

## ПЕРЕТВОРЕННЯ КООРДИНАТ ІЗ ДЕРЖАВНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ СИСТЕМИ У СВІТОВУ СИСТЕМУ WGS-84

### 1. Постановка задачі

Сьогодні супутникові радіонавігаційні системи GPS (США) і ГЛОНАСС (Росія) вже є, а в недалекому майбутньому і система нового покоління GALILEO стануть основними засобами навігації та управління різноманітними транспортними засобами. Визначення місцеположення з використанням таких систем тісно пов'язано з координатними системами, в яких виконуються виміри. Так, світова геодезична система координат 1984 р. (WGS-84) є базовою для супутникової радіонавігаційної системи GPS, а геоцентрична координатна система 1990 р. (ПЗ-90) – для супутникової радіонавігаційної системи ГЛОНАСС.

Проте досі більшість країн для координатно-часового забезпечення використовують свої національні референсні геодезичні системи з конкретним набором параметрів вихідних геодезичних дат, які не відповідають координатним системам супутникових радіонавігаційних систем. Визначення положення об'єктів у різних геодезичних системах різняться на величини від декількох метрів до кількох кілометрів.

В Україні за державну геодезичну систему координат прийнято систему координат 1942 р. (СК-42), координати об'єктів у якій не збігаються з координатами в системі WGS-84 на 150 - 200 м.

Світову геодезичну систему координат (WGS-84) резолюціями ІКАО (Міжнародна організація цивільної авіації) та ІМА (Міжнародна морська організація) прийнято як стандартну систему координат для навігаційного забезпечення повітряного та морського транспорту. Нині аеронавігаційні дані аеропортів та навігаційні дані лоцій для морського і річкового транспорту в Україні визначено у державній геодезичній системі координат 1942 р. На її основі виготовлено масштабний ряд топографічних карт, які широко використовуються при вирішенні прикладних задач, пов'язаних із геопросторовими даними. У зв'язку з цим постійно виникає необхідність перетворення координат із системи WGS-84 у СК-42 та навпаки.

Поряд з СК-42 в Україні широко використовуються інші системи координат, а саме:

- Умовна система координат 1963 р. (СК-63);
- Геологічні системи координат 1 і 2;
- Місцеві системи координат великих населених пунктів та промислових майданчиків.

Застосування цих систем також пов'язане з вирішенням задачі перетворення координатних систем.

Розрізняють два види перетворення координат із однієї системи в іншу:

- перетворення просторових прямокутних чи геодезичних координат однієї координатної системи в іншу з використанням точно відомих параметрів перетворення;
- перетворення координат із однієї системи в іншу з використанням пунктів, координати яких відомі в обох системах (метод опорних пунктів).

Вибір виду перетворення залежить від багатьох факторів: району використання, наявності пунктів з відомими координатами, якості геодезичної мережі, точності навігаційної інформації тощо. Узагальнені вимоги до точності навігаційного забезпечення наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Вимоги до навігаційного (координатного) забезпечення при вирішенні транспортних та інших спеціальних задач

Види задач за сферами застосування координат	Точність
<b>Повітряна навігація</b>	
Навігаційна інформація по маршрутах	100 – 2 000 м
Навігаційна інформація (навігаційні засоби та перешкоди) у межах аеропорту	1-3 м
Осі ЗПС, рульових доріжок, місць стоянок літаків	0,5 – 1,0 м
Аномалії висот у системі WGS-84	0,25 – 0,5 м
<b>Морська навігація</b>	
Навігація у відкритому морі	10 – 100 м
Швартові операції	1 – 5 м
Гідрографічні дослідження	1 – 10 м
Розробка корисних копалин, прокладання кабелів та трубопроводів	1 – 2 м
<b>Навігація наземного транспорту</b>	
Організація перевезень пасажирів та вантажів	50-100 м
Спеціальні транспортні задачі (відслідковування небезпечних та важливих вантажів, протиугінні системи)	5-10 м
<b>Геодезія, картографія та кадастр</b>	
Побудова державних та спеціальних геодезичних мереж	0,001-0,050 м
Створення топографічних планів масштабів 1:500 – 1:5 000	0,10 – 1,0 м
Створення топографічних карт масштабів 1:10 000 – 1:1 000 000	2- 200 м
Топографо-геодезичне забезпечення кадастрових робіт	0,10 – 3,0 м

## 2. Методи перетворення координатних систем

Задачі перетворення системи координат формуються наступним чином:

1. Задана деяка точка з просторовими геодезичними координатами, приведені до локального еліпсоїда (референц-еліпсоїда) з великою піввіссю  $a$  та стисненням  $f$ ;
2. Відомі параметри зв'язку між системами;
3. Знайти цю ж точку з просторовими геодезичними координатами, приведені до еліпсоїда системи WGS-84 з великою піввіссю  $a$  та стисненням  $f$ .

