



ЩОДО ПРОБЛЕМИ ПРИЄДНАННЯ НІВЕЛІРНОЇ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ ДО ОБ'ЄДНАНОЇ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ НІВЕЛІРНОЇ МЕРЕЖІ

На основе проведенного анализа высотных систем и теоретических подходов к их построению, в частности к построению Европейской нивелирной сети, намечены основные пути развития высотной основы Украины, присоединения ее нивелирной сети к Европейской, уравнивания нивелирных сетей в геопотенциальных числах.

On the basis of analysis of the height systems and theoretical principles of their creation, particularly creation of the European Leveling Network, the main directions of the Ukrainian Leveling Network development and its joining to the European Leveling Network with further adjustments of the networks in geopotential numbers are considered.

Актуальність теми та постановка задачі. Побудова системи висот фактично базується на редуціях, вирівнюванні, перетвореннях, поширенні та архівуванні орієнтованих за висотами величин. Традиційно для отримання точних значень висот над рівнем моря використовується геометричне нівелювання між геодезичними пунктами. Супутникові технології, що ґрунтуються, наприклад, на системі GPS, продукують інші види даних – геодезичні висоти [5,8]. З усіх традиційних геодезичних вимірювань геометричне нівелювання є найбільш точним, адже при опрацюванні його результатів і подачі їх у вигляді каталогів висот пунктів потрібно враховувати багато нюансів фізичної геодезії, які є несуттєвими при обробленні даних інших видів вимірювань [1]. Саме тому з великою ретельністю необхідно вибирати систему висот, в якій відобразатимуться результати нівелювання.

Для однозначного сприймання земної поверхні стосовно її відхилень по висоті від рівневої поверхні потрібно знайти величину потенціалу на цій поверхні: $W=W_0=U_0$. Ця стала означає як систему висот, так і розміри відлікового еліпсоїда з потенціалом U_0 . М. С. Молоденський свого часу запропонував нормальну систему висот для обчислення поверхні квазігеоїда, яка фактично не є рівневою поверхнею, але збігається з геоїдом на океанах. І тому така поверхня відповідає середньому рівню моря [1,8].

Технологією отримання висотної основи в першій половині ХХ ст., а саме в цей час зародилася більшість із відомих нині висотних систем, було передбачено обрання (на жаль, часто без належного обґрунтування) за початковий пункт відліку висот його функцію зв'язку із пунктами нівелірної мережі та забезпечення стабільності (в часі й просторі) обраної системи. Визначення потенціалу сили ваги W_0 [6,7] самою технологією робіт навіть не передбачалося, а встановлювалася тільки різниця потенціалів W_0-W . Доти, поки міжнародне співробітництво не набрало глобального характеру, фахівці мирилися з різноманіттям висотних систем як щодо вибору нуля-пункту відліку висот, так і щодо принципів їх узгодженості з гравітаційним полем Землі.

Перші спроби об'єднати нівелірні мережі Євро-

пи було зроблено після Другої світової війни. Але практичний результат від цього став відчуватися лише після масового поширення глобальних навігаційних супутникових систем типу GPS. Масштабні гравіметричні вимірювання та застосування супутникових технологій спричинили необхідність розробки глобальних та регіональних гравіметричних моделей квазігеоїда високої роздільної здатності. Все це потребувало інших підходів до гармонізації та подальшого використання такої інформації. Одним із таких підходів стало створення єдиної Європейської вертикальної системи (EVRS; мал. 1) [4]. Більшість країн Європи узгодили свої національні висотні системи з європейською на рівні прийнятого стандарту. Саме тому питання узгодження висотної основи України з сучасними європейськими стандартами у цій сфері є дуже актуальним.

Вклад матеріалу дослідження. Історія розвитку та сучасний стан висотної системи України. Єдина система висот, прийнята в Україні, застосовується при виконанні топографічних знімків з метою укладання й оновлення карт і планів усього масштабного ряду. Результати високоточних визначень висот і дані про сучасні вертикальні рухи земної поверхні використовуються для господарських потреб, у питаннях організації національної безпеки держави, з науковою метою для комплексного дослідження Світового океану; проведення меліорації земель; вивчення будови, складу та еволюції Землі; удосконалення методів вивчення сейсмічних проявів геотектонічних процесів.

