

Б.О. Кодунов, Є.О. Карасьова

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

УКРАЇНСЬКА СИСТЕМА КООРДИНАТ УСК-2000 ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК З ГЛОБАЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ КООРДИНАТ

Визначено причини, які обумовили перехід від існуючих систем координат СК-42, СК-63 до системи координат УСК-2000. Приведено принципи побудови УСК-2000, її склад, зв'язок з глобальними системами координат, виконано порівняння з СК-42. Зроблено висновок, що впровадження даної системи координат дало можливість ефективно використовувати глобальні навігаційні супутникові системи у топографо-геодезичному виробництві.

Ключові слова: *референсна система координат, глобальна система координат, референц-еліпсоїд, осьовий меридіан, супутникове позиціонування, картографічна проекція.*

Постановою Кабінету міністрів за №1259 від 22.09.2004 року з 1 січня 2007 року на території України введено в дію систему координат УСК-2000 та одночасно скасовано дію систем СК-42 та СК-63.

Головною причиною скасування систем СК-42 та СК-63 (роки створення 1942 та 1963) було те, що вони створювалися в епоху досупутникової геодезії за допомогою існуючих на той момент методів і технологій, а саме шляхом спостереження тріангуляційної мережі, яка у свою чергу спиралася на пункти, координати яких отримані з астрономічних спостережень.

Система координат СК-63 є варіацією СК-42 з підвищеним рівнем секретності. Для цього територія країни (тоді ще СРСР) була розбита на райони, в межах яких застосовувалися свої секретні параметри осьового меридіана зони і такі ж секретні параметри зміщення початку відліку. Враховуючи даний факт, про системи СК-42 та СК-63 можна говорити, як про одну і ту саму систему.

З початком ери супутникового позиціонування стало зрозуміло, що СК-42 має відхилення від систем координат, що глобально розвиваються, не має з ними однозначного зв'язку (існують тільки приблизні параметри

переходу із системи в систему) і це ускладнює використання супутникових технологій. Більше того, система повернена чи не відповідає масштабу, спостерігається деформація геодезичної мережі, яка погано піддається математичному опису.

Зв'язок СК-42 та СК-63 з глобальними системами координат можливий з використанням наближених параметрів. Точність такого переходу буде досить низькою. Залежно від конкретних значень параметрів переходу і місця розташування точок, що перераховуються, мова може йти про кілька метрів. Навпаки, параметри, що зв'язують УСК-2000 і глобальні системи, можна задати з високою, на рівні сантиметрів, точністю.

Як наслідок, було ухвалено рішення про реалізацію нової системи координат, яка отримала назву УСК-2000. Нова система спочатку проектувалася таким чином, щоб мати однозначний зв'язок із глобальними системами. За загальноземну систему координат приймається Міжнародна земна референсна система - International Terrestrial Reference System (ITRS) Міжнародної служби обертання Землі. Система ITRS встановлена Секцією координатної основи Центрального бюро Міжнародної служби обертання Землі - International Earth Rotation Service (IERS) з присвоєнням їй назви - International Terrestrial Reference Frame (ITRF), що забезпечує відповідність ITRS певній часовій епосі.

За європейську систему координат приймається Європейська земна референсна система 1989 року - European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89).

За відправну точку в УСК-2000 було взято систему ITRS/ITRF2000 на епоху 2005 року. Разом з тим, у якості референс-еліпсоїда, як і в СК-42 та СК-63, був використаний еліпсоїд Красовського, але зсув центру еліпсоїда підібраний таким чином, щоб досягти його оптимального розташування на всій території України.

Пункти тріангуляції 1 класу були прив'язані за допомогою супутникових технологій до глобальної мережі, а пункти нижніх класів перезрівнені з урахуванням виміряних координат. В результаті була отримана мережа з високим ступенем однорідності за точністю, узгоджена з глобальними системами. Творці системи УСК-2000 мали ще одну мету, а саме, збереження карт масштабного ряду 1:10000 і дрібніше. Цю мету було досягнуто. Різниця в координатах пунктів у системах СК-42 та УСК-2000 не перевищує 3 метри [1], за винятком деяких гірських районів, що цілком укладається у межі графічної точності цих карт (рис.1).

