

УДК 528.3

С.Г.Савчук, І.В.Калинич

Національний університет «Львівська політехніка», 79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12

[ssavchuk@polynet.lviv.ua](mailto:ssavchuk@polynet.lviv.ua)

Ужгородський національний університет, 88000, м. Ужгород, вул. Університетська, 14

[Kalunu4@gmail.com](mailto:Kalunu4@gmail.com)

## **ПРОЦЕДУРИ ТРАНСФОРМУВАННЯ КООРДИНАТ ЗА ДАНИМИ GNSS – СПОСТЕРЕЖЕНЬ У МЕРЕЖІ ZAKPOS**

Розглянуто особливості координатних операцій при роботі у мережі активних референціальних станцій ZAKPOS.

**Ключові слова:** Мережа активних референціальних станцій, системи координат, трансформування координат.

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку координатного забезпечення важливими є не тільки організаційно правові питання побудови та функціонування окремих станцій безперервних супутникових спостережень, але й технологічні аспекти функціонування активних мереж постійно діючих референцних станцій GNSS спостережень, як повноцінної служби забезпечення оперативних геодезичних визначень підвищеної точності для широкого кола користувачів. Цілком очевидно, що ця служба може функціонувати лише в системі координат, досить близькій до геоцентричної системи ITRS, в якій виконуються обчислення супутникових орбіт і точні дані про яку доступні користувачеві через оперативно передані йому координати станцій.

На даний момент, виходячи із загальносвітових тенденцій, процес створення системи координатного забезпечення включає два основні напрями. Перший напрям - це базові заходи, спрямовані на розвиток та функціонування станцій супутникових спостережень, які є фізичною реалізацією загальноземної/національної референцної системи координат. Другий напрям – це комплекс заходів, які направлені на використання функціональних доповнень, що забезпечують ефективну реалізацію відносних (статичних), диференційних (RTK), Precise Point Positioning (PPP) та інших технологічних рішень, призначених для вирішення геодезичних завдань.

**Постановка завдання.** Окремим завданням у сучасному процесі координатного забезпечення є розробка технології визначення вихідних координат постійних діючих референцних GNSS-станцій в загальноземній реалізації ITRS при використанні мережі перманентних станцій IGS/EPN з досить точно визначеними швидкостями змін їх координат. Але більш важливими питаннями для користувачів є технологічні аспекти, пов'язані із використанням систем координат при роботі у мережі активних референцних станцій. Служба

забезпечення оперативних геодезичних визначень підвищеної точності, що базується на функціонуванні мережі активних референцних станцій, не може ефективно працювати в режимі реального часу, якщо в апаратурі користувачів неможливо явним чином задати параметри переходу до національної системи координат. При використанні класичних геодезичних систем координат у прийнятому зараз вигляді в принципі неможливо виконувати роботи з виносу проектів в натуру або точному управлінню рухомими машинами (наприклад, при дорожньо-будівельних або сільськогосподарських роботах, прокладці кабелів або трубопроводів тощо).

На сьогоднішній день в Україні реалізовано ряд проектів мереж активних референцних станцій:

- ZAKPOS (мережа референцних GNSS станцій Західної України);
- System.NET (розробка ПРАТ "Систем Солюшнс");
- СКНЗУ (Система космічного навігаційно-часового забезпечення України);
- НГЦ.NET (Навігаційно-геодезичний центр - регіональна система високоточних геодезичних вимірювань в Харківській області);
- TNT - TPI GNSS Network (мережа активних референцних станцій ТОВ ТНТ ТPI).

У даній статті розглянуто особливості координатних операцій при роботі у мережі активних референцних станцій ZAKPOS.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Координати точок, що визначаються на основі RTK вимірювань, отримуються безпосередньо в референційній геодезичній системі координат, у якій працюють станції ZAKPOS/UA-EUPOS, а саме у Європейській земній референційній системі ETRS89/ETRF2000. Звідси, перетворення просторових загальноземних координат із однієї системи (просторової прямокутної, просторової геодезичної, плоскої прямокутної) у іншу систему (просторову прямокутну, просторову геодезичну, плоску прямокутну) здійснюється на

основі строгих математичних формул з урахуванням відповідних параметрів еліпсоїдів та законів зображення частини поверхні еліпсоїда на площині.

Трансформування координат і висот здійснюється шляхом застосування відповідних математичних процедур та комп'ютерного моделювання.

*Визначення плоских прямокутних координат у державній системі координат УСК2000* проходить у такій послідовності:

- шляхом трансформування (за формулою Гельмерта) отриманих із RTK спостережень просторових координат системи ETRS89/ETRF2000 через строгі параметри трансформації отримуються просторові координати у системі УСК2000;
- шляхом перетворення просторових геодезичних координат системи УСК2000 на основі формул проекції Гаусса-Крюгера отримуються відповідні плоскі прямокутні координати  $x, y$  у необхідній (будь-якій) зоні;

Практичне визначення плоских прямокутних координат реалізовано безпосередньо для режиму реального часу (у програмному забезпеченні польових контролерів) та у будь-якому програмному забезпеченні, що дозволяє опрацювати статичні GNSS спостереження. Отримати плоскі прямокутні координати можна також безпосередньо через веб-сайт ZAKPOS/UA-EUPOS: [www.ua-pos.net](http://www.ua-pos.net), звернувшись там до меню **ETRS89** -> **УСК2000** та створивши попередньо текстовий файл з отриманими геодезичними координатами із пост-обробки чи із RTK спостережень.

