac{900}{(2 \cdot 100 - 5)^2} = 31 \text{ пункт.} \quad (5)$$

Згідно з документом [8], спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у сфері геодезичної, картографічної та кадастрової діяльності повинен взяти на себе адміністративні й контрольні функції, тим більше, що зараз саме УПМ ГНСС (державна) забезпечує референцні станції параметрами зв'язку ITRS і ETRS89 в УСК-2000. Оскільки й УПМ ГНСС буде використовувати інформацію, яку їй надаватимуть центри управління регіональними мережами референцних станцій, то і держава повинна надати їм певні преференції, наприклад, у питаннях оподаткування. Повне невтручання держави у ці процеси може привести до ситуації, аналогічній до тієї, яка склалася з мобільним зв'язком, де хоча кількість ретрансляторів на територіях міст у рази перевищує необхідну, проте ціна послуг чи не найвища в Європі;

- **третій ступінь** – це мережі референцних станцій ГНСС для розв'язання задач точного позиціонування в режимі РТК. Наразі це піонерна мережа ZAKPOS, створена при сприянні фірми Trimble (Закарпатський регіон), мережі NGG.NET у Харківському регіоні, мережі у Львівській області, мережі TNT-TPI, мережа, яку в останні роки інтенсивно розвиває фірма Leica (ПАТ "Систем Солюшн") та інші. Навіть при максимальному радіусі покриття 50 км необхідна кількість цих станцій (за О. В. Кучером [5]), становитиме 144 станції (сьогодні вже працює 170 станцій).

У подальшому слід передбачати та враховувати світові тенденції розвитку ГНСС. Справа в тому, що референцні мережі ГНСС в Україні створюються фактично винятково за рахунок фірм-розробників ГНСС-обладнання, і розвиваються вони за рахунок власної комерційної діяльності. Тому вся їхня діяльність і спрямована на одержання прибутку. Головні джерела їх прибутку в розвинутих країнах – не тільки надання послуг точного позиціонування в геодезичних роботах. Це й охорона і розшук застрахованих транспортних засобів, супровід вантажів тощо. Такі роботи на території США, Канади, Японії, КНР, країн Європейського Союзу і навіть Індії можуть бути повністю забезпечені системами, які посилюють уточнену інформацію (диференціальну поправку до координат) з геостационарних супутників. До таких з 2009 р. належить американська система WAAS, європейська EGNOS, японська MSASS. Заплановано створення системи корекції для ГЛОНАСС під назвою СДКМ. Використання диференціальних поправок, які надсилають ці системи, дозволило підвищити точність позиціонування в режимі РТК до 30 см. Тож не виключається можливість того, що в якийсь момент робота мереж референцних станцій стане економічно не вигідною і припиниться.



Можливо, тому в Російській Федерації розпочато роботи за програмою "Глобальна навігаційна система". Ще в грудні 2011 р. там успішно запущено космічний апарат нового покоління "Луч-5А". А потім було запущено ще два КА – "Луч-5б" і "Луч-4" високоточного позиціонування з точністю навігаційних визначень 3-5 см у плані. Для передачі інформації з цих КА облаштовано 19 опорно-вимірвальних станцій у самій Росії та кілька за рубежом.

Переконаний, що науковий і технічний потенціал України незабаром зможе створити подібну глобальну навігаційну систему і в себе.

Однією з особливостей інженерно-геодезичних робіт є необхідність використання архівних матеріалів, які містять відомості про пункти, координати яких визначені згідно із законодавчим документом "Основні положення про державну геодезичну мережу СРСР 1954-1961 рр.", і про пункти, координати яких визначались згідно з Положенням про ДГМ, затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України від 8 червня 1998 р. № 844.

Значна частина цих пунктів збереглася. Їх положення визначене в референційній системі (референц-еліпсоїд Ф. М. Красовського) координат 1942 р. (СК-42). Чи не найбільша кількість пунктів в Україні створена і закоординована в системі координат 1963 р., яку ще в 1987 р. було відмінено.

Слід відзначити, що в системі УСК-2000 вже пораховано (у будь-якому разі є можливість поррахувати) координати всіх без винятку відомих пунктів ДГМ, у т. ч. й тих, які вже давно знищені. Тому архівні матеріали практично без обмежень можна використовувати при інженерно-геодезичних роботах, які виконуються чи плануються сьогодні. Адже між усіма системами встановлено однозначні зв'язки, які дозволяють перерахувати в систему УСК-2000 координати, визначені в будь-якій іншій системі. Це стосується і пунктів геодезичних мереж згущення та спеціального призначення, положення яких можна обчислювати і в місцевих системах координат і висот, але вони повинні також бути однозначно зв'язаними із системою УСК-2000.

