

doi: <https://doi.org/10.15407/kfnt2021.04.079>

УДК 528.2:629.78

Н. В. Ішук¹, М. В. Іщенко², Ю. І. Великодський¹

¹Національний авіаційний університет

пр. Космонавта Комарова 1, м. Київ, Україна, 03058

²Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України

вул. Академіка Заболотного 27, м. Київ, Україна, 03179

E-mail: marina@mao.kiev.ua

Аналіз часових рядів координат ГНСС-станції «Чернігів» (CNIV)

ГНСС-спостереження, які виконуються на перманентних станціях, пов'язані безпосередньо з глобальними та локальними рухами земної кори, а також зазнають впливу різних факторів, таких як багатопроменевість та радіозашумлення сигналу. На цей час вплив таких ефектів вдається аналізувати та виключати з подальшої обробки ГНСС-спостережень. Проте є ряд ГНСС-станцій, які заслуговують на більш ретельний моніторинг стабільності роботи, оскільки вони задають земну реалізацію системи відліку. Прикладом такої ГНСС-станції на території України є станція «Чернігів» (CNIV, DOMES 15501M001), яка належить до класу «А» для задання Європейської референсної системи відліку. В роботі проведено аналіз часових координатних рядів на основі довготривалих безперервних часових серій та проаналізовано лог-файл ГНСС-станції «Чернігів». Виконано порівняння координат станції за час роботи різного обладнання та зроблено висновки щодо стабільності роботи станції. Виявлено, що за весь час роботи станція працює стабільно і не має довготривалих перерв у спостереженнях. Найвагоміші зміни, що відбулися на станції, пов'язані зі зміною обладнання. На станції обладнання змінювалось тричі: у 2005 році встановлено обладнання компанії «Trimble», 2011 року його замінено на обладнання «NovAtel», а з 2013 року встановлено обладнання «Leica», яке функціонує і досі. Аналіз часових рядів даної перманентної станції показав, що при дослідженні зміни координат одночасно для всіх обладнань відбувається певний стрибок на початку роботи обладнання «Leica», пов'язаний зі зміною обладнання, а саме з іншою системою монтування антени у стовп. Але при

дослідженні координатних залишків окремо для кожного обладнання простежуються коливання величин у зимовий та літній періоди, що може бути пов'язано зі структурною деформацією ГНСС-антени.

Ключові слова: ГНСС-станція, координатні часові ряди, супутникова геодезія.

З метою розвитку української перманентної ГНСС-мережі для поширення Міжнародної земної системи координат на територію України спільними зусиллями Головної астрономічної обсерваторії НАН України (ГАО НАН України), м. Київ та Національного університету «Чернігівська політехніка» (м. Чернігів) 25 травня 2005 р. (GPS-тиждень — 1324) було встановлено нову ГНСС-станцію «Чернігів» (ідентифікатор: CNIV, номер DOMES: 15501M001). Станція розташована в будівлі інституту за адресою вул. Генерала Белова 4, м. Чернігів. При встановленні та розгортанні станції виникли технічні питання щодо розташування антени, при якому задовольнялися б вимоги міжнародних служб до встановлення антен станцій. Але після детального аналізу місця розташування станції для встановлення антени приймача було спроектовано та виготовлено 6-метрову термостатовану телескопічну щоглу, приблизно половина якої кріпилася анкерними болтами та розтяжками до плит перекриття на горищі, інша частина — як продовження на даху. За попередніми розрахунками запроектована щогла мала б витримувати наявні температурні впливи та бути стійкою до вітрових навантажень. Розроблена конструкція є чи не єдиною не тільки в Україні, а й в Європі [1].

Контроль та управління станцією здійснював Операційний центр ГАО НАН України. 29 жовтня 2006 р. (GPS-тиждень 1399) станцію «Чернігів» було включено до Європейської перманентної ГНСС-мережі (EPN). 26 лютого 2013 р. (день року 313) станцію «Чернігів» передано до складу мережі «System.NET», спостереження зі станції надсилаються до міжнародних баз даних, зокрема до Федерального агентства картографії та геодезії (BKGI, Німеччина), Федерального агентства з метрології та геодезії (BEV, Австрія) та до Національного географічного інституту (IGN, Франція) Операційним центром ГАО. Спостереження з 30-секундним інтервалом у форматі Compact RINEX зберігаються на ftp-сервері ГАО НАН України у вільному доступі*.

Враховуючи десятилітні спостереження, станцію «Чернігів» було класифіковано у класі «А»**. Це означає, що станція використовується як довірна станція для ущільнення Європейської референсної системи відліку EUREF, у зв'язку з чим питання стабільності та моніторингу роботи станції є актуальною задачею.

