

УДК 528.21

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ПУНКТІВ У СИСТЕМІ УСК-2000 ІЗ GPS-СПОСТЕРЕЖЕНЬ

С. Савчук, А. Заземленюк

Національний університет “Львівська політехніка”

Р. Вовк

Державне підприємство геодезії, картографії та кадастру в західному регіоні
“ЗАХІДГЕОДЕЗКАРТОГРАФІЯ”

Ключові слова: GPS, референці станції, GNSS-обладнання, RTK-режим, VRS, система координат УСК-2000.

Постановка проблеми

Сучасні супутникові технології за останні 5–10 років у світі практично повністю замінили класичні методи вимірювання в геодезичному виробництві. Україну процес інтеграції супутникових технологій також не міг оминути. Нині актуальною тематикою для України є співпраця та членство у єдиній європейській інфраструктурній GNSS мережі EUPOS (European Position Determination System). Основна суть створення самого проекту EUPOS полягає в тому, що держави-учасники зобов'язуються розвивати мережу постійнодіючих активних референціальних станцій на своїй території, дотримуючись єдиних стандартів для проекту, і забезпечувати вільний обмін даними з сусідніми державами. У проєкті беруть участь 14 держав, серед яких Україна. Керування здійснює Міжнародний координаційний комітет (International EUPOS Steering Committee), розташований в Берліні (Німеччина). Від України участь у проєкті беруть EUPOS лише вісім референціальних станцій CRNI, HUST, MIZG, MUKA, RANI, SHAZ, SULP, VBER, планується ввести в дію ще 27 станцій.

При подальшому розвитку та покритті території України референціальними станціями виникають питання, пов'язані із вибором системи координат. Мережа таких станцій повинна бути прив'язана до земної референціальної системи ITRS у її сучасних реалізаціях ITRF2005/ITRF2008, а їхні вихідні координати мають бути трансформовані у загальноєвропейську референціальну систему ETRS89/ETRF2000 з середніми квадратичними похибками на рівні 1–2 см. Тому для практичного використання результатів супутникових вимірювань потрібно використовувати нову державну геодезичну референціальну систему координат УСК-2000.

Отже, якщо з вибором системи координат стає все зрозуміло, тоді залишається вирішити питання із пунктами Державної геодезичної мережі, а саме подальше їх використання у супутникових технологіях.

Власне, в статті йтиметься про можливість реконструкції геодезичної мережі за допомогою сучасних супутникових технологій, без використання існуючих пунктів Державної геодезичної мережі як вихідних.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Розвитку та сучасному стану Державної геодезичної мережі від моменту її створення присвячена велика

кількість публікацій та досліджень [2–5]. Особливостями нової національної референціальної системи є те, що:

– Система координат УСК-2000 встановлена під умовою паралельності її осей просторовим осям Міжнародної загальноземної референціальної системи координат ITRS. За поверхню відліку в системі координат УСК-2000 прийнятий референціал-еліпсоїд Красовського.

– Система координат УСК-2000 чітко узгоджена з Міжнародною загальноземною референціальною системою координат ITRS – ITRF2000, яка закріплена пунктами космічної геодезичної мережі [1].

Практичною цінністю нової системи координат є можливість ефективного використання GNSS-технологій в топографо-геодезичному виробництві.

В одному із досліджень [2] ми показали, що використання супутникових технологій для прикладних задач геодезії у класичних системах координат СК42/СК-63 приводить до значного ускладнення процесу опрацювання матеріалів польових спостережень і, як наслідок, до значного спотворення (до 25 см у місті Львові і до 70 см по області) результатів топографічних знімачів. Наведені оцінки відносяться лише до пунктів ДГМ вищих класів, а щодо пунктів розрядних мереж, з якими найчастіше доводиться стикатися у практиці виконання робіт, за нашими поодинокими даними, розбіжності перевищують 1 метр.

