

# ГЕОДЕЗІЯ

УДК 528.3

С.Г. Савчук, О.Я. Гринишина-Полюга  
Національний університет “Львівська політехніка”

## ВСТАНОВЛЕННЯ ВИХІДНИХ КООРДИНАТ РЕФЕРЕНЦНИХ СТАНЦІЙ МЕРЕЖІ ZAKPOS

© Савчук С.Г., Гринишина-Полюга О.Я., 2009

*Рассмотрена технология установления исходных координат референциальных станций сети ZAKPOS.*

*Establishments of initial coordinates of reference stations of network ZAKPOS.*

**Постановка проблеми.** Для повноцінного функціонування мережі активних референциальних станцій є декілька важливих і необхідних факторів. Одним із найважливіших факторів є встановлення вихідних координат базових станцій з тим, щоб їх можна було вважати референциальними станціями мережі. До того ж координати цих станцій необхідно знати настільки точно, наскільки це можливо. Останнє твердження є дещо дискусійним і вимагає певного обґрунтування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Важливим питанням у разі встановлення координат активних референциальних станцій мережі стає вибір системи відліку, тобто референциальної системи та опорних перманентних станцій, що входять у мережу IGS/EPN.

Враховуючи обов'язковий критерій – різницю прийнятих координат референциальної станції і “виміряні” або навігаційні її координати у деякий момент часу повинні бути малими (до 10 м), то зрозуміло, що використання національних систем відліку координат у такому разі є не прийнятним. Для цього ми скористалися досвідом європейських країн, підкомісії Міжнародної асоціації геодезії (IAG) для Європейської референциальної системи (EUREF) та такої структури, як EUPOS (European Position Determination System) – Європейська ініціативна організація з розвитку активних мереж референциальних станцій у Центральній та Східній Європі. Так, ще у 1990 р. була прийнята резолюція EUREF про встановлення для території Європи такої земної референциальної системи, яка б збігалася з Міжнародною референциальною системою ITRS, а швидкість руху стійкої частини євразійської плити зафіксувати на епоху 1989.0 і вважати її незмінною. Таку систему назвали Європейською земною референциальною системою 1989 (ETRS89). Асоціація EuroGeographics, яка представляє топографо-картографічні та кадастрові агенства більшості європейських сторін, також рекомендує розробляти основні проекти, пов'язані із інфраструктурою просторових даних, на основі ETRS89. Ця система вважається основною і у рекомендаціях EUPOS.

Референциальна система ETRS89 підтримується EUREF через мережу європейських перманентних GNSS референциальних станцій (EPN), координати яких регулярно визначаються в ETRS89 і являють собою її реалізацію першого рівня в континентальному плані. На національному рівні ETRS89 реалізується покроковим згущенням і вдосконаленням “оригінала” референциальної системи EUREF, через існуючі станції EPN.

Подібно до міжнародної земної референциальної системи ITRS, ETRS89 розвивається стадіями, а кожна стадія розвитку представляється відповідною реалізацією. Найостанніша реалізація завжди є досконалішою за попередню. Для референциальної системи ITRS такою останньою реалізацією є ITRF2005 з епохою 2000.0, а ETRS89 відповідно ETRF2000 та епохою спостережень. Надійність координат мережі EPN залежить від загальної тривалості спостережень та можливості використання інших космічних методів спостережень.

Координати EPN-станцій доступні у двох референцних системах – ITRS та ETRS89, причому система ITRS є, звичайно, основною, а ETRS89 – похідною.

Залежно від тривалості спостережень і оброблення для станцій мережі IGS/EPN можна виділити три типи ITRS координат:

(I) **щотижневі координати**, обчислені комбінуванням локальних розв'язків з окремих частин мережі EPN;

(II) **мережеві координати** і швидкості їх зміни, обчислені у межах EPN на вибрану епоху;

(III) **офіційні координати** і швидкості, які видає Міжнародна служба обертання Землі і референцних систем – IERS за результатами комбінування багаторічних координатних розв'язків, отриманих декількома космічними геодезичними методами [1] на стандартну епоху.

Щотижневі координати (I) перманентних станцій публікуються у референційній системі ITRF2005 на епоху розрахункового тижня без значень швидкостей їх зміни.

Мережеві координати (II) є результатом всебічного аналізу щотижневих координат і тому публікуються через певні проміжки часу (може бути навіть до декількох раз у рік) у системах ITRF2005 та ETRF2000 на вибрану епоху. Сьогодні це є 2005.0. Разом із координатами наводяться і відповідні швидкості їх зміни. З 2 жовтня 2009 р. за рішенням Технічної робочої групи EUREF від 26 травня 2009 р. остання реалізація від EUREF ITRF2005, що була випущена у кінці 2008 р., тепер оновлюватиметься кожних 15 тижнів, зважаючи на нові результати EPN. Ці регулярні оновлення координат та швидкостей їх зміни стали результатом багаторічного урівнювання комбінованих розв'язків всієї мережі EPN, за яких відбракувалися “викиди” в координатах та враховувалися різкі зміни на станціях. Щоб забезпечити найнадійніші прив'язки до станцій EPN, їх було категоризовано на два класи з врахуванням зазначених ефектів:

- клас А: координати станцій мають точність до 1 см у всіх епохах протягом часу своїх спостережень;
- клас В: координати станцій мають точність до 1 см лише протягом деякої мінімальної епохи своїх спостережень.

Тільки станції класу А можна використовувати для згущення ETRS89, а станції класу В мають лише значення координат на деяку вибрану епоху і не можуть з достатньою точністю перетворюватися на будь-яку іншу віддалену епоху через значні коливання оцінок швидкостей їх зміни.