Дослідження лог-файла*** станції виявили, що протягом всього часу роботи станція працює стабільно і не має довготривалих перерв у спостереженнях. Найбільш вагомими змінами, що були на станції, пов'язані

* ftp://ftp.mao.kiev.ua/pub/gnss/data/CRINEX_30s/

** http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coordinates/EPN_classes.php

*** https://epncb.eu/_networkdata/siteinfo4onestation.php?station=CNIV00UKR

Перелік обладнання на ГНСС-станції «Чернігів» за даними лог-файлу станції

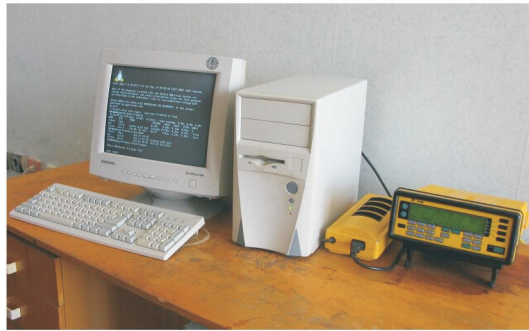
Обладнання	«Trimble Navigation Ltd.» (25 травня 2005 р. — 12 травня 2011 р.)	«NovAtel Inc.» (12 травня 2011 р. — 14 лютого 2013 р.)	«Leica Geosystems AG» (з 18 лютого 2013 р.)
Приймач	«4000SSi» Код IGS: TRIMBLE 4000SSI	DL-V3 Код IGS: NOV OEMV3	GRX1200 Код IGS: LEICA GRX1200+GNSS, до 9 вересня 2014 р.; GR10 Код IGS: LEICA GR10, з 9 вересня 2014 р.
Антенa, купол	«Trimble Choke Ring» Код IGS: TRM29659.00 NONE	GPS-702-GG Код IGS: NOV702GG NONE	GR10 Код IGS: LEIAR10 NONE
Кабель, довжина	«Trimble», 30 м	«Belden H» –1000, 25 м	«Huber+Suhner (Vendor) SUCIFEED_3/8_HF_FR_1 1_21_A», 30 м
Типи ГНСС	GPS+ГЛОНАСС	GPS+ГЛОНАСС	GPS+ГЛОНАСС+Галілео

ні зі зміною обладнання. У табл. 1 наведено перелік обладнання, яке використовувалось і використовується на цей час на станції «Чернігів», а на рис. 1 — зображення приймачів та антен.

25 травня 2005 р. на ГНСС-станції «Чернігів» було встановлено обладнання компанії «Trimble Navigation Ltd»: GPS-приймач «4000 SSi» та GPS-антена типу «Trimble Choke Ring» [8, 9].

Фазові двочастотні приймачі серії «4000 SSi» призначені для вирішення цілого кола завдань, де потрібне високоточне визначення координат з використанням повнофункціонального двочастотного GPS-приймача для геодезичних і картографічних додатків. Основна перевага використання двочастотного методу спостережень на частотах $L1$ та $L2$ полягає у виключенні помилки, що вноситься іоносферою у виміряні відліки фази несучої хвилі. Приймач має 12 двочастотних каналів роботи, дозволяє проводити вимірювання на довгих базових лініях (до 100 км і більше) з сантиметровою точністю. Приймач обладнано можливістю спостережень $L1$ C/A та $L1/L2$ P-кодів з можливістю повного розпізнавання P-коду. Головна особливість приймачів серії 4000 SSi – наявність технології «Super Trak», що дозволяла за рахунок нових технічних рішень забезпечувати більш якісний прийом і обробку навігаційних радіосигналів, і таким чином — працювати в умовах підвищеного радіозашумлення.

Разом з даним приймачем було встановлено антену «Trimble Choke Ring», унікальна конструкція якої забезпечувала гнучкість для до-



а



б



в



Рис. 1. ГНСС-обладнання перманентної станції «Чернігів»: а — приймач «4000 SSi» та антена типу «Trimble Choke Ring», б — приймач DL-V3 та антена GPS-702-GG, в — приймач GRX1200 та антена GR10

сягнення широкого спектру оперативних цілей. Стабільність фазового центра антени забезпечено на рівні 1 мм. Коефіцієнт підсилення складає 50 ± 2 дБ, а діапазон робочих температур — від -40 до $+70$ °C. Має повну герметичність.

Вищевказане обладнання використовувалось майже шість років до модернізації, яка відбулася 12 травня 2011 року: було встановлено новий комплект ГНСС-обладнання від компанії «NovAtel Inc», а саме ГНСС-приймач DL-V3 та ГНСС-антена GPS-702-GG [6, 7].

DL-V3 — це професійний 72-канальний двочастотний ГНСС-приймач з можливістю спостережень GPS- та ГЛОНАСС-супутників, забезпечуючи максимальну функціональну гнучкість і поліпшене позиціонування у складних умовах.

