Список використаних джерел

1. *Згуровский М. З.* Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами : монография / М. З. Згуровский, А. А. Павлов. – К. : Наукова думка, 2010. – 573 с.

2. *Павлов О. А.* Дослідження властивостей та розв'язання задачі «Мінімізація сумарного штрафу як за випередження, так і за запізнення відносно директивних строків при виконанні незалежних завдань одним приладом» / О. А. Павлов, О. Б. Місюра, О. В. Мельников // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка : зб. наук. пр. − К. : ВЕК+, 2008. – № 48. – С. 3–6.

3. *Складання* розкладів сумарного випередження і запізнення із налагодженнями, що залежать від послідовності / Ф. Г. Ващук, О. А. Павлов, О. Б. Місюра, О. О. Мельник // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка : зб. наук. пр. – К. : Век+, 2011. – № 53. – С. 192–194.

4. *Baker K.R.* Sequencing with earliness and tardiness penalties: a review / Baker K.R., Scudder G.D. // Operations Research. – 1990. – № 38 (1). – P. 22–36.

5. *Coleman B.J.* A simple model for optimizing the single machine early/tardy problem with sequence dependent setups / B. JAY Coleman // Production and Operations Management. – 1992. – Vol. 1 (2). – P. 225–228.

6. *Fisher M.L.* A dual algorithm for the one-machine scheduling problem / Marshall L. Fisher // Mathematical Programming. – 1976. – Vol. 11 (1). – P. 229–251.

7. *Kanet J.J.* Scheduling with inserted idle time: Problem taxonomy and literature review / Kanet J.J., Sridharan V. // Operations Research. – 2000. – № 48 (1). – P. 99–110.

УДК 528.4:528.3

О.І. Терещук, канд. техн. наук
І.О. Нисторяк, викладач
Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ДОСВІД ФУНКЦІОНУВАННЯ ПЕРМАНЕНТНОЇ GNSS-СТАНЦІЇ «ЧЕРНІГІВ» (CNIV) У МЕРЕЖІ EPN

А.И. Терещук, канд. техн. наук
И.А. Нисторяк, преподаватель
Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

ОПЫТ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРМАНЕНТНОЙ GNSS-СТАНЦИИ «ЧЕРНИГОВ» (CNIV) В СЕТИ EPN

Oleksii Tereshchuk, PhD in Technical Sciences
Ivan Nystoriak, teacher
Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

EXPIRIENCE OF FUNCTIONING OF THE PERMANENT GNSS-STATION «CHERNIHIV» (CNIV) IN EPN NETWORK

Стаття присвячена десятій річниці роботи перманентної GNSS-станції «Чернігів» (CNIV). Висвітлено історію розвитку станції, зокрема, внесення її до EPN – EUREF Permanent Network, зміну обладнання під час експлуатації та основні етапи становлення GNSS-мережі в Україні загалом.

Проаналізовано зміни координат за час роботи станції, кількість спостережень, вплив багатопроменевості та розглянуто координати станції у різних системах. Оцінено також комбіновані координати, швидкості їх зміни та значення тропосферної рефракції. Досліджено вплив та величину річних і сезонних тропосферних рефракцій на станції.

Зазначено, що станція «CNIV» віднесена до класу точності «А» через високий статус свого стабільного положення, похибка якого становить до 1 см у всіх епохах проведених спостережень. З огляду на це станція CNIV може використовуватися як довірча станція для EUREF ущільнення.

***Ключові слова**: перманентна станція, GPS, спостереження, GNSS, клас точності, CNIV.*

Статья посвящена десятой годовщине работы перманентной GNSS-станции «Чернигов» (CNIV). Освещена история развития станции, в частности, внесение ее в EPN – EUREF Permanent Network, изменение оборудования при эксплуатации и основные этапы становления GNSS сети в Украине в целом.

Проанализированы изменения координат за время работы станции, количество наблюдений, влияние многолучевости и рассмотрены координаты станции в различных системах. Оценены также комбинированные координа-

ты, скорости их изменения и значение тропосферной рефракции. Исследовано влияние и величину годовых и сезонных тропосферных рефракций на станции.

Отмечено, что станция «CNIV» отнесена к классу точности «А» через высокий статус своего стабильного положения, погрешность которого составляет до 1 см во всех эпохах проведенных наблюдений. Учитывая это, станция CNIV может использоваться в качестве доверительной станции для EUREF сгущения.

***Ключевые слова**: перманентная станция, GPS, наблюдения, GNSS, класс точности, CNIV.*

The article is devoted to the tenth anniversary of permanent GNSS-station "Chernihiv» (CNIV). The history of the station, including introducing her to EPN – EUREF Permanent Network, change equipment during operation and the main stages of formation GNSS-network in Ukraine as a whole.

The article analyzes the change of coordinates on the work station observations, the effect of multipath and reviewed coordinate stations in different systems. Estimated combined as coordinates, velocity of change and value troposphere refraction. The influence and size of annual and seasonal tropospheric refraction at the station.

Specified that the station «CNIV» attributed to accuracy class "A" due to the high status of its stable position error which is 1 cm in all the eras performed observations. With this in mind, CNIV station can be used as the confidential EUREF stations for thickening.