Для цього використовують три методи перетворення: Молоденського, множинної регресії, Гельмерта.

**Перетворення координат методом Молоденського.** Це найпростіший метод перетворення координатних систем. Вважається, що осі систем паралельні одна одній. Молоденський розробив формули для застосування параметрів зсуву до географічних координат. Метод є наближеним, особливо при використанні його для великих територій. Тривимірне перетворення за формулами Молоденського виконується у криволінійних (геодезичних) координатах:

$$\begin{aligned} B_{\text{WGS-84}} &= B_{\text{лок}} + \Delta B; \\ L_{\text{WGS-84}} &= L_{\text{лок}} + \Delta L; \\ H_{\text{WGS-84}} &= H_{\text{лок}} + \Delta H, \end{aligned}$$

тут:  $\Delta B'' = \left\{ -\Delta X \sin B \cos L - \Delta Y \sin B \sin L + \Delta Z \cos B + \Delta a (Ne^2 \sin B \cos L) / a + \right.$   
 $\left. + \Delta f \left[ M \left( \frac{a}{b} \right) + N \left( \frac{b}{a} \right) \right] \sin B \cos B \right\} \left[ (M + H) \sin 1'' \right]^{-1};$

$$\Delta L'' = [-\Delta X \sin L + \Delta Y \cos L] \left[ (N + H) \cos B \sin 1'' \right]^{-1};$$

$$\Delta H = \Delta X \cos B \cos L + \Delta Y \cos B \sin L + \Delta Z \sin B - \Delta a \left( \frac{a}{N} \right) + \Delta f \left( \frac{b}{a} \right) N \sin^2 B.$$

У цих виразах:  $B, L, H$  – геодезичні координати;

$\Delta B, \Delta L, \Delta H$  – поправки для перетворення координат з локальної системи в систему WGS-84 ( $\Delta B$  та  $\Delta L$  виражені в секундах дуги, а  $\Delta H$  – у метрах);

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  – зсув центрів локальної системи координат та системи WGS-84;

$a$  – велика піввісь локального еліпсоїда;

$b$  – мала піввісь локального еліпсоїда;

$f$  – стиснення локального референц-еліпсоїда;

$\Delta a, \Delta f$  – різниці між значеннями великої півосі, стисненням локального (місцевого) еліпсоїда та WGS-84 (WGS мінус локальний);

$e$  – ексцентриситет локального еліпсоїда;

$N$  – радіус кривини першого вертикала;

$M$  – радіус кривини меридіана.

Всі  $\Delta$  утворюються як WGS мінус місцева система.

Параметри зв'язку деяких локальних (референціальних) систем координат із світовою геодезичною системою WGS-84 за формулою Молоденського зведено в табл. 2.

**Перетворення координат за методом множинної регресії.** Щоб отримати точніші наближення для поверхонь континентального масштабу, ніж це дає метод Молоденського, розроблено рівняння множинної регресії для перетворення локальної системи координат у систему WGS-84. Для  $\Delta B$  рівняння регресії має вигляд:

$$\Delta B = A_0 + A_1 U + A_2 V + A_3 U^2 + A_4 UV + A_5 V^2 + \dots + A_{99} U^9 V^9,$$

де  $A_0, A_1, \dots, A_m$  – коефіцієнти, які визначають експериментально;  $U = k(B - B_m)$  – нормалізована геодезична широта точки;  $V = k(L - L_m)$  – нормалізована геодезична довгота точки;  $k$  – коефіцієнт зміни масштабу та перетворення градусів у радіани;  $B, L$  – геодезичні координати точки в локальній системі;  $B_m, L_m$  – середня широта й довгота для району локальної системи координат  $L$ .