DL-V3 розроблено на основі плати NOV OEMV-3, яка використовує COM- та USB-порти, Ethernet або Bluetooth для обміну даними. Добре видимі кольорові світлодіоди показують статус приймача з перших секунд роботи. Знімний накопичувач Compact Flash дозволяє зберігати до 2 ГБ даних і забезпечити їхню портативність. Для додатків надвисокої точності, RTK, опцій RT-20 та RT-2 забезпечено сантиметрову точність у реальному часі зі швидкістю 50 Гц. Для роботи у субметровій точності приймач підтримує корекції диференційних сервісів «OmniSTAR» та CDGPS.

Антену GPS-702-GG приймає частоти L1- та L2-сигналів GPS- та ГЛОНАСС-супутників. Вона розміщена у міцному водонепроникному корпусі і відповідає стандарту MIL-STD-202F за рівнем вібрації і MIL-STD-810F. Форм-фактор даної антени відповідає іншим антенам «NovAtel GPS-700», що робить її портативною і придатною для широкого спектру додатків. Коефіцієнт підсилення та рівень шуму дорівнюють 29 та 2 дБ відповідно. Дане обладнання працювало майже три роки, а у лютому 2013 р. його було демонтовано.

З 18 лютого 2013 р. на станції «Чернігів» встановлено обладнання компанії «Leica Geosystems AG». Спочатку на станції було встановлено приймач GRX1200 [5], який працював до 9 вересня 2014 р. і був замінений на приймач GR10 [4]. Основні технічні характеристики приймача GRX 1200+ — це підтримка систем GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Compass, наявність 120 каналів, можливість спостережень кодівих і фазових вимірювань з частотою до 20 Гц та запис файлів у форматі RINEX. Клас захисту корпусу приймача IP 67.

Поправки можуть бути сформовані в форматі RTCM v2.x/3.x, у власному форматі «Leica» і «Leica 4G» (з підтримкою GPS L5, ГЛОНАСС і Galileo) і у форматі CMR та CMR+. Приймач GRX1200+ має вбудований NTRIP-сервер і підтримує передачу даних по протоколу NTRIP. Використовуючи один з трьох мережевих Net-портів, приймач може бути налаштований як базова станція і підключатися до програмного забезпечення GNSS Spider або до мережі Internet.

Супутниковий приймач GR10 спеціально розроблений для використання на перманентних станціях. GR10 є високоточним супутниковим засобом вимірювань, що працює з сигналами глобальних супутникових систем позиціонування GPS, ГЛОНАСС, Галілео і Бейдоу. «Leica Geosystems» розробила і застосувала в приймачі GR10 новітні технології стеження за супутниковим сигналом і отримання результатів позиціонування «SmartTrack+» і «SmartCheck+». Технологія «SmartTrack+» забезпечує надійне спостереження супутникових сигналів за лічені секунди навіть в міських умовах, при обмеженні прямої видимості на супутники, там, де застосування тільки GPS-приймачів

ускладнене. Технологія вимірювань в режимі реального часу «SmartCheck+» дозволяє обробляти одночасно GPS- і ГЛОНАСС-сигнали для отримання результатів в режимі RTK із сантиметровою точністю, з частотою до 50 Гц, на відстані від базової станції 30 км і більше. Ініціалізація виконується за кілька секунд. Зйомку можна виконувати у складних для прийому супутникових сигналів умовах.

Антену AR10 [3] — компактна пасивна ГНСС-антена геодезичного класу із вбудованим захисним ковпаком і захисним екраном. Завдяки вбудованому куполу AR10 запобігає скупченню снігу, який в іншому випадку міг би погіршити якість сигналу. Несферичний купол був розроблений для оптимальної якості сигналу і має додаткову перевагу — відлякування птахів від сидання на антену. Аеродинамічна форма антени знижує вітрове навантаження і разом з невеликою вагою забезпечує можливість використання AR10 з різними кріпленнями на геодезичних стовпах або як польову базу на штативі. Виготовлена з використанням міцного і стійкого до УФ-випромінювання корпусу, AR10 витримує екстремальні температури, вологість, пил, сіль, сонячну радіацію, забруднення середовища, удари і вібрацію.

Для дослідження стабільності роботи ГНСС-станції були використані часові координатні ряди, отримані в Центрі аналізу ГНСС-даних ГАО НАН України (див статтю О. Ходи у № 1 цього ж журналу за 2019 р.). Результати обробки розміщуються на ftp-сервері ГАО НАН України за посиланням <ftp://ftp.mao.kiev.ua/pub/gnss/products/IGb08/> у форматі SINEX у вільному доступі. Координатні розв'язки приведено на середину кожної доби у системі відліку IGB08, реалізація системи відліку ITRF2008. Проте для зручності аналізу було вирішено використовувати систему відліку ETRF, прив'язану до євразійської літосферної плити, тобто швидкість руку самої плити враховується при перетворенні координат з Міжнародної системи (ITRF2008) до європейської (ETRF2008) системи відліку [2]. Середні величини координат для всього періоду роботи станції становлять: $X = 3397785.58528$ м, $Y = 2066990.34606$ м, $Z = 4969811.38834$ м.