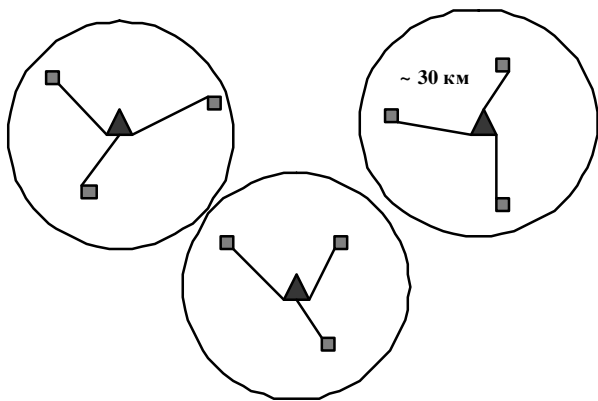
Мета дослідження: основна мета статті – показати можливість реконструкції геодезичної мережі без використання як вихідних існуючих пунктів Державної геодезичної мережі.

Виклад основного матеріалу дослідження

Виконання робіт із реконструкції Державної геодезичної мережі в районі міст Сокаль-Червоноград проводили спеціалісти Державного підприємства геодезії, картографії та кадастру в західному регіоні “ЗАХІДГЕОДЕЗКАРТОГРАФІЯ”. Власне, в подальших дослідженнях ми використовували відомості із “Технічного проєкту на виконання робіт із реконструкції геодезичної мережі в районі міст Сокаль-Червоноград”, наданого підприємством. Польові роботи тривали два місяці – жовтень–листопад 2010 р. Загальна кількість пунктів спостережень – 78 пунктів триангуляції ДГМ 2, 3, 4-х класів.

Методика проведення польових робіт була такою: на пункті із невідомими координатами встановлювали одночастотний GNSS-приймач, а в радіусі ~ 30 км відносно нього другий одночастотний GNSS-приймач, на пункт триангуляції із відомими координатами. Так визначали координати невідомих пунктів мінімум від

трьох відомих. Схема методики виконання польових робіт показана на рис. 1.



- ▲ Punkти спостереження
- Punkти ДГМ

Рис. 1. Методика проведення польових робіт

Список пунктів та час спостережень наведено в табл. 1. Схему розташування пунктів показано на рис. 1.

Таблиця 1

Характеристика спостережень

№ з/п	Номенклатура	Назва пункту	GPS день	Початок вимірювань	Кінець вимірювань
1	M-35-61-(104)	STRM 4 кл.	288	12:40:13	13:41:40
2	M-35-61-(53)	PERE, 4 кл.	298	12:53:50	13:59:53
3	M-35-49-(147)	RUSY, 4 кл.	299	13:12:10	14:16:14
4	M-35-49-(133)	GUTA, 4 клас	299	10:09:31	11:13:39
5	M-35-49-(167)	YARU, 4 клас	301	16:32:23	17:47:43
6	M-35-61-(11)	YAST пір	292	16:38:30	17:54:25
7	M-35-49-(242)	NYZY, 4 клас	319	12:49:53	13:47:03
8	M-35-49-(163)	VERB, 4 клас	322	16:41:35	17:53:07
9	M-35-49-(211)	GUGE, 4 клас	322	14:15:45	15:22:09
10	M-35-49-(196)	MURO, 4 клас	322	12:53:20	13:56:28
11	M-35-49-(214)	OSTR, 4 клас	322	10:46:47	12:24:39
12	M-35-61-(37)	KRAS, 4 клас	327	12:44:49	14:00:45
13	M-35-49-(69)	DUBR, 4 клас	328	12:16:23	13:22:30
14	M-35-49-(101)	ROZV IV	328	14:07:51	15:17:20
15	M-35-49-(25)	ZABL III	329	17:30:31	18:31:36

76	M-35-49-(12)	IVAN Пн IV	329	12:09:54	13:27:58
77	M-35-61-(115)	VEDM IV кл	300	11:56:27	13:06:36
78	M-35-61-(89)	BATY IV кл	307	10:21:45	12:16:41

GNSS-обладнання, яке використовували під час виконання польових робіт спеціалісти ДП “ЗАХІДГЕОДЕЗКАРТОГРАФІЯ”, – це комплект для базової станції та, як пересувний приймач, GPS Epoch 10 L1 – одночастотний приймач фірми-виробника Spectra Precision (рис. 2).