***Key words**: permanent station, GPS, observations, GNSS, accuracy class, CNIV.*

Постановка проблеми. Одним із пріоритетних векторів розвитку інженерно-будівельного факультету, який був заснований у 2003 році та проводив освітню діяльність з напрямів підготовки інженерного спрямування, вважалося створення відповідних умов для розгортання сучасних супутникових технологій координатного забезпечення. Впровадження цих технологій, зокрема і в навчальний процес, вважалося певним «локомотивом» у становленні та розвитку вже ліцензованих на той час спеціальностей – землевпорядкування та кадастр і геоінформаційні системи й технології.

Аналіз останніх досліджень. За результатами проведеного моніторингу з цих питань з'ясувалося, що до 2003 року ринок надання супутникових навігаційних послуг в області тільки формувався і необхідність створення на цих теренах перманентної GPS-станції стала очевидною, оскільки на Чернігівщині такої станції не було. Правда, в Україні на той час уже працювали вісім перманентних станцій, які входили, крім української, ще і до європейської перманентної мережі.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Було прийняте рішення щодо придбання та встановлення 9-ї в Україні перманентної станції на базі факультету в м. Чернігові. Залишилося тільки придбати двохчастотний GPS-приймач з антеною. Вартість цього обладнання і на сьогодні залишається надзвичайно високою, не кажучи, які це кошти були 12 років тому. На той час фінансовий стан інституту не дозволяв придбати для навчального закладу приймач навіть зі знижкою від виробника. Тому довелося звернутися за допомогою до наших колег-науковців з Києва, які фундаментально працювали над питаннями координатного забезпечення України. Після недовгих вагань директор ГАО НАН України академік Ярослав Яцків передав нам у тимчасове користування комплект супутникового приймача Trimble 4000SSi з антеною Choke Ring [14; 9]. Комплект обладнання потребував, як з'ясувалося згодом, серйозного ремонту. Кошти на ремонт знайшлися, завдяки небайдужості осіб, які були позитивно налаштовані на вирішення цієї проблеми.

Далі вирішувалися суто технічні питання, пов'язані із встановленням та розгортанням станції на даху навчальної споруди інституту. Спочатку виникали певні занепокоєння щодо місця встановлення антени GPS-станції, беручи до уваги 2–3-поверховість споруд навчального корпусу інституту та їх розташування «по-сусідству» з дев'ятиповерхівками. Після проведеного детального аналізу щодо можливості встановлення антени у таких умовах, за яких задовольнялися б вимоги міжнародних служб до встановлення антен-станцій, вихід був знайдений.

Для встановлення антени приймача була запроектована та виготовлена 6-метрова термостатована телескопічна щогла, частина якої, приблизно половина, кріпилася анкерними болтами та розтяжками до плит перекриття на горищі, інша – як продовження

на даху. За попередніми розрахунками запроектована щогла мала б витримувати наявні температурні впливи та бути стійкою до вітрових навантажень [16].

На сьогодні можемо констатувати, що за результатами 10-річних спостережень [8; 10; 15; 17; 18] станція CNIV підтверджує свою стійкість у планово-висотному положенні. Розроблена телескопічна конструкція щогли таких розмірів для кріплення антени приймача є чи не єдиною в Україні, а може і в Європі.

Мета статті. Головною метою цієї роботи було вивчити та проаналізувати роботу станції за всі десять років її функціонування. Оцінити швидкості зміни координат станції CNIV, що входить у EPN. Визначити основні критерії якості роботи станції та дослідити точність отримуваних розв'язків і стабільність роботи станції CNIV.

Виклад основного матеріалу. Нову GNSS-станцію «Чернігів» [18] (ідентифікатор: CNIV, номер IERS DOMES: 15501M001) було встановлено 1 квітня 2005 р. та 19 травня цього ж року введено в експлуатацію у межах співпраці між Головною астрономічною обсерваторією НАН України (ГАО НАН України, м. Київ) та Чернігівським державним інститутом економіки і управління (нині Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів) з метою розвитку української постійної GNSS-мережі [19].

Станція розташована в будівлі інженерно-будівельного факультету ЧДІЕУ (нині ЧНТУ) за адресою м. Чернігів, вул. Генерала Бєлова, 4. Антена встановлена на металевій телескопічній опорі висотою 6 м, яку змонтовано на даху третього поверху навчального корпусу (рис. 1, *а*). Конструктивні дані опори та розрахунок конструкції на міцність залежно від температурного режиму та вітрового навантаження наведено в [16].

На станції «Чернігів» (CNIV) встановлено комплект GNSS-апаратури від фірми Trimble Navigation, Ltd.:

– приймач «Trimble 4000SSi» (рис. 1, *б*);
– антену дизайну Choke Ring (код IGS: TRM29659.00);
– антенний кабель довжиною 30 м.

а *б*

Рис. 1. Обладнання постійної станції «Чернігів»

Вищевказане обладнання використовувалось до модернізації, яка відбулася у 2011 році, а саме 15 травня 2011 року було встановлено (рис. 2):

– приймач NovAtel DL-V3 (код IGS:NOV OEMV3) ;
– антену без купола Novatel-702GG (код IGS: NOV702GG);
– антенний кабель довжиною 25 м.

14 лютого 2013 р. (день року 045) на станції CNIV (Чернігів) встановлено обладнання компанії System Solutions (рис. 3):

– приймач LEICA GRX1200+GNSS (S/N 496975);
– антену LEIAR10(S/N 15303008);
– антенний кабель довжиною 30 м.

