

*Боровий В.О., Зарицький О.В., Кінь Д.О.*

## ТЕХНОЛОГІЯ КООРДИНАТНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ТА ТРАНСФОРМУВАННЯ ПРИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ТА ЗЕМЛЕВПОРЯДНИХ РОБОТАХ

*У статті досліджується проблема точності для отримання координат при переході від систем СК-42 та СК-63 у систему координат WGS-84 та навпаки. Розглядається проблема відмінності параметрів Гельмерта у різних програмних продуктах, а також наводяться результати перетворень координат, застосовуючи дані параметри. Аналізується запропонована технологія координатного перетворення та трансформування. Результати дослідів враховуватимуться, розглядаючи питання переходу між УСК-2000 та СК-42, СК-63.*

*Ключові слова:* система координат, точність, трансформування, параметри Гельмерта, дати, проекція Гаусса-Крюгера.

**Постановка проблеми.** З радянських часів в Україні залишилася велика кількість архівних картографічних матеріалів на територію нашої країни. У державних установах ці картматеріали зберігаються та поширено використовуються у сфері земельних відносин, що пояснює значний обсяг земельнопорядних даних у системах координат 1942 (СК-42) та 1963 роках (СК-63). Саме ці системи координат, СК-42 та похідна від неї СК-63, були фундаментальними для створення місцевих систем координат на території тодішньої УРСР.

Наприклад, ще до впровадження УСК-2000, розграфлення та номенклатура топографічних і кадастрових планів була орієнтована на місцеві системи координат (місцева І, місцева ІІ, похідні від СК-42). В місті Харкові і досі діє місцева І, похідна від СК-42.

З початком введення Державної геодезичної референційної системи координат УСК-2000, земельнопорядні роботи продовжують виконуватись в системі координат СК-63 [1], порушуючи принципи впровадження системи координат УСК-2000, затвердженні Постановами Кабінету Міністрів України [4, 5], та порушуючи Порядок [3], який визначає механізм використання УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою. Це пов'язано з унеможливленням використання строгого математичного перетворення між радянськими низькоточними та теперішніми високоточними системами координат.

Між системами координат для зручного та правильного їх використання при земельнопорядних, геодезичних та інших робіт у сфері земельних відносин повинна бути інтеграція, яка представлена математичним ключем переходу з однієї в іншу систему. Якщо така умова виконується, то цю систему координат можна назвати повноцінною та інтегрованою, що дозволяє не замислюватись над процесом перетворень та трансформацій координат. А найголовніше – досягти високої точності площі, периметру та інших властивостей геометричних елементів земельних ділянок.

**Аналіз попередніх досліджень.** Вирішення проблеми взаємозв'язку УСК-2000 з іншими системами є результатами досліджень багатьох вітчизняних авторів: Ю. О. Карпінського, О. В. Кучера, І. С. Куриляка, М. М. Тарапатова, Г. П. Герасимова, А. В. Задемленюка, О. Ф. Дяченко, С. І. Федорюк, Я. О. Косиці, Я. М. Костецької, М. С. Звягіної, Д. М. Мельника, В. Р. Черлінки, С. Г. Савчук і т. д.

У роботах М. М. Тарапатова та Г. П. Герасимова названа важлива причина виникнення труднощів із перетворенням та трансформуванням координат з низькоточних у високоточні системи координат: засекреченість ключів та параметрів переходу між ними [2, 7].

У роботах В. Р. Черлінки, С. Г. Савчука йдеться про необхідність зробити трансформаційне поле загальновідомим для точної прив'язки топографічної основи через те, що підібрати дослідним шляхом параметри переходу між СК-42, СК-63, МСК-Х (де Х — номер регіону) до УСК-2000 неможливо. Пояснюється таке рішення, наприклад, масштабною трансформацією координат, яка виникає при переході на ненульову висоту поверхні відносно місцевих СК і на площину проекції Гаусса-Крюгера тощо [8, 6].

**Актуальність.** Несвідоме відношення до впровадження нової системи координат та малоефективний або відсутній контроль виконавчих органів влади пояснює актуальність виниклої проблеми щодо єдності та цілісності даних в сфері земельних відносин.