Офіційні координати і швидкості перманентних станцій публікуються після проголошення чергової реалізації референційної системи ITRS. Так діюча тепер реалізація ITRF2005 була підготовлена у кінці 2006 р. Треба відзначити, що не всі перманентні станції входять у вихідну реалізацію. Основними критеріями є не тільки їх тривала і бездоганна робота, але й геометричне розташування щодо аналогічних найближчих станцій. Остаточні координати таких вибраних станцій отримують трансформуванням (за Гельмертом), а параметри трансформації визначають із зіставлення реалізацій деякого набору вихідних референцних станцій (“core stations”). У реалізації ITRF2005 брало участь всього 70 таких станцій.

Відзначимо, що питаннями встановлення координат референцних станцій активних мереж займалися фахівці у багатьох країнах [12], проте особливості їх побудови (конфігурація мережі, рельєф, відстані між станціями, кількість станцій, тип приймачів та антен, тривалість спостережень тощо) вносили свої корективи у цей процес.

**Постановка завдання.** Основною метою нашої роботи було дослідження оптимальних шляхів для високоточного визначення координат станцій мережі ZAKPOS.

**Виклад основного матеріалу.** Для повноцінного функціонування мережі активних референцних станцій необхідною умовою є задання параметрів поля просторової орієнтації для користувача з тим, щоб у будь-якому місці мережі і у будь-який час можна було визначити йому своє положення із сантиметровою точністю як у режимі реального часу (RTK) чи у пост-обробці за допомогою одного приймача. Значення базової станції для нього матимуть реальні чи віртуальні референційні станції. Для визначення свого положення не обов'язково вибирати дані спостережень із цих станцій, а отримати їх дистанційно на місці проведення робіт. У цьому і полягає суть активних референцних станцій.

Отримання достовірної інформації користувачем на свій рухомий приймач від станцій мережі, особливо у режимі реального часу, гарантується коректністю формування “фазових поправок”. Останні є функцією вихідних координат референцних станцій та відповідних моделей їх просторового розповсюдження. Особливо треба відзначити той факт, що між репрезентативністю моделей та “чистотою” поправок є доволі високий кореляційний зв’язок, тобто від точності формування фазових поправок прямо залежить похибка генерування мережевих поправок для користувача. Якщо зважати на імовірність надійного приймання сигналів від GNSS супутників на референційній станції, то формування фазових поправок безпосередньо буде залежати від фіксованих координат цієї станції. Цим і визначаються вимоги до точності їх отримання. У разі незначного віддалення від референційної станції ще можна допускати певні послаблення щодо точності встановлення фіксованих координат, а у разі збільшення відстані між рухомих приймачем та референційною станцією вимоги різко зростатимуть, оскільки зростають похибки, пов’язані з просторово-часовим моделюванням розповсюдження поправок.

Зважаючи на високі вимоги до координат референцних станцій, можна було б рекомендувати визначати їх у поточній реалізації референційної системи ITRS на момент проведення спостережень, тобто у системі ITRF2005. Проте такий очевидний шлях з часом виявиться не цілком виправданим у практичному плані. Основною причиною подальших ускладнень стане “кінематичність” самої системи координат, тобто з часом координати системи ITRS будуть змінюватися (ця зміна орієнтовно для континентальної Європи становить до 2 см/рік). Якщо теоретично ці зміни можна врегулювати час від часу шляхом встановлення нових координат референцних станцій, то практично це майже неможливо втілити через дві головних причини. Першою причиною є неузгодженість цього процесу між станціями, що належать до прикордонної зони (cross-border data exchange), тобто на тих закордонних станціях, які використовуються у цій мережі, теж необхідно змінювати координати станцій, а у їх власника можуть бути інші плани. Другою і вагомішою причиною є потреба отримання координат точок користувачем у державній чи місцевій системах координат, прийнятих офіційно для виконання топографо-геодезичних робіт. Для цього необхідно створити або трансформаційне поле або встановити набір параметрів трансформації координат, які з часом не повинні змінюватися, щоб не мати справи з хаосом у координатному забезпеченні.

Враховуючи вищенаведене, можна зауважити, що встановлювати координати референцних станцій активної мережі у системі ITRS будь-якої реалізації, навіть найбільш вдосконаленої, не є раціональним. Система координат повинна бути статичною. Найоптимальнішим шляхом для цього рекомендується використовувати загальноєвропейську референційну систему ETRS89 у її сучасній реалізації ETRF2000. Якщо враховувати, що базова концепція цієї системи передбачає врахування середньорічного руху континентальної частини Євразійської тектонічної плити рівномірним у просторі та часі (як підтверджують численні експериментальні дані це справедливо з точністю близько 1 см), то узагальнена точність до координат референцних станцій на території Європи не повинна перевищувати наведену оцінку.

Досягнути точність в 1 см для референцних станцій та підтвердити її незмінність у часі у принципі не є надзвичайною проблемою. Для досягнення такої точності рекомендується провести спостережну кампанію протягом 3–4 тижнів на станціях мережі, використати для прив’язки найближчі перманентні станції EPN та виконати опрацювання будь-яким професійним програмним забезпеченням (Bernese, GIPSY-OASIS, GAMIT-GLOBK, Geodyn, Geonap, Trimble Total Control тощо). Для прив’язки рекомендується використовувати станції, які мають координати III типу в околі до 300 км від референцних станцій мережі. За відсутності таких можна використовувати станції з координатами II типу, а на крайній варіант і станції, координати яких належать до I типу. До того ж зазначається, що відстані між станціями мережі у такому разі не повинні перевищувати 50–70 км.

Як показали наші дослідження [2], координати (I) не цілком підходять для реалізації референційної системи ETRS89 на станціях мережі, а можуть бути використані лише для координатного контролю. Координати (II) є точнішими розв’язками щодо станцій EPN класу A [2]. Навіть якщо станція має період спостереження 1,5–2 роки, то її координати вже еквівалентні ITRF розв’язкам, проте швидкість їх зміни потребує довшого часового ряду. Координати (III) хоч і є офіційними координатами/швидкостями станцій EPN, що видаються IERS, проте потребують особливого аналізу.