Рис. 2. Оновлене обладнання на станції «Чернігів» – приймач NovAtel DL-V3

Рис. 3. Обладнання фірми Leica на постійній станції «Чернігів»

Спостереження GNSS-супутників відновлені в 11:46 GPS. Відтепер станція CNIV входить у мережу System.NET.

23 вересня 2014 р. приймач було замінено на LEICA GR10 (S\N 701077), який працює дотепер.

У табл. наведено координати станції в різних системах координат.

Таблиця

Координати станції

Система координат	X	Y	Z (H)
СК-63 [5]	5515018,228	5385917,219	124,074
УСК-2000 [6]	5711277,038	6383062,412	151,970
IGS08	3397784,981	2066990,660	4969811,615
IGb08 (епоха: 2012.0) [4]	3397784,996	2066990,520	4969811,521
ETRF2000 (епоха: 2012.0) [3]	3397785,555	2066990,333	4969811,346
ITRF [1]	3397785,211	2066990,560	4969811,575
Географічні	+513108,18	+0311848,96	175,9

Регулярні спостереження GNSS-супутників на станції «Чернігів» розпочато 2 вересня 2005 р. Управління станцією здійснюється за допомогою програми Becrux під операційною системою Linux в автоматичному режимі. Режим роботи станції дещо видозмінювався, але нині має такий вигляд:

– інтервал реєстрації сигналів від супутників – 1 с;
– мінімальний кут місця для супутників, що спостерігаються – 0º;
– пересилання файлів спостережень – щогодини.

Дані спостережень пересилаються у внутрішньому бінарному форматі до Операційного центру даних у ГАО НАН України, де вони перетворюються у формат Compact RINEX.

Кількість зареєстрованих спостережень GNSS-супутників на станції «Чернігів» показано на рис. 4. Як ми бачимо, за 10 років кількість спостережень збільшилася на 4 500, що пов'язано, на нашу думку, зі збільшенням супутників, які спостерігають. Оцінений вплив багатопроменевості на частотах L1 та L2 на станції, для прикладу, за 2012 рік, наведено на рис. 5.

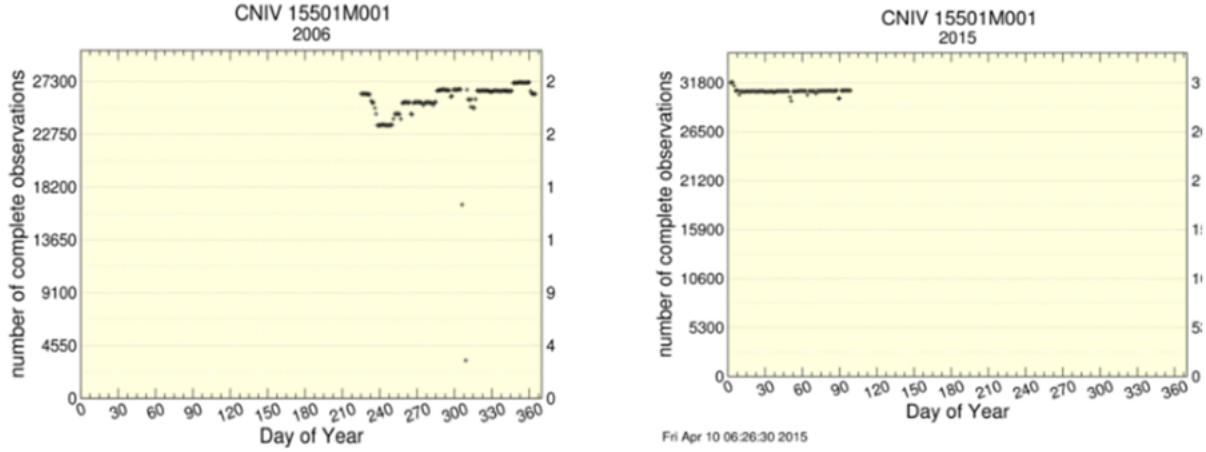

Рис. 4. Кількість спостережень на станції «Чернігів» за 2006 та 2015 рр.

29 жовтня 2006 р. (GNSS-тиждень 1399) станцію «Чернігів» було включено до Європейської перманентної GNSS-мережі (EPN) [23]. На веб-сторінці Центрального Бюро EPN, присвяченій станції CNIV, наведено інформацію про станцію, оцінювання якості спостережень, часові ряди координат станції, реалізовано доступ до даних спостережень з інтервалом 30 с та до листів з електронної розсилки EPN, що відносяться до станції [11; 12]. На рис. 5 показано вплив багатопроменевості на частоті L1 та L2, для прикладу, за 2012 рік. Як видно з рис. 5, на частоті L1 вплив багатопроменевості в середньому становить 0,4 м, тоді як на частоті L2 він сягає більше 1 м.

