

УДК 528.36.23

к.т.н. Кучер О.В.,
kucher@gki.com.ua, 0000-0002-3545-6636,
Науково-дослідний інститут «Геодезії і картографії», м. Київ,
к.т.н., проф. Староверов В.С.,
STAROVEROV_1946@ukr.net, 0000-0001-6319-0153,
Кошелюк Н.І., natalia.koshelyuk@ukr.net, 0000-0002-4838-2904,
Київський національний університет будівництва і архітектури

СУЧАСНА КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ВИСОТНОЇ РЕФЕРЕНЦНОЇ ОСНОВИ УКРАЇНИ

Охарактеризовані основні напрямки розвитку висотної основи України, як складової національної системи відліку. Приведені основні відомості про сучасні підходи щодо становлення висотної складової референцної системи координат. Наведено сучасний стан проблеми в Україні, Європі та перспективи розвитку. Проаналізовано концепцію створення та практичну реалізацію європейської вертикальної референцної системи EVRS.

Відзначено, що національна система висот повинна бути узгоджена з Європейськими стандартами.

Розглянуті підходи до моделювання параметрів висотної основи України.

Ключові слова: вертикальна референцна система, Європейська вертикальна референцна система, національна вертикальна референцна система, Балтійська система висот.

Постановка проблеми. Висотна основа України є невід'ємною складовою частиною загальнодержавної системи геодезичного забезпечення. Тому концепція її розвитку повинна розглядатися в контексті сучасного розвитку геодезичної референцної системи УСК-2000. В цих умовах при виконанні основних геодезичних робіт необхідно забезпечити, з одного боку, максимальну ефективність застосування сучасних супутникових технологій, і з другого, зберегти і реалізувати весь потенціал системи висотного забезпечення, створеної на основі традиційних методів геодезичних вимірювань.

Постановка завдання. Метою статті є необхідність розглянути основні напрямки модернізації існуючої висотної основи України на основі високоєфективних супутникових методів координатних визначень з метою її узгодження з Європейськими стандартами.

Виклад основного матеріалу. Існуючі принципи встановлення системи відліку висот відносно середнього багаторічного рівня моря в одному вихідному пункті створюють ряд протиріч, які не можуть бути розв'язані

традиційними методами геодезичних вимірювань. Ці протиріччя полягають у тому, що різниці середніх рівнів морів у різних рівневимірних постах можуть досягати метра і більше; що складові геодезичної висоти відносно поверхні прийнятого відлікового еліпсоїда: нормальна висота і висота квазігеоїда визначалися із неспівставленими точностями і відносились до різних систем відліку; що виміряти безпосередньо геодезичну висоту відносно загального земного еліпсоїда було неможливо. Якщо для розв'язку більшості задач традиційної геодезії такі невизначеності не викликали особливих проблем, то при існуючій точності сучасних супутникових технологій вказані протиріччя не можуть бути проігноровані, особливо при розв'язуванні фундаментальних задач сучасної геодезії чи використання методу GPS-нівелювання.

Професор С.Г. Савчук в дисертаційній роботі «Основи формування геодезичної референцної системи України» обґрунтував концепцію побудови висотної референцної системи України. Для більш детального ознайомлення з результатами наукових досліджень студентів та викладачів КНУБА деякі положення цих досліджень:

1. Сучасний підхід до встановлення єдиної загальноземної чи континентальної системи висотного забезпечення полягає в тому, що вихідні дані у конкретному пункті, який би приймався за початковий для відліку висот, не встановлюється, а рівневимірні дані на футштоках для цієї задачі безпосередньо не використовуються. Відліковою поверхнею є екіпотенціальна поверхня з потенціалом, що дорівнює нормальному $W_o = U_o$ на поверхні загальноземного еліпсоїда. Вихідними даними, які реалізують приведення висот до загальноземної є: нормальні H^v висоти з нівелювання, висоти квазігеоїда ζ , що визначаються на основі комбінації наземних гравіметричних та супутникових даних, геодезичні висоти із ГНСС. Тоді систему висот визначає вся сукупність пунктів, в яких забезпечується рівність геодезичної висоти H^G , що визначається із супутникових спостережень, та геодезичної висоти $H^G = H^v + \zeta$, отриманої як сума висоти квазігеоїда ζ та нормальної висоти H^v . Такий принцип встановлення висотної системи оптимальним чином відповідає всій загальній системі геодезичного забезпечення, що базується на сучасних супутникових технологіях.