*Визначення плоских прямокутних координат у державній системі координат СК42* проходить шляхом трансформування (за формулою Гельмерта) отриманих із RTK спостережень просторових координат системи ETRS89/ETRF2000 через строгі параметри трансформації в результаті чого отримуються просторові геодезичні координати  $B, L, H$  у системі УСК2000. Потім

- використовуючи поле поправок широти та поле поправок довготи, створені внаслідок математичного моделювання дискретних різниць координат (УСК2000-СК42), шляхом інтерполювання знаходяться геодезичні координати  $B, L$  у системі СК42;

- шляхом перетворення отриманих геодезичних координат на основі формул проекції Гаусса-Крюгера отримуються відповідні плоскі прямокутні координати  $x, y$  у необхідній (будь-якій) зоні системи СК42;

Практичне визначення плоских прямокутних координат реалізовано безпосередньо для режиму реального часу (у програмному забезпеченні польових контролерів лише від фірми Trimble) та у програмному забезпеченні, що дозволяє опрацювати статичні GNSS спостереження і має можливість працювати із файлами поправок координат. Отримати плоскі прямокутні координати у системі СК42 можна безпосередньо через веб-сайт ZAKPOS/UA-EUPOS: [www.ua-pos.net](http://www.ua-pos.net), звернувшись там до меню **ETRS89** -> **СК42** та створивши попередньо текстовий файл з отриманими геодезичними координатами із пост-обробки чи із RTK спостережень.

*Визначення плоских прямокутних координат в умовній системі координат СК63:*

- шляхом трансформування (за формулою Гельмерта) отриманих із RTK спостережень просторових координат системи ETRS89/ETRF2000 через строгі параметри трансформації отримуються просторові геодезичні координати  $B, L, H$  у системі УСК2000;

- використовуючи поле поправок широти та поле поправок довготи, створені внаслідок математичного моделювання дискретних різниць координат (УСК2000-СК42), шляхом інтерполювання знаходяться геодезичні координати  $B, L$  у системі СК42;

- шляхом перетворення отриманих геодезичних координат на основі формул проекції Гаусса-Крюгера та певних

додаткових математичних операцій отримуються відповідні плоскі прямокутні координати  $x, y$  у необхідній триградусній зоні системи СК63;

- практичне визначення плоских прямокутних координат реалізовано безпосередньо для режиму реального часу (у програмному забезпеченні польових контролерів лише від фірми Trimble) та у програмному забезпеченні, що дозволяє опрацювати статичні GNSS спостереження і має можливість працювати із файлами поправок координат;

- отримати плоскі прямокутні координати у системі СК63 можна безпосередньо через веб-сайт ZAKPOS/UA-EUPOS: [www.ua-pos.net](http://www.ua-pos.net), звернувшись там до меню **ETRS89** -> **СК63** та створивши попередньо текстовий файл з отриманими геодезичними координатами із пост-обробки чи із RTK спостережень.

*Отримання висоти у державній системі нормальних висот* (Балтійська система) забезпечується:

- перетворенням визначеної GNSS приймачем геодезичної висоти  $H$  референцної системи ETRS89/ETRF2000, через поточну модель геоїда, у квазінормальну висоту, близьку (у межах 10-15 см) до Балтійської системи;

- використанням поля висотних поправок, отриманого із математичного моделювання різниць виміряних із GNSS спостережень та отриманих із результатів

геометричного нівелювання висот нівелірних реперів I та II класів;

Отримати висоти у державній системі (Балтійська 1977 р.) можна безпосередньо через веб-сайт ZAKPOS/UA-EUPOS: [www.ua-pos.net](http://www.ua-pos.net), звернувшись там до будь-якого з меню **ETRS89** -> **УСК2000/СК42/СК63**, та створивши попередньо текстовий файл з отриманими геодезичними координатами із пост-обробки чи із RTK спостережень. У кожній із систем координат УСК2000/СК42/СК63 висоти визначаються єдині - у державній системі (Балтійська 1977 р.).

**Висновки.** На основі строгих математичних формул з урахуванням відповідних параметрів еліпсоїдів та законів зображення частини поверхні еліпсоїда на площині, а також застосування відповідних математичних процедур та комп'ютерного моделювання нами розроблені процедури трансформування координат та висот при роботі у мережі активних референцних станцій ZAKPOS. Ці процедури дозволяють проводити визначення плоских прямокутних координат у державній системі координат УСК2000, визначення плоских прямокутних координат у державній системі координат СК42, визначення плоских прямокутних координат в умовній системі координат СК63 та визначення висоти у державній системі нормальних висот.

S.G.Savchuk, I.V.Kalynych

National University "Lviv Polytechnic", 79013, Lviv, S. Bandera st, 12

Uzhgorod National University, 88000, Uzhgorod, Unsversitetska st, 14

## TRANSFORMATION COORDINATE PROCEDURES OF GNSS OBSERVATION IN ZAKPOS NETWORK

The features of the coordinate operations when working in a network of active reference stations ZAKPOS.

**Keywords:** Active network reference stations, coordinate system, coordinate transformation.

С.Г.Савчук, И.В.Калыныч

Национальный университет «Львовская политехника», 79013, г. Львов, ул. С. Бандеры, 12  
Ужгородский национальный университет, 88000, г. Ужгород, ул. Университетская, 14

## **ПРОЦЕДУРЫ ТРАНСФОРМАЦИИ КООРДИНАТ ПО ДАННЫМ GNSS НАБЛЮДЕНИЙ В СЕТИ ZAKPOS**

Рассмотрены особенности координатных операций при работе в сети активных референчных станций ZAKPOS.

**Ключевые слова:** Сеть активных референчных станций, системы координат, трансформирование координат.