Фактично можна говорити, що УСК-2000 є поліпшеним варіантом СК-42, доведеним до вимог сучасності.

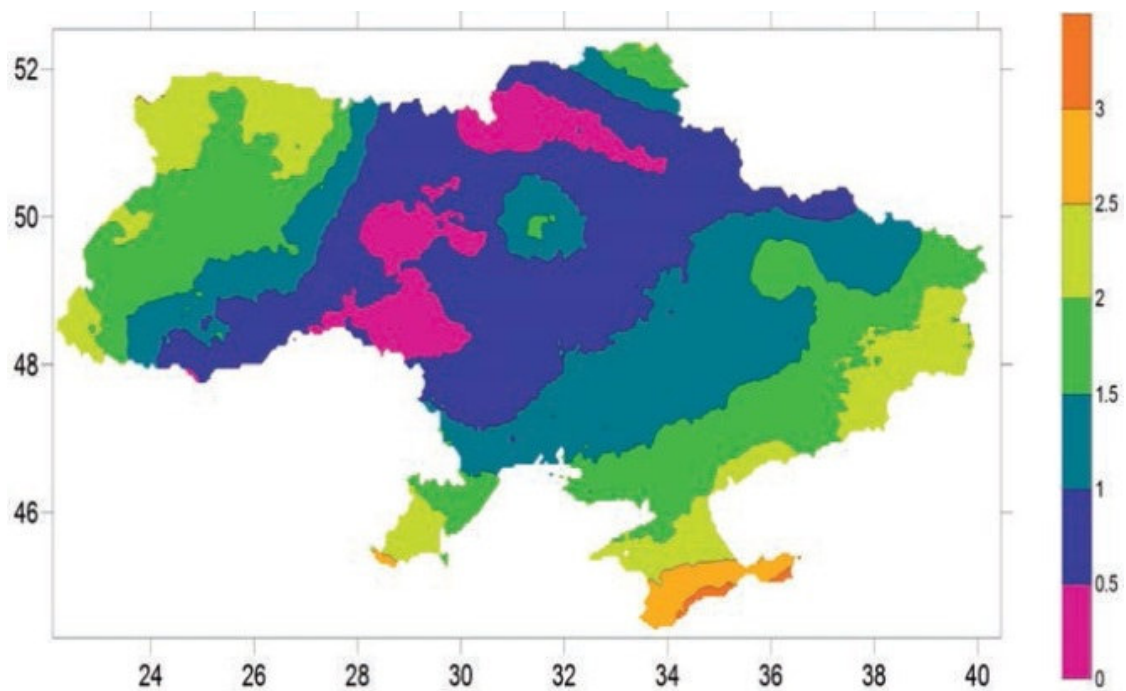


Рис. 1. Схема деформацій системи УСК-2000 щодо СК-42, м [1]

Державна геодезична референсна система координат УСК-2000 включає в себе наступні системи [2].

1. Просторова прямокутна система координат УСК-2000 / XYZ (ідентифікатор UA_UCS-2000 / XYZ). Напрямок вісі X - від центру еліпсоїда до перетину екватора і Гринвічського меридіана. Напрямок вісі Y

- від центру еліпсоїда до перетину екватора та 90° східного меридіана.
Напрямок вісі Z - від центру еліпсоїда до перетину географічного північного полюса.

2. Геодезична (еліпсоїдальна) система координат УСК-2000 / BLN (ідентифікатор UA_UCS-2000 / Lat_Lon_h). Використовуються геодезичні широта B , довгота L , висота H . Геодезична висота H представляє суму нормальної висоти і висоти квазігеоїда над еліпсоїдом Красовського. Нормальні висоти геодезичних пунктів визначені в Балтійській системі висот 1977 року, вихідним пунктом якої є нуль Кронштадтського футштока.