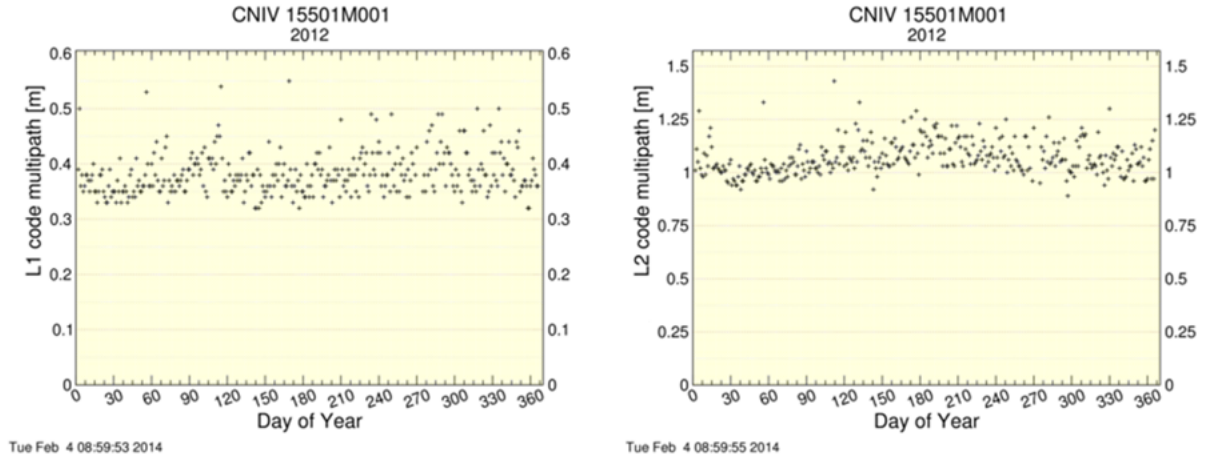

Рис. 5. Вплив багатопроменевості на станції «Чернігів» за 2012 рік по частотах L1 та L2

Починаючи з GNSS-тижня 1399 дані спостережень на станції «Чернігів» обробляються чотирма центрами аналізу даних EPN:

– OLG (Інститут космічних досліджень, м. Ґрац, Австрія);
– SGO (Супутникова геодезична обсерваторія, м. Пенц, Угорщина);
– UPA (Університет Падуї, м. Падуя, Італія);
– WUT (Варшавська політехніка, м. Варшава, Польща).

Оцінені комбіновані координати та швидкості станції «Чернігів» також доступні як на веб-сторінці [11], так і на ftp-сервері [24] Центрального Бюро EPN.

Спостереження GNSS-супутників на станції «Чернігів» (CNIV) для GNSS-тижнів 1338–1399 було оброблено в Локальному центрі аналізу GNSS-даних ГАО НАН України за допомогою програмного комплексу «Bernese GNSS Software ver. 4.2» [21] відповідно до вимог EPN, дійсних на той час. Отримані оцінки координат станції «Чернігів» та значення тропосферної рефракції для цієї станції показані на рис. 9–11.

Нами були проведені експериментальні GNSS-спостереження у 2011 [8] та 2014 роках [10] на роверних станціях у Чернігівській та Київській областях, в яких станція «Чернігів» (рис. 6) виконувала роль однієї з базових станцій [10; 8; 15; 17].

Рис. 6. Схема розташування перманентних GPS-станцій CNIV-Чернігів, PRYL-Прилуки, KORP-Короп

Як видно з рис. 7–9, величина зміни координат за весь час роботи станції становить до 5 мм у плані та до 10 мм по висоті, що є досить вагомим показником, враховуючи умови встановлення станції [13; 16; 18]. Зважаючи на це, EUREF класифікував CNIV (Чернігів, Україна) у класі точності A. Це означає, що станція може використовуватися як довірча станція для EUREF ущільнення [22].

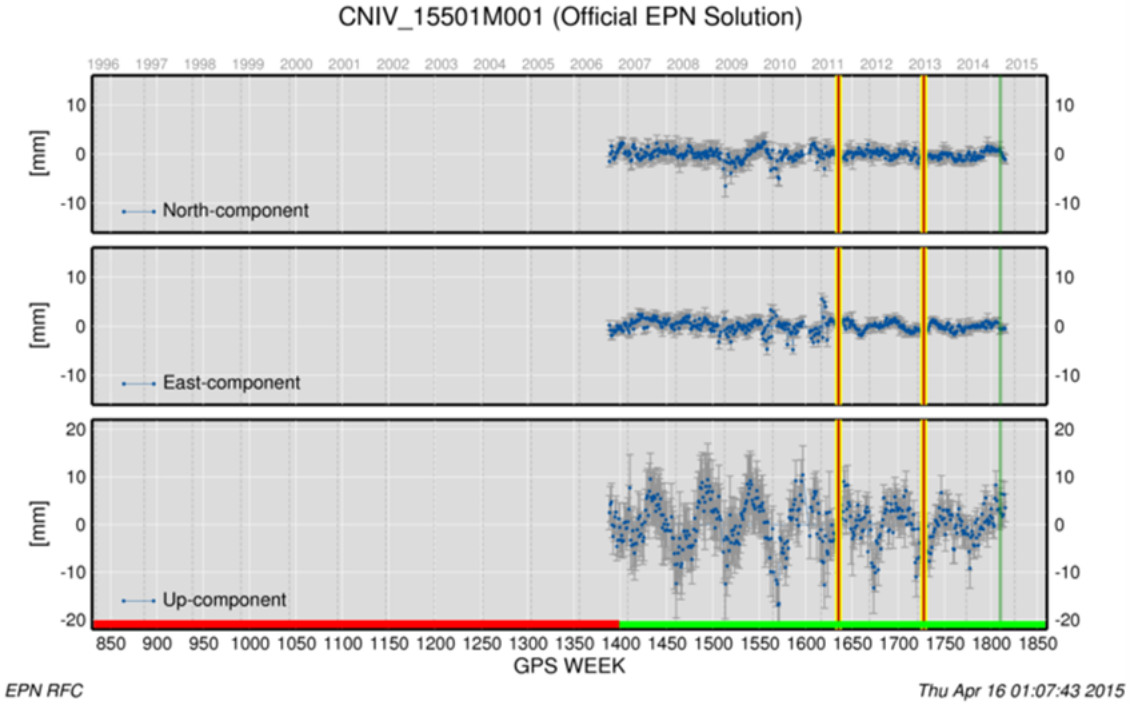

Рис. 7. Зміни координат станції «Чернігів»

