

УДК 528.48:551.48

М. ЗВ'ЯГІНА¹, І. ТРЕВОГО², Я. КОСТЕЦЬКА³

¹ДП «ЧОРНОМОРНДПРОЕКТ»

²Кафедра геодезії, Національний університет «Львівська політехніка»

³Кафедра інженерної геодезії, Національний університет «Львівська політехніка»

ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ВОДИ В РІЗНИХ СИСТЕМАХ ВИСОТ

Мета. Для оптимізації геодезичних робіт у морській галузі досліджено необхідність реконструкції Державної нівелірної мережі через визначення позначки rischi Рейнеке–Тенберга в БС77, що дасть можливість отримувати на кожному водомірному посту значення позначки нуля БС у Державній системі висот БС77. Очікуємо на можливість ув'язати Державну нівелірну мережу країни з нівелірними мережами сусідніх європейських країн у межах виконання проекту UELN. **Методика та результати робіт.** Під час проектування, будівництва і реконструкції об'єктів морегосподарського комплексу після введення системи висот БС77 виникли великі складнощі із використанням ГНСС-технологій висотної мережі, полігонометрії, створеної в БС, та позначок строкових рівнів води на водомірних постах. Особливі складнощі у висотному відношенні виникали під час будівництва вузьких гідротехнічних споруд великої довжини, коли позначками є дані строкових рівнів води. З'ясувати проблему вперше доручено в 2006 році не гідрологу, а геодезисту М. С. Зв'ягіній. Відомостей про БС77 та навіть назви системи БС77 спочатку не було, тому в портових містах рішення про величину різниці між системами висот іноді приймали відділення ВАГО (Всесоюзного астрономо-геодезичного товариства). ДП «ЧОРНОМОРНДПРОЕКТ» ще у 1983 р. через ГУГК СРСР отримав середні різниці для багатьох морських портів, за винятком тих, що мали різниці від ВАГО. Але стало необхідним зібрати дані щодо різниці позначок висотних знаків прив'язочних ходів, зміни позначок у часі для різних територій, але вже в БС77. Тоді стало зрозуміло, що нова система має свій нуль. Досліджено території різних портів на стабільність, а також на зміни позначок у часі для постійно осідаючих територій та складені таблиці апроксимацій знаків приблизно на 70 років у минуле і майбутнє. Відстежена поведінка рівнів для особливо осідаючої території – це місто Поті та його водомірний пост. Скориставшись даними українських вчених [Марченко, Ярема, 2006] про постійну швидкість підвищення рівня Чорного моря, визначену методом супутникової альтиметрії та середню позначку рівня моря на 2005 рік, через апроксимацію позначок робочих і контрольних реперів, приведених як до БС, так і до БС77, для району Поті на цей 2005 р. визначено рівень мінус 5,6 см порівняно з рівнем 5,4 см (рис. 4) із [Марченко, Ярема, 2006]. Наші дослідження та висновки щодо двох різних нулів систем БС та БС77 підтвердилися випискою з Інструкції про камеральне опрацювання даних вимірних перевищень та введення двох груп поправок, після чого перевищення залишаються вимірними, але підготовленими до врівноваження. БС введено, коли навчилися отримувати першу групу поправок, а БС77 – коли почали вводити обидві групи сумісно. Отже, це дві незалежні системи, зв'язок між нулями яких належало встановити через поправку за вплив гравітаційного поля як на Кронштадтському футштоці, так і в кожній точці фізичної поверхні, щоб забезпечити перехід до БС77 за потреби використання попередніх даних та ГНСС-технологій. **Наукова новизна.** Вважаємо знайденою систематичну похибку, яку легко визначити на Кронштадтському футштоці через визначення на ньому позначки квазігеоїда в БС, що дасть змогу квазігеоїду EGG97 легко трансформуватись у прийнятну в Україні та в інших східних європейських країнах систему «Балтийская 77». **Практична значущість.** Це питання поки що дуже складне у зв'язку з побудованою владною вертикаллю у сфері геодезії, що за маленьким винятком на всіх рівнях керівниками є не геодезисти, а фахівці інших професій, які могли вивчати тільки початкові ази геодезії. Ці чиновники не можуть наполягати чи щось доводити у сфері геодезії. Але доки не будуть оновлені інструкції та буде прийнята БС77, ніхто не має права в жодній галузі щось змінювати у своїх сферах діяльності. Зокрема, беручи до уваги думку геодезистів, можна було б уникнути величезних і не потрібних втрат морської галузі. Ми склали графіки визначення всіх нулів похідних систем, ДП «ЧОРНОМОРНДПРОЕКТ» за 2–3 роки ув'яже всі складові, але спочатку Державна геодезична служба повинна отримати кошти на безпомилкове визначення $\delta_{\text{БС}}$ для всіх 27 морських портів на морських побережжях та в районі морських портів на великих судноплавних річках (Дунай, Південний Буг, Дніпро).

Наполягаємо, що не можна було домовлятися щодо суміщення на вихідній точці (Кронштадтський футшток) геодезичної та гравітаційної поверхонь – середнього рівня та квазігеоїда.

Ключові слова: нуль Балтійської 1977 р. системи висот; єдиний нуль поста моря; нуль порту.

Вступ

Постановка проблеми.

Необхідною для діяльності морегосподарського комплексу є інформація про рівень моря, середній рівень моря та про глибини в акваторіях, на підхідних каналах і внутрішніх морських шляхах у похідних системах висот, створених на основі спостережень, які починали виконуватись одночасно із заснуванням портів [ДБН В.2.4-3:2010; Звягіна, Костецька, 2010]. Це системи – єдиного нуля поста моря (скорочено – єдиний «нуль»), нуля порту («0» порту) та середнього багатолітнього рівня моря. Існувати самостійно ці системи не можуть і повинні бути прив'язаними до державної системи висот [Звягіна, Костецька, 2015; Руководящий технический материал, ЦНИИГАИК, 1988], щоб забезпечувати зв'язок між системами і перехід до наступної державної системи при її прийнятті. Періодичне визначення висот водомірних постів у державній системі висот дає можливість встановити динаміку їх змін, контролювати достовірність визначення позначок рівнів води, що має важливе значення як для господарської діяльності портів, так і для наукового аналізу геодинамічних процесів.

