



Висновки та рекомендації. На підставі виконаних досліджень вважаємо за доцільне зробити такі висновки:

- зенітна тропосферна затримка в екваторіальній зоні значно більша, ніж у високих і середніх широтах, особливо за рахунок вологого складника;
- як показують результати аналізу моделей Саастамойнена та Гопфілд, рекомендованих для визначення зенітної тропосферної затримки, у всіх випадках різниці сухого складника δd_{dSA} і δd_{dHO} від'ємні й становлять у середньому -20 мм, що не характерно ні для високих, ні для середніх широт;
- різниці між вологим складником, визначені за даними радіозондування і моделями Саастамойнена та Гопфілд, загалом додатні, причому величини δd_{wHO} більші за відповідні величини δd_{wSA} на 20-30 мм;
- між станціями екваторіальної зони існує значна відмінність у середньому значенні величини зенітної тропосферної затримки, яка за даними радіозондування може сягати 100 і більше міліметрів.

На нашу думку, в перспективі доцільно провести подібний аналіз за даними значно довшого ряду радіозондувань в екваторіальній зоні з метою модифікації вказаних аналітичних моделей заміною емпіричних коефіцієнтів у формулах Саастамойнена та висот тропосфери у формулах Гопфілд.

Література

1. ГОСТ 4401-81. Атмосфера стандартная. Параметры. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 108 с.

2. *Заблоцький Ф.* Моделі атмосфери для визначення тропосферної затримки в полярних регіонах: Зб. наук. пр. «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва». – Л.: Вид-во «Ліга-Прес», 2001. – С. 37-42.

3. *Заблоцький Ф.* Особливості формування вологої складової тропосферної затримки в різних регіонах: Зб. наук. пр. «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва». – Л.: Вид-во «Ліга-Прес», 2002. – С. 121-127.

4. *Заблоцький Ф., Паляниця Б.* Вертикальний розподіл вологої складової тропосферної затримки у літній період: Зб. наук. пр. «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва». – Л.: Вид-во «Ліга-Прес», 2003. – С. 155-158.

5. *Mendes V.B., Langley R.B.* A Comprehensive Analysis of Mapping Functions Used in Modelling Tropospheric Propagation Delay in Space Geodetic Data // Paper presented at KIS94, International Symposium on Kinematic Systems in Geodesy, Geomatics and Navigation, Banff, Canada, August 30 – September 2, 1994. – 12 p.

6. *Mendes V.B.* Modelling the neutral-atmosphere propagation delay in radiometric space techniques // Ph. D. dissertation, Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report № 199, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada, 1999. – 353 p.

Інтернет-джерело

7. *Zablotskyj F.D.* On determination precision of tropospheric delay at the Antarctic coast stations // Proceedings of the Third Antarctic Geodesy Symposium, 17-21 July, 2001, Saint Petersburg. – <http://www.scar-ggi.org.au/geodesy/ags01/zablotskyj.pdf>

Надійшла 13.10.09

* * *

УДК 528.14/16

П. Д. Двудіт, О. В. Кучер

ОСНОВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ДЕРЖАВНОЇ ГРАВИМЕТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ

Рассматриваются вопросы создания и модернизации Государственной гравиметрической сети Украины, ее интеграции в европейскую и мировую гравиметрические сети, построения модели квазигеоида на территорию страны, значение гравиметрических измерений для решения важных государственных научных и хозяйственных задач, создания современных геодинимических полигонов, а также проблемы метрологического обеспечения измерений.

Considered in the paper are the issues of creation and modernization of State Gravity Network of Ukraine, its integration into European and World Gravity Networks, construction of quasi-geoid model for the territory of Ukraine. It is pointed out the role of gravity measurements for solving important state scientific and economic problems, creating of improved geodynamic grounds, as well as the problem of metrological assurance of measurements.