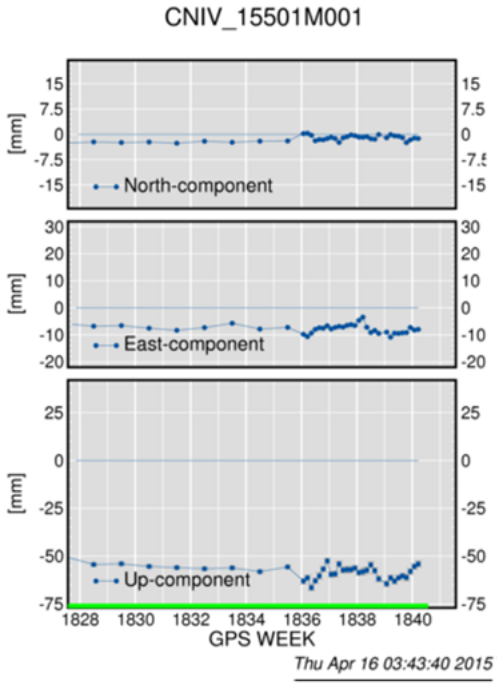

Рис. 8. Щотижневі рішення EPN положення станції «Чернігів» (за останні тижні)

EPN_A_ETRF2000_C1815.SSC - EPN_A_IGb08_C1815.SSC (January 22, 2015)

ETRF2000	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_X	V_Y	V_Z
048/2013 - 298/2014	001/2005	3397785.555 ± 0.001	2066990.333 ± 0.001	4969811.345 ± 0.001	0.0005 ± 0.0001	-0.0005 ± 0.0001	0.0004 ± 0.0001
136/2011 - 040/2013	001/2005	3397785.599 ± 0.001	2066990.360 ± 0.001	4969811.407 ± 0.001	0.0005 ± 0.0001	-0.0005 ± 0.0001	0.0004 ± 0.0001
225/2006 - 132/2011	001/2005	3397785.598 ± 0.000	2066990.359 ± 0.000	4969811.410 ± 0.001	0.0005 ± 0.0001	-0.0005 ± 0.0001	0.0004 ± 0.0001

IGb08	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_X	V_Y	V_Z
048/2013 - 298/2014	001/2005	3397785.181 ± 0.001	2066990.519 ± 0.001	4969811.520 ± 0.001	-0.0196 ± 0.0001	0.0143 ± 0.0001	0.0090 ± 0.0001
136/2011 - 040/2013	001/2005	3397785.225 ± 0.001	2066990.547 ± 0.001	4969811.582 ± 0.001	-0.0196 ± 0.0001	0.0143 ± 0.0001	0.0090 ± 0.0001
225/2006 - 132/2011	001/2005	3397785.224 ± 0.000	2066990.545 ± 0.000	4969811.585 ± 0.001	-0.0196 ± 0.0001	0.0143 ± 0.0001	0.0090 ± 0.0001

Рис. 9. Фрагмент таблиці координат та їх змін для станції «Чернігів», що публікуються EUREF

Затримки розповсюдження кодових і фазових GNSS сигналів, що зумовлені нейтральною атмосферою (тобто тропосферою), напевне один із останніх факторів, що обмежує точність геодезичних застосувань GNSS. Зенітна затримка (ZTD) через тропосферну рефракцію має порядок 2,3 м або близько 8 нс для станції на рівні моря в стандартних атмосферних умовах [2]. На рис. 10 показані значення тропосферної рефракції для станції «Чернігів» по роках.

