

## ПРО НЕОБХІДНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ

Розглянуто сучасний стан існуючої фундаментальної гравіметричної мережі та гравіметричних мереж 1-го і 2-го класів України. Обґрунтовано необхідність створення високоточної гравіметричної системи України з відповідною густотою пунктів і середньою відстанню між ними. Подано рекомендації щодо модернізації існуючої мережі та завершення гравіметричного знімання території України в масштабі 1:50000.

**Ключові слова:** фундаментальна мережа; гравіметрична мережа 1-го та 2-го класів; абсолютні та відносні вимірювання прискорення вільного падіння; гравіметричне знімання.

### *Вступ*

Нові національні гравіметричні мережі почали створювати, починаючи з 70-х років ХХ століття, здійснюючи прив'язку відносних вимірювань до абсолютної Міжнародної стандартної гравіметричної мережі 1971 р (IGSN-71) або використовуючи спільно абсолютні та відносні вимірювання [Двуліт, Савчук, 2002; Сосса, 2006]. Побудова таких нових гравіметричних мереж стала необхідною внаслідок:

- появи системи IGSN-71;
- втрати великої кількості пунктів існуючих мереж;
- підвищення вимог до точності та надійності мереж;
- зростання потреби моніторингу часових змін прискорення вільного падіння;
- можливості використання нових сучасних приладів та методик абсолютних та відносних гравіметричних вимірювань.

У 1979–1983 рр. підприємство № 7 ГУГК СРСР створило Державну гравіметричну мережу на території України, в яку увійшли пункти Державної фундаментальної гравіметричної мережі (ДФГМ) і пункти Державної гравіметричної мережі 1-го класу.

Основним приладом для вимірювань приросту прискорення вільного падіння був маятниковий комплекс “АГАТ”, а також використано статичні гравіметри типів ГНУ і ГАГ. Абсолютні визначення на фундаментальному вихідному пункті України “Полтава” виконані у 1982 р. балістичним гравіметром ГАБЛ з точністю 0,024 мГал. Середня квадратична похибка одного вимірювання різниці прискорення вільного падіння між опорними пунктами, виконаного за допомогою маятникового комплексу “АГАТ”, дорівнювала 0,04 мГал.

### *Зв'язок із науковими та практичними завданнями*

Робота виконувалась згідно з техніко-економічною програмою “Розвиток гравіметричної системи України”, в якій кафедра вищої геодезії та астрономії Національного університету “Львівська політехніка” брала участь.

### *Мета досліджень*

Метою досліджень є науково-технічне обґрунтування створення і розвитку Державної гравіметричної мережі України.

### *Постановка завдання*

Створення нової гравіметричної мережі України є важливою проблемою, зокрема з метою включення її в єдину Європейську гравіметричну систему.

### *Сучасний стан гравіметричної вивченості території України*

Державна фундаментальна гравіметрична мережа України складається з 17 основних гравіметричних пунктів і одного вихідного гравіметричного пункту “Полтава” (частина Державної гравіметричної мережі 1-го класу (ДГМ-1) і Державної фундаментальної гравіметричної мережі Радянського Союзу) [Двуліт, 2009]. Більшість пунктів ДФГМ визначено в 1979–1983 рр. абсолютним балістичним гравіметром ГАБЛ з точністю близько 10 мГал, а пункти ДГМ-1 – відносними вимірюваннями з використанням маятникових комплексів “АГАТ” відносно головного гравіметричного пункту Росії “Льодово”, розташованого поблизу Москви, з взаємним врівноваженням надалі з похибкою до 30 мГал. Основний обсяг гравіметричних вимірювань на пунктах 1-го класу виконано маятниковим комплексом “АГАТ”, а вимірювання на пунктах-супутниках – гравіметрами типу ГАГ-2 і ГНУ-КВ. ДГМ-1 класу є полігональною системою, яка спиралась (у межах СРСР) на три фундаментальних пункти (“Москва”, “Новосибірськ”, “Ташкент”) які, своєю чергою, прямо зв'язані з центральним світовим гравіметричним пунктом в м. Потсдам (Німеччина). Після врівноваження полігонів гравіметричної мережі середня квадратична похибка значень прискорення вільного падіння на пунктах становила  $\pm 0,032$  мГал.