Але Державною геодезичною службою не забезпечено цей зв'язок між системами законодавчо та нормативно із введенням в Україні з початку 70-х років минулого століття системи Балтійської 1977 р. (БС77) замість Балтійської (БС) і не роз'яснено відмінності та особливості нової системи при використанні в науці і господарській діяльності та в учбових процесах вузів з підготовки фахівців-геодезистів, гідрологів, гідрометеорологів, океанологів та ін. Відмінності БС77 віднесені навіть, і на цей час, до «епохи», а не до необхідності визначення нуля БС77 на Кронштадтському футштоці.

Вважаємо необхідним навести хронологію періодів створення висотних систем та оцінки періодів неточних або некоректних вимірів рівнів води на водомірних постах морського

узбережжя і гирла великих судноплавних річок та врівноваження результатів таких вимірів. При переході до нової системи втрачалися дані первинних вимірів або висотне положення раніше встановленої відлікової поверхні.

На Чорноморсько-Азовському узбережжі водомірні пости почали функціонувати з 1874 р. в локальних системах висот. В 1946 – 1949 рр. на всьому узбережжі була введена державна Балтійська система висот. Одночасно з побудовою державної мережі I класу прокладалися ходи висотної прив'язки водомірних постів також нівелюванням I чи II класу.

Відмінністю мережі I класу були ходи, які на півдні не створювали замкнутих полігонів та мали дуже велику довжину. Наприклад, хід Ломоносов – Севастополь був довжиною 2288 км, Москва – Брест – 1136 км, Брест – Одеса – 1064 км. А для висотної прив'язки водомірних постів між кінцевими пунктами прокладалися ходи II класу.

Позначки в БС отримували реperi локальних систем, нулі водомірних постів, які вибирались приблизно на 0,5 м нижче найнижчих рівнів води, та верх рейки, від якого визначалась, як від репера, позначка нуля рейки та контролювалась стабільність водомірного поста. Це дозволило визначити в БС позначки рівнів строкових спостережень, середніх місячних та середніх річних, мінімальних і максимальних рівнів. З 01.01.1961 р. на всій території СРСР для визначення строкових рівнів води була введена система єдиного нуля поста моря, який було вибрано з позначкою мінус 5,000 м в БС, а рівні визначались в сантиметрах. Без прив'язки на всіх водомірних постах до нуля БС ця система існувати не могла.

Постановка завдання

Дослідження, результати яких викладено тут, узагальнюють опубліковані раніше праці [Звягіна, Костецька, 2008, 2010, 2013, 2015; Костецька, Звягіна, 2013] та пропонують методи оптимізації геодезичних робіт для

визначення вірогідних позначок рівнів води в різних системах висот, включаючи похідні, для потреб морегосподарського комплексу та наукових цілей.

Мета

Всебічне вивчення зазначеної проблеми дозволяє **показати можливість** визначення на кожному водомірному посту значення позначки нуля БС в Державній системі висот БС77, а також **дослідити необхідність** реконструкції Державної висотної мережі через визначення позначки риски Рейнеке-Тенберга в БС77.

Це дасть змогу врахувати рекомендації Європейської підкомісії «Міжнародної асоціації геодезії (EUREF), а саме [12]:

- розвинути головну висотну основу з урахуванням проєктів EUVN (European United Vertical Network – Європейська об'єднана вертикальна мережа) та EVRS (Європейська вертикальна референсна система);

- ув'язати Державну нівелірну мережу країни з нівелірними мережами сусідніх європейських країн у рамках виконання проєкту UELN (Уніфікована Європейська нівелірна мережа). Корегування висотної мережі може стосуватись Польщі та прибалтійських країн.

Однозначно встановлена відмінність систем висот БС та БС77, а також необхідність визначення місця нуля кожної із похідних систем на водомірних постах та визначення позначок у обох державних системах всіх знаків прив'язочних ходів водомірних постів нівелювання I та II класів на дату введення системи БС77. Виникла нагальна потреба створення нової нормативно-правової бази та підготовки фахівців, які повинні оптимізувати геодезичне забезпечення потреб науки, діяльності морегосподарського комплексу, а також користувачів (гідрологів, гідрометеорологів, океанологів та ін) достовірними геодезичними даними. Необхідно врівноважити спотворені дані багаторічних спостережень за рівнями води на водомірних постах, які повинні визначатись у похідній висотній системі **єдиного нуля поста моря**, місце якого у БС77 на водпостах не визначено, як і не визначено місце нуля БС77 на Кронштадтському футштоці. Також у БС77 вже більше 39 років неможливо достовірно

визначати на кожному водпосту нуль другої похідної системи – **нуль порту**, який використовується при проєктуванні гідротехнічних споруд. Нема також відповіді на запитання про середній багатолітній рівень моря на водомірному посту як щодо величини, так і системи висот.

Методика та результати робіт

Ступінь стабільності територій, на яких відбувалися рівномірні рухи земної поверхні, можна було встановити тільки після повторних нівелювань в державній системі і порівняння отриманих позначок.

Гідротехнічне проєктування виконується від нуля порту, тобто від установленого середнього значення із мінімальних рівнів. Цей мінімальний відліковий горизонт прив'язувався також у БС, і через позначку верха рейки могла встановлюватись поділка в нижній частині рейки, яка відповідала позначці нуля порту. Так як мінімальні рівні при штормовій погоді фіксуються із строкових спостережень як середнє значення із трьох пар відліків низів і верхів хвиль, то по визначенню нуля порту повинен знаходитись вище нуля рейки та за умовою, що завжди з рейки можна зняти відлік низу хвилі. На жаль, в різних каталогах на принципових схемах нуля рейки показують тільки на 20 – 30 см нижче нуля БС.