Особливе значення при розв'язанні названих завдань має точність отриманих результатів. Перші роботи на території України, пов'язані з виконанням високоточного нівелювання (в сучасному розумінні цього процесу) було здійснено наприкінці ХІХ ст. Їх виконали спеціалісти російського Корпусу військових топографів (на землях сучасної Центральної і Східної України) та австрійського військово-географічного інституту (Західна Україна).

У 1926-1927 рр. проведено дві геодезичні наради, на яких було прийнято рішення про нове (після 1894 р.) вирівнювання нівелірної мережі європейської частини СРСР та використання для цього нуля Кронштадтського футштока – середнього рівня Балтійського моря біля м. Кронштадта за пе-



Мал. 1. Пункти Європейської вертикальної референцної системи

ріод з 1825 по 1840 рр. [5]. Прийняту тоді для території СРСР ортометричну (пізніше – нормальну) систему висот назвали Балтійською. За вихідний рівень відліку висот було взято середній рівень Балтійського моря за Кронштадтським футштоком. Ортометричну (нормальну) висоту цього пункту було прийнято за нуль. Середній рівень Балтійського моря обчислили на основі 120-річних спостережень у цьому місці. Нівелірний зв'язок футштока з реперами на материк уводився декілька разів різними способами, різними виконавцями та приладами. Було встановлено кілька вікових реперів на геологічно стійких породах материка для періодичного (через 5-10 років) зв'язку з нулем Кронштадтського футштока.

Друге вирівнювання мережі високоточного нівелювання європейської частини СРСР виконано в 1933 р. В 1946-1950 рр. виконано третє вирівнювання державної нівелірної мережі СРСР I та II класів.

Новий етап розвитку головної висотної основи почався у 1968 р., коли приступили до виконання програми подальшого розвитку мережі нівелювання I та II класів. Було повторено нівелювання більшості ходів I класу.

Черговий етап створення головної висотної основи в історії СРСР почався у 1976 р. Програмою

робіт передбачалося подальше згущення ліній нівелювання I та II класів, проведення повторного нівелювання на геодинамічних полігонах, прив'язування нівелірної мережі до рівневих станцій для визначення рівня Світового океану.

У 1977 р. завершилося четверте вирівнювання нівелірної мережі I та II класів і було введено Балтійську систему висот 1977 р. Ця система використовується донині і в незалежній Україні.

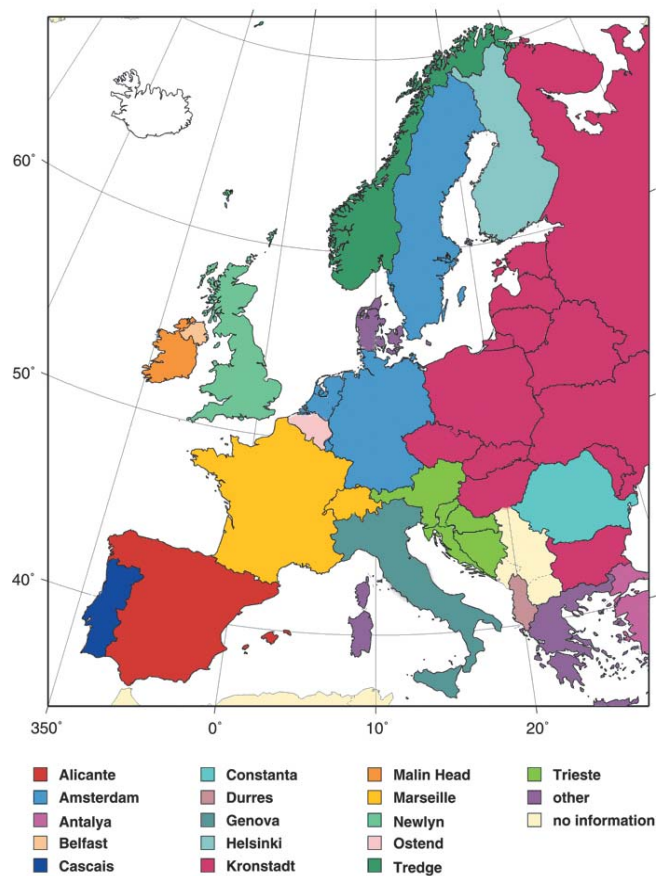
Якщо з установленням координатної основи в плановому відношенні все зрозуміло, то про її висотну складову цього сказати не можна. Наразі найбільш розроблені питання врахування систематичних та випадкових похибок у нівелюванні, оброблення та вирівнювання результатів вимірювань. Але досі залишаються невирішеними проблеми, які впливають на якість побудови висотної основи України. До них віднесемо:

- невстановленість сутності поняття "остаточно обчислене нівелювання". Це призвело до того, що одна й та ж нівелірна мережа декілька разів перевирівнювалась, а самі пункти отримали різні значення висоти, що спричинює плутанину при виконанні нівелірних робіт, а отже, і зайві витрати коштів та часу;
- поспішність при створенні висотної основи, що принесло користь у практичному плані забезпечення картографування країни, але дуже "спростило" саму її побудову;

• надзвичайну віддаленість висотної мережі України від нуля-пункту відліку висот і, як похідне від цього, труднощі її адаптування до Європейської об'єднаної нівелірної мережі EULN та використання методів GPS-нівелювання або методів прямого визначення висот квазігеода.

Об'єднана Європейська нівелірна мережа. Аналогічно до описаного в попередньому параграфі будувалися висотні мережі і в інших країнах. Починаючи із середини XIX ст. і до 30-х років XX ст. нівелірні мережі у країнах Європи будувалися лише в національних масштабах. Потім настав час для обговорення і практичних кроків до створення загальноєвропейської нівелірної мережі.

Західна частина Європейської нівелірної мережі будувалася упродовж 1934-1964 рр. З урахуванням даних про вертикальні рухи земної поверхні для Західної та Центральної Європи було створено Об'єднану нівелірну мережу UELN-73 [3]. Дещо пізніше відбулося об'єднання високоточної нівелірної мережі країн Центральної та Східної Європи (UPLN-82). У названі нівелірні мережі національні висотні основи входили з різними нульовими рівнями (нуль-пунктами відліку висот) та різними видами систем висот (мал. 2).



Мал. 2. Нуль-пункти країн Європи

Об'єднана високоточна нівелірна мережа UPLN-82 складалася з нівелірних ходів I класу, прокладених через Болгарію, Німецьку Демократичну Республіку, Чехословаччину, Польщу, Румунію, Росію, Грузію, Естонію, Латвію, Литву, Білорусь, Угорщину, Україну і Молдову. Мережу UPLN було сформовано в 50-х роках XX ст. і перевизначено в 1970-х. Перевирівнювання було завершено у 1982 р. Мережа містить понад 350 вузлових точок. Довжина ходів змінюється від 70 км у західній частині до 200 км у східній. Вирівнювання проводилось у системі нормальних висот. Нульовим рівнем для UELN є футшок Амстердам, а для UPLN – футшок Кронштадт.

При об'єднанні нівелірних мереж, побудованих у різні періоди, виникають певні труднощі, насамперед методичного характеру. Внаслідок геодинамічних процесів у різних регіонах Європи висоти пунктів змінюються до 5 мм, а на Кавказі навіть до 10 мм на рік.

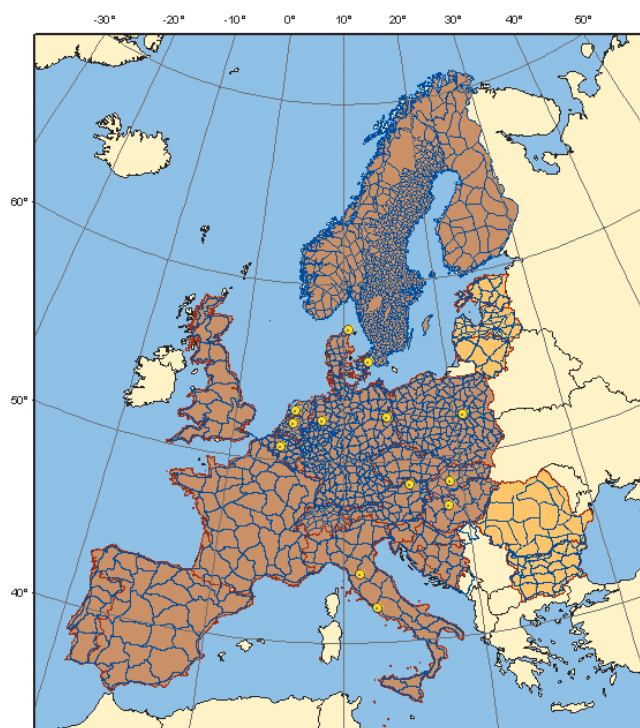
Великий обсяг гравіметричних вимірювань було проведено в 1950-1960 рр. у точках, що входять до системи висот, реалізованої вирівнюванням 1956 р. Звідси проблеми уведення поправок за різносистемність висот і вертикальні рухи земної кори. Аналіз повторних нівелювань показав, що для попередньої побудови Європейського (квазі)геоїда не потрібно вносити поправки у висоти, оскільки