На прикладі встановлення координат референцних станцій мережі ZAKPOS розглянуто процес їх визначення.

Закарпатська служба визначення положення – ZAKPOS (Transcarpathian Positioning Service) є місцевою ініціативою та проектом встановлення однорідної базової інфраструктури диференційного GNSS (DGNSS) на території Закарпатської обл. За своєю суттю це регіональна GNSS система наземного базування, що працює за європейськими стандартами і забезпечує GNSS даними спостережень та поправками до них у реальному часі (RTK) для високоточного визначення місцеположення. Така фундаментальна інфраструктура технічно базується на мережі активних референцних GNSS станцій та відповідних лініях зв'язку. Аналогічні системи діють у багатьох країнах світу, найближчими до нас є активні мережі референцних станцій SKPOS (Словаччина), GNSSNET.hu (Угорщина), ROMPOS (Румунія), ASG-EUPOS (Польща) тощо.

Сьогодні мережа референцних станцій ZAKPOS у Закарпатській області складається з 5 GNSS станцій, таких, як: Рахів (RAKH), Міжгір'я (MIZG), Мукачеве (MUKA), Хуст (KHST), Великий Березний (VBER). Схематично мережа ZAKPOS наведена на рис. 1. У доданій до рис. 1 таблиці наведені орієнтовні відстані (в км) між станціями, які входять у мережу.



Рис. 1. Схема розташування референцних станцій мережі ZAKPOS та відстані між ними

У табл. 1 наведені технічні характеристики щодо обладнання референцних станцій мережі ZAKPOS (типи приймачів та антен, висота антен).

Таблиця 1

#### Характеристики обладнання станцій мережі ZAKPOS

Код станції	Тип приймача	Тип антени	Висота антени до ARP
MIZG	TRIMBLE NetR5	TRM55971.00	0.0000 m
MUKA	TRIMBLE NetR5	TRM55971.00	0.0770 m
RAKH	TRIMBLE NetR5	TRM55971.00	0.0000 m
KHST	TRIMBLE NetR5	TRM55971.00	0.0000 m
VBER	TRIMBLE NetR5	TRM55971.00	0.0000 m

Регулярні GNSS спостереження на референцних станціях мережі ZAKPOS розпочалися 4 лютого 2009 р. (35 GPS день, 1517 GPS-тиждень). Тривалість добових спостережень становила 24h, а інтервал між епохами – 1<sup>с</sup>.

Нині в обробку було включено 37 GPS-тижнів безперервних спостережень – від 1517 до 1553. Для обробки залучали також відповідні дані із українських перманентних станцій UZHL (Ужгород) та SULP (Львів). Хочемо зазначити, що координати станції UZHL мають офіційний статус – тобто офіційні координати та швидкості, які видає Міжнародна служба обертання Землі та референціальних систем – IERS за результатами комбінування багаторічних координатних розв’язків, отриманих декількома космічними геодезичними методами. А мережеві координати станції SULP та швидкості їх зміни, обчислені у межах проекту EPN і зараховані до класу A [ ]. Треба відзначити, що такого вибору вихідних станцій ми досягли не відразу.

Одним із перших варіантів (V1) стало включення всіх регіональних станцій EPN в обробку мережі ZAKPOS. На рис. 2 наведено схему мережі цього варіанта, у яку входять шість станцій EPN.