З 1.01.1961 р. Гідрометеорологічною службою СРСР для всіх морів у межах країни, за виключенням Аральського та Каспійського морів, була введена єдина відлікова поверхня на позначці мінус 5,000 м у БС – єдиний нуль поста моря. Виключні єдині нулі Аральського і Каспійського морів отримали позначки відповідно плюс 51,494 м та мінус 28,000 м. Тим самим нулі водомірних постів, які функціонували після 1947 р. в БС, із введенням у 1961 р. системи єдиного нуля поста моря були скасовані.

Місця нулів водомірних постів важливо було не втрачати при умові контролю за переобчисленням строкових рівнів із локальних систем та із БС у систему єдиного нуля при прив'язці цього нуля до державної системи БС77, яка в Україні була введена з 1972 р. Якщо строковий або середній місячний чи річний рівень мав у БС позначку мінус 0,30 м, а в

системі єдиного нуля 470 см, то в системі БС77 позначки мінус 0,30 м і 470 см повинні були якимось чином змінитися, і в першу чергу необхідно було у БС77 отримати позначки реперів та оцифрувати відлікові поверхні: «0» БС, єдиний «0», «0» порту та переобчислений із локальної системи у БС, або заново визначений у БС середній рівень моря на водомірному посту для складання навігаційних карт.

Але вносити в Каталоги висот нівелювання водомірних постів позначки реперів у системі єдиного нуля, як і в інших похідних системах,

не можна, так як такі дані не контролювані. Наразі фахівці Державної служби такі дані вносять.

Складемо на рис. 1 графік залежності позначок відлікових поверхонь водомірного поста, оцифрованих прив'язкою до державної висотної мережі. Якщо робочий репер при контрольному нівелюванні (2 рази на рік та після штормів) отримає нову позначку, то на таку величину зміниться позначка і в системі єдиного нуля, а місце нуля БС та єдиного нуля залишиться незмінним.

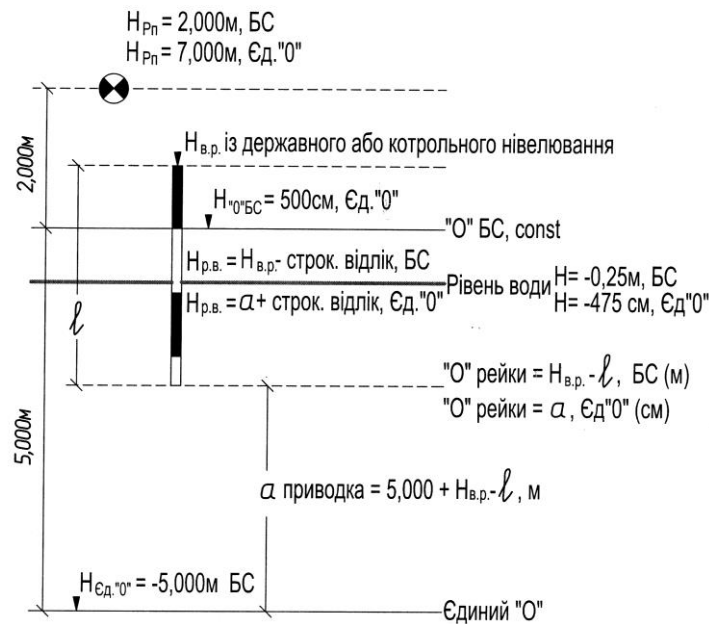


Рис. 1. Графік прив'язки єдиного «0» в системі БС

У розділі «Теорія фігури Землі и гравиметрія» Справочника геодезиста, изд. «Недра», 1966 г. Шимбирев Б. П. пише: **“Силовое поле Земли является полем силы тяжести. Потенциал силы тяжести равен сумме потенциалов силы притяжения и центробежной силы. Вычислить потенциал Земли ... в настоящее время не представляется возможным, так как нам неизвестен точный закон изменения плотности внутри Земли. Поэтому задачу определения внешнего потенциала Земли**

приходится решать, используя методы математической физики”.

У розділі «Нівелювання» цього ж довідника М. Є. Піскунов доводить, що через вплив відцентрової сили при кожній постановці нівеліра візирний промінь, будучи горизонтальним, відхиляється від вихідної рівневої поверхні, створюючи з нею різні кути, і висоти точок при підсумуванні виміряних перевищень, не складають відстані від цих точок до вихідної рівневої поверхні, тобто не створюють єдиної системи висот (рис. 2.)

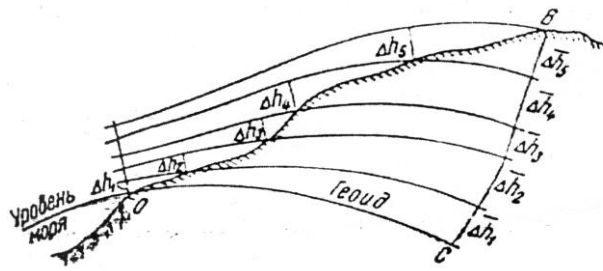


Рис. 2. (за М. Є. Піскуновим). Визначення позначки точки В відносно нуля Кронштадтського футштоку

Можливість внесення поправок за непаралельність рівневих поверхонь дозволила створити державну Балтійську систему висот (БС). Концепція створення єдиної висотної мережі була розроблена вченим – геодезистом М.С. Молоденським, згідно якій геодезична висота загальноземного еліпсоїда дорівнює”

$$H = H^y + \xi,$$

де H^y - нормальна висота, ξ - аномалія висоти, яка чисельно дорівнює висоті квазігеоїда [Калинич, 2005].

Визначення нормальної висоти, як частини теоретичної формули Молоденського, методом геометричного нівелювання дозволило в період з 1946 по 1949 р.р. створити БС.