**Мета статті:** проаналізувати можливості інтеграції системи координат УСК-2000 з існуючими системами координат при здійсненні геодезичних робіт із землеустрою, використовуючи спеціалізовані програмні засоби; з'ясувати, наявність строгих зав'язків між системами координат різних еліпсоїдів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У землевпорядній практиці використовують 2 шляхи для отримання координат в УСК-2000:

- I спосіб – перетворення даних з архівних, що зберігаються у системах СК-42 та СК-63;
- II спосіб – отримання координат з використанням даних глобальних навігаційних супутникових систем, які працюють у системі координат WGS-84.

Раніше було визначено [1], що ключі переходу або мають емпірично строгий зв'язок, або отримані внаслідок застосування трансформаційного поля, що пояснює, різницю між перетворенням та трансформуванням між системами координат (рис. 1). Для досліджень цікавим буде розгляд саме трансформування координат: аналіз певних математичних методів, аналіз рівномірності та конфігурації опорних точок та ін.

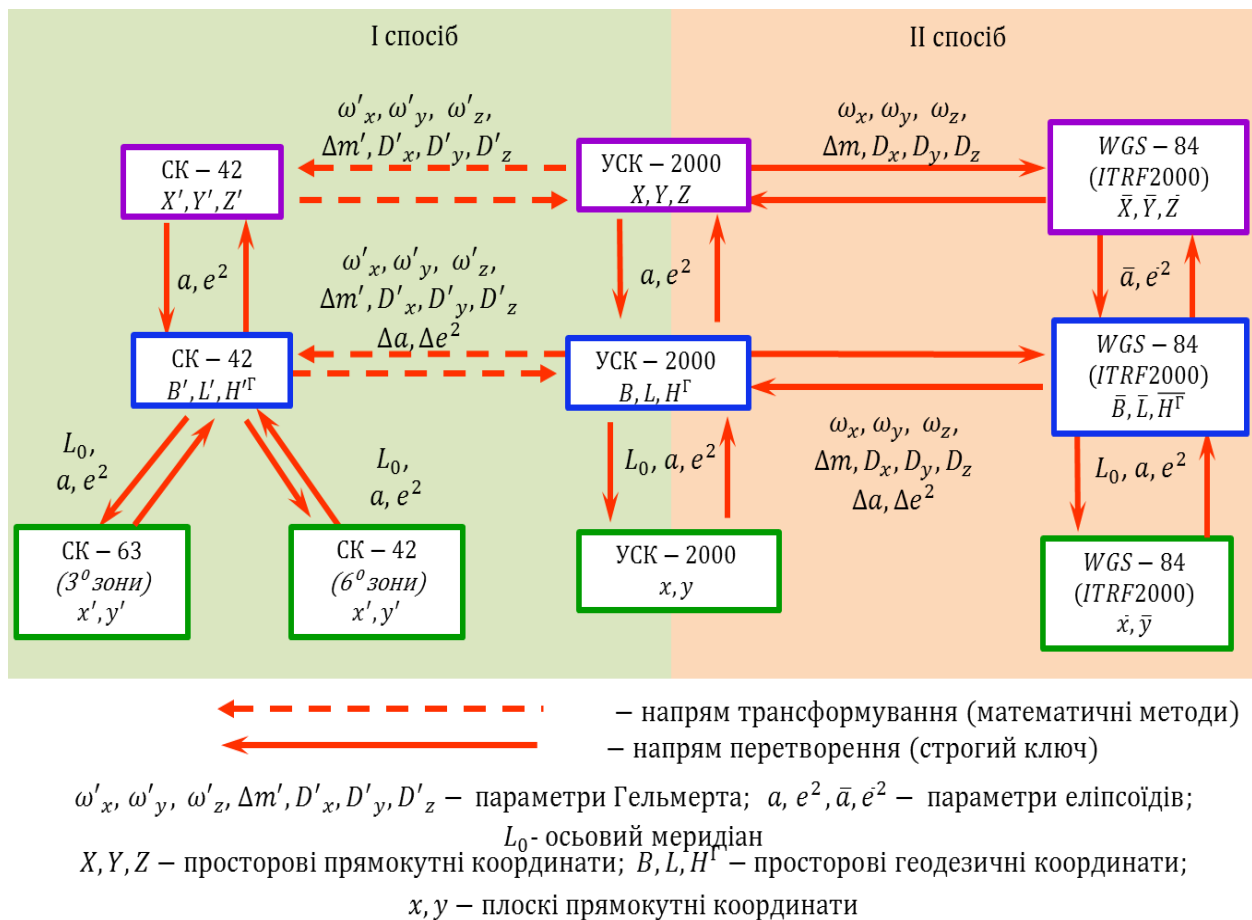


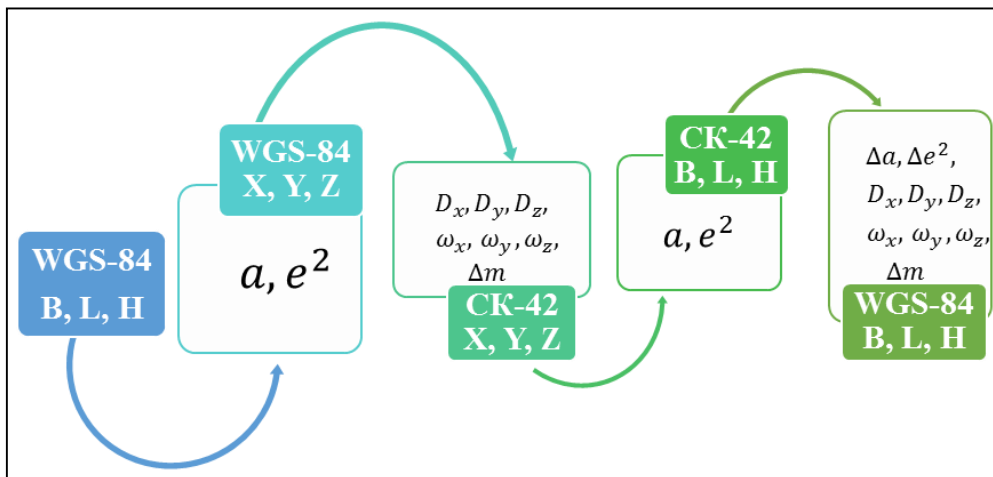
Рис.1. Технологія координатного перетворення та трансформування між основними системами координат та їх похідними, що застосовуються в Україні