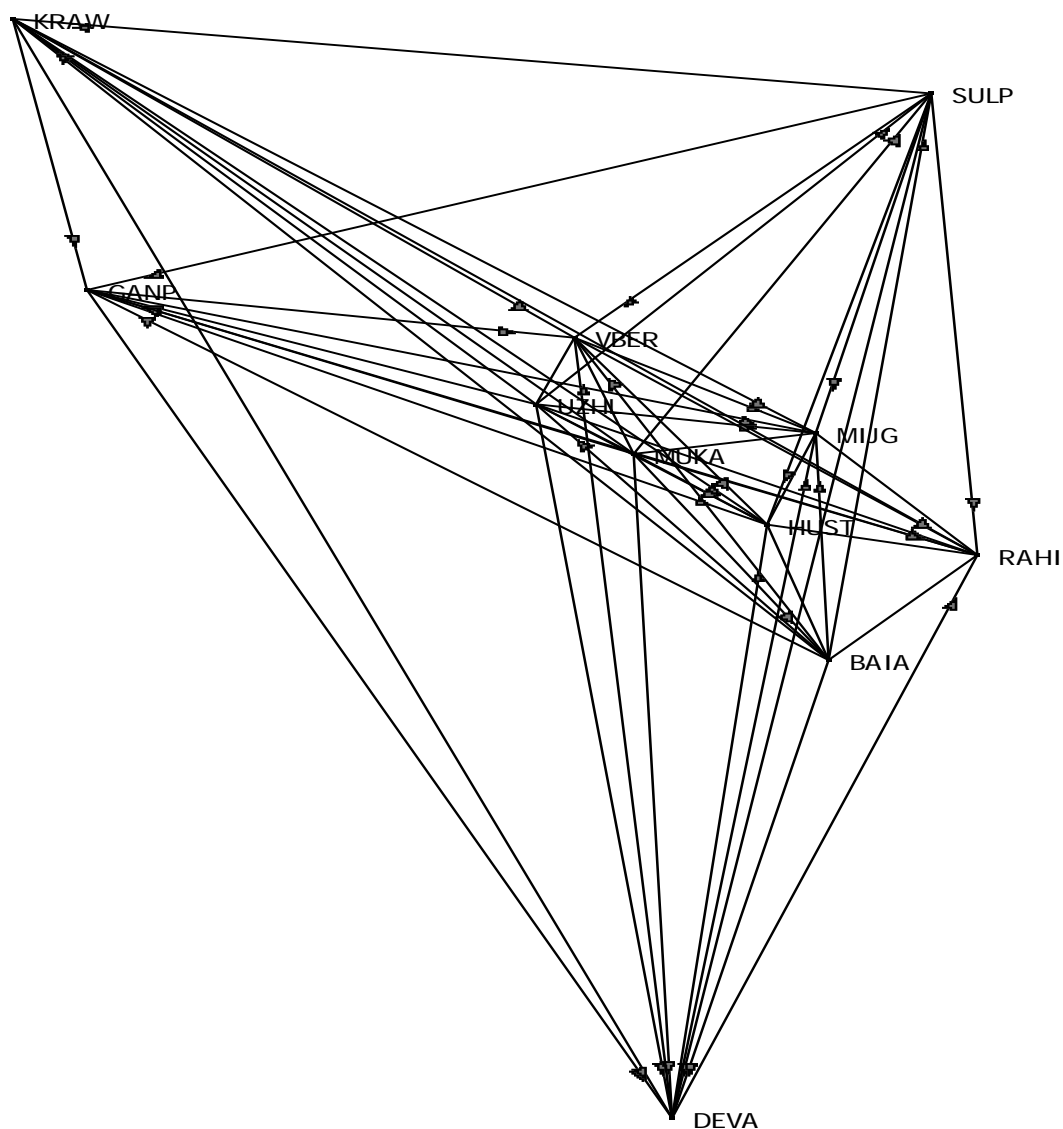


Рис. 2. Схема V1 мережі референціальних станцій ZAKPOS та станцій EPN

Варіант мережі V2, що наведений на рис. 3, аналогічний попередньому за винятком двох віддалених станцій: румунської перманентної станції DEVA та польської KRAW. На рис. 4. наведено фрагмент мережі V3, що об’єднує три станції EPN, а саме, польську станцію JOZ2, угорську PENC та румунську BUCU. Вибір цих станцій продиктований тим, що всі вони входять у каталог IERS і є носіями координат III типу.

Обробку даних GNSS спостережень у всіх варіантах виконували із використанням програмного забезпечення Trimble Total Control версії 2.73 у режимі Double Difference. До особливостей оброблення можна також зарахувати використання:

- калібрувальної моделі антен IGS за висоти та азимуту супутників (оновлена від 5.03.2009 р.);
- глобальних параметрів орбіт, годинників супутників, обертання Землі з фінальних розв'язків IGS;
- лінійних комбінацій (L3) подвійних різниць фаз “ionosphere-free”;
- тропосферних корекцій визначенням для кожної станції зенітних затримок “Dry-Niell” для одноденних інтервалів;
- іоносферних щоденних карт TEC (IONEX-файли);
- координат II та III типів перманентних станцій EPN у референційній системі ITRF2005 на епоху спостережень.