Рис. 2. Одночастотний приймач GPS Epoch 10 L1

Отримані дані спостережень опрацьовували спеціалісти Науково-дослідного інституту геодезії і картографії (НДІГК), вони подані у системі координат УСК-2000. Із опрацьованих спостережень НДІГК ми вибрали 15 пунктів, на яких планували надалі визначити координати без використання пунктів Державної геодезичної мережі. Координати цих пунктів у системі УСК-2000 наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Результати опрацювання пунктів ДГМ (НДІГК) при реконструкції міської мережі м. Сокаля

Назва пункту	x, м	y, м
MYRO	5589041,101	5294424,345
BOLO	5577367,918	5297626,889
VM15	5570649,251	5298926,136
GJRN	5585176,539	5301964,865
GUBL	5571007,748	5304310,968
DERE	5565581,027	5289177,887
ZAST	5612243,518	5306801,178
ZQEH	5565917,036	5302486,901
KOLO	5609794,722	5310561,180
PERE	5607581,491	5314915,563
PODI	5607159,544	5297684,535
POLO	5597561,500	5300992,848
ROSA	5589843,460	5308929,944
SKOM	5604920,519	5310104,468
GYGE	5588399,998	5291290,856

Технологія спостережень

У дослідженнях із визначення координат пунктів ДГМ ми використовували двочастотний GNSS-приймач Trimble R8 GNSS та контролер Trimble TSC2.

Основною метою на цьому етапі дослідження було визначення координат пунктів у режимі RTK. Як відомо, для успішної роботи в RTK режимі потрібно, щоб поблизу району робіт була активна референсна станція, від якої можна було б отримувати поправки. Однак через досить значну віддаль до референсної станції SULP (~ 90–100 км) для отримання поправок використовували найближчі до українського кордону референсні станції польської мережі ASG-EUPOS – HOZD та HRUB (рис. 4). Перелік RTK-поправок, отриманих від мережі ASG-EUPOS, показано на рис. 5. Під час RTK-знімання

кількість супутників коливалась від 6 до 10, на кожному пункті отримано фіксований розв'язок.

Одержані координати пунктів у системі координат УСК-2000 із RTK спостережень подано в табл. 3.

Таблиця 3

Результати RTK-спостережень

Назва пункту	x, м	y, м
MYRO	5589041,113	5294424,374
BOLO	5577367,863	5297626,878
VM15	5570649,243	5298926,161
GJRN	5585176,539	5301964,867
GUBL	5571007,807	5304311,028
DERE	5565581,036	5289177,812
ZAST	5612243,51	5306801,209
ZQEH	5565917,054	5302486,978
KOLO	5609794,712	5310561,202
PERE	5607581,52	5314915,588
PODI	5607159,493	5297684,565
POLO	5597561,534	5300992,861
ROSA	5589843,359	5308930,062
SKOM	5604920,549	5310104,523
GYGE	5588399,985	5291290,894