Рівнева поверхня, яка проходить через риску Рейнеке-Тенберга, була прийнята при введенні БС за нульову вихідну поверхню.

Вибита на гранітному усті Синього моста горизонтальна риска оздоблювалася, замінювалася пластинами, потім була додатково обладнана захисною рамкою та названа Кронштадтським футштоком. Таким чином, відлік нівелірних висот в дореволюційний та в даний час ведеться від середнього рівня Балтійського моря, виведеного М. Ф. Рейнеке за період спостережень 1825 – 1840 р.р.

Для БС середнє значення прискорення сили ваги на відрізку вискової лінії ВС (рис. 2) практично не визначилося, а середнє значення нормального прискорення сили ваги на відрізку H_q^B може точно визначитися через значення нормального прискорення сили ваги, що вибирається із таблиць за аргументом широти ϕ точки В.

Значить, для точок однієї і тієї ж рівневої поверхні, якщо вони лежать на одній паралелі, нормальні висоти однакові, а якщо вони лежать на одному і тому ж меридіані – різні.

У розділі «Нівелювання» нового *Справочника геодезиста* видання 1975 р. М.Є. Піскунов відмічає можливість визначення потенціалу Землі наступною фразою: **«Сложная форма и непараллельность урвонных поверхностей, проходящих через точки физической поверхности Земли, обусловлены распределением плотности внутри Земли, ее формой и влиянием центробежной силы $P = w^2r$, равной нулю на полюсах и возрастающей к экватору пропорционально расстоянию r от точки земной поверхности до оси вращения Земли».**

Те, що автор називає «сложная форма и ... обусловлены ... распределением плотности ... ее формой» означає, що маси великої щільності розподілені в тілі Землі абсолютно непередбачувано і безсистемно та на різних відстанях від різної поверхні. Їхній вплив призводить до відхилення прямовисної лінії нівеліра від центру мас Землі, при цьому візирний промір залишається у приведенного до горизонту нівеліра дотичною до зміщеної вертикальної вісі, а відлік з рейки включає помилку від нахилу нівеліра. Це призводить до того, що в БС навіть нормальні висоти на одній паралелі точок однієї рівневої поверхні і після введення поправки за непаралельність залишаються неоднаковими.

З 1 січня 1961 р. у морській галузі замість нулів водомірного поста було введено єдиний нуль поста моря (єдиний нуль), який був вибраний у БС на позначці мінус 5,000 м. Другий похідний нуль – нуль порту також був прив'язаний до державної висотної мережі, визначався до міліметра, фіксувався в метрах, а нулі постів більше не використовувалися.

Дані всіх строкових спостережень на водомірних постах, включаючи переведені із локальних систем у БС, були переведені в

систему єдиного нуля і фіксувалися в сантиметрах (нуль БС на водпосту дорівнював 500 см).

Отже, на час введення систем єдиного нуля його відлікова поверхня разом з відліковими поверхнями – нулями портів та середніми рівнями моря в районах водомірних постів були звільнені від впливу помилок за непаралельність цих відлікових поверхонь з відліковою поверхнею БС.

В Україні на початку 70-х років минулого століття була створена Державна нівелірна мережа в якій нормальні висоти отримали поправки за вплив гравітаційного поля. Це є Балтійська система висот 1977 р. (вихідний пункт – Кронштадт). Високоточна нівелірна мережа країни має близько 13000 км ліній нівелювання I класу та 11800 км II класу, спирається на один вихідний пункт, не має зовнішнього контролю та врівноважена як вільна система [Двуліт, Смелянець, 2014].

На водомірних постах відлікові поверхні БС та БС77 (нулі цих систем) не співпадають і мають різні значення $d_{БС}$ (рис. 3). Щоб зрозуміти їх відмінності, наведемо дані з «Інструкції по урівнюванню нівелювання I і II кл., 1988 г.».

III. ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОПРАВОК В ПРЕВЫШЕНИЯ ЗА ПЕРЕХОД К РАЗНОСТЯМ НОРМАЛЬНЫХ ВЫСОТ

§ 74. Уравнительные вычисления нивелировок I и II классов, а также III класса, проложенного в горных и высокогорных районах, можно начинать только после введения в измеренные превышения поправок за переход к разностям нормальных высот. Превышения, выведенные по результатам полевых наблюдений, с введенными в них названными выше поправками при уравнивании должны считаться как непосредственно измеренные величины.

Следовательно, для каждой двух последовательных реперов I и K необходимо вычислить

$$H_{qk} - H_{qi} = h_{ik} + f,$$

где, H_{qk} и H_{qi} - нормальные высоты реперов K и I;

h_{ik} - измеренное превышение репера K над репером I;

f - поправка за переход к разности

нормальных высот (в «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов», изд. 1966 г. поправка f названа поправкой за непаралельность уровневых поверхностей).

Поправку f вычисляют по формуле:

$$f = -\frac{1}{\gamma_m}(\gamma_{ok} - \gamma_{oi})H_m + \frac{1}{\gamma_m}(g - \gamma)_m h_{ik}$$

где γ_m - приближенное значение нормальной силы тяжести, принимаемое постоянным для всей территории страны и равным 980000 миллигал;

γ_{ok} и γ_{oi} - значения нормальных сил тяжести на отсчетном эллипсоиде в точках K и I, выбираемые из таблиц (прил. 18) по аргументу B ;

H_m - средняя высота реперов I и K ;

g - измеренная сила тяжести;

γ - нормальная сила тяжести;

$(g-f)_m$ - среднее арифметическое из аномалий сил тяжести в точках I и K.