На рис. 2 представлено зміни у часових координатних рядах для ГНСС-станції «Чернігів» з 25 травня 2005 р. по 2017 р. Значення представлено для координат X , Y і Z у системі відліку ETRF2008.

Як можна бачити з рис. 2, найсуттєвіші зміни у рядах координат спричинено заміною антени з GPS-702-GG компанії «NovAtel Inc.» на антену GR10, «Leica Geosystems AG». Різниці між координатами на момент зміни обладнання становлять: $X = 43.51$ мм, $Y = 27.56$ мм, $Z = 65.45$ мм. Така зміна пов'язана з іншою системою фіксування антени на геодезичному стовпі.

Для того щоб краще проаналізувати зміни у часових координатних рядах, розв'язки було приведено до координатних залишків X , Y і Z окремо для кожного з трьох періодів роботи станції.

Середні значення координат під час роботи ГНСС-обладнання «Trimble» дорівнюють: $X = 3397785.5977$ м, $Y = 2066990.35567$ м, $Z =$

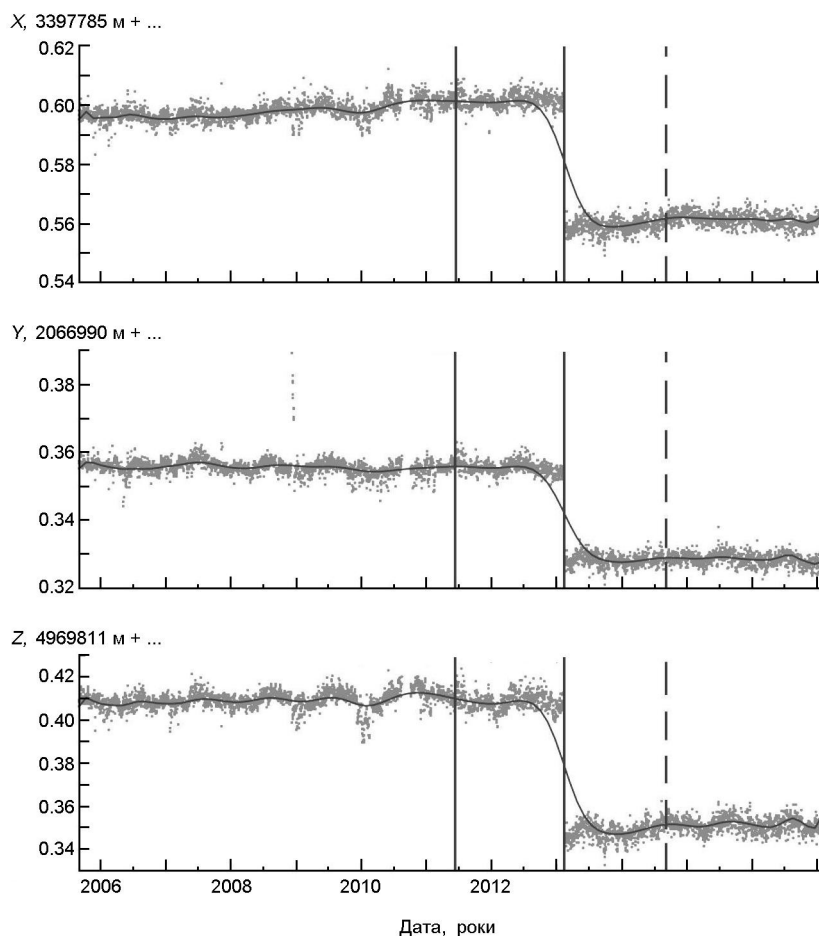


Рис. 2. Часові координатні ряди для ГНСС-станції «Чернігів» у системі відліку ETRF2008. Суцільна лінія — тренд, побудований за допомогою функції Безьє. Вертикальні суцільні лінії — моменти зміни приймача та антени, штрихова лінія — момент зміни приймача

= 4969811.40927 м. На рис. 3 представлено зміну в часі залишків координат X , Y і Z для ГНСС-обладнання «Trimble».

З рис. 3 можна бачити, що з середини 2008 року, особливо по координатах X та Z , починають відбуватись більш виразні коливання у зимово-літній період, ніж до середини 2008 р. Наприклад, аналізуючи лінію, побудовану за функцією Безьє, можна бачити, що до 2008 р. коливання для X , Y і Z становили від -3 до $+3$ мм, то після 2008 р. особливу зміну зазнали координати X та Z — коливання становлять від -5 до $+5$ мм, а для координати Y ці зміни залишились на рівні від -3 до $+3$ мм. Також слід зазначити стрибок у координатах на період грудень 2008 р. — січень 2009 р., найпомітніший по координаті Y (до $+34$ мм) та по координаті Z (-15 мм). Подібний стрибок також спостерігається і для 2010 р. На жаль, причину такої поведінки координатних рядів встановити неможливо. За даними лог-файлу у ці два періоди не відбувалось жодних змін у роботі станції.