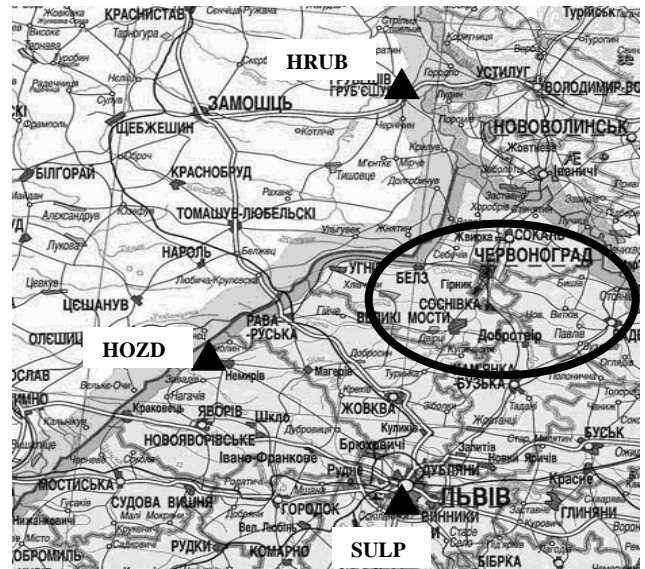


Рис. 4. Розташування найближчих GNSS-станцій

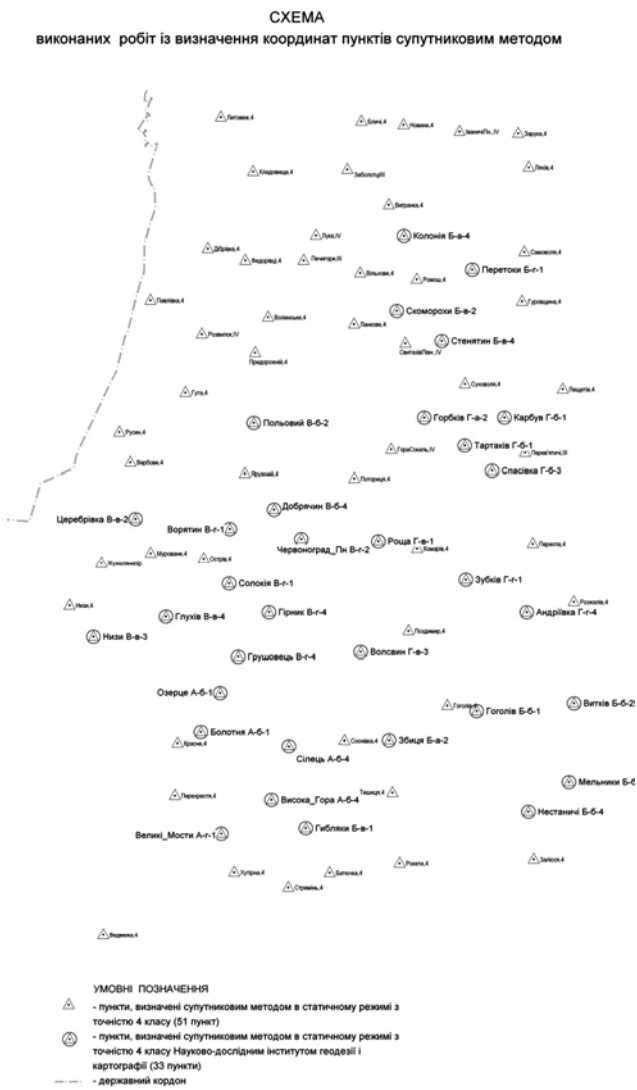
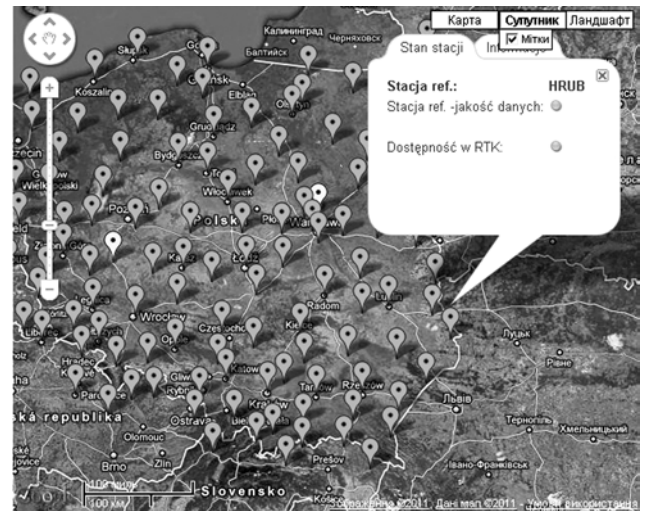