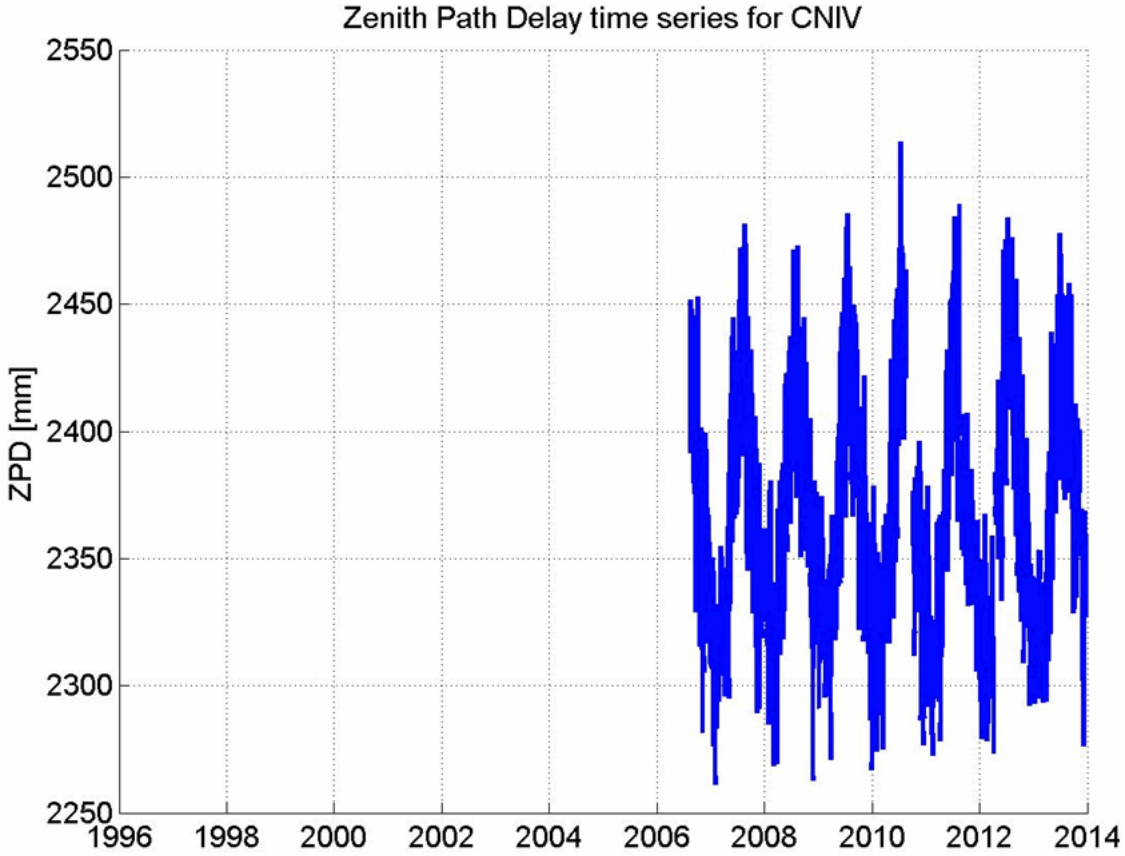

Рис. 10. Значення тропосферної рефракції для станції «Чернігів» по роках

Аналізуючи рис. 11, можна зробити висновок, що найбільша інтенсивність варіацій зенітної тропосферної затримки радіосигналів досягається в літній період, мінімальна – у зимовий. Навесні і восени рівень варіацій усіх масштабів практично відповідає середньорічному. Цікаво, що в середньому інтенсивність мезомасштабних процесів щодо величини добового ходу становить 30–50 %, однак максимальне співвідношення інтенсивності мезомасштабних процесів у кілька разів можуть перевищувати величину добового ходу в окремі моменти часу. Тобто вимушені коливання атмосферної рефракції (добовий хід метеопараметрів) і мезомасштабна динаміка, як і слід було очікувати, обумовлені різними причинами [7].

У теплий період року, переважно в денні години, мезомасштабна динаміка обумовлена конвекцією, викликаної нагріванням підстилаючої поверхні. Крім того, при позитивних приземних температурах повітря збільшується кількість водяної пари у тропосфері, а його поле істотно неоднорідне [20]. Отже, зростає вплив неоднорідностей водяної пари у варіації індексу рефракції, що також може посилювати сезонний хід флуктуацій тропосферної затримки радіохвиль. Вплив поля тиску на інтенсивність мезомасштабної динаміки тропосфери, швидше за все також пов’язаний з комплексним впливом конвекції і зростаючої концентрації водяної пари у тропосфері.

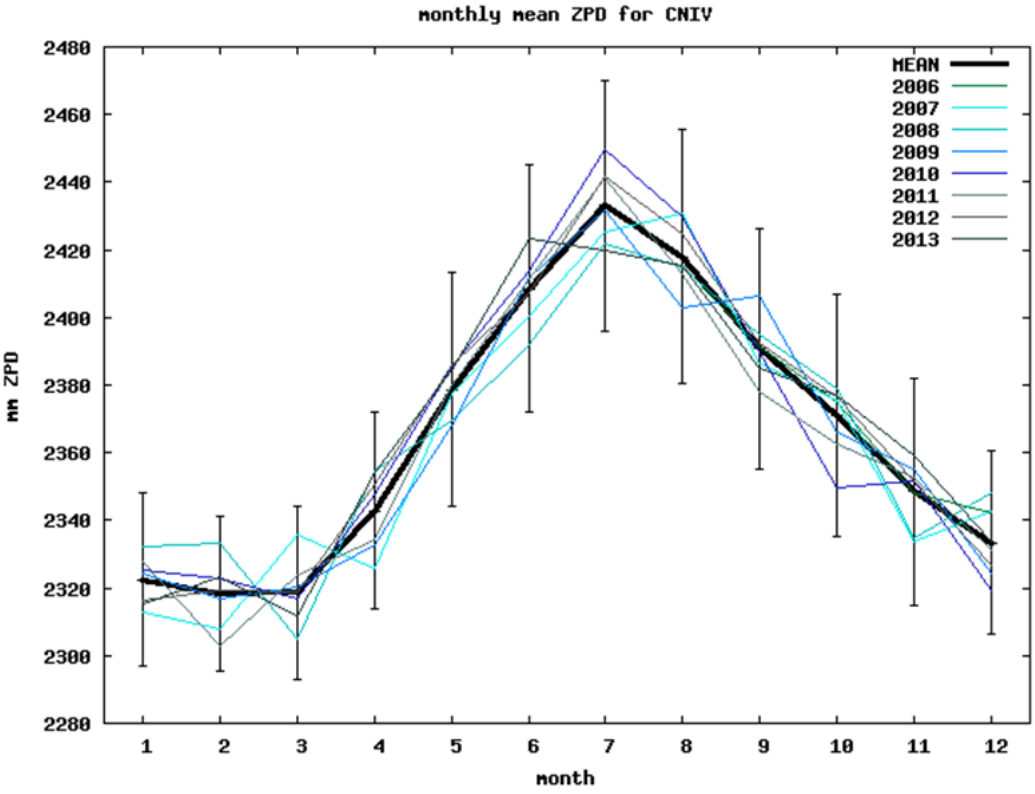

Рис. 11. Значення тропосферної рефракції для станції «Чернігів» по місяцях

Враховуючи десятилітні спостереження на станції CNIV та запровадження EPN у 2012 році певної класифікації станцій за швидкостями змін координат, станцію CNIV було класифіковано у класі A (рис. 12). Це означає, що станція може використовуватися як довірча станція для EUREF ущільнення [22].