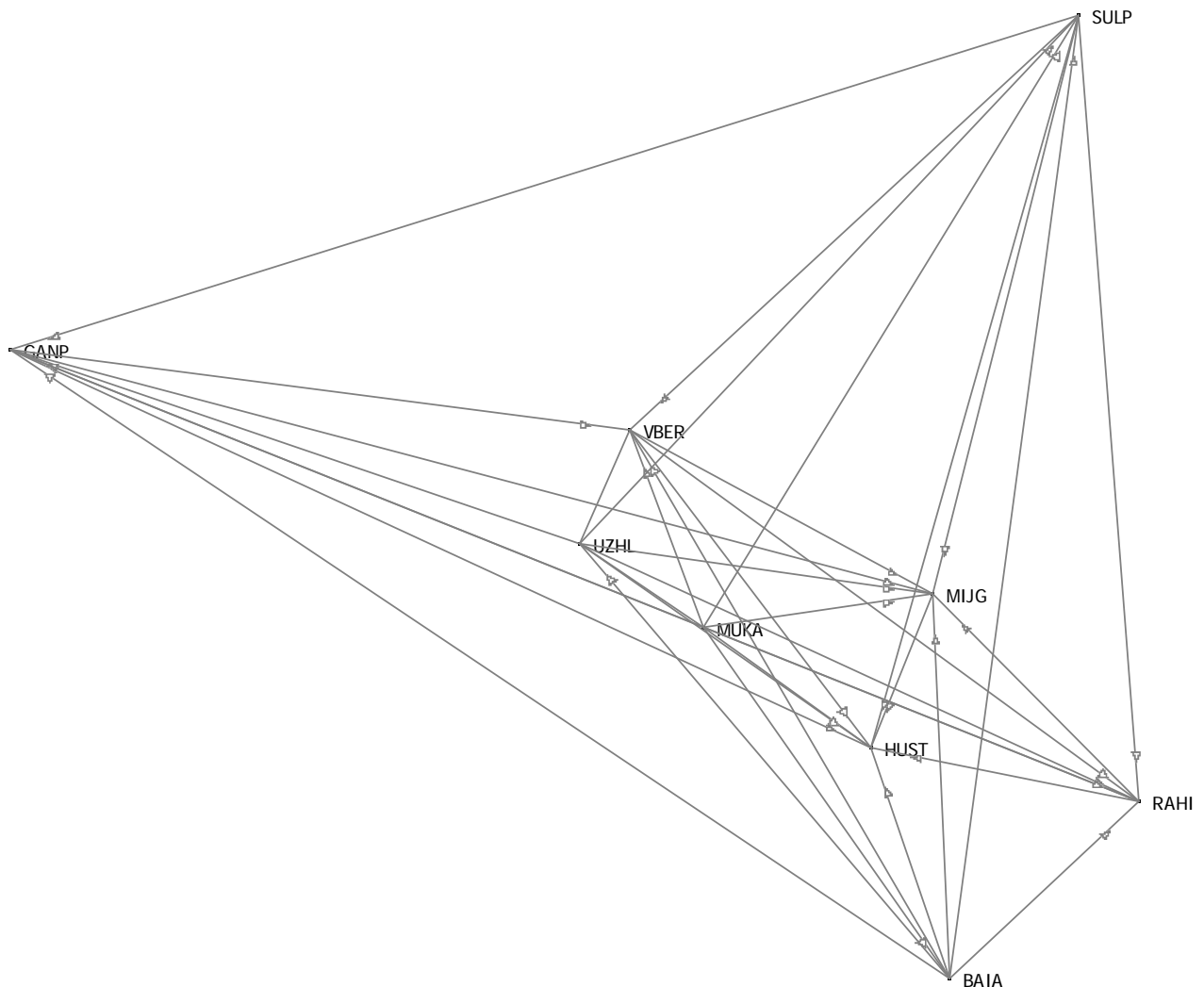


Рис. 3. Схема V2 мережі референційних станцій ZAKPOS та станцій EPN

Тестове оброблення зазначених варіантів охоплювало перших десять тижнів спостережень, тобто від 1517 до 1526 GPS-тижнів. У табл. 2 на прикладі одного тижня спостережень (1519) наведено різниці між координатами перманентних станцій, обчислених на основі комбінованого розв'язку EPN (1) та наших розв'язків (2). Як очевидно із цієї таблиці зазначені різниці є достатньо малими за величиною і можуть бути трактовані як випадкові похибки обчислень. Вони отримані встановленням у кожному варіанті однієї фіксованої станції.

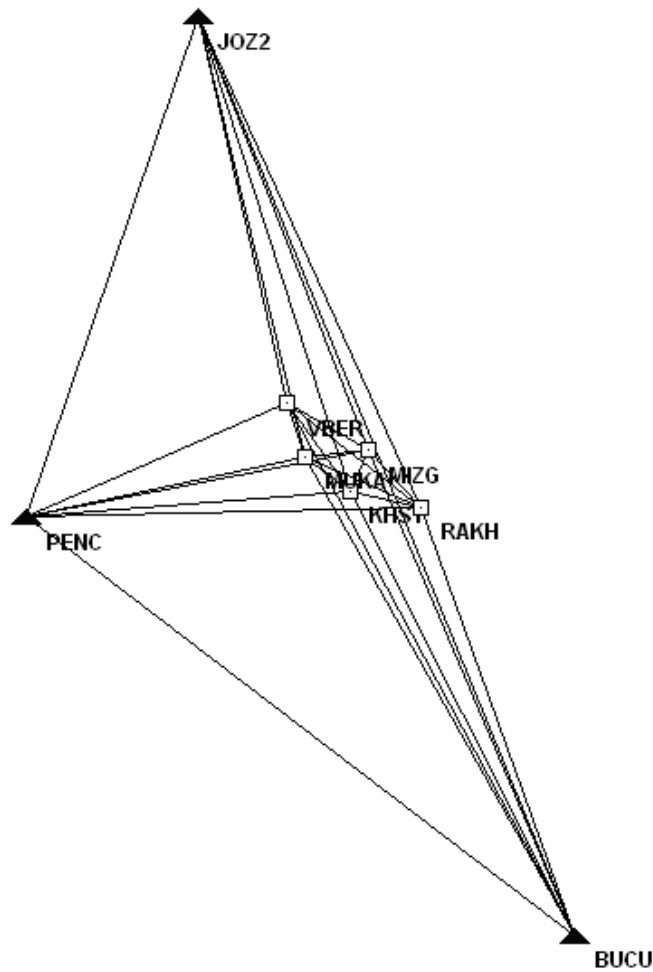


Рис. 4. Схема V3 мережі референцих станцій ZAKPOS та станцій EPN

Таблиця 2

**Різниці між координатами [м] з комбінованого тижневого EPN розв’язку (1) та координатами, які обчислені із наших варіантів формування мереж (2)**

EPN станції	$X_1 - X_2$	$Y_1 - Y_2$	$Z_1 - Z_2$
BACA	0.0025	0.0028	0.0030
BAIA	-0.0019	0.0031	-0.0003
DEVA	0.0042	-0.0045	0.0045
GANP	0.0054	0.0042	0.0045
KRAW	-0.0013	0.0009	-0.0011
SULP	0.0016	-0.0025	0.0008
UZHL	0.0020	0.0030	0.0030
BUCU	0.0042	-0.0028	0.0033
JOZ2	-0.0043	0.0003	0.0049
PENC	0.0027	0.0023	0.0031

Зважаючи на отримані результати, було сформовано робочу схему мережі, що підлягала подальшій остаточній обробці. Вона наведена на рис. 5. Обумовлений вибір саме таких станцій був тим, що вони розташовані у безпосередній близькості до мережі ZAKPOS, а також можливістю прямого доступу до результатів спостережень, особливо це стосується перманентної станції SULP.

Спочатку координати станції UZHL (III типу) у референційній системі ITRF2005 використовували для утворення регуляризованого розв'язку (фіксувалися на відповідну епоху спостережень), а координати станції SULP (II типу) – як контрольні для незалежного оцінювання.