Рис. 3. Схема пунктів спостережень



Назва струмienia	Формат поправки	Числові інтервали (в секундах) повідомінь
NAVWEO_VRS_3_1	RTCM 10403.1	1004(1), 1005(5), 1007(5), 1030(5), 1032(10), 4094(10)
NAVWEO_MAC_3_1	RTCM 10403.1	1004(1), 1005(5), 1007(5), 1014(1), 1015(1), 1016(1)
NAVWEO_VRS_2_3	RTCM 10402.3	3(6), 16(59), 18(1), 19(1), 22(6), 23(5), 24(5), 59(9)
NAVWEO_VRS_CMR	CMR	Obs(1), PBS_CMR(10), PBS_VRS(11)
NAVWEO_POJ_3_1	RTCM 10403.1	1004(1), 1005(5), 1007(5), 1012(1), 1033(5)
xxxx_RTCM_3_1*	RTCM 10403.1	1004(1), 1005(5), 1007(5)
xxxx_RTCM_2_3*	RTCM 10402.3	3(6), 16(59), 18(1), 19(1), 22(6), 23(5), 24(5)

* xxxx – ідентифікатор станції референційної

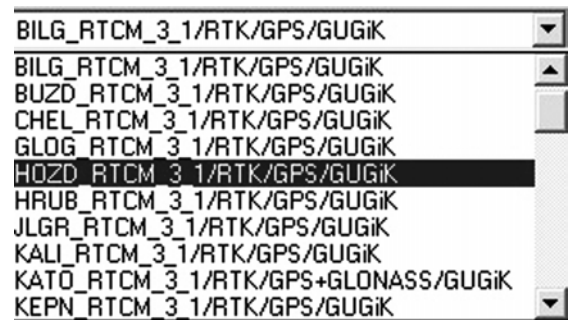


Рис. 5. Перелік RTK-поправок

Наступне наше дослідження полягало у використанні технології віртуальної референційної станції (VRS) в статичному режимі. Вибравши з трьох референційних станцій із мережі UA-EUPOS/ZAKPOS, на вибраний район робіт створювали віртуальну станцію, дані з якої використовували для визначення координат в статичному режимі (рис. 6).

Результати VRS-спостережень у системі координат УСК-2000 показано у табл. 4

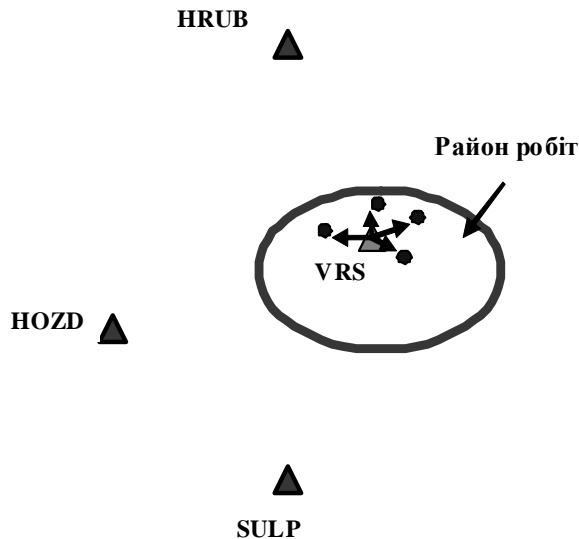


Рис. 6. Технологія VRS у режимі постопрацювання

Далі визначені координати пунктів спостережень у режимі RTK та VRS ми порівняли із координатами, які визначили спеціалісти Науково-дослідного інституту геодезії та картографії. Результати цього порівняння подано в табл. 5 у вигляді різниць координат.

Як видно із табл. 5, різниці координат пунктів із RTK та VRS знімання незначно відрізняються. А це означає, що обидві супутникові технології є ефективними та достатньо точними. Такі результати свідчать про те, що на великій віддалі від референційної станції SULP ми можемо використовувати референційні станції сусідніх країн, вздовж українського кордону в режимі реального часу, без необхідності встановлення додаткової базової станції.