Параметри спотворень, необхідні для перерахунку координат із системи СК-63 у систему СК-42, в кожній зоні свої, індивідуальні: осьовий меридіан зсунутий відносно базового на півградуса і кілька мінут на захід або на схід. Такий же випадковий зсув є і по широті. Розробники програмних продуктів, наприклад, DIGITALS, давно забезпечили можливість перерахунку координат з СК-63 в СК-42 і навпаки в усіх зонах для всієї країни. Відповідно можливий перерахунок координат із СК-63 в УСК-2000 і навіть загальноземну референцну систему WGS. У зв'язку з цим хотілося б спростувати думку, що побутує, про уявну економію часу і коштів завдяки використанню різних методів афінного чи конформного лінійних перетворень, в основі яких лежить визначення параметрів перетворення за відомими у двох системах координатами спільних пунктів. Справа в тому, що з викори-

станням семи параметрів трансформування Гельмерта реальна точність визначення координат становить 10-50 см.

Фахівці Державного науково-дослідного інституту геодезії і картографії (Київ) у ході побудови трансформаційного поля на основі трикутних скінченних елементів (охоплено приблизно 25 000 пунктів ДГМ) досягли максимальної СКП трансформування координат із системи СК-42 в УСК-2000 для території України, що дорівнює 0,1 м [5, 14].

**Висновки.** 1. Реалії сьогодення вимагають законодавчо закріпити факт використання регіональних мереж референційних станцій, створених комерційними структурами, як при розвитку УПМ ГНСС, так і при геодезичному забезпеченні великомасштабних знімальних мереж. У перспективі слід враховувати світові тенденції розвитку ГНСС, які полягають у прогресі глобальної навігаційної системи на базі КА високоточного позиціонування і наземних опорно-вимірвальних станцій.

2. Необхідно встановити чітку систему обґрунтування точності ГМ-3 і ГМЗ, аналогічну тій, яка використовується при обґрунтуванні точності геодезичної основи на проммайданчиках і забезпечує можливість контролю як робіт з прив'язки, так і вимірювань у знімальній мережі. Виходячи з цього, потрібно прийняти обмеження щодо максимальної СКП визначення координат пунктів ГМ-3 на рівні 2 см, а СКП визначення взаємного положення пунктів, які приймаються твердими при зрівнюванні знімальних мереж, встановити рівною 1:70 000 віддалі між цими пунктами.

3. В Інструкції [4] слід передбачити вимогу про прив'язку знімальних мереж мінімум до двох пунктів ДГМ чи ГМЗ (не рахуючи орієнтирних) з метою контролю прив'язки і вимірів у знімальній мережі. Внести вимогу і до абсолютної лінійної похибки в теодолітних ходах для масштабу 1:500 – 16 см, а також для інших масштабів.

4. Уніфікувати вимоги до точності й технології великомасштабних знімальних мереж, для чого в інструкції [4] помістити вимогу відповідності точності й технології вимогам, встановленим у ДБН [2], або навпаки.

5. У нормативних документах [2] і [4] узаконити методику трансформування координат в УСК-2000 при роботі з архівними матеріалами.

6. Для уникнення бюрократичних перепон і пов'язаних із цим можливих зловживань бажано також законодавчо закріпити можливість одержання координат (при наявності в замовника відповідного дозволу) в автоматичному режимі (через Інтернет), а ще умови одержання такого дозволу.

## Література

1. Баран, П.І. Інженерна геодезія: монографія / П.І. Баран. – К.: ПАТ "ВППОЛ", 2012. – 618 с.
2. ДБН А.2.1-1. Інженерні вишукування для будівництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 72 с.



3. Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" (затв. Пост. Кабінету Міністрів України від 7 серп. 2013 р. № 646). – 15 с.

4. Інструкція з топографічного знімання в масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 (ГКНТА – 2.04 – 02 – 98). – К., 1999. – 155 с.

5. Кучер, О. Впровадження державної геодезичної референційної системи координат України – УСК-2000 / О. Кучер, Ю. Стопхай, Р. Висотенко, О. Ренкевич // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – європейський досвід. – Чернівці, 2008. – Вип. 4. – С. 25-30.