Роботи зі створення Державної опорної гравіметричної мережі 2-го класу на території України виконувались у декілька етапів у 1962, 1969, 1986–1987 роках. Станом на 01.01.1988 року Україна була забезпечена гравіметричною мережею, яка складається із 126 пунктів 2-го класу (середня квадратична похибка  $\pm 0,035$  мГал) густотою 1 пункт на 1 планшет масштабу 1:200 000.

У 2009 р. за проектом [Антонов, 2008] фахівці ДГЕ “Дніпрогеофізика” обстежили всі 126 ОГП 2-го класу. Було встановлено, що 109 пунктів повністю або частково збереглися і після відповідного відновлення можуть використовувати

надалі, а 17 пунктів (13,5 %) повністю знищені, тому виникла потреба їх перенесення на нове місце, закріплення та визначення. Результати обстеження гравіметричної мережі наведено на рисунку.

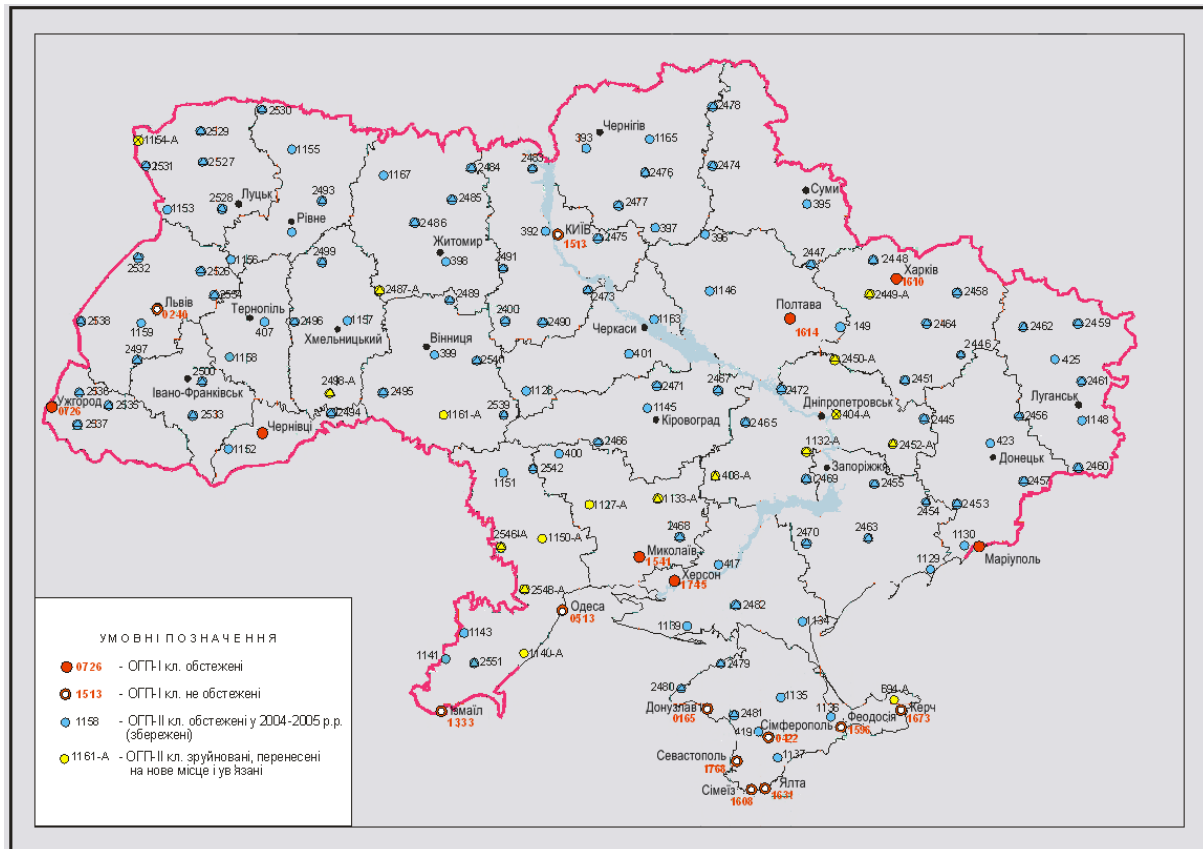


Схема обстеження пунктів гравіметричної мережі 1-го та 2-го класу (станом на 01.09.2009 року)

У 1993 р. закінчено роботи із врівноваження гравіметричної мережі ОГП-3 класу. Мережа була розгорнута на території всієї України. Загалом визначено та оброблено 3760 ОГП 3-го класу. Пункти розміщувались у центральній частині і по кутах топографічного планшету масштабу 1:50000, при цьому середня відстань між пунктами дорівнювала 15 км. Врівноваження виконувалось за полігональною системою, за схемою А-Б-А', групою із 4 гравіметрів типу ГНУ-КВ, у двох незалежних рейсах. Середня квадратична похибка значень прискорення вільного падіння на пунктах становила  $\pm 0,03$  мГал.