Таблиця 5

Порівняння результатів

Назва пункту	Різниці координат із RTK-знімання		Різниці координат із VRS-знімання	
	Δx , см	Δy , см	Δx , см	Δy , см
MYRO	1,2	2,8	2,0	2,6
BOLO	-5,5	-1,1	-4,9	-1,3
VM15	-0,8	2,5	-1,0	2,4
GJRN	0,0	0,1	0,7	0,8
GUBL	5,8	5,9	4,8	5,1
DERE	0,8	-7,5	0,7	-6,2
ZAST	-0,8	3,1	-1,1	2,5
ZQEH	1,8	7,7	1,5	7,9
KOLO	-1,0	2,1	-1,3	2,6
PERE	2,9	2,5	2,9	2,4
PODI	-5,0	2,9	-4,8	2,8
POLO	3,4	1,3	3,5	1,7
ROSA	-10,1	11,8	-9,4	10,9
SKOM	3,1	5,4	2,8	5,0
GYGE	-1,3	3,8	-1,7	3,3
сеп.	-0,4	2,9	-0,4	2,8

Висновки

Отже, як видно із проведеного дослідження, визначати координати пунктів геодезичної мережі в системі координат УСК-2000 можна без використання пунктів ДГМ. Єдине, що необхідно, це те, що на район робіт потрібно мати мережу референційних, перманентних чи базових станцій. Безпосередньо польові GNSS-спостереження можна вести в різних режимах – RTK, VRS чи статичному. Точність отриманих координат залежатиме лише від якості проведених GNSS-спостережень.

Література

1. Впровадження державної геодезичної референційної системи координат України – УСК-2000 / О. Кучер, Стопхай, Р. Висотенко, О. Ренкевич // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землепорядкування – європейський досвід. – Вип. 4. – Чернігів, 2008. – С. 25–30.
2. Супутникові радіонавігаційні спостереження при реалізації геодезичної референційної системи координат України – УСК 2000 / О. Кучер, Б. Лепетюк, Ю. Стопхай, І. Засць, С. Савчук // Вісник геодезії та картографії. – Вип. 5. – Київ, 2005.
3. Савчук С.Г. Про нові технології створення координатної основи для кадастрових робіт / С.Г. Савчук, А.В. Задеменюк // Зб. матер. наук.-практ. конф. “Нові технології в геодезії, землепорядкуванні та лісовпорядкуванні”. – Ужгород, 2008. – С. 16–18.
4. Савчук С.Г. Деякі питання геодезичного забезпечення кадастрових робіт / С.Г. Савчук, А.В. Задеменюк // Зб. наук. праць IV міжнар. наук.-практ. конф. “Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землепорядкування – європейський досвід”. – Чернігів: ЧДІУ, 2008. – С. 58–61.
5. Черняга П. Переваги та недоліки різних систем координат та геодезичних проєкцій під час ведення земельного кадастру / П. Черняга, С. Кубах // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Вип. II (20). – 2010. – Львів, 2010. – С. 62–66.

Визначення координат пунктів у системі УСК-2000 із GPS-спостережень

С. Савчук, А. Задеменюк, Р. Вовк

Показано можливість реконструкції геодезичної мережі за допомогою сучасних супутникових технологій без використання пунктів Державної геодезичної мережі як вихідних.

Определение координат пунктов в системе УСК-2000 с GPS-наблюдений

С. Савчук, А. Задеменюк, Р. Вовк

Показана возможность реконструкции геодезической сети с помощью современных спутниковых технологий, без использования существующих пунктов Государственной геодезической сети в качестве исходных.

Determination of item in the system USK-2000 with GPS observations

S. Savchuk, A. Zademlenyuk, R. Vovk

The possibility of reconstruction of the geodetic network with the help of modern satellite technology, not using the existing points of the State geodetic network as the source.