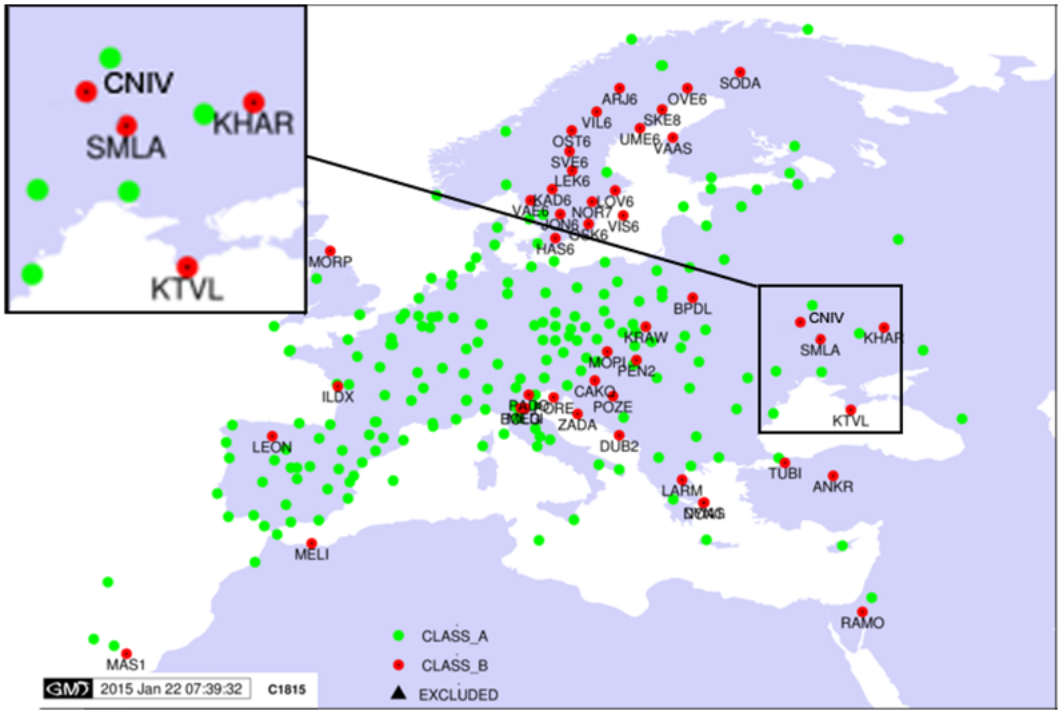

Рис. 12. Карта станцій EPN: станції, позначені зеленим кольором, – станції класу A (точність визначення координат до 1 см на всіх епохах спостережень); станції, позначені червоним кольором, – станції класу B (точність визначення координат до 1 см в епоху мінімальної дисперсії кожної станції)

Цей підхід до класифікації станцій є прагматичним, адже під час класифікації враховується консолідація послідовних оцінок швидкості як основний фактор, щоб перевірити очікувану стабільність координат ETRS89. Основним критерієм є стаціонарність оцінок швидкості станції, де всі 3 компоненти розглядаються окремо.

Станція класу А повинна мати кращі результати, ніж:

– 0,5 мм/рік швидкість «повторюваності» вираховується за останній рік, що відповідає 10 послідовним оцінкам 5-тижневих кроків;

– 0,5 мм/рік швидкість невизначеності вираховують із останніх 3 послідовних накопичувальних рішень, причому жоден компонент з будь-яких трьох рішень не може перевищувати встановлену межу.

В обох випадках усі компоненти перевіряються окремо і всі повинні виконувати вимоги. Станції, що мають менше ніж 2 роки спостережень, у цій класифікації не розглядаються [25].

Висновки. Аналіз роботи перманентної GNSS-станції Чернігів та отримані значення похибки планово-висотного положення свідчать про її високу стійкість, стабільність та надійність результатів спостережень.

Досліджено вплив річних і сезонних тропосферних рефракцій на станції, оцінені також комбіновані координати та швидкості їх зміни.

Впродовж десяти років безперебійної роботи станції тричі змінювалося обладнання при незначних змінах швидкості координат. Зважаючи на цей факт, станцію CNIV віднесено до класу точності «А» через її високий статус стабільного (стійкого) положення, похибка якого становить до 1 см у всіх епохах проведених спостережень. З огляду на це станція CNIV може використовуватися як довірча станція для мережевого ущільнення EUREF.

Список використаних джерел

1. *Журнал* станції CNIV в мережі EPN [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.epncb.oma.be/_networkdata/logfile.php?name=cniv_20140929.log_log&button=View.