Згідно до цієї Інструкції виміряні перевищення виправляються групою поправок за непаралельність рівневих поверхонь та за відхилення прямої лінії від центру мас Землі в сторону вкраплених мас великої щільності, після чого перевищення вважаються безпосередньо вимірними, але вже вільні від впливу напрямків нівелювання та гравітаційного поля і підготовленими до врівноваження мережі. Отже, у БС перевищення виправляються тільки поправками за непаралельність рівневих поверхонь, а у БС77 до цих поправок у виміряні перевищення ще додається група поправок за відхилення прямовисних ліній. А виходячи з того, що на жодному водомірному посту позначки в БС та БС77 не співпадають, Світовий океан не буває в цілому не збуреним, то при нівелюванні ризику Рейнеке-Тенберга Кронштадтського футштока від пунктів – його дублерів, нуль БС на цьому футштоці в БС77 також був би оцифрованим невідомим нам значенням через поправку за вплив гравітації.

Внесені до рис. 1 доповнення стосовно системи БС77, її прив'язки через величину $d_{БС}$ до БС, Загальноземної системи WGS84 та нуля Амстердамського футштока в системі EYRF2000, складають рис. 3.

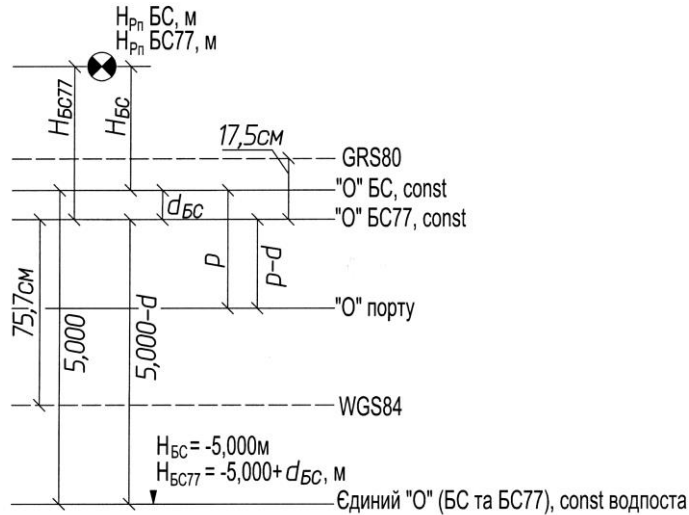


Рис. 3. Зв'язок між нулями систем висот на водпостах BC, BC77 та єдиного нуля відносно систем GRS80 та WGS84 (фрагмент мал. 9 з [Марченко, Ярема, 2006])

Джерелом нових даних є рис. 4, і ці дані BC77. Ця відлікова поверхня є сталою для можуть поєднуватись з рис. 3 тільки через «0» кожного водомірного поста.

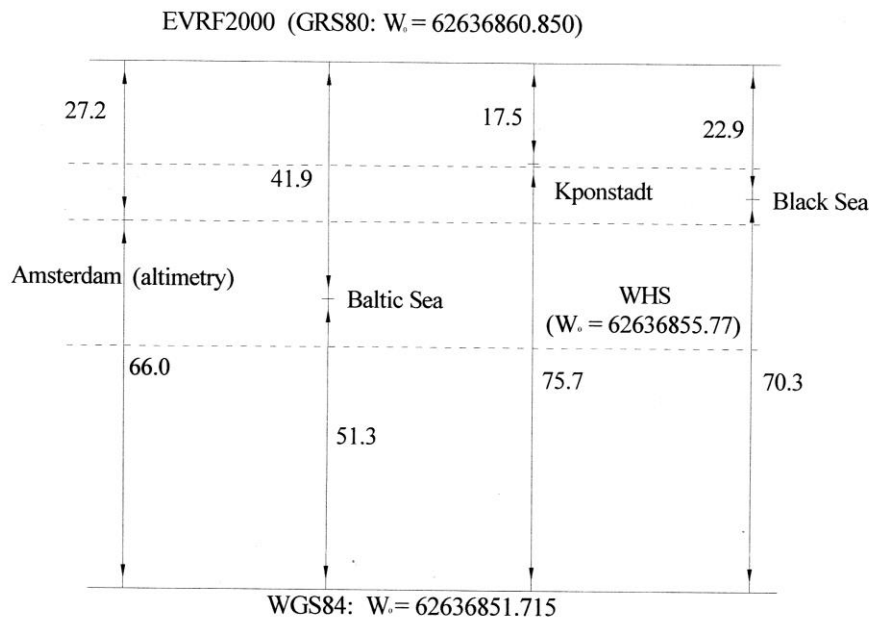


Рис. 4. Різниці між рівнями (см) Чорного моря, Балтійського моря, Амстердаму (NAP) та Кронштадту у системах EVRF2000 та WGS84 за даними супутникової альтиметрії [Марченко, Ярема, 2006] (1992 р – 2005 р.)

Наведені на рис. 4 відомості про позначки Кронштадт 17,5 см та Чорного моря 22,9 см в Європейській системі висот відносно нуля Амстердамського футштоку на кінець 2005 р. спонукали авторів знайти ступінь відповідності наших досліджень наведеним в [Марченко,

Ярема, 2006] даним не тільки стосовно позначок, а також і про велику швидкість підвищення рівня Чорного моря – 12 мм/рік.

Найбільш повні відомості ДП «ЧорноморНДІпроект» накопичив стосовно району міста Поті. Зважаючи, що Грузія

відмінила на своїй території грифування геодезичних даних, а більше того – що жодного пункта полігонометрії в Поті на даний час не збереглося, ми можемо аналізувати конкретні дані.

Позначки двох реперів I класу із довідки 2003 р. Департаменту геодезії Грузії, не співпадають з наведеними у Каталозі [Каталог спостережень над рівнем Чорного и Азовского

морей, 1990]. Дані довідки дозволили скласти таблицю про річні зміни позначок та вивести середній річний градієнт цих змін. Ще раніше, у 1983 р. від Підприємства № 4 була отримана довідка, яка дозволяла за даними нівелювання I класу в 1969 р. отримати позначки двох пунктів у системах висот БС та БС77 і встановити різницю $d_{БС}$ для переходу від однієї системи до іншої.