ки протяжність технологічно активних зон відносно мала [2]. Проте у майбутньому планується враховувати геодинамічні ефекти. Порівняння значень нормальних висот пунктів, що входять до системи Кронштадтського футшока, та нормальних висот пунктів, що відносяться до Амстердамської системи, дає різницю близько 15 см. Тож можна стверджувати, що ця різниця і є наближеним значенням різниць між вертикальними системами, яка змінюється в межах регіону України.

Десятиріччями застосування Об'єднаної Європейської нівелірної мережі (UELN) мало в основному наукове значення. Пункти цієї мережі використовувала невелика група геодезистів та океанографів. Але зі зростанням потреби в єдиній Європейській референційній системі ситуація швидко змінилась. Остання розробка Європейської комісії – INSPIRE сприяла створенню Європейського ГІС-стандарту. Очевидно, що стандартизація геодезичної референційної системи, а особливо її вертикальної складової, – важливий елемент такої роботи.

У 1994 р. підкомісія IAG для Європи – EUREF – для створення однорідної за точністю (~1 см) Європейської висотної системи запропонувала об'єднати нівелірні мережі в одну. Підставою для цього мало бути прийняття країнами за вихідний нуль-пункт Амстердамського футшока та використання всіх наявних геопотенціальних чисел і нормальних висот.

Під час симпозиуму EUREF у Гельсінкі (1995 р.) було внесено пропозицію про об'єднання існуючої мережі EUREF, регіональних нівелірних мереж



Мал. 3. Сучасний вигляд нівелірної мережі UELN-95/98



Європи (UPLN та UELN), а також мережі мареографів у єдину інтегровану мережу, яку назвали UELN-95. Умовою такого об'єднання було проведення міжнародної GPS-кампанії на всіх пунктах даної мережі. У 1996 р. до цієї мережі додалися пункти Польщі, Словаччини та Словенії, в 1998 р. – Боснії та Герцеговини, Данії. Відтоді об'єднану нівелірну мережу стали називати UELN-95/98.

Пізніше, в 1999 р., до неї увійшли пункти мереж Латвії та Естонії, у 2000-му – Литви, у 2002 р. – Швейцарії.

Зв'язки нівелірної мережі України із нівелірними мережами сусідніх країн. Загальні відомості про зв'язки нівелірної мережі України з нівелірними мережами сусідніх країн подає така таблиця.