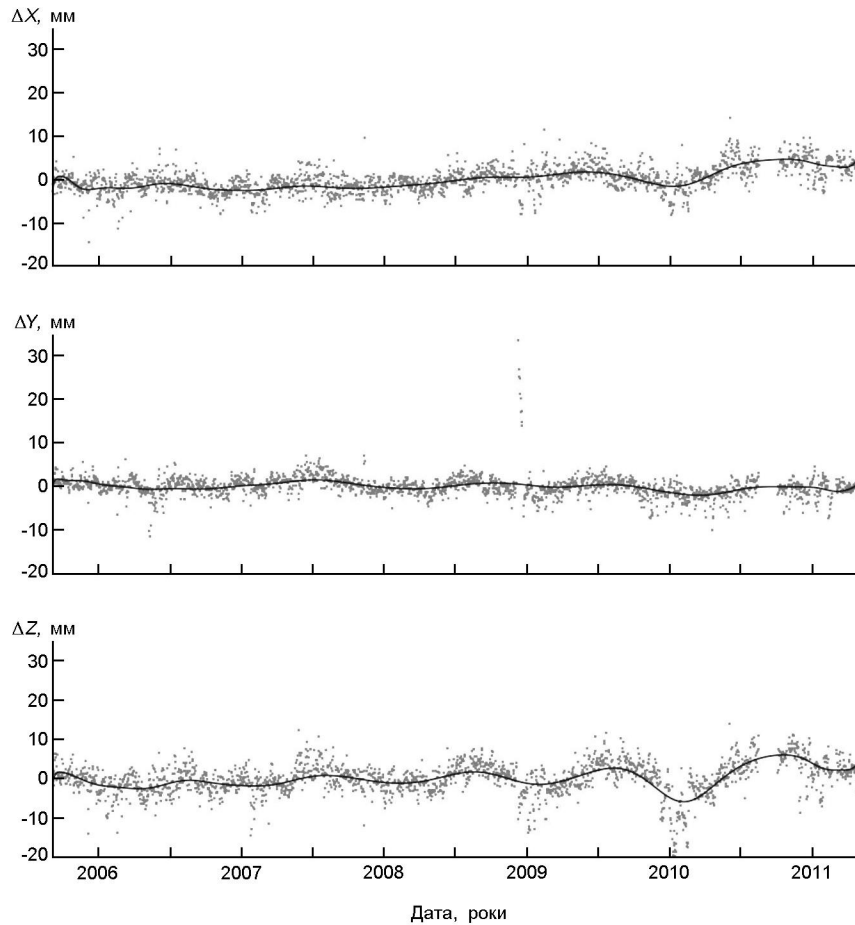


Рис. 3. Залишки координат для ГНСС-обладнання «Trimble», яке використовувалось у 2005—2011 роках. Суцільна лінія — тренд, побудований за допомогою функції Безьє

Середні значення координат під час роботи ГНСС-обладнання «NovAtel» становлять: $X = 3397785.60152$ м, $Y = 2066990.35554$ м, $Z = 4969811.40853$ м. На рис. 4 представлено зміну в часі залишків координат X , Y і Z для ГНСС-обладнання «NovAtel», яке використовувалось у 2011—2013 рр.

З рис. 4 видно, координати по Z є більш розсіяними по осі ординат і лежать у межах від -10 до $+10$ мм, тоді як координати X та Y на осі ординат лежать більш скупчено — від -5 до $+5$ мм. З іншого боку, для координат Y та Z чіткіше простежується коливання координатного ряду у зимово-літній період, ніж для координати X .

Середні значення координат під час роботи ГНСС-обладнання «Leica» становлять: $X = 3397785.56051$ м, $Y = 2066990.32833$ м, $Z = 4969811.34995$ м. На рис. 5 представлено зміну в часі залишків координат X , Y і Z для ГНСС-обладнання «Leica», яке використовується з 2013 року.