У I способі не існує строгих ключів переходу від систем координат СК-42 та СК-63 у систему УСК 2000 та навпаки. Трансформування координат виконується із застосуванням локальних ключів, отриманих при використанні трансформаційного поля з опорними точками, що мають відомі координатами у обох координатних системах. Найчастіше при цьому будують мережу за рівняннями Делоне. Точність перетворення координат при застосуванні локальних ключів залежить від параметрів трансформування, таких як: математична модель, місцезнаходження та конфігурація опорних точок, точність вихідних координат.

У II способі при застосуванні параметрів Гельмерта існує строгий зв'язок із системами ITRS/ITRF2000 та WGS-84. Параметри Гельмерта активно використовуються в світовій практиці [9, 10]. На жаль, досліджуючи питання перетворення та трансформування координат для визначення чіткого зв'язку між системами координат, виникають розбіжності, застосовуючи різні джерела інформації з вказаними параметрами Гельмерта [11], які наведені у таблиці 1.

Відповідно до рис. 1 авторами було розглянуто два шляхи перетворення просторових геодезичних та прямокутних координат: складний та простий (рис. 2 а, б). Простий варіант означає використання параметрів відповідних еліпсоїдів, а складний, окрім цього, ще сім параметрів Гельмерта. Перетворення координат контролювалось як у середині кожного з варіантів, так і між собою.