Відомості про нівелірні роботи з ув'язування мереж сусідніх з Україною держав

Найменування лінії	Роки виконання робіт	Виконавець	Примітка
Лінія № 1 – нівелювання I класу по лінії Ковель – Брест (Білорусь)	1974-1975	Підприємство № 13	
<i>Брест – Терешполь</i> (Польща). Нівелювання I класу	1954		Довжина – 10,5 км Кількість знаків – 12
Лінія № 2 – нівелювання I класу по лінії Львів – Рава-Руська	1974-1975	Підприємство № 13	
<i>Рава-Руська – Белжец</i> (Польща)			Довжина – 12,8 км Кількість знаків – 11
Лінія № 3 – нівелювання I класу між Україною і Словаччиною	1994	Підприємство № 13	
<i>Ужгород – Крчава</i> (Словаччина). Нівелювання I класу	1974-1975		Довжина – 4,8 км Кількість знаків – 13
<i>Чоп – Черна</i> (Словаччина). Нівелювання I класу	1954		Довжина – 12,6 км Кількість знаків – 19
<i>Малий Березний – Убля</i> (Словаччина)	1994		Довжина – 8,8 км Кількість знаків – 19
<i>Великий Березний – Улич</i> (Словаччина)	1994		Довжина – 9,4 км Кількість знаків – 15
Лінія № 4 – нівелювання II класу по лінії Чернівці – Викшани (Румунія)	1981	Підприємство № 13	
<i>Фнд. рп. 2422 – ст. рп. 25252</i> (Румунія)			Довжина – 63,3 км Кількість знаків – 33
Лінія № 5 – нівелювання I класу між СРСР і Румунією	1977	Підприємство № 13	
<i>Унгени – Ясси</i> (Румунія). Нівелювання I класу	1945		Довжина – 11,3 км Кількість знаків – 15
Лінія № 6 – нівелювання I класу по лінії Роздільна – Джурджулешти	1974-1975	Підприємство № 13	
<i>Джурджулешти – Галац</i> (Румунія). Нівелювання I класу	1954		Довжина – 10,0 км Кількість знаків – 10
Лінія № 7 – нівелювання I класу	1974-1975	Підприємство № 13	
<i>Чоп – Ботяни</i> (Словаччина)	1974		Довжина – 16,6 км Кількість знаків – 23
<i>Чоп – Комаро</i> (Угорщина)	1975		Довжина – 27,1 км Кількість знаків – 22
Лінія № 8 – нівелювання I класу по лінії Мелітополь – Ростов-на-Дону (Росія)	1976	Підприємство № 13	
<i>Маріуполь – Ростов-на-Дону</i> . Нівелювання I класу	1955		Довжина – 253,6 км Кількість знаків – 100
Лінія № 9 – нівелювання I класу по лінії Васильківка – Міллерове	1982-1983	Підприємство № 13	
<i>Васильківка-Міллерове</i> (Росія). Нівелювання II класу	1969-1974		Довжина – 480 км Кількість знаків – 236
Лінія № 10 – нівелювання II класу по лініях Косторна – Валуйки, Георгіу-Деж – Куп'янськ, Россош – Кислівка	1980-1982	Підприємство № 13	
<i>Георгіу-Деж – Куп'янськ</i> (Росія). Нівелювання II класу	1926-1930		Довжина – 252,2 км Кількість знаків – 96
Лінія № 11 – нівелювання II класу по лінії Харків – Курськ	1977-1978	Підприємство № 13	
<i>Харків – Курськ</i> (Росія). Нівелювання II класу	1945-1946		Довжина – 257,6 км Кількість знаків – 111



Особливості вирівнювання результатів нівелювання в геопотенціальних числах. Загальні рекомендації. Вирівнювання може бути проведене способом переходу до геопотенціальних чисел [4]:

$$C = C_P = W_0 - W_P = \int_0^P g dh, \quad (1)$$

де W_0 і W_P – потенціал сили ваги в початковій точці (футштоці) і в біжучій точці P ; g – прискорення вільного падіння; dh – приріст висоти або перевищення, отримане в ході нівелювання. Зауважимо при цьому такий важливий факт: інтеграл (1) не залежить від шляху інтегрування.

Враховуючи рівняння (1), представимо геопотенціальне число в такому узагальненому вигляді:

$$C = G \cdot H^G, \quad (2)$$

де узагальнені функції G і H^G мають такі особливості:

- якщо за G приймається середня сила ваги $G = \bar{g}$ між геоїдом і земною поверхнею, обчислена в точці P по прямовисній лінії, то $H^G = H^g$ є ортометричною висотою H^g цієї точки;

- якщо за G приймається середня нормальна сила ваги $G = \bar{\gamma}$ між еліпсоїдом і телуроїдом, обчислена в точці P по нормалі до еліпсоїда, то $H^G = H^\gamma$ є нормальною висотою H^γ цієї точки;

- якщо за G обирається постійна нормальна сила ваги $G = \gamma_0$ на еліпсоїді (як правило, γ_0 обчислюється для широти 45°), то $H^G = H^D$ є динамічною висотою H^D цієї точки.

Таким чином, перехід до геопотенціальних чисел, з якими пов'язані добре відомі висотні основи, дає можливість задовольнити на практиці всі вимоги до висотних систем, якщо їх носіями будуть саме відомі геопотенціальні числа у пунктах нівелювання.

Правило обчислення геопотенціальних чисел C_P дає права частина інтегралу (1), яка на практиці приймає таку наближену форму:

$$C_P = \sum_{i=1}^m g_i h_i, \quad [m^2 \cdot c^{-2}]. \quad (3)$$

Згідно з формулою (2), вирівнювання геопотенціальних чисел та їх різниць подібне до оброблення розглянутих вище типів висот або їх різниць. Оскільки функція G в узагальнене співвідношення (2) $C = G \cdot H^G$ входить лінійно, то саме ця формула дає право стверджувати, що будь-який метод вирівнювання, який практикується для вирівнювання нівелірних мереж, можна використати і для вирівнювання нівелірної мережі з допомогою геопотенціальних чисел. Основне при вирівнюванні нівелірних мереж не змінюється: детермінант матриці нормальних рівнянь дорівнює нулю, що свідчить про некоректність або сингулярність задачі, яка розв'язується.