Таблиця

Позначки реперів та показники їхніх вертикальних змінень

Назва нівелірного знаку	Клас нівелювання	Позначки в системі БС77, м		Зміни позначок, мм за 22 р. (1969-1947)	Річні зміни позначок, мм/рік за 22 р.
		1947 р.	1969 р.		
Ст. реп. 402	I	1,867	1,669	198	9,00
Ст. реп. 1675	I	1,967	1,788	179	8,14
Ст. реп. 6349	I	2,792	2,580	212	9,64
Марка 8370	I	3,262	3,070	192	8,73
				Середній річний градієнт	8,88

В архіві ДП «ЧорноморНДІпроект» також збереглося креслення із матеріалів вишукувань 1955 – 1956 рр., наведене на рис. 5.

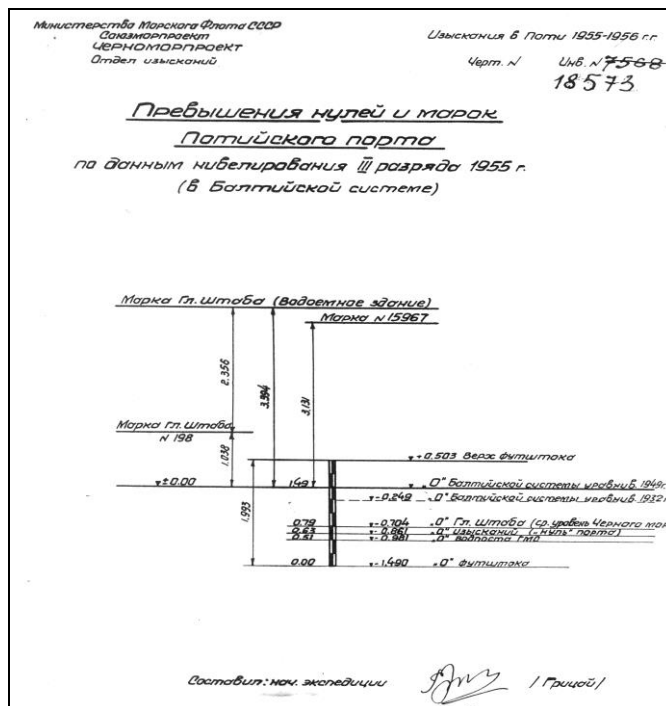


Рис. 5. Перевищення нулів відлікових поверхонь і марок Потійського порту (із матеріалів вишукувань 1955-1956 рр.)

На рисунку наведено *марку БГШ*, яка була розміщена на водоймовій будівлі та мала ту саму позначку, що і в довідці 2003 р. за результатами нівелювання I класу в 1947 р. Отже, марка існувала ще і в 1955 р., але невдовзі її було втрачено.

Добре розуміючи, що позначка марки б/н визначалася в 1947 р., як і рівень моря (але це взагалі єдиний документ, яким фіксується середній рівень моря нівелюванням I класу), було складено таблицю апроксимації позначки марки б/н у системі БС77 як у минуле, так і в майбутнє, тому нами врахована зміна позначки в БС станом на 1955 р., про що виконавці робіт тоді не могли знати.

Також враховано, що для встановлення цього середнього рівня моря в районі Поті потрібно було використати дані про річні середні рівні за 12 минулих років, тобто, з 1935 р. по 1947 р., та апроксимацію позначки станом на 1935 р. для правильної прив'язки рейки водпоста. За ці 12 років враховано, що при осіданні дна моря на $8,88 \text{ мм/рік} \times 12 = 107 \text{ мм}$ рівень моря не понизився, а вирівнювався за принципом сполучених посудин. Від цього рівня з 1935 р. до 2005 р. включно рівень підвищувався $71 \times 12 \text{ мм/рік} = 852 \text{ мм}$ і дорівнював на кінець 2005 р.

мінус 5,6 см. І це практично співпадає з даними мінус 5,4 см джерела [Марченко, Ярема, 2006], де рівень моря виведено за даними супутникової альтиметрії. Середній річний рівень 1947 р. співпадає з даними Каталога [Каталог спостережень над рівнем Чорного і Азовського морей, 1990] тільки за вказаний рік.

Передбачити підвищення рівнів на 2005 р. за даними Каталога [Каталог спостережень над рівнем Чорного і Азовського морей, 1990] та довідки Гідрометеобюро Севастополь для чорноморських портів Керченського та Феодосійського неможливо через суміщення нулів БС та БС77, що автоматично дуже підвищує строкові рівні в БС77. Це дослідження наведено в [Костецька, Звягіна, 2013]. Каталожні дані не придатні для складання наукових прогнозів.

Нами також вивчалось джерело [Шлепнев, 1929] видання 1929 р. в Тифлісі, в якому наведено аналіз «Списка висот марок» видання 1915 р. і «Каталога висот марок» видання 1926 р., а рік організації діяльності водомірного поста в Поті не вказується.

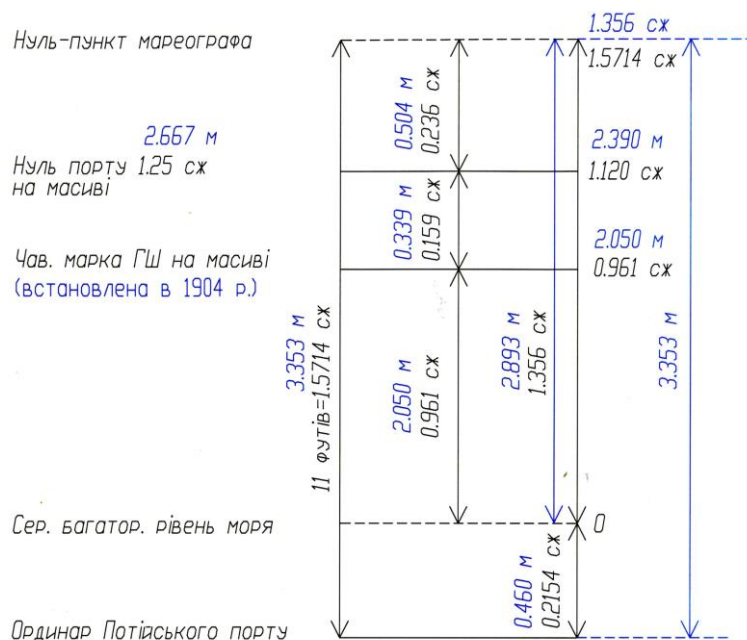


Рис. 6 Організація функціонування локальної вертикальної системи водомірного поста (випокіювання з [Шлепнев, 19291])