При такому підході вихідні нівелірні пункти, для прикладу Кронштадтський футшок, в принципі відсутні, як відсутній вихідний пункт у загальноземній референцній системі ITRS. Нормальна висота в цьому випадку буде дорівнювати нулю ($H^v = 0$) в тій i -й точці земної поверхні, в якій реальний потенціал W_i дорівнює нормальному U_o на поверхні еліпсоїда GRS80, що прийнятий в даний час за нормальний.

2. Єдина система висот, що прийнята на всій території України, застосовується при виконання топографічних зніманих для складання і оновлення карт і планів всього масштабного ряду. Результати високоточних визначень висот і дані про сучасні вертикальні рухи земної поверхні використовуються як і в народному господарстві, так і в наукових цілях:

- комплексному дослідженні Світового океану;
- при меліорації земель;
- вивченні будови, складу і еволюції Землі;
- удосконалення методів прогнозування землетрусів.

У 1977 р. закінчилося четверте вирівнювання нівелірної мережі I і II класів. Після вирівнювання нівелірної мережі була введена Балтійська система висот 1977 р. Ця система встановлює початок відліку нормальних висот і геопотенціальних чисел від нуля Кронштадтського футштока та використовується в даний час в Україні.

При виконанні високоточного нівелювання, як основного метода побудови висотної основи на даний час найбільш розробленими є питання дії систематичних та випадкових похибок в нівелюванні, проведення та обробка нівелювань і їх вирівнювання. Разом з тим, є цілий ряд проблем, які знижують статус висотної геодезичної мережі. До них можна віднести такі:

- якість висотної основи визначається не тільки ретельним виконанням польових робіт, але й правильною методикою отримання остаточних результатів;
- невстановлене поняття «остаточного обчисленого нівелювання» призвело до того, що одна і та ж нівелірна мережа декілька раз перевирівнювалась, а самі пункти отримали різні значення висоти і, як наслідок, плутанина при виконанні нівелірних робіт і непотрібні витрати коштів і часу;
- поспішність при створенні висотної основи приносила користь в практичному плані забезпечення картографування країни і дуже «спрощувала» саму її побудову;
- надзвичайну віддаленість висотної мережі України від нуль-пункту відліку висот;
- труднощі адаптації до Європейської вертикальної референційної мережі EUVN;
- труднощі її для використання методів GPS-нівелювання або методів прямого визначення висот квазігеоїда.

3. Використання супутникових спостережень дозволили позбутися деяких проблем, які виникають при використанні геометричного нівелювання. З підвищенням точності моделювання даних GPS-технології стали потужним інструментом для швидкого і точного визначення висот.

З широким застосуванням супутникових технологій збільшилась потреба у єдиній Європейській референційній системі координат та висот.

Головна ідея Європейської вертикальної системи EVRS корелюється як процедурою встановлення світової висотної системи WHS, а саме, зрозумілий поділ між визначенням вертикальної референційної системи і її реалізацією та використанням глобальних зв'язків зі строгими перетвореннями для європейських користувачів у прикладних задачах.

Європейська вертикальна референційна система EVRS базується на таких самих основних принципах, що і світова система:

1) Вертикальний датум базується на нульовому рівні такої точки фізичної поверхні Землі, в якій реальний потенціал W_o дорівнює нормальному U_o на поверхні референт-еліпсоїда GRS80: $W_o = U_o$.

2) Складові частини висоти є різницями ΔW_P між потенціалом W_P сили ваги точки P та потенціалом нульового рівня EVRS W_o : $-DW_P = W_o - W_P$.

3) Різниця потенціалів - ΔW_P визначається також як геопотенціальне число C_{Pl} тобто $-DW_P = C_P$. Нормальні висоти еквівалентні геопотенціальним числам.

Європейська вертикальна референційна система EVRS була реалізована через геопотенціальні числа і нормальні висоти вузлових точок Європейської нівелірної мережі UELN 95/98 відносно Нормального Амстердамського футштоку (NAP), тобто через фізичний пункт, тому геопотенціальне число NAP дорівнює нулю: $C_{NAP}=0$. Оскільки для параметрів та констант EVRF2000 використовуються параметри еліпсоїда GRS80, то «реальний» потенціал гравітаційного поля Землі в NAP встановлено таким чином, щоб він відповідав нормальному потенціалу GRS80: $W_{NAP}^{REAL} = U_o_{GRS80}$.