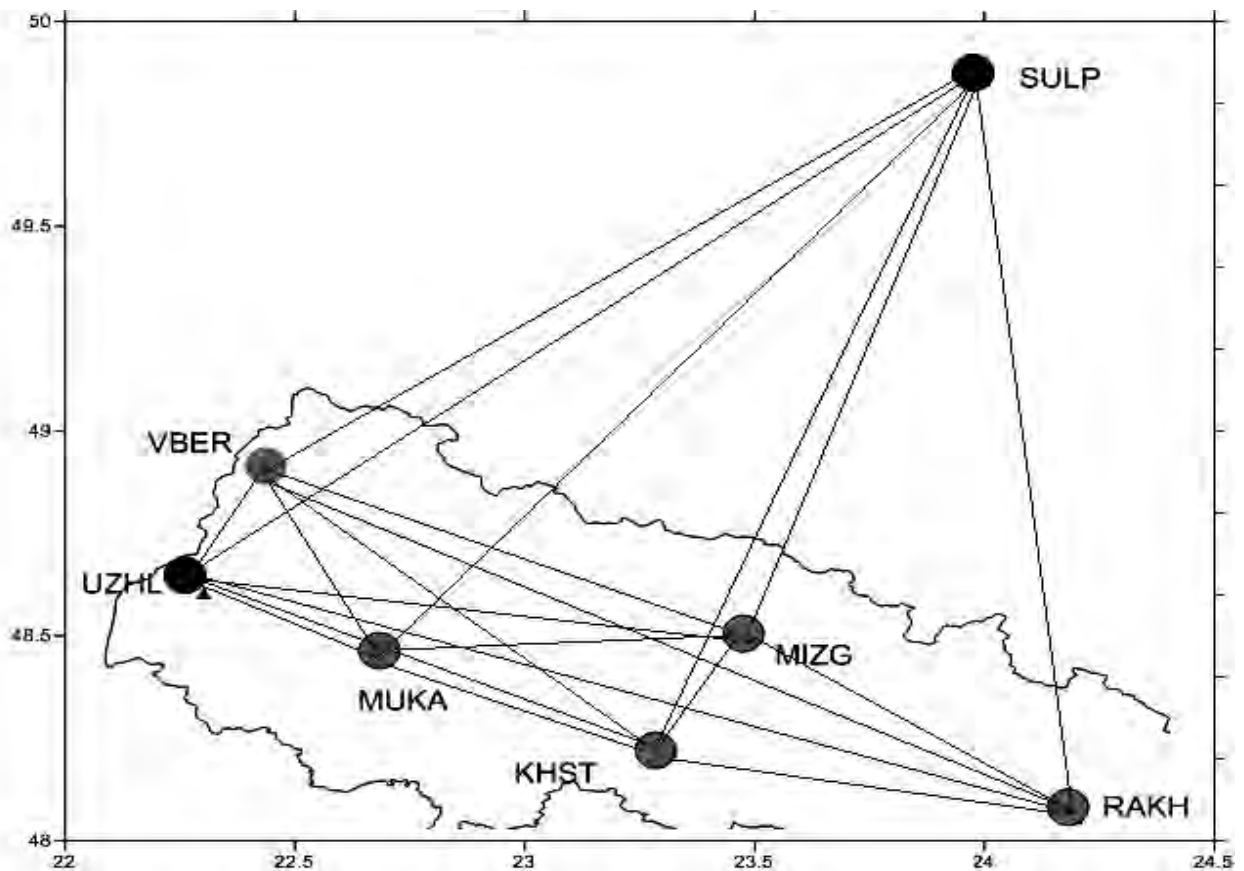


Рис. 5. Робоча схема мережі референційних станцій ZAKPOS та станцій EPN

Для того, щоб регулярно обробляти, потрібно було підготовлювати дані спостережень та інші необхідні дані, а саме:

- перетворювати дані спостережень з внутрішнього формату приймача (T01) у RINEX формат (версії 2.10);

- отримувати точні ефемериди – GPS та GLONASS, а також IONEX файли [4];

У тижневому розв'язку брали участь 7 станцій спостережень, які утворювали близько 150 векторів. Загальний обсяг даних для проведення тижневої обробки становив близько 4 Гб, точних ефемерид – 2,5 Мб, IONEX файлів – 6 Мб. У середньому оброблення тижневих спостережень тривало 1 год. 30 хв.

Стратегія оброблення зводилась до такого:

- обробляли дані спостережень при куті відсічки супутників  $10^0$  щоденно;
- мережа із семи станцій урівнювалась, як вільна, а також інтерактивно оцінювалась якість обробки та урівнювання;

- координати станції UZHL (III типу) та SULP (II типу) трансформуються на епоху спостережень і фіксуються почергово за вихідні з остаточним урівнюванням;

- урівняні координати трансформуються у систему ETRS89/ETRF2000.

У табл. 3 наведені різниці між координатами мережі ZAKPOS, які визначені від станцій UZHL та SULP.



Таблиця 3

**Різниці між координатами ZAKPOS**

Станція	$B_{UZHL} - B_{SULP}$	$L_{UZHL} - L_{SULP}$	$H_{UZHL} - H_{SULP}$
KHST	-0.00007''	0.00008''	-0.011 м
MIZG	0.00009''	-0.00004''	-0.012 м
MUKA	-0.00009''	-0.00006''	-0.013 м
RAKH	-0.00009''	0.00007''	-0.013 м
VBER	0.00008''	0.00007''	-0.012 м

Як видно з наведеної табл. 3, планові різниці координат перебувають практично у межах похибок визначення, у той же час різниці у висоті систематично становлять трохи більше 1 см. Така величина не могла не викликати занепокоєння. Для того, щоб з'ясувати можливу причину такої розбіжності, було утворено різниці (III тип – II тип) координат деяких перманентних станцій EPN (табл. 4).

Таблиця 4

**Порівняння координат EPN станцій**

Станція	$B_{III} - B_{II}$	$L_{III} - L_{II}$	$H_{III} - H_{II}$
<b>UZHL</b>	<b>-0,00005''</b>	<b>-0.00016''</b>	<b>-0.012 м</b>
BUCU	-0,00007''	0.00002''	0 м
PENC	-0,00002''	0.00008''	-0.003 м
POLV	-0,00003''	-0.00010''	-0.003 м

Дані табл. 4 свідчать, що систематична розбіжність не є результатом обчислень, а результатом системних розбіжностей вихідних координат. Це може бути пов'язано, на нашу думку, з похибками врахування фазового центра антени станції UZHL під час опрацювання тижневих розв'язків до 2006 р. Саме ці розв'язки і лягли в основу визначення та встановлення офіційних координат станції UZHL від IERS.