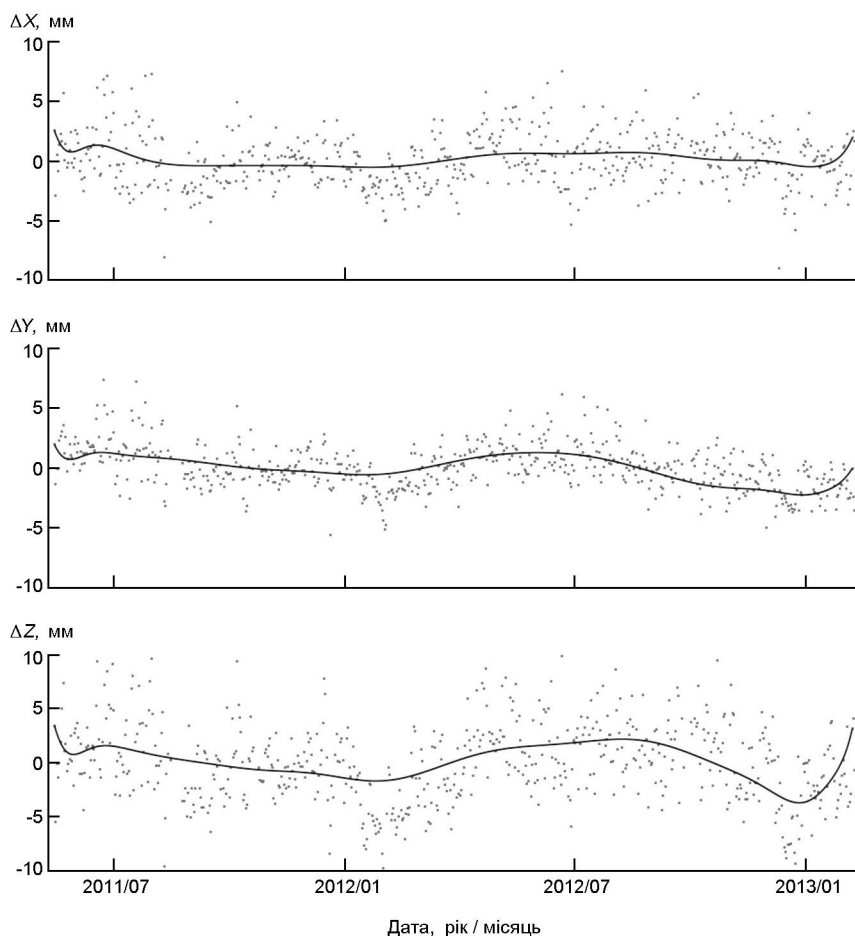


Рис. 4. Те ж для ГНСС-обладнання «NovAtel», яке використовувалось у 2011—2013 роках

Як видно з рис. 5, найбільш чутливою до сезонних змін є координата Z , коливання відмічаються у межах від -3 мм до $+2$ мм. Координатні ряди X та Y майже не зазнають впливу сезонних змін.

З аналізу рис. 2...6 можна зробити висновок, що під час роботи ГНСС-обладнань «Trimble» та «NovAtel» спостерігаються коливання координат X , Y та Z . Це може бути пов'язано з сезонними коливаннями температур, адже, як видно з рис. 2...5, взимку значення зменшуються, а влітку збільшуються. Така зміна у координатних рядах може бути пов'язана з особливостями конструкції ГНСС-обладнання, а саме спричинена структурною деформацією ГНСС-антени.

Додатково було проаналізовано середні залишки координатних величин для всіх трьох типів обладнань. З рис. 6 видно, що незважаючи на відсутність чіткої кореляції сезонних змін у координатних залишках для обладнання фірми «Leica», отримані значення є найбільшими з усіх трьох типів для кожної координати: $X = -24.76$ мм, $Y = -17.72$ мм, $Z = -38.38$ мм. Для обладнань фірм «Trimble» значення