6. Кучер, О. Супутникові радіонавігаційні спостереження при реалізації геодезичної референційної системи координат України – УСК-2000 / О. Кучер, Б. Лепетюк, Ю. Стопхай [та ін.] // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. ЗГТ УТГК. – Л.: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2005. – С. 26-32.

7. Левчук, Г.П. Прикладная геодезия / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. – М.: Недра, 1981. – 438 с.

8. Порядок використання апаратури супутникових радіонавігаційних систем під час проведення топографо-геодезичних, картографічних, аерофотознімальних, проектних, дослідницьких робіт і вишукувань та кадастрових зйомок (затв. Пост. Кабінету Міністрів України від 13 лип. 1998 р. № 1075). – 2 с.

9. Савчук, С. Аналіз якості мережевого розв'язку в активних GNS-мережах / С. Савчук, О. Ланьо // Геодез., картогр. і аерофотозн. – 2011. – Вип. 74. – С. 23-29.

10. Тревого, І. Сучасні геодезичні мережі великих міст / І. Тревого, У. Зумент, О. Дишлик // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. ЗГТ УТГК. – Л.: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2006. – С. 40-45.

#### Інтернет-джерела

11. Схема ДГМ /dgm.gki.com.ua/map
12. www.tnt-tpi.com
13. www.ua-post/net/ZPOS-RTK-v103
14. dgm1.gki.com.ua

Надійшла 27.10.14

\* \* \*

## КАЛЕНДАР ПОДІЙ

Назва заходу	Дата і місце проведення	Веб-сайт (контактна адреса)
XX Міжнародна науково-технічна конференція "Геофорум-2015"	Брюховичі (Львів, Україна), 22-24 квітня 2015 р.	<a href="http://zgt.com.ua/341-2/">http://zgt.com.ua/341-2/</a>
Міжнародний симпозіум з використання дистанційного зондування Землі для охорони навколишнього середовища (ISRSE)	Берлін (Німеччина), 11-15 травня 2015 р.	<a href="http://www.isrse36.org/">http://www.isrse36.org/</a>
15-та Екстраординарна Генеральна асамблея Eurogeographics	Льовен (Бельгія), 5-6 травня 2015 р.	<a href="http://www.eurogeographics.org/event/2015-extraordinary-general-assembly">http://www.eurogeographics.org/event/2015-extraordinary-general-assembly</a>
Світовий геопросторовий форум	Лісабон (Португалія), 25-29 травня 2015 р.	<a href="http://www.geospatialworldforum.org/">http://www.geospatialworldforum.org/</a>
Виставка GPS та ГІС-технологій, точного землеробства, енергетики, автоматизації, управління "HiTech AGRO-2015"	Київ (Україна), 3-6 червня 2015 р.	<a href="http://www.agroexpo.com.ua">http://www.agroexpo.com.ua</a>
Форум "Геопросторове мислення для суспільства"	Зальцбург (Австрія), 7-10 липня 2015 р.	<a href="http://www.gi-forum.org/">http://www.gi-forum.org/</a>
27-ма Міжнародна картографічна конференція, 16-та Генеральна асамблея МКА	Ріо-де-Жанейро (Бразилія), 23-28 серпня 2015 р.	<a href="http://www.icc2015.org/">http://www.icc2015.org/</a>
5-й Конгрес EUGEO	Будапешт (Угорщина) 30 серпня – 2 вересня 2015 р.	<a href="http://eugeo2015.com/">http://eugeo2015.com/</a>
XXIV Міжнародна наукова конференція на тему: "Актуальні проблеми безперервної географічної освіти і картографії"	Харків (Україна), 8-10 вересня 2015 р.	<a href="http://physgeo.univer.kharkov.ua/index.php/conference/confinfo">http://physgeo.univer.kharkov.ua/index.php/conference/confinfo</a>
INTERGEO 2015	Штуттгарт (Німеччина), 15-17 вересня 2015 р.	<a href="http://www.intergeo.de">http://www.intergeo.de</a>
Міжнародна Франкфуртська книжкова виставка-ярмарок	Франкфурт-на-Майні (Німеччина) 14-18 жовтня 2015 р.	<a href="http://www.buchmesse.de/de/">http://www.buchmesse.de/de/</a>
15-та Міжнародна науково-технічна конференція "Від знімка до карти: цифрові фотограмметричні технології"	Юкатан (Мексика), 26-29 жовтня 2015 р.	<a href="http://www.racurs.ru/?page=75">http://www.racurs.ru/?page=75</a>