Як відомо, така задача може бути розв'язана кількома шляхами.

1. Найпростіша версія рішення – фіксація одного (або кількох) геопотенціальних чисел у

деякій наближеній системі (що відповідатиме фіксації однієї або кількох висот у цій системі) та виконання дії загального вирівнювання мережі нівелювання.

2. Другий можливий підхід – використання прикордонних зв'язків між такими країнами, як Польща, Словаччина, Угорщина та Румунія у тих місцях, де геопотенціальні числа вже обчислені в системі UELN і віднесені до Амстердамського футштока.

3. Третій шлях – найбільш обґрунтований з математичної точки зору розв'язування некоректних задач – це використання методу регуляризації за Тихоновим без фіксації одного або кількох геопотенціальних чисел. Однією з найпоширеніших версій регуляризації для розв'язання некоректних задач є так званий метод SVD (Singular Value Decomposition). При наявності відповідного програмного забезпечення з практичної точки зору найбільш надійним методом оброблення результатів нівелірних вимірювань слід вважати саме зазначений підхід [6].

4. Четвертим можна вважати комбінований підхід, тобто загальне вирівнювання результатів нівелювання з фіксацією кількох найбільш надійно визначених геопотенціальних чисел та із застосуванням методу SVD для отримання вивірених результатів.

Повертаючись до формули (2), зазначимо, що її структура та невеликі зміни завжди позитивної функції G від точки до точки дозволяють стверджувати про можливість обчислення такої системи ваг при вирівнюванні нівелірної мережі в геопотенціальних числах, яка є загальноприйнятною [1] для будь-якого методу вирівнювання мереж цього типу [1].

Враховуючи простоту запису різниць геопотенціальних чисел ΔC уздовж лінії нівелювання

$\Delta C = \sum_{i=1}^n g_i h_i$ основним методом вирівнювання нівелірної мережі можна вважати параметричний спосіб найменших квадратів з розв'язуванням системи нормальних рівнянь методом SVD.

Висловлені вище міркування відносно вихідних даних та методу вирівнювання дають підстави для переходу до опису схеми робіт з вирівнювання нівелірної мережі в геопотенціальних числах. Однак використання для цього гравіметричних даних потребує, на наш погляд, підвищеної уваги, а можливо, й ревізії підходів, оскільки в Україні (на відміну від інших країн Європи) ці дані для потреб геодезії практично не застосовувалися упродовж останніх 15-ти років. Беручи до уваги фактичну відсутність в країні високоточних гравіметрів, пропонуємо таке рішення проблеми (хоча й воно потребує проведення додаткових робіт і тестування).

На наш погляд, процес вирівнювання нівелірної мережі I, II класів у геопотенціальних числах з метою створення висотної основи України потребує проведення таких робіт:

- перевірки вихідних даних нівелювання для усунення наявних помилок перед визначенням геопотенціальних чисел;

- визначення потенціалу сили ваги W_0 в околі



вибраного футштока на прийнятій епоху;

- створення на регіон України в цифровому вигляді матриці $1' \times 1,5'$ гравіметричних карт в аномаліях Буге у системі IGSN71 (нормальна формула GRS80) з точністю ≤ 1 мГал, приведених до стандартної густоти $\delta = 2,30-2,67$ г/см³;

- створення матриці $1' \times 1'$ топографічних висот на регіон України в цифровому вигляді з точністю не менше 5 м;

- побудови моделі аномалій сили ваги на регіон України з точністю 0,5 мГал для оцінювання сили ваги на станціях нівелювання без проведення гравіметричних робіт;

- визначення геопотенціальних чисел та їх різниць на пунктах нівелювання I, II класів;

- формування бази даних вертикальної основи за рекомендаціями IAG/EUREF з обов'язковим включенням геопотенціальних чисел на пунктах нівелювання;

- сумісного вирівнювання нівелювання I та II класів у геопотенціальних числах, прив'язаних до прикордонних пунктів;

- фіксації вирівняних пунктів I та II класів і сумісного вирівнювання результатів нівелювання III, IV класів у геопотенціальних числах;

- встановлення зв'язку між отриманою реалізацією висотної основи з Балтійською 1977 р. та іншими системами висот.