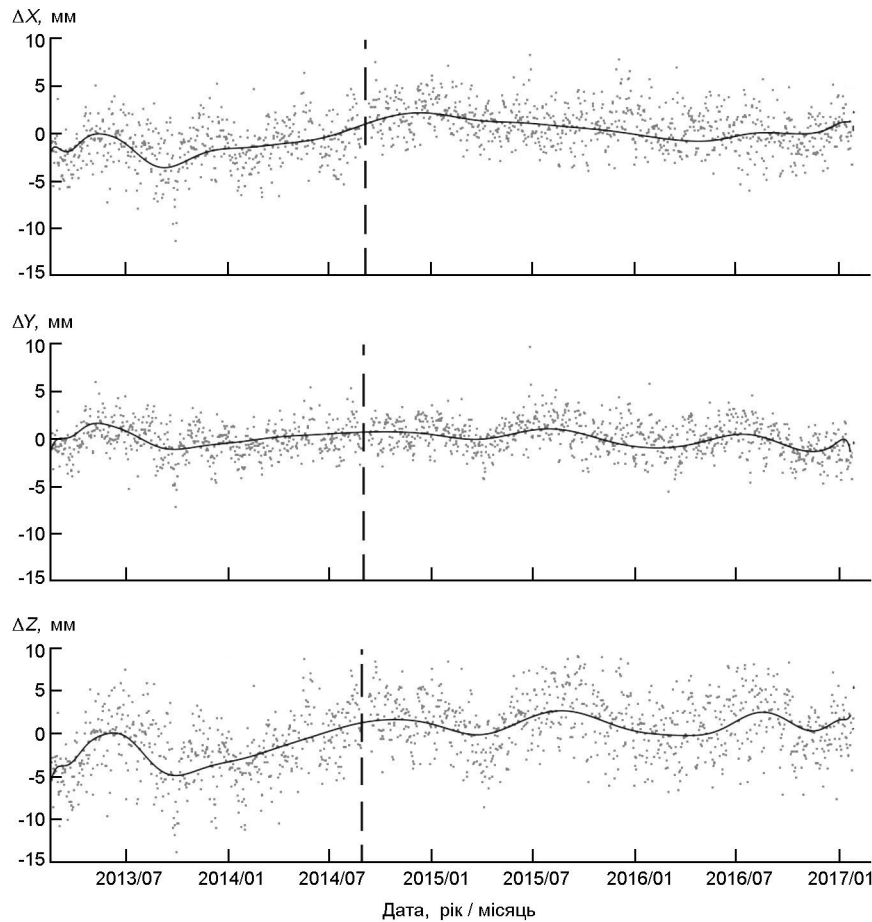


Рис. 5. Те ж для ГНСС-обладнання «Leica», яке використовується з 2013 року. Вертикальна лінія — момент зміни приймача

координатних залишків становлять 12.49 мм, 9.60 мм та 20.9 мм; а для обладнання «NovAtel» — 16.23 мм, 9.47 мм та 20.19 мм для X , Y та Z відповідно.

У роботі було досліджено та проаналізовано часові ряди координат ГНСС-станції «Чернігів» (ідентифікатор: CNIV, номер DOMES: 15501M001). Станцію було введено в дію 25 травня 2005 року. 29 жовтня 2006 р. (день року — 302, ГНСС-тиждень 1399) станцію «Чернігів» було включено до Європейської перманентної ГНСС-мережі (EPN). У 2012 році, враховуючи десятилітні спостереження на станції CNIV, її було класифіковано у клас А (точність визначення координат до 1 см на всіх епохах спостережень). Це означає, що станція може використовуватися як довірча станція для EUREF-ущільнення.

При дослідженні лог-файла станції було виявлено, що протягом всього часу роботи станція працює стабільно і не має довготривалих перерв у спостереженнях. Найбільш вагомими змінами, що були на станції, пов'язані зі зміною обладнання. На станції тричі змінювалось облад-

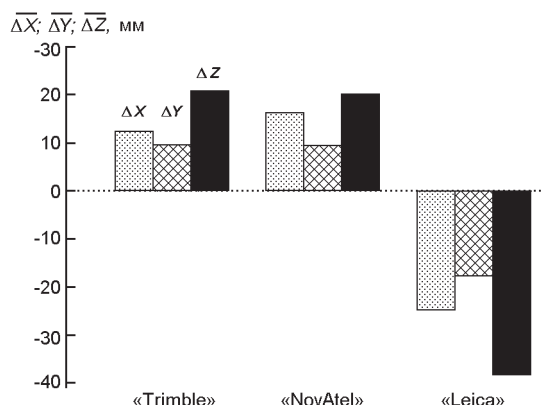


Рис. 6. Середні значення залишків координат для обладнань «Trimble», «NovAtel» та «Leica»

нання — у 2005 р. встановлено обладнання компанії «Trimble», 2011 р. його замінено на «NovAtel», а 2013 р. — на обладнання «Leica», яке працює і досі. Аналіз часових рядів даної постійної станції показав, що при дослідженні зміни координат одночасно для всіх обладнань відбувається певний скачок на початку роботи обладнання «Leica», пов'язаний зі зміною обладнання, а саме з іншою системою монтування антени у стовп. Але при дослідженнях координатних залишків окремо для кожного обладнання простежуються коливання величин в зимовий та літній періоди, що може бути пов'язано зі структурною деформацією ГНСС-антени.

ПОДЯКА

Робота Іщенко М. В. виконана в рамках науково-дослідної роботи «Дослідження фундаментальних процесів обраних об'єктів Всесвіту та перспективи практичного використання астроінформації», № 379Ц.

1. Терещук О. І., Нисторьяк І. О. Досвід функціонування постійної GNSS-станції «Чернігів» (CNIV) у мережі EPN. *Технічні науки і технології*. 2015. 1, № 1.
2. Altamimi Z. Relationship and Transformation between the International and the European Terrestrial Reference Systems. *EUREF Technical Note 1*. 2018. URL: <http://etrs89.ensg.ign.fr/pub/EUREF-TN-1.pdf> (дата звернення 29.09.2020).
3. «Leica AR10» (Код IGS: «LEIAR10»). URL: <https://leica-geosystems.com/products/gnss-reference-networks/antennas/leica-ar10> (дата звернення 29.09.2020).
4. «Leica GR10» (Код IGS: «LEICA GR10»). URL: https://www.gfk-leica.ru/files/catfiles/gnss/leica_gr10-gr25_user-guide_ru.pdf (дата звернення 29.09.2020).
5. «Leica GRX1200» (Код IGS: «LEICA GRX1200+GNSS»). URL: <https://ngc.com.ua/info/grx1200.html> (дата звернення 29.09.2020).
6. «NovAtel» «(Код IGS: «DL-V3») User-Manual. URL: <https://portal.hexagon.com/public/Novatel/assets/Documents/Manuals/om-20000119> (дата звернення 29.09.2020).