Такі ж рівняння можуть бути отримані для  $\Delta L, \Delta H$  заміною  $\Delta B$  у лівій частині рівняння на  $\Delta L, \Delta H$  відповідно.

**Перетворення координат методом Гельмерта.** Якщо вхідні координати задані у вигляді просторових геодезичних координат  $B, L, H$ , перетворення за Гельмертом виконують у три етапи. Якщо ж координати задані в просторовій декартовій системі координат  $X, Y, Z$ , то одразу можна переходити до другого етапу.

**Е т а п 1: Перетворення просторових геодезичних координат локального еліпсоїда в просторові декартові координати  $X, Y, Z$  локальної системи.**

$$(B, L, H)_{\text{лок}} \rightarrow (X, Y, Z)_{\text{лок}};$$

$$X = (N + H) \cos B \cos L;$$

$$Y = (N + H) \cos B \sin L;$$

$$Z = (N(1 - e^2) + H) \sin B.$$

В останньому виразі  $N$  – це радіус кривини в першому вертикалі, який обчислюється за формулою

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 B)^{\frac{1}{2}}},$$

де  $a$  – велика піввісь еліпсоїда;  $e$  – ексцентриситет;  $e^2 = f(2 - f)$ , тут  $f$  – стиснення еліпсоїда.

Таблиця 2. Параметри зв'язку деяких локальних (референсних) систем координат із системою WGS-84

Назва системи	Код системи	Різниця геометричних параметрів еліпсоїдів			Кількість станцій, використаних при визначенні параметрів	Кількість циклів	Дата публікації	Зміщення початків систем координат		
		Назва еліпсоїда	$\Delta a(m)$	$\Delta f \times 10^4$				$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
<b>АФРИКА</b>										
AFGOOYE	AFG	Красовського, 1940	-108	0,00480795						
Сомалі		-----//-----			1	0	1987	-43 ±25	-163 ±25	45 ±25
<b>АЗІЯ</b>										
KOREAN 1995	KGS	WGS-84	0	0						
Півд. Корея		-----//-----			29	0	2000	0 ±1	0 ±1	0 ±1
<b>ЄВРОПА</b>										
S-42 (PULKOVO 1942)	SPK	Красовського 1940	-108	0,00480795						
Угорщина	SPK-A	-----//-----			5	0	1993	28 ±2	-121 ±2	-77 ±2
Польща	SPK-B	-----//-----			11	0	1997	23 ±4	-124 ±2	-82 ±4
Чехія, Словаччина	SPK-C	-----//-----			6	0	1997	26 ±3	-121 ±3	-78 ±2
Латвія	SPK-D	-----//-----			5	0	1997	24 ±2	-124 ±2	-82 ±2
Казахстан	SPK-E	-----//-----			2	0	1997	15 ±25	-130 ±25	-84 ±25
Румунія	SPK-G	-----//-----			4	0	1997	28 ±3	-121 ±5	-77 ±3
Росія	PUK	-----//-----	-108	0,00480795				25	-141	-78,5
ETR-S89		GRS-80	0	0				0	0	0
<b>Північна Америка</b>										
США	NAD83	GRS-80	0	0				0	0	0

## Е т а п 2: Застосування перетворення Гельмерта.

Для отримання достовірних результатів використовують сім параметрів, які повністю описують перетворення координатних систем:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{WGS-84}} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{лок}} + \begin{bmatrix} \mu & +\varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & \mu & +\varepsilon_X \\ +\varepsilon_Y & -\varepsilon_X & \mu \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{лок}} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix},$$

де  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  відображають вектор зміщення початку локальної системи координат та WGS-84;  $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$  – кутові елементи, які передають обертання осей локальної системи для забезпечення їх паралельності з осями системи WGS-84;  $\mu$  – масштабний множник.

## Е т а п 3: Зворотне перетворення просторових прямокутних декартових координат WGS-84 в геодезичні координати WGS-84.

$$(B, L, H)_{\text{WGS-84}} \leftarrow (X, Y, Z)_{\text{WGS-84}}$$

$$B = \arctg \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \left(1 - e^2 \frac{N}{N + H}\right)^{-1};$$

$$L = \arctg \frac{Y}{X};$$

$$H = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{\cos B} - N,$$

де  $B$  – геодезична широта (зі знаком плюс у північному напрямку);  $L$  – геодезична довгота (відраховується в східному напрямку від гринвіцького меридіана);  $H$  – геодезична висота (абсолютна висота по нормалі до еліпсоїда);  $a$  – велика піввісь еліпсоїда;  $e$  – ексцентриситет еліпсоїда.