Ще одне порівняння, яке б показало незалежний контроль точності визначення координат станцій мережі ZAKPOS, ми виконали визначенням різниць координат перманентної станції UZHL. Зазначені різниці були утворені із координатних щотижневих комбінованих розв'язків цієї станції EPN [14] та наших розв'язків мережі ZAKPOS. На рис. 6–8 наведені у графічному вигляді різниці координат станції UZHL за період 1517-1538 GPS-тижні. Як видно із наведених графіків, різниці координат є < 1 см, що вказує на задовільну якість наших розв'язків.

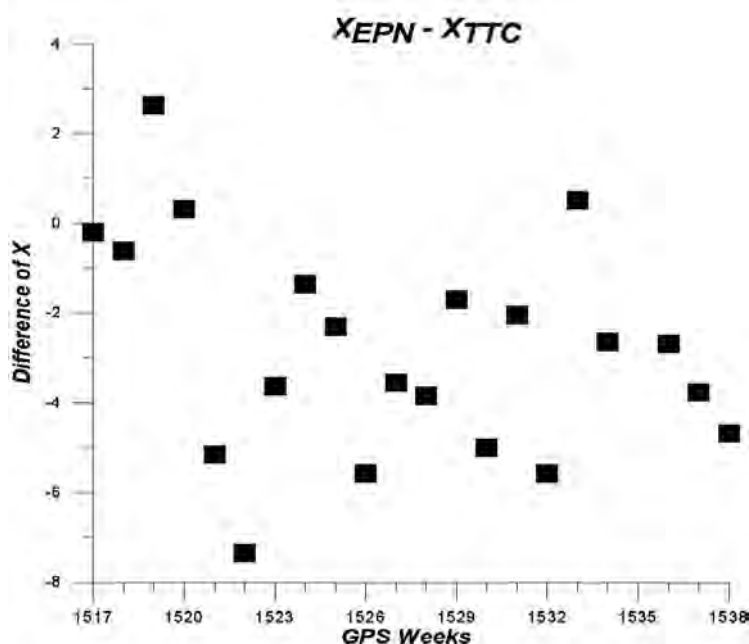


Рис.6. Різниці  $X_{EPN} - X_{TTC}$  [мм] ст. UZHL між розв'язками EPN та ZAKPOS

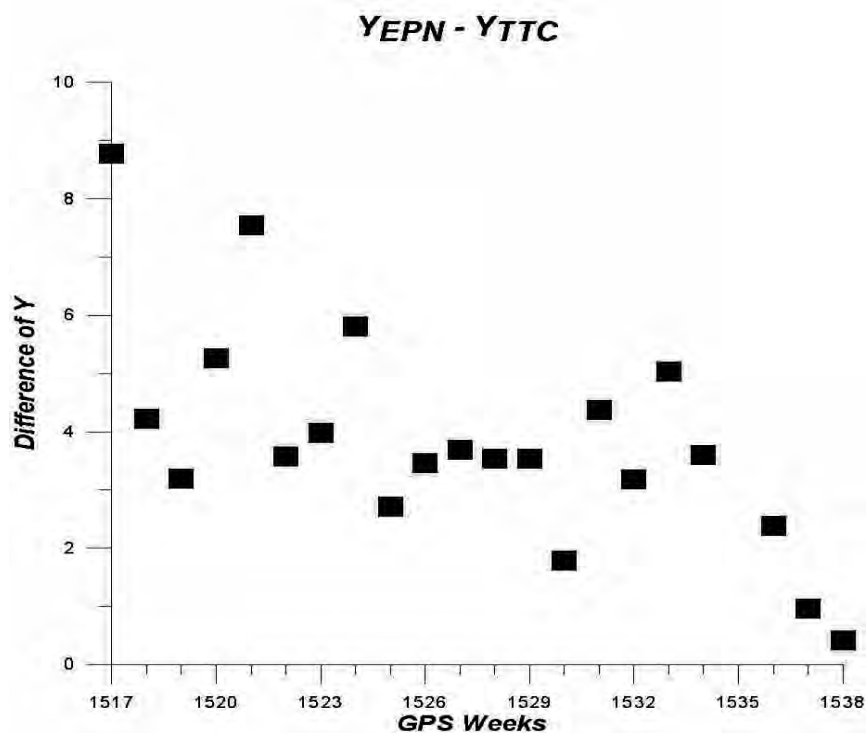


Рис. 7. Різниця  $Y_{EPN} - Y_{TTC}$  [мм] ст. UZHL між розв'язками EPN та ZAKPOS