3. Прямокутна система координат в 6-градусних зонах в проекції Гаусса-Крюгера УСК-2000 GK6 (ідентифікатор UA_UCS-2000 / GK_6). Використовуються плоскі прямокутні координати x та y , які обчислюються на площині у конформній проекції Гаусса - Крюгера в шестиградусних зонах. Осьовими меридіанами шестиградусних зон є меридіани з довготами $21^\circ, 27^\circ, 33^\circ, 39^\circ$. Початком координат у кожній зоні є точка перетинання осьового меридіана з екватором, значення абсциси приймається за нуль метрів (напряма – на північ), а значення ординати на осьовому меридіані - таким, що дорівнює 500000 метрів.

4. Прямокутна система координат в 3-градусних зонах в проекції Гаусса-Крюгера УСК-2000 UA_TM (ідентифікатор UA_UCS-2000 / UA_TM). Осьовими меридіанами триградусних зон є меридіани з довготами $21^\circ, 24^\circ, 27^\circ, 30^\circ, 33^\circ, 36^\circ, 39^\circ$.

Як вже згадувалось в УСК-2000 використовується референц-еліпсоїд Красовського з наступними параметрами:

- велика піввісь еліпсоїда 6378245 м;
- стиснення еліпсоїда 1:298,3.

Центр референцної системи координат сполучений із центром референц-еліпсоїда, що забезпечує оптимальне відхилення його поверхні

від реальної поверхні Землі на регіон України і мінімізує поправки на висоти квазігеоїда й ухилення прямовисних ліній.

Для перерахунку координат з УСК-2000 в ITRS/ITRF2000 застосовують метод перетворення параметра Гельмерта:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_T = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_S + \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 - R_Z + R_Y \\ + R_Z 0 - R_X \\ - R_Y + R_X 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_S + D \times \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_S$$

де T – цільові дані (ITRS/ITRF2000); S – дані джерела (UA_UCS_2000); T_x, T_y, T_z – геоцентричні відхилення $X/Y/Z$, м; R_x, R_y, R_z – обертання навколо осі $X/Y/Z$, радіан, D – корекція масштабу.

Згідно з паспортом перетворень координат $T_x = + 24.322$ м; $T_y = - 121.372$ м; $T_z = - 75.847$ м; $R_x = 0$; $R_y = 0$; $R_z = 0$; $D = 0$.

За наведеною формулою можна також виконати перехід у координатну систему ETRS89.

Точність обчислення складає до 0.02 м.

На основі геодезичної референцної системи координат УСК-2000 були створені місцеві системи координат для міст Київ, Севастополь, Автономної Республіки Крим та усіх областей України.

Було застосовано єдиний принцип побудови. Місцева системи створювались таким чином, щоб звести до несуттєвої величини поправку приведення на площину в проекції Гаусса-Крюгера, для чого осьовий меридіан зони переміщали ближче до об'єкта робіт, тобто до центру території, що картографується.

Зв'язок системи координат УСК-2000 з місцевою системою координат здійснюється шляхом перетворення прямокутних координат УСК-2000 з стандартної зони Гаусса – Крюгера в зону з осьовим меридіаном місцевої системи координат.

Висновки. Впровадження геодезичної референцної системи координат УСК-2000 сприяло докорінній перебудові геодезичного та картографічного забезпечення території України. Дана система координат дала можливість підвищити ефективність використання глобальних навігаційних супутникових систем в топографо-геодезичному виробництві, які мають цілий ряд переваг в порівнянні з традиційними методами.

Список літератури

1. Державна геодезична референцна система УСК-2000 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://buksis.nethouse.ua/posts/210112>
2. Державна геодезична мережа України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dgm.gki.com.ua>

UKRAINIAN USK-2000 COORDINATE SYSTEM AND ITS RELATIONSHIP WITH GLOBAL COORDINATE SYSTEMS

The reasons for the transition from the existing coordinate systems SK-42, SK-63 to the coordinate system USK-2000 have been identified. The principles of construction of USK-2000, its composition, connection with global coordinate systems, comparison with SK-42 are given. It is concluded that the introduction of this coordinate system has made it possible to effectively use global satellite navigation systems in topographic and geodetic production.

Keywords: *reference coordinate system, global coordinate system, reference ellipsoid, axial meridian, satellite positioning, cartographic projection.*