У всіх вище наведених методах координатних перетворень використовується  $H$  – геодезична висота, а в Україні практично використовуються  $H^*$ , тобто нормальні висоти. Співвідношення між геодезичною та нормальною висотами визначається з наступної формули:

$$H^* = H + \zeta,$$

де  $H^*$  – нормальна висота;  $H$  – геодезична висота;  $\zeta$  – висота квазігеоїда.

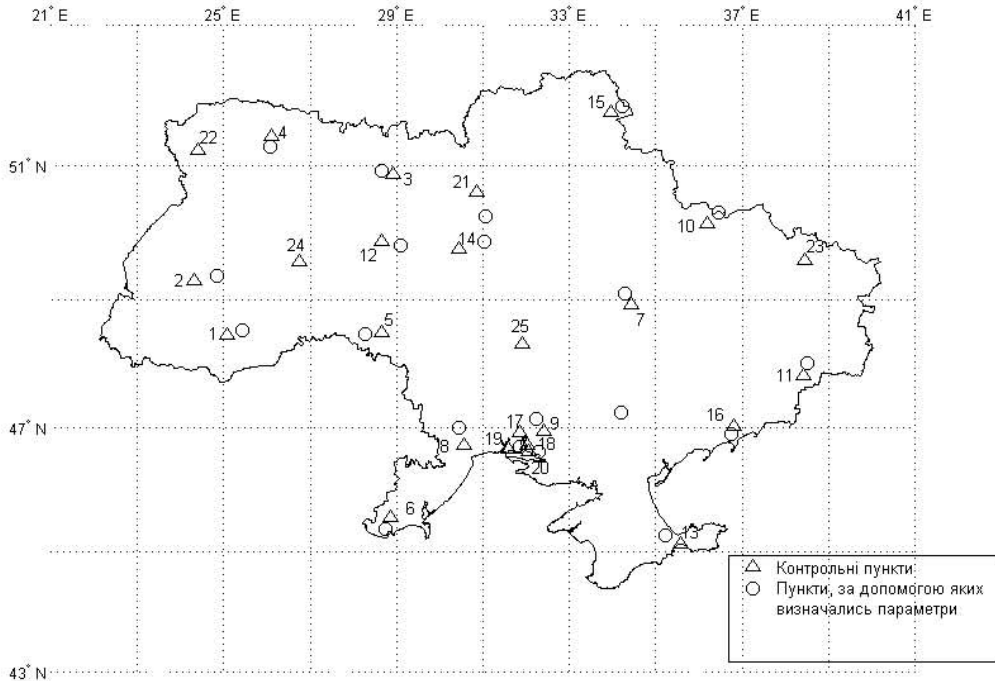
Таким чином, для тривимірних перетворень з урахуванням перетворення і висот, що необхідно для забезпечення повітряної навігації та для ряду проектних задач, пов'язаних із установленням радіо- і телеретрансляючих станцій, потрібно з необхідною і достатньою точністю знати висоти квазігеоїда в кожній точці. Наприклад, для території України висоти квазігеоїда відносно еліпсоїда Красовського (СК-42) становлять 5-10 м, а відносно еліпсоїда WGS-84 – 15-35 м.

### 3. Визначення параметрів перетворення Гельмерта та оцінка їх точності для території України

Сім параметрів перетворення координатних систем визначають за допомогою суміщених пунктів, координати яких відомі в обох системах. Оскільки кожен пункт дає три рівняння, то для знаходження параметрів перетворення необхідно і достатньо трьох спільних пунктів. Через спотворення Державної геодезичної мережі, побудованої у СК-42, використано всі наявні нині суміщені пункти: частину взято як опорні, а решту – як контрольні. Схему розміщення контрольних та опорних пунктів зображено на малюнку.

Сюди малюнок України

Невідомі параметри перетворення та відомі координати в обох системах пов'язані між собою таким співвідношенням:



Розміщення пунктів Державної геодезичної мережі України для визначення параметрів