Гравіметричні знімання масштабів 1:200 000 – 1:100 000 на початок 80-х років минулого сторіччя були виконані на всій території України. Гравіметричне знімання масштабу 1:50 000 виконували переважно з початку 60-х до середини 80-х років минулого сторіччя. Гравіметричними зніманнями великого масштабу (1:25 000–1:10 000) територія України покрита нерівномірно. Ці знімання виконувались лише на перспективних площах окремих геологічних регіонів України [Двуліт та

ін., 2010]. Дані про фактичну вивченість території гравіметричними зніманнями різних масштабів у межах окремих геологічних регіонів наведено в таблиці.

#### Виклад основного матеріалу

Побудова нових національних гравіметричних мереж стала необхідною через підвищення вимог до точності та надійності цих мереж і можливості використання нових сучасних абсолютних і відносних приладів та нової методики спостережень. Точність результатів гравіметричних робіт повинна становити: при загальному дослідженні гравітаційного поля Землі – 1...3 мГал; для розв’язання основних геодезичних задач – 0,3...1 мГал; для забезпечення розвідувальних гравіметричних робіт – 0,02...0,05 мГал; для метрологічного забезпечення гравіметричних робіт – 0,01 мГал [Двуліт, Кучер, 2009].

Результати національних гравіметричних знімань використовуються для геофізики, тоді точність визначення гравітаційних аномалій повинна бути  $\pm(0,5-1)$  мГал при відстанях між пунктами

1–5 км. Для вирішення спеціальних геологічних завдань і розвідки корисних копалин потрібна вища точність вимірювань від 0,1 до 0,5 мГал з кроком від 50 до 500 м для локальних гравіметричних

зніманих. Під час мікрогравіметричних досліджень, створення інженерних споруд та пошуку пустот крок знімання дорівнює декільком метрам, а відповідна похибка становить  $\pm 0,01$  мГал.