а)



б)

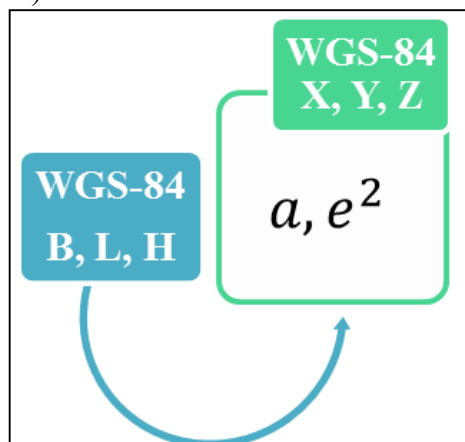


Рис. 2. Шляхи перетворення координат у системах WGS-84 та СК-42: а) – складний; б) – простий

Вихідними даними для проведення експерименту були координати базової станції мережі «NGC-NET» в системі координат СК-42 та WGS-84, які наведено у таблиці 2. Так як в

дослідженні використовуються просторові прямокутні координати, то у таблиці 3 значення різниць взяті до 8-ого знаку з метою збереження точності вихідних координат. У цій таблиці зображено різниці координат отриманих двома шляхами, що демонструє досить велику відмінність у системі координат СК-42 у порівнянні з WGS-84. Наприклад, за даними Mapinfo 1001 виникають значні відхилення. Різниці координат у WGS-84 майже однакові. Більш оптимальні Delta Digital 5.0 та ERDAS IMAGINE.

Таблиця 1

**Вихідні дані для експерименту**

Просторові геодезичні			
	B	L	H
СК42	50 02`11,86452" N	36 14`43,71188" E	204,914
WGS84	50 02`11,59100" N	36 14`37,96630" E	218,505
Просторові прямокутні			
	X	Y	Z
СК42	****600,135	****030,494	****649,664
WGS84	****624,883	****906,859	****568,948

Таблиця 2

**Параметри Гельмерта для переходу від СК-42 в WGS-84**

№	Параметри Гельмерта							Джерело даних
	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$	$\omega_x$	$\omega_y$	$\omega_z$	m	
1	23,92	-141,27	-80,90	0	0,35	0,82	-0,00000012	ГОСТ 51794-2001
2	23,92	-141,27	-80,90	0	-0,35	-0,82	-0,00000012	Mapinfo 1013
3	27,00	-135,00	-84,50	0	0	-0,0000026	0,000002263	ERDAS IMAGINE
4	24,00	-123,00	-94,00	-0,00000096	0,000001212	0,00000063	0,0000011	ERDAS IMAGINE
5	25,00	-141,00	-78,50	0	-0,35	-0,736	0	Tribble NL 2.90
6	24,00	-123,00	-94,00	-0,02	0,25	0,13	0,0000011	Mapinfo 1001
7	25,00	-141,00	-78,50	0	0	0	0	Delta Digital 5.0

Таблиця 3

**Різниця між простим та складним переходом просторових геодезичних координат від СК-42 в WGS-84**

№	WGS-84			СК-42			Джерело даних
	B, с	L, с	H, м	B, с	L, с	H, м	
1	0,000059640	0,000352330	-0,005	-3,69086127	0,54503985	0,501	ГОСТ 51794-2001
2	0,000052680	0,000308750	-0,004	-3,07125635	-0,52167844	-0,884	Mapinfo 1013
3	0,000058110	0,000306200	-0,004	-3,53077312	0,0113744	-0,195	ERDAS IMAGINE
4	0,000045570	0,000273170	-0,004	-3,92737166	0,01032745	-0,205	ERDAS IMAGINE
5	0,000056880	0,000303110	-0,004	-2,99100452	-0,46700587	-0,373	Tribble NL 2.90
6	-0,023578050	0,000281290	-0,004	-4,05319485	0,11400843	-2,489	Mapinfo 1001
7	0,000059500	0,000323600	-0,004	-3,28103385	0,01171747	-0,193	Delta Digital 2017

---

**Висновок.** Диференціація значень параметрів Гельмерта в різних програмних засобах ускладнює автоматизацію обробки та аналізу даних для трансформаційного поля.