Перелічені роботи не можна розглядати як завершальні, оскільки їх практична реалізація гарантує побудову лише статичної вертикальної основи.

Світовий досвід переконує в необхідності побудови кінематичної вертикальної основи, фіксованої на певну епоху. В разі створення саме кінематичної вертикальної мережі додатково потрібно буде об'єднувати її з необхідними GPS-станціями для визначення швидкості руху вертикальної основи за матеріалами GPS-спостережень, адже такий комбінований підхід надійніший.

Напрями побудови вертикальної основи як складової національної системи відліку. Для реалізації розробленої методики побудови вертикальної основи України пропонуємо і свою програму:

- Формування бази даних, яка б містила дані про нівелювання I-IV класів.

- Проведення польових обстежень та відбір не менше 3-5 тис. пунктів нівелірної мережі для виконання на них супутникових спостережень.

- Розроблення плану та проведення GPS-спостережень на обраних пунктах нівелірної мережі.

- Опрацювання отриманих матеріалів спостережень та даних нівелювань для визначення вихідної дати висотної системи.

- Виконання робіт з вирівнювання у геопотенціальних числах і нормальних висотах вузлових точок Державної нівелірної мережі (ДНМ) I та II

класів з урахуванням вихідних європейських дат.

- Укладання та видання каталогів висот.

- Реалізація завдання модифікації Європейського квазігеоїда у прийнятій висотній системі для прямого обчислення нормальних висот на основі даних GPS-вимірювань та модифікованої моделі квазігеоїда.

- Збір даних про функціонування футштоків, інших рівневих постів, розташованих на узбережжі Чорного моря, а також розроблення методики визначення середньої поверхні Чорного моря відносно поверхні геоїда за даними супутникової альтиметрії для підтримання зв'язку вертикальної основи України з Європейською системою висот.

Література

1. *Молоденский, М.С.* Методы изучения внешнего гравитационного поля и фигуры Земли [Текст] / М.С. Молоденский, В.Ф. Еремеев, М.И. Юркина // Тр. ЦНИИГАиК. – 1960. – Вып. 131. – 251 с.

2. *Denker, H.* The European Gravimetric Quasigeoid EGG97 – An IAG supported continental enterprise [Text] / H. Denker, W. Torge // In: IAG Symposium "Geodesy on the Move – Gravity Geoid, Geodynamics and Antarctica". Proceedings. – Springer Verlag, 1997. – Vol. 119. – P. 249-254.

3. *Ehrnsperger, W.* Status and Results of the 1986 Adjustment of the United European Levelling Network – UELN-73 [Text] / W. Ehrnsperger, J. J. Kok // Paper contributed to the Symposium on Height Determination and Recent Crustal Movements in Western Europe, Federal Republic of Germany, Sept. 15-19, 1986. – P. 31.

4. *Изде, J.* The Height Solution of the European Vertical Reference Network (EUVN) [Text] / J. Ihde, J. Adam, W. Gurtner [at all] // Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften: Astronomisch-Geodatische Arbeiten. – München. 2000. – Heft Nr. 61 (IAG/EUREF Publication No. 9, Ed. by J.A. Torres and H. Hornik). – P. 132-145.

5. *Hofmann-Wellenhof, B.* Physical Geodesy [Text] / B. Hofmann-Wellenhof, H. Moritz. – Wien; New York: Springer, 2005. – 403 p.

6. *Marchenko, A.N.* Parameterization of the Earth's Gravity Field [Text] / A.N. Marchenko. – Lviv: Lviv Astronomical and Geodetic Society, 1998. – 208 p.

7. *Marchenko, A.N.* A classification of reproducing kernels according to their functional and physical significance [Text] / A.N. Marchenko, D. Lelgemann // IGeS Bulletin. Milan, 1998. – No 8. – P. 49-52.

8. *Marchenko, A.N.* Regional gravity field determination from satellite altimetry data in the Black Sea and Azov Sea area [Text] / A.N. Marchenko and Z.R. Tartachynska // Astronomical School's Report. – 2003. – Vol. 4, No. 2. – P. 11-16.

9. *Moritz, H.* Advanced Physical Geodesy [Text] / H. Moritz. – Karlsruhe: Wichmann, 1980. – P. 25-29.

Надійшла 12.07.10