Вступ. В останні десятиріччя впроваджено таку апаратуру й методи координатних визначень засобами глобальних навігаційних супутникових систем (GPS і ГЛОНАСС), які дають змогу одразу одержувати геодезичні координати: широту, довго-

ту і висоту. Нормальні висоти пунктів визначають у процесі високоточного геометричного нівелювання і гравіметричних вимірювань уздовж нівелірного ходу. Висоти квазігеоїда (аномалії висот), які являють собою різниці між геодезичною і нормальною висотами, розраховують, як правило, за даними супутникових геодезичних спостережень,

© П. Д. Двудіт, О. В. Кучер, 2009



високоточного нівелювання на конкретному пункті й за гравіметричними даними.

Застосування супутникових технологій у процесі побудови геодезичних мереж пов'язано з використанням загальноземної системи відліку при опрацюванні результатів вимірювань. Тому Українську постійно діючу мережу спостережень глобальних навігаційних супутникових систем (УПМ ГНСС), на пунктах якої сьогодні ведуться супутникові геодезичні спостереження, доцільно доповнити виконанням високоточного нівелювання та гравіметричних визначень, а частину пунктів УПМ ГНСС інтегрувати у світову та європейську геодезичні системи. З часом пункти УПМ ГНСС можуть стати базою для модернізації головної висотної основи та впровадження системи висот для всієї країни, оновлення державної гравіметричної мережі, побудови моделі квазігеоїда сантиметрової точності й запровадження національної геодезичної системи відліку. У зв'язку з масовим упровадженням супутникових технологій у топографо-геодезичне виробництво, а особливо з розвитком методів GPS-нівелювання, побудовою високоточної моделі квазігеоїда для регіону України виникає необхідність у достовірній і точній гравіметричній інформації [2,3,5].

Постановка проблеми, зв'язок її з важливими науковими та практичними завданнями. Вивчення питання розподілу прискорення вільного падіння на поверхні Землі необхідно для вирішення таких завдань геодезії та геофізики: визначення фігури та зовнішнього гравітаційного поля Землі. Визначення величин прискорення вільного падіння, дослідження їх змін у часі й приведення в єдину міжнародну гравіметричну систему є важливим науковим та практичним завданням геодезичного виробництва [3, 5]. Для вирішення вказаних завдань точність вимірювання прискорення вільного падіння в будь-якій точці Землі повинна бути в межах 0,01-0,1 мГал відносно початкового світового гравіметричного пункту. Наразі в основному завершено роботи зі створення національних опорних гравіметричних мереж майже у всіх країнах Європи. На порядку дня сьогодні – об'єднання цих мереж в єдину світову систему [5, 7].

В Україні залишаються невирішеними такі важливі аспекти проблеми, як невідповідність гравіметричної мережі сучасним вимогам ні за якістю, ні за щільністю пунктів; інтегрування пунктів вітчизняної мережі в світову; розвиток головної висотної основи та ув'язка державної нівелірної мережі з нівелірними мережами сусідніх європейських країн у рамках європейських проектів; побудова моделі квазігеоїда для території України сантиметрової точності [1, 6, 7].

Виклад основного матеріалу дослідження. Створення гравіметричних мереж в СРСР та Україні в ХХ ст. умовно можна розділити на три етапи. До 1930 р. гравіметричні мережі будувалися у Потсдамській системі маятниковими вимірюваннями. Пізніше стали використовувати пружинні статичні гравіметри. З 1970 р. почали створювати гравіметричні мережі з прив'язкою відносних вимірювань до Міжнародної гравіметричної мережі 1971 р.

(IGSN-71) або поєднуючи відносні та абсолютні вимірювання. Система IGSN-71 базується на абсолютних вимірюваннях у пункті Севр (Франція), а масштаб мережі задається абсолютними вимірюваннями приладами Хемонда – Фаллера і маятниковими комплексами різниць прискорення вільного падіння між 8-ми абсолютними пунктами цієї системи. Точність масштабу мережі оцінюється відносною похибкою $5 \cdot 10^{-5}$.