Забезпеченість території України гравіметричними зніманнями

Назви геологічних регіонів	Площа регіону, км <sup>2</sup>	Знято гравіметричними зніманнями, %, в масштабах:		
		1:50000-1:10000, перетин ізоліній 0,25-0,10 мГал	1:50000, перетин ізоліній 0,50 мГал	1:200000-1:100000, перетин ізоліній 2,0-1,0 мГал
1. Карпатський	41400	3,8	94,1	2,1
2. Волино-Подільська плита	91800	13,7	47,0	39,3
3. Український щит	190543	49,7	29,6	19,2
4. ДДЗ	120184	32,5	25,8	41,7
5. Донбас	51984	51,3	38,8	9,9
6. Причорномор'я	55885	6,3	13,3	80,9
7. Переддобруджжя	8489	12,5	87,5	-
8. Крим	24495	8,7	91,3	-
9. Схил ВКМ	18920	17,5	26,3	56,2
<b>Загалом по території України</b>	<b>603700</b>	<b>31,0</b>	<b>38,5</b>	<b>30,5</b>

Державна гравіметрична мережа України є основою для виконання гравіметричних досліджень, які спрямовані на вивчення гравітаційного поля і зовнішньої фігури Землі та їх змін у часі, виконання інших наукових і господарських завдань та метрологічного забезпечення гравіметричних зніманих. Вона слугує єдиною гравіметричною системою на територію України. Національні гравіметричні мережі ділять на декілька різних класів, які створюють послідовно, а при опрацюванні значень прискорення вільного падіння на пунктах вищих класів вважають їх твердими, незмінними для пунктів нижчих класів. Перевага такої структури полягає в тому, що гравіметричні дані використовують до завершення останнього етапу згущення мережі. Середні відстані між пунктами опорних мереж істотно залежать від території країни. Так, для фундаментальної гравіметричної мережі це 100–300 км, для гравіметричної мережі 1-го класу – декілька десятків кілометрів, для гравіметричної мережі 2-го класу – близько 10 км і відповідно для гравіметричної мережі 3-го класу – декілька кілометрів.

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 проводитись регулярні гравіметричні вимірювання, а також супутникові геодезичні спостереження та

спеціальні гідрологічні дослідження.

У роботі [Сидоренко та ін., 2006] запропонований варіант побудови ДФГМ України у вигляді широтно-довготної схеми з наявністю двох майже ортогональних гравіметричних базисів – широтного (Харків – Дніпропетровськ – Сіферополь) та довготного (Харків – Полтава – Київ – Рівне – Луцьк) з вихідним гравіметричним пунктом у селищі Липці Харківської області. У перспективі пропонується створення другого довготного базису (Ужгород – Івано-Франківськ – Вінниця – Кіровоград – Запоріжжя – Донецьк). Автори вказують на такі переваги запланованої системи, як узгодженість ліній мережі з напрямками магістральних транспортних шляхів, що дає змогу мінімізувати транспортні витрати і забезпечити сталість метрологічних характеристик гравіметрів.

Отже, до першочергових завдань, спрямованих на розвиток Державної гравіметричної мережі України, зарахуємо:

- розроблення проекту модернізації державної гравіметричної мережі 1-го класу, методик виконання гравіметричних вимірювань, методів врівноваження гравіметричних мереж для підвищення їх точності;
- забезпечення виконання гравіметричних робіт нормативно-технічною документацією;
- проведення відбору перспективних конструкцій гравіметрів у ході детальних польових і лабораторних досліджень;
- автоматизація гравіметричних робіт із застосуванням сучасної вимірювальної та обчислювальної техніки;
- обстеження й оновлення пунктів державної гравіметричної мережі 1-го та 2-го класів; визначення їх координат і висот за допомогою супутникових навігаційних систем;
- проведення відносних гравіметричних вимі-

рувань на пунктах Державної гравіметричної мережі всіх класів та їх врівноваження.

– здійснення гравіметричних визначень на нівелірних знаках вздовж ліній нівелювання I, II класів для обчислення геопотенціальних чисел та врахування поправок за непаралельність рівневих поверхонь.

Прогнозна точність модернізованої гравіметричної мережі 1-го класу має підвищитися не менше ніж удвічі. Тоді вона стане основою для розвитку мереж нижчих класів та забезпечення гравіметричного знімання всіх масштабів. Середні квадратичні похибки абсолютних визначень не повинні перевищувати  $\pm 10$  мкГал, відносних визначень між пунктами ДФГМ та пунктами гравіметричної мережі 1-го класу –  $\pm 15$  мкГал.