На рис. 6 наводимо точно викопіювання даних із [Шлепнев, 1929] в саженях та одночасно переведені нами величини в метрах. При організації функціонування водомірного поста приблизно на відстані 350 м від нього на верхній грані залізобетонного масиву була закріплена мармурова дошка з вибитою позначкою «1,25 сж» (це відстань до ординара – на рис. 6. виписана зліва), яка була прийнята за нуль порту. А в 1904 р. в тому ж масиві, але в боковій грані Генштабом було закладено марку б/№ та виявлено, що відстань від ординара до поділки нуля порту складає не 1,25 сж, 1,120 (на рис. 6 виписана справа) з різницею 0,130 сж, або 0,275 м. Скориставшись виведеним нами градієнтом річних змін позначки 8,88 мм/рік,

ми встановили, що ця зміна могла відбутись за період 1873 – 1904 рр. І дійсно, в Каталозі [Каталог наблюдений над уровнем Чорного и Азовского морей, 1990] строкові спостереження в Поті наведені з початку 1874 р.

Такий послідовний ряд явищ дозволив визначити апроксимацію перевищень елементів водомірного поста над вибраними відліковими поверхнями від наведеного на рис. 6 до зображеного на рис. 7.

Але при спостереженнях на водомірних постах в локальних системах неможливо врахувати рівномірне осідання суходолу, тому і контролювати стабільність висотних знаків і місця відлікових поверхонь в часі також неможливо.

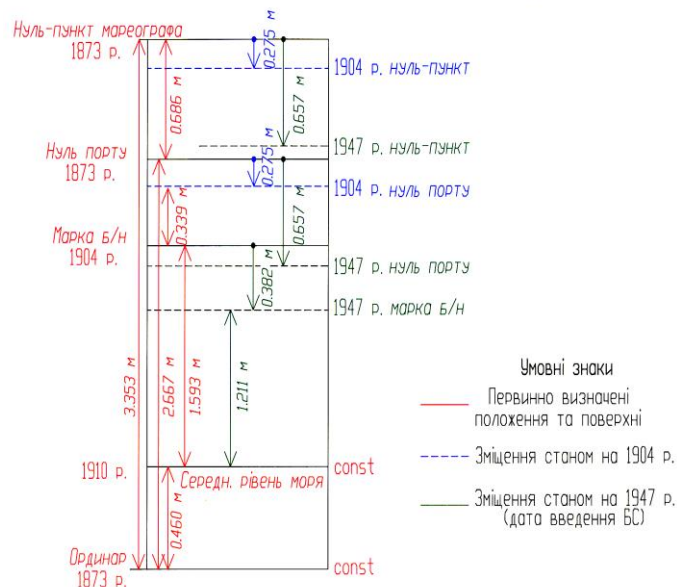


Рис. 7. Зміни висотного положення обладнання водомірного поста в період його функціонування з 1874 по 1947 рр.

Відстежено, що первинні матеріали спостережень за період від початку функціонування водомірних постів до 1985 р. включно були передані Севастопольському відділенню Державного океанографічного інституту для складання Каталогу [Каталог наблюдений над уровнем Чорного и Азовского морей, 1990], виданого в 1990 р., і назад не повернуті.

Наукова новизна

Зважаючи на вищевикладене щодо

підготовки матеріалів польових вимірів до врівноваження, а саме те, що **кожний** висотний знак з введенням БС77 через перевищення отримує поправки за приведення вискової лінії на ньому до центру мас Землі, потрібно було і на Кронштадтському футштоці ввести другу групу поправок. Це є систематичною похибкою визначення висоти риски Рейнеке – Тенберга в БС77, як і всієї Державної висотної мережі, на одну і ту саму величину.

Так як вказана риска знаходиться на вибраній відліковій поверхні БС, то поправки за непаралельність рівневих поверхонь на

Кронштадті бути не може.

За рамки цієї роботи виходить аналіз тих обставин, що при облаштуванні Амстердамського футштока відхилення вертикальної вісі також не могло враховуватись через невирішення крайових задач, але наразі це повинно бути враховано. Також не йдеться про розгляд впливу системної складової (зсуву, нахилу тощо) у висотах геоїда [Калинич, 2005]. Тільки при усуненні вказаних недоліків BC77 квазігеоїд EGG97, який пов'язаний з еліпсоїдом GRS80, системою координат WGS84 та Європейською висотною системою UELN, що прив'язана до Амстердамського футштока, вже без додаткових проблем трансформуватиметься у прийняту в Україні та інших східних країнах систему «Балтийская 77»

Практична значущість

Вбачається велика проблема в тому, що діюча нормативна база не передбачає визначення величини d_{BC} (рис. 3) на висотних знаках нівелювання I та II класів. Отже, ми не маємо місця нуля BC77 ні на Кронштадтському футштоці, ні на водомірних постах, і сама ідея це впровадити є незвичною навіть для вчених, а тим більше для галузевих фахівців. Її впровадження потребує створення нової нормативної бази, але надалі забезпечуватиметься зв'язок різних систем висот і перехід до нових при необхідності. Похідні системи висот морської галузі матимуть чітко визначені нулі.