Потребує уваги відсутність методичного забезпечення щодо критеріїв відбору опорних точок для побудови даного поля, наприклад, вибір оптимальної рівномірності точок на заданій ділянці та їх конфігурації, що підвищить точність виконаних геодезичних та землепорядних робіт.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Боровий В. Застосування нової референцної системи координат УСК-2000 / В. Боровий, О. Зарицький // Землепорядний вісник. – 2017. – № 5. С. 22 – 26.
2. Герасимов Г.П. Золотой ключик: как стать (или не стать) Буратино и решить проблему перехода от СК-42 и WGS-84 к СК-63 и местным системам координат / Г.П.Герасимов // Геопрофиль. – №3. – 2010. – с. 24-31.
3. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України «Порядок використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою» № 509 від 02.12.2016 р. // [Електронний ресурс] – 2016. – Режим доступу: <http://renimvk.od.ua/engine/download.php?id=1544>.
4. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання застосування геодезичної референцної системи координат» № 1259 від 22.09.2004 р. // [Електронний ресурс] — 2004. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1259-2004-%D0%BF>.
5. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» № 646 від 07.08.2013 р. // [Електронний ресурс] – 2013. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-%D0%BF>.
6. Савчук С.Г. Про нові технології створення координатної основи для кадастрових робіт / С.Г. Савчук, А.В. Задемленюк // Зб. матер. наук.-практ. конф. «Нові технології в геодезії, землепорядкуванні та лісовпорядкуванні». - Ужгород, 2008. - С. 16-18.
7. Тарапатов М.М. Державна референцна система координат УСК-2000 та її зв'язок із іншими світовими і європейськими системами координат / М.М.Тарапатов // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. Зб. наук. пр. – 2007. – №7. – С.174-179.
8. Черлінка В.Р. Проблеми створення, георектифікації та використання крупномасштабних цифрових моделей рельєфу / В.Р.Черлінка, Ю.М.Дмитрук // Геополітика и экогеодинамика регионов. – Т. 10. – Вып. 1. – 2014. – С. 239-244.
9. N. van der Mare Reference Systems for Surveying and Mapping [Електронний ресурс] / Hans van der Mare // Delft University of Technology. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: [http://gnss1.tudelft.nl/pub/vdmarel/reader/CTB3310\\_RefSystems\\_1-2a\\_online.pdf](http://gnss1.tudelft.nl/pub/vdmarel/reader/CTB3310_RefSystems_1-2a_online.pdf).
10. Matthew N. Ono On Problems of Coordinates, Coordinate Systems and Transformation Parameters in Local Map Production, Updates and Revisions in Nigeria [Електронний ресурс]/Matthew N. Ono // FIG Working Week. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.fig.net/resources/proceedings/fig\\_proceedings/fig2009/papers/ts05c/ts05c\\_ono\\_3437.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2009/papers/ts05c/ts05c_ono_3437.pdf).
11. Дубинин М. Переход от одной системы координат к другой - наборы параметров [Електронний ресурс] / Максим Дубинин. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://gis-lab.info/qa/datum-transform-sets.html>.

**Боровой В.А., Зарицкий А.В., Конь Д.А.**

### **ТЕХНОЛОГИЯ КООРДИНАТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ТРАНСФОРМИРОВАНИЯ ПРИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ**

*В статье исследуется проблема точности для получения координат при переходе от систем СК-42 и СК-63 в систему координат WGS-84 и наоборот. Рассматривается проблема*

---

---

*отличия параметров Гельмерта в разных программных продуктах, а также приведены результаты преобразования координат, применив данные параметры. Анализируется предложенная технология координатного преобразования и трансформирования. Результаты исследований будут учитываться, рассматривая вопрос перехода между УСК-2000 и СК-42, СК-63.*

**Ключевые слова:** *система координат, точность, трансформирование, параметры Гельмерта, датумы, проекция Гаусса-Крюгера.*

**Borovyi V.O., Zarytskyi O.V., Kin D.O.**

**TECHNOLOGY OF COORDINATE TRANSFORMATION AND TRANSFORMATION IN GEODESIC AND LAND-BUILDING WORKS**

*In this article, the accuracy problem for obtaining coordinates is investigated in the transformation from the systems CS-42 and CS-63 to the coordinate system WGS-84 and vice versa. The proposed technology of coordinate transformation is analyzed. The problem of the differences Helmert parameters into different software products is considered, and also the results of coordinate transformation are presented, using these parameters. The results of investigations will be taken into account when considering the problem of coordinate transformation UCS-2000 and CS-42, CS-63.*

**Key words:** *coordinate system, accuracy, transformation, Helmert parameters, datums, Gauss-Kruger projection.*

Рецензент: д.т.н., проф. Бурачек В.Г., ПВНЗ УНТ