7. «NovAtel» (Код IGS: «GPS-702-GG»). URL: <https://novatel.com/support/previous-generation-products-drop-down/previous-generation-products/gps-702-gg-antenna> (дата звернення 29.09.2020).
8. «Trimble 4000SSI» (Код IGS: «TRIMBLE 4000SSI») User Guide (1995). URL: <http://cody.inlandgps.com/pub/Trimble%20Stuff/From%20Trimble/Documentation/4000%20Series/4000SSI%20User%20Guide%20199502.pdf>. (дата звернення 29.09.2020).
9. «Trimble Choke Ring» (Код IGS: «TRM29659.00»). URL: <https://www.trimblertx.com/supporteddevices.aspx> (дата звернення 29.09.2020).

REFERENCES

1. Tereshchuk O., Nystoriak I. (2015) Experience of functioning of the permanent GNSS station «Chernihiv» (CNIV) in EPN network. *Techn. Sci. and Technol.* 1, № 1. (In Ukrainian)
2. Altamimi Z. (2018). Relationship and Transformation between the International and the European Terrestrial Reference Systems. *EUREF Technical Note 1*. URL: <http://etrs89.ensg.ign.fr/pub/EUREF-TN-1.pdf> (Last accessed 29.09.2020).
3. «Leica AR10» (Код IGS: «LEIAR10»). URL: <https://leica-geosystems.com/products/gnss-reference-networks/antennas/leica-ar10> (Last accessed 29.09.2020).
4. «Leica GR10» (Код IGS: «LEICA GR10»). URL: https://www.gfk-leica.ru/files/catfiles/gnss/leica_gr10-gr25_user-guide_ru.pdf (Last accessed 29.09.2020).
5. «Leica GRX1200» (Код IGS: «LEICA GRX1200+GNSS»). Mode of access: <https://ngc.com.ua/info/grx1200.html> (Last accessed 29.09.2020).
6. «NovAtel» «(Код IGS: «DL-V3») User-Manual. URL: <https://portal.hexagon.com/public/Novatel/assets/Documents/Manuals/om-20000119> (Last accessed 29.09.2020).
7. «NovAtel» «(Код IGS: «GPS-702-GG»). URL: <https://novatel.com/support/previous-generation-products-drop-down/previous-generation-products/gps-702-gg-antenna> (Last accessed 29.09.2020).
8. «Trimble 4000SSI» (Код IGS: «TRIMBLE 4000SSI») User Guide (1995). URL: <http://cody.inlandgps.com/pub/Trimble%20Stuff/From%20Trimble/Documentation/4000%20Series/4000SSI%20User%20Guide%20199502.pdf> (Last accessed 29.09.2020).
9. «Trimble Choke Ring» (Код IGS: «TRM29659.00»). URL: <https://www.trimblertx.com/supporteddevices.aspx>. (Last accessed 29.09.2020).

N. V. Ishchuk¹, M. V. Ishchenko^{1,2}, Y. V. Velikodsky²

¹National Aviation University, Kyiv, Ukraine

²Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ANALYSIS OF TIME SERIES OF COORDINATES OF GNSS STATION «CHERNIHIV» (CNIV)

GNSS observations carried out at permanent stations are directly related to global and local movements of the earth's crust, and are also influenced by various factors such as multipath and radio noise signal. At present, the influence of such effects can be analyzed and excluded from further processing of GNSS observations. However, there are GNSS stations that deserve more attention for the monitoring of the stability of the observation

operation because they define the terrestrial implementation of the reference system. Chernigiv (CNIV, DOMES 15501M001) is an example of such GNSS station on the territory of Ukraine which listed in the A class to set European reference frame. The paper analyzes the continuous coordinate time series and the log file of the GNSS station Chernigiv. Comparison of the coordinates of this station was performed on various equipment. Based on this, conclusions were made about the stability of the station. It was found that during the whole time of operation the station works stably and does not have long breaks in observations. The most significant changes that took place at the station were related to the change of equipment. The equipment at the station was changed three times — in 2005 Trimble equipment was installed, in 2011 it was replaced by NovAtel, and in 2013 — by Leica, which still works. Analysis of the time series of this permanent station showed that when studying the change of coordinates repeatability for all equipment, there is a certain jump at the beginning of the Leica equipment installation, which is associated with changing equipment, namely another system of mounting the antenna in the column. However, if the coordinate residues are examined separately for each piece of equipment, then fluctuations in winter and summer are observed, which may be due to structural deformation of the GNSS antenna.

Keywords: GNSS station, coordinate time series, satellite geodesy

Стаття надійшла до редакції 29.09.2020

Після доопрацювання 29.09.2020

Прийнята до друку 19.04.2021