Побудова нових високоточних гравіметричних мереж викликана створенням та розвитком системи IGSN-71, підвищенням вимог до точності й надійності мереж, появою нових абсолютних та відносних гравіметричних приладів, а також зростанням інтересу до відслідковування змін величин прискорення вільного падіння в часі тощо.

Найважливішими державними завданнями нині є розвиток фундаментальних наукових досліджень з визначення фігури та зовнішнього гравітаційного поля Землі, подальший розвиток наявних високоточних державних нівелірних та гравіметричних мереж, їх модернізація, створення нових і вдосконалення діючих геодинамічних полігонів, великомасштабне гравіметричне знімання з метою пошуку корисних копалин, створення і розвиток надійної системи метрологічного забезпечення гравіметричних визначень.

До першочергових фундаментальних наукових досліджень слід віднести:

1. Високоточне визначення аномального потенціалу прискорення сили ваги.
2. Точне визначення аномалій висот, відхилень прямовисних ліній та інших характеристик гравітаційного поля Землі.
3. Розробка технології GPS-нівелювання.
4. Створення високоточних планетарних моделей гравітаційного поля Землі за цифровими моделями рельєфу та даними про аномалії прискорення вільного падіння.
5. Побудова моделі квазігеоїда сантиметрової точності за даними супутникових геодезичних спостережень, високоточного нівелювання та гравіметричних вимірювань.
6. Створення цифрових моделей висот квазігеоїда високої роздільної здатності, які б за точністю відповідали визначенню нормальних висот пунктів державних геодезичної та нівелірної мереж і планово-висотному забезпеченню картографування території України.
7. Приведення геодезичних, нівелірних та гравіметричних вимірювань в єдину національну геодезичну систему відліку, яка була б пов'язана зі світовою та європейською геодезичними системами.

Тільки поєднавши високоточні гравіметричні вимірювання із супутниковими геодезичними спостереженнями можна побудувати нову систему геодезичного забезпечення країни.

Високоточна фундаментальна гравіметрична мережа забезпечить зв'язок зі світовою гравіметричною мережею, стане основою для побудови державної гравіметричної мережі та вивчення у часі варіацій прискорення вільного падіння. У кожному пункті цієї мережі необхідно виконати



абсолютні визначення прискорення вільного падіння за допомогою балістичних гравіметрів з похибкою до 10 мкГал і визначити нормальні висоти в ході високоточного геометричного нівелювання I та II класів. Один із пунктів цієї мережі має стати постійно діючою гравіметричною обсерваторією, в якій повинні проводитися постійні гравіметричні визначення, а також супутникові геодезичні спостереження та спеціальні гідрологічні дослідження.

Наявна гравіметрична мережа України 1 класу складається із 17-ти основних пунктів, одного вихідного фундаментального гравіметричного національного пункту Полтава і 37-ми рядових пунктів. Вона не відповідає сучасним вимогам щодо точності й щільності пунктів. Впровадження у практику гравіметричних робіт абсолютних балістичних гравіметрів високої точності й супутникових технологій для визначення просторових геодезичних координат зумовлює необхідність модернізації мережі на новому рівні точності. Наразі державна гравіметрична мережа 1 класу країни, створена ще за часів існування СРСР, оцінюється з середньою квадратичною похибкою значення прискорення вільного падіння пунктів приблизно в 30 мкГал. Прогнозна точність модернізованої мережі має підвищитися не менше ніж удвічі, тоді вона слугуватиме основою для розвитку мереж нижчих класів та гравіметричного знімання усіх масштабів. Зауважимо, що пункти державної гравіметричної мережі 2 класу не забезпечують за точністю обґрунтування гравіметричного знімання масштабу 1:50 000 і більше. Враховуючи це, необхідно:

- розробити проект модернізації державної гравіметричної мережі 1 класу, методика виконання гравіметричних вимірювань, методів вирівнювання гравіметричних мереж для підвищення їх точності;
 - забезпечити виконання гравіметричних робіт нормативно-технічною документацією;
 - провести відбір перспективних конструкцій гравіметрів у ході детальних польових і лабораторних досліджень;
 - розробити портативні вітчизняні абсолютні та відносні гравіметри.
 - автоматизувати гравіметричні роботи, використавши для цього сучасну вимірювальну та обчислювальну техніку;
 - обстежити й оновити пункти державної гравіметричної мережі 1 та 2 класів; визначити їх координати й висоти за допомогою супутникових радіонавігаційних систем;
 - провести відносні гравіметричні вимірювання на пунктах державної гравіметричної мережі всіх класів та їх вирівнювання.
 - здійснити гравіметричні визначення на нівелірних знаках по лініях нівелювання I, II класів для обчислення геопотенціальних чисел та врахування поправок за непаралельність нормальних поверхонь.
- Для пунктів на геодинамічних полігонах, в яких визначаються просторові геодезичні координати, необхідно знати також нормальні висоти, аномалії висот, складові відхилень прямовисних ліній та

значення других похідних аномального потенціалу прискорення вільного падіння. Слід передбачити на цих пунктах комплексні дослідження з метою виявлення передвісників землетрусів. Для цього потрібно організувати вимірювання з допомогою гравіметрів, нахиломірів, демографів тощо.

Як відомо, для надійності пошуку родовищ корисних копалин, таких як нафта і газ, виконують гравіметричне знімання в масштабах 1:50 000, 1:25 000 і більше. Це роблять з максимальною точністю і при наявності необхідної щільності пунктів. Так, для вказаних масштабів знімання у рівнинному районі кількість пунктів на 1 км² має становити відповідно 2-30 і 12-60, а середня відстань між пунктами – 100-500 і 50-250 м [4,7]. До гравіметричного знімання у гірських районах ставляться вищі вимоги щодо щільності пунктів мережі.

Для забезпечення єдності гравіметричних визначень необхідно:

- періодично порівнювати між собою результати абсолютних визначень балістичними гравіметрами як в Україні, так і за кордоном;
- створити еталонні гравіметричні полігони для калібрування гравіметричної апаратури.

Висновки. Для вирішення питання з фундаментальними науковими дослідженнями фігури та зовнішнього гравітаційного поля Землі, створення геодинамічних полігонів, розв'язання різноманітних господарських завдань з пошуку родовищ корисних копалин, розвитку системи метрологічного забезпечення необхідно створити високоточну державну гравіметричну мережу. До пріоритетних завдань на перспективу, на наш погляд, слід віднести модернізацію державної гравіметричної мережі та завершення робіт з гравіметричного знімання території країни в масштабі 1: 50 000. Авторі сподіваються, що Укргеодезкартографія, нарешті, приділить належну увагу гравіметрії. Але для цього важливо мати державну підтримку.

Література

1. Бондар А. Л., Заєць І. М., Кучер О. В. Стан та основні напрями розвитку Державної геодезичної мережі України // Вісн. геодез. та картогр. – 2001. – № 3. – С. 17- 23.
2. Бровар Б. В., Гусев Н. А., Юркина М. И. О развитии гравиметрических работ в интересах геодезии // Геодез. и картограф. – 2005. – № 6. – С. 9-16.
3. Бровар В. В. О возможности повышения точности гравиметрических выводов в геодезии // Астр. журн. – 1971. – Вып. 6. – С. 1327-1332.
4. Девуліт П. Д. Гравіметрія. – Л.: ЛАГТ, 1998. – 195 с.
5. Девуліт П. Д. Фізична геодезія. – К.: Експрес, 2008. – 256 с.
6. Сидоренко Г. С., Мірошніченко О. М., Кучер О. В., Заєць І. М. Проблеми досягнення високої точності вимірів при побудові гравіметричної мережі // Вісн. геодез. та картогр. – 2006. – № 5. – С. 10-16.
7. Торге Вольфганг. Гравиметрия. – М.: Мир, 1999. – 428 с.

Надійшла 18.11.09