2. *Каблак Н. І.* Сучасні підходи до визначення та використання тропосферних затримок / Н. І. Каблак // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів, 2009. – Вип. 72. – С. 22–27.

3. *Координати* станцій мережі EPN. ETRF2000 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : ftp://epncb.oma.be/pub/station/coord/EPN/EPN_A_ETRF2000_C1770.SSC.

4. *Координати* станцій мережі EPN. IGb08 [Електронний ресурс] // Режим доступу : ftp://epncb.oma.be/pub/station/coord/EPN/EPN_A_IGb08_C1770.SSC.

5. *Координати* станцій мережі System.NET. СК-63 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://systemnet.com.ua/ua/coverage-ukr/stantsiji-merezhi/sk-63.

6. *Координати* станцій мережі System.NET. УСК-2000 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://systemnet.com.ua/ua/coverage-ukr/stantsiji-merezhi/usk-2000.

7. *Мониторинг* вариаций параметров тропосферы с помощью сети приемников спутниковых навигационных систем / О. Г. Хуторова, Г. М. Тептин, В. Е. Хуторов, В. В. Калинников // Распространение радиоволн : труды XXIV всероссийской конференции. – Иркутск, 2014. – С. 272–275.

8. *Перша* GNSS-кампанія у Північному регіоні України / О. Терещук, Я. Яцків, В. Мовенко та ін. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2012. – № 1 (23). – С. 38–40.

9. *Практика* створення в Україні інформаційно-вимірювальної GNSS-системи та мережної VRS- технології забезпечення геодезичних і кадастрових зйомок / Я. С. Яцків, В. П. Харченко, В. М. Шокало та ін. // Наука та інновації. – 2009. – Т. 5, № 2. – С. 5–22.

10. *Предварительные* результаты GNSS-наблюдений на пунктах геодезической сети Северного региона Украины / А. Терещук, И. Нисторяк, А. Жалило, А. Желанов // Вестник СГГА (Сибирской государственной геодезической академии). – 2014. – Вып. 4 (28). – С. 29–38.

11. *Сайт* відстеження змін координат станції CNIV [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.epncb.oma.be/_trackingnetwork/coordinates/stationcoordinates4onestation.php?station=CNIV.

12. *Сайт*, присвячений станції CNIV [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.epncb.oma.be/_trackingnetwork/siteinfo4onestation.php?station=CNIV_15501M001.

13. *Супутникова* радіонавігація, моніторинг радіонавігаційного поля, геометричний фактор / В. П. Харченко, В. В. Конін, О. С. Погурельський, О. П. Сушич // Авиационно-космическая техника и технология. – 2005. – № 7. – С. 250–258.

14. *Терещук О. І.* Активні GNSS-мережі та регіональна геодинаміка / О. І. Терещук, С. Г. Савчук, І. О. Нисторяк // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід : збірник наукових праць VII Міжнародної науково-практичної конференції. – 2011. – Вип. II (22). – С. 79–81.

15. *Терещук О. І.* Аналіз GNNS-спостережень у Північному регіоні України / О. І. Терещук, І. О Нисторяк // Містобудування і територіальне планування. – 2013. – № 48. – С. 443–451.

16. *Терещук О. І.* Попереднє обґрунтування конструкції телескопічної опори антени перманентної GPS-станції «Чернігів» / О. І. Терещук, В. В. Суровець, В. І. Мовенко // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід : збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції. – 2005. – Вип. 1. – С. 26–31.

17. *Терещук О.* Попередні результати та аналіз GNSS-спостережень на Чернігівщині / О. Терещук, І. Нисторяк // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2013. – Вип. II (26). – С. 58–61.

18. *Терещук О. І.* Постійнодіюча GPS-станція «Чернігів»: перші п’ять років функціонування / О. І. Терещук, О. О.Хода, М. О.Литвин // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід : збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції. – 2010. – Вип. II (20). – С. 7–13.

19. *Третя* на Чернігівщині перманентна GPS-станція / Я. Яцків, О. Терещук, О. Хода та ін. // Вісник геодезії та картографії. – 2012. – № 2. – С. 18–19.

20. *Хуторова О. Г.* Вариации интегрального атмосферного влагосодержания, полученные по фазовым измерениям приемников спутниковых навигационных систем / О. Г. Хуторова, В. В. Калинников, Т. Р. Курбангалиев // Оптика атмосферы и океана. – 2012. – Т. 25, № 6. – С. 529–533.

21. *Bernese* GPS Software Version 4.2 / Eds. Hugentobler U., Schaer S., Fridez P. – Berne : Astronomical Institute, University of Berne. – 2001. – 515 p.

22. *Bruyninx C* – Altamimi Z – Caporali A – Kenyeres A – Lidberg M – Stangl G – Torres JA (2012): Guidelines for EUREF Densifications [Електронний ресурс]. – Режим доступу : ftp://epncb.oma.be/pub/general/Guidelines_for_EUREF_Densifications.pdf.

23. *EPN* – Європейська перманентна мережа [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.epncb.oma.be/.

24. *FTP* сервер EPN [Електронний ресурс]. – Режим доступу : ftp://epncb.oma.be/pub/product/.

25. *Kenyeres A.* The implementation of IGS08 in the EPN ETRS89 maintenance products // Published online [Електронний ресурс]. – Режим доступу : ftp://epncb.oma.be/pub/station/coord/EPN/IGS08_densification_V4. pdf.