Практично для нейтралізації впливу систематичної складової потрібно встановити величину d_{BC} , на яку нуль BC77 знаходиться нижче «нуля Кронштадтського футштока».

У наших дослідженнях використовувались дані супутникової альтиметрії [Марченко, Ярема, 2006]. Але при порівнянні даних альтиметрії з даними, отриманими на водпосту геометричним нівелюванням у BC77, невідповідність дорівнює приблизно подвійній різниці d_{BC} . Навіть після переходу водомірних постів на позначки реперів, визначені нівелюванням I чи II класів у BC77, строкові рівні води визначаються завищеними, а глибини через занижений нуль порту

поглиблюють нижче проектних. Фінансові втрати від заниження глибин ремонтного черпання на 10 см при вартості 50 грн виймання і транспортування на підводне звалище 1 м. куб ґрунтів на 1 км каналу шириною 150 м складатимуть 1,5 млн. грн.. Поглиблення виконується 2 рази на рік. Внутрішні морські канали портів мають довжину від 5 до 20 км. Відповідальність за підтримання заданих глибин несуть морські порти [ДБН В.2.4-3:2010].

Висновки

У працях [Звягіна, Костецька, 2008, 2010, 2015; Костецька, Звягіна, 2013] детально відстежено, що Каталог [Каталог наблюдений над уровнем Чорного и Азовского морей, 1990] не відображає динаміку змін рівнів у жодному морському порту – і за 90 або 130 років річні дані практично співпадають з даними за 30 років. Нормативно-законодавча база потребує оновлення інструкцій щодо геодезичного забезпечення наукової та господарської діяльності країни, не тільки щодо визначення позначки нуля BC у BC77 і функціонування водомірних постів, а потім – і змін керівних матеріалів океанологічної і гідрографічної галузей науки. Абсолютно непридатним є зразок принципової схеми прив'язки висотних позначок водомірного (рівневого) поста [Каталог наблюдений над уровнем Чорного и Азовского морей, 1990] та рекомендацій державним службам вести спостереження багатомільярдного будівництва портів без геодезичного забезпечення – в умовній системі висот [Руководящий технический материал, ЦНИИГАИК, 1988].

Всі проблемні аспекти в статтях [Звягіна, Костецька, 2010, 2015; Костецька, Звягіна, 2013] нами розглянуті, проаналізовані [Звягіна, Костецька, 2010; Костецька, Звягіна, 2013], наведені розроблені нами залежності і прив'язки нулів похідних систем та графіки, складені в загальному вигляді [Звягіна, Костецька, 2013]. Вони вже не матимуть прорахунків та дадуть можливість виправити всі дані, починаючи з 1986 р., які повинні зберігатися на водпостах, як і всі дані спостережень з початку функціонування нових портів, що не увійшли до Каталогу [Каталог

наблюдений над урвнем Чорного и Азовского морей, 1990].

Також стає очевидною необхідність відмінити примусове суміщення нулів двох систем на Кронштадтському футштоці, тоді перекіс рівнів на Балтиці, про який часто йдеться у працях багатьох авторів, не буде проявлятися (ухил моря не може довго утримуватись). Підтоплення узбережжя на півдні Балтійського моря може мати інші причини, одна з яких – невизначеність місця нулі БС77 та наприклад, опускання суходолу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- ДБН В.2.4-3:2010 «Гідротехнічні споруди. Основні положення» (видання офіційне). –К.: Мінрегіонбуд України, 2010. –С.31.
- Двуліт П. Д. Аналіз методів розрахунку частоти розташування гравіметричних пунктів уздовж ліній високоточного нівелювання. //П.Двуліт, О. Смелянець //Вісник геодезії і картографії, 2014 № 4(91). С. 3.
- Звягіна М. С. Висотне положення суходолу в районі міста Поті та його зміни в часі, що впливають на вірогідність визначення рівня моря/М. Звягіна, Я. Костецька// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. –Львів, 2008. – С. 43-47.
- Звягіна М. С. Визначення на водомірних постах достовірних рівнів води у Балтійській 1977 р. системі висот для наукових цілей та морегосподарських потреб./М. Звягіна, Я. Костецька//Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. –Л.: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2010. – С. 89-94.
- Звягіна М. С. Метод визначення позначок рівня моря в Балтійській 1977 р. системі висот та глибин моря відносно нуля порту /М. Звягіна, Я. Костецька// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: –Л.: Вид-во Нац. ун-ту «Львівської політехніки», 2013. – С. 34-36.
- Звягіна М. С. Визначення ступеня стабільності реперів Державної нівелірної мережі та знаків висотної прив'язки водомірних постів на морських узбережжях /М. Звягіна, Я. Костецька// Вісник геодезії та картографії – 2015. -№ 3. – С. 9-18.
- Калинич І. Про визначення нормальних висот на район Закарпаття./ І. Калинич // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, 2005. С. 70 - 75
- Каталог наблюдений над урвнем Чорного и Азовского морей - Севастополь. Гос. Океанограф. ин-т Севастоп. отд-ние, 1990 -268 с.
- Костецька Я. М. Аналіз матеріалів спостережень на водомірних постах українського узбережжя Чорного й Азовського морів / Я. Костецька, М. Звягіна//Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. –Л.: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка» 2013. – С. 37- 39.
- Марченко О. М.. Визначення середніх рівнів Балтійського і Чорного морів та їх змін у часі/ О. Марченко, Н. Ярема// Вісник геодезії і картографії, 2006. -№ 6(45) –С. 6 – 8.
- Руководящий технический материал. Высотная привязка уровенных постов. ГКИНП-03-215-86 (изд-е офиц.) – М.: ЦНИИГАИК, 1988. -40 с.
- Шлепнев Н. И. Основные элементы геодезических и топографических работ в Закавказье./Н. Шлепнев. –Тифлис. 1929 -42 с.

Надійшла 17.10.2016 р.