### Висновки

На основі аналізу сучасного стану розвитку Державної гравіметричної мережі України та необхідності її модернізації можна сформулювати такі висновки:

1. Для вивчення нестабільності елементів гравітаційного поля з часом, а також для геодинамічних досліджень необхідно створити модернізовану гравіметричну мережу України, яка забезпечить необхідну точність і відповідатиме поставленим перед нею завданням.

2. Необхідно завершити гравіметричне знімання території України в масштабі 1:50000 з метою інтеграції до Європейської гравіметричної та висотної системи.

3. Густота пунктів гравіметричної мережі України повинна становити не менше ніж 1 пункт на 100 км<sup>2</sup>, що необхідно для забезпечення точності

визначення висот квазігеоїда та складових відхилень прямовисних ліній відповідно 0,01 м та 0,1'-0,15".

### Література

- Антонов В.О. Проект на виконання геофізичних робіт по збереженню і відновленню Державної опорної гравіметричної мережі I і II класу (титул 231/03). – Дніпропетровськ, 2003.
- Двуліт П.Д. Гравіметрична мережа України: сучасний стан і перспективи розвитку // Геодинаміка. – 2009. – № 1(8). – С. 44–46.
- Двуліт П.Д., Єнтін В.О., Кучер О.В. Розвиток Державної гравіметричної мережі України як пріоритетна складова програми із проблем мінерально-сировинного забезпечення країни // Мінеральні ресурси України – 2010. – № 2. – С. 5–6.
- Двуліт П.Д., Кучер О.В. Основні напрямки розвитку Державної гравіметричної мережі України // Вісник геодезії та картографії. – 2009. – № 6. – С. 11–13.
- Двуліт П.Д., Савчук С.Г. Гравітаційне поле Землі та розвиток фундаментальної геодезичної мережі України // Вісник геодезії та картографії. – 2002. – № 2. – С. 10–12.
- Сидоренко Г.С., Мірошниченко О.М., Кучер О.В., Заєць І.М. Проблеми досягнення високої точності вимірів при побудові гравіметричної мережі // Вісник геодезії та картографії. – 2006. – № 5. – С. 10–16.
- Сосса Р. Стан і перспективи розвитку топографо-геодезичної та картографічної діяльності в Україні // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2006. – С. 18–30.

## О НЕОБХОДИМОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ СЕТИ УКРАИНЫ

П.Д. Двудит, А.В. Смелянец

Рассматривается современное состояние существующей фундаментальной гравиметрической сети и гравиметрической сети 1-го и 2-го классов. Обосновано необходимость создания высокоточной гравиметрической системы Украины с соответствующей плотностью пунктов и средним расстоянием между ними. Даются рекомендации относительно модернизации существующей сети и завершения гравиметрической съемки территории Украины в масштабе 1:50 000.

**Ключевые слова:** фундаментальная сеть; гравиметрическая сеть 1-го и 2-го классов; абсолютные и относительные измерения ускорения силы тяжести; гравиметрическая съемка.

## ABOUT THE NECESSITY OF MODERNIZATION OF UKRAINE GRAVIMETRIC NETWORK

P.D. Dvulit, O.V. Smelyanets

The current state of the existing fundamental gravimetric network and the gravimetric networks of 1st and 2nd classes of Ukraine is considered. The necessity of creation of high-precision gravimetric system of Ukraine with a corresponding density of points and the average distance between them is substantiated. The recommendations for modernization the existing network and for completion the gravimetric survey on the Ukraine area in the scale of 1:50 000 is given.

**Key words:** fundamental network; gravimetric network of 1st and 2nd classes; absolute and relative measurements of the gravity acceleration; gravimetric survey.