4. Якщо найкращою основою для безперервного покращення Європейської вертикальної референційної системи EVRS є світова референційна система IVRS, то, відповідно національна система висот повинна бути узгодженою чи імплементованою з Європейським стандартом. При цьому повинен бути врахований такий основний фактор: національна система повинна визначатись через числове зміщення до європейської чи світової системи висот, а не через прив'язку до певного фізичного місця, навіть найкращим чином визначеного із рівнемірних постів поверхні моря.

Становлення висотної референційної системи в Україні повинно проходити з врахуванням особливостей зазначеного переліку.

По-перше, якщо NAP був фіксований при вирівнюванні мережі UELN, то цього не можна сказати про вирівнювання нівелірної мережі України, адже такого вирівнювання поки що не було. Відзначимо, що при вирівнюванні не обов'язково, хоча і бажано, фіксувати один з пунктів за вихідний.

По-друге, оскільки Балтійська система висот більше 50-ти років використовувалась в Україні, то, очевидно, немає резону і жодного розумного заперечення проти подальшого її використання, але наповненого сучасним змістом.

І по-третє, збереження «незмінними» висот є часто важливою умовою в національних системах, через велику роботу по зміні даних, які вже широко використовуються в практичних роботах.

Висновок. Розглянуті основні напрямки побудови вертикальної референцної системи України, до яких слід віднести наступні:

1) вертикальні дати повинні відповідати нульовому рівню, для якого потенціал гравітаційного поля Землі дорівнює попередньо визначеному нормальному потенціалу референт-еліпсоїда $U_o^{Ref} (W_o = U_o^{Ref})$, що є найкращим наближенням існуючої в Україні реалізації висот;

2) висотні компоненти є різницями ΔW_p між потенціалом W_p сили ваги та потенціалом точки P відносно нульового рівня потенціалу Української вертикальної референцної системи W_o ;

3) вертикальні дати Української вертикальної референцної системи буде реалізовано через нульовий рівень, що задається вихідною датою без використання традиційних вихідних пунктів. Звідси геопотенціальне число дорівнює нулю $C_p = 0$ в тій точці фізичної поверхні землі, в якій реальний потенціал W_o дорівнює нормальному U_o^{Ref} (наприклад на поверхні еліпсоїда Красовського);

4) для параметрів та констант Української вертикальної референцної системи використовуються параметри еліпсоїда Красовського та загально земної системи GRS80.

Література

1. Гофман-Велленгоф Б., Мориц Г. «Физическая геодезия». – М.: изд-во МИИГАиК, 2007. – 426 с.
2. Кучер О.В., Староверов В.С., Акчуріна Г.С., «Напрямок розвитку висотної основи України». Науково-технічний збірник «Містобудування та територіальне планування» – К.: КНУБА, 2015. – Вип. 15. – С. 236-240.
3. Савчук С.С. «Основи формування геодезичної референцної системи України». Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2015. – 260 с.

к.т.н. Кучер О.В., Научно-исследовательский институт
«Геодезии и картографии», г. Киев,

к.т.н., проф. Староверов В.С., Кошелюк Н.И.,

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ВЫСОТНОЙ РЕФЕРЕНЦНОЙ ОСНОВЫ УКРАИНЫ

Охарактеризованы основные направления развития высотной основы Украины, как составляющей национальной системы отсчета.

Приведены основные сведения о современных подходах установления высотной составляющей референцной системы координат.

Приведено современное состояние проблемы в Украине, Европе и перспективы развития.

Проанализировано концепцию построения и практическую реализацию Европейской вертикальной референцной системы EVRS. Отмечено, что национальная система высот должна быть согласована с Европейскими стандартами.

Рассмотрены подходы по моделированию параметров высотной основы Украины.

Ключевые слова: Вертикальная референцная система, Европейская вертикальная референцная система, национальная вертикальная референцная система, Балтийская система высот.

Ph.D. Kucher O., Research Institute of Geodesy
and Cartography, Kyiv, Ukraine

Ph.D., prof. Staroverov V., Koshelyuk N.
Kiev National University of Civil Engineering and Architecture

THE MODERN CONCEPT OF CONSTRUCTION OF HIGH REFERENCE BASE OF UKRAINE

The main directions of development of the high base of Ukraine, as a component of the national reference system, are described. The basic information about modern approaches concerning formation of a height component of the reference system of coordinates is resulted. The present state of the problem in Ukraine, Europe and prospects of development is presented. The concept of creation and practical realization of the European vertical reference system EVRS is analyzed.

It is noted that the national heights should be in line with European standards.

Approaches to modeling of the high altitude parameters of Ukraine are considered.

Keywords: vertical reference system, European base reference system, national vertical reference system, Baltic system of heights.