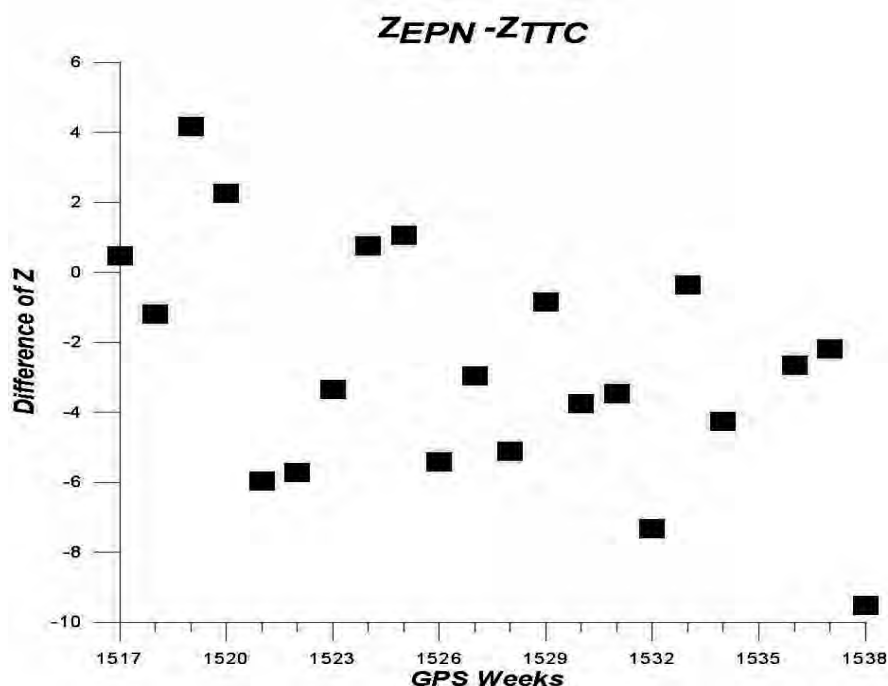


Рис. 8. Різниця  $Z_{EPN} - Z_{TTC}$  [мм] ст. UZHL між розв'язками EPN та ZAKPOS

Зважаючи на дані табл. 3 і 4, ми вирішили проводити подальше опрацювання мережі ZAKPOS тільки з прив'язкою до станції SULP (Львів). Причиною для цього була не тільки систематична розбіжність у висоті станцій, але й той факт, що доволі значний проміжок часу (майже 8 тижнів) на перманентній станції UZHL (Ужгород) не проводились спостереження.

У табл. 5 наведені статистичні характеристики отриманої точності визначення координат станцій мережі ZAKPOS за весь вибраний період спостережень.

Таблиця 5

## Точність координат референціальних станцій мережі ZAKPOS

Характеристика	$m_x$ , мм	$m_y$ , мм	$m_z$ , мм
Сер.	1.3	0.8	1.4
max	2.5	1.4	2.7
min	0.7	0.4	0.6

З метою виявлення стабільності координат мережі ZAKPOS регулярно проводять координатний моніторинг цих станцій. Він полягає в тому, щоб оцінити зміни координат та за можливості оцінити їхні швидкості. Для цього здійснювали числовий аналіз часових рядів координат кожної станції. Вважаючи зміну координат лінійною, на основі параметрів рівнянь регресії, визначали швидкості цих змін (табл. 6).

Таблиця 6

## Швидкості зміни координат станцій мережі ZAKPOS за період 1517 – 1553 GPS-тижні (0.7 року)

Станція	$V_x$ , м/рік	$V_y$ , м/рік	$V_z$ , м/рік
KHST	-0.0188	0.0175	0.0082
MIZG	-0.0240	0.0120	0.0065
MUKA	-0.0124	0.0222	0.0114
RAKH	-0.0193	0.0157	0.0076
VBER	-0.0182	0.0218	0.0128

Як видно із даних табл. 6, значення швидкостей ще не є достатньо стабільними. Такі розбіжності можуть проявлятися переважно, лише через порівняно малий проміжок спостережень (0,7 року).

**Висновки.** 1. Отримано характеристики точності координат референціальних станцій ZAKPOS. 2. Визначено набори координат станцій мережі ZAKPOS у системі ETRS89 для роботи у режимі реального часу. 3. Аналіз отриманих результатів вказує на необхідність подальшого проведення досліджень щодо процесу встановлення вихідних координат референціальних станцій активних мереж.

1. Савчук С., Гринишина-Полюга О. Методика встановлення вихідних значень координат українських перманентних станцій для високоточної геодезичної прив'язки // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. пр. – Л., 2009. – С. 39–43. 2. Кучер О.В., Стопхай Ю.А. Архітектура і дослідження програмних засобів для обробки матеріалів супутникових радіонавігаційних спостережень з довгими та наддовгими базами // Вісник геодезії та картографії. – 2002. – № 1. – С. 12–16. 3. Стопхай Ю.А., Висотенко Р.О. Обробка GPS-спостережень, виконаних на пунктах фундаментальної геодезичної мережі України в 2000 році // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Ліга-Прес, 2003. – С. 48–54. 4. Altamimi Z., Collilieux X., Legrand J., Garayt B. and Boucher C. ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2007JB004949, 2007. 5. Boucher C., Altamimi Z. Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign / <http://etrs89.ensg.ign.fr/memo-V7.pdf>. 6. Bruyninx et al Guidelines for EUREF Densifications – <ftp://epncb.oma.be/epncb/general/>. 7. Castagnetti C., Casula G., Dubbini M., Capra A. Adjustment and transformation strategies of ItalPoS Permanent GNSS Network // ANNALS OF GEOPHYSICS. – Vol.52, N2, 2009. – p.p. – 181-195. 8. GLONASS ефемериду – <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/glonass/products/>. 9. GNSS Data Center – <http://igs.bkg.bund.de/>. 10. IONEX-файли – <ftp://cddisa.gsfc.nasa.gov/gps/products/ionex/2009/>. 11. GPS ефемериду – <ftp://igsceb.jpl.nasa.gov/igsceb/product/>. 12. Jaworski I., Swiatek A., Zdunek R., Zielinski J.B. Data processing of the ASG-EUPOS network test campaign // Reports on Geodesy. – Warsaw, N2(85), 2008. – p.p. 113-124. 13. Kenyeres, A. Analysis and validation of the ITRF2005 densification solution created by the EPN Time Series Analysis Project. – 2008 / [http://www.euref.eu/TWG/EUREF TWG minutes/](http://www.euref.eu/TWG/EUREF%20minutes/). 14. Kenyeres, A., Bruyninx C. EPN coordinate time series monitoring for reference frame maintenance // GPS Solutions, №8 (4), 2004. – 200–209, doi:10.1007/s10291-004-0104-8. 15. Weekly combined EPN SINEX solutions / <ftp://epncb.oma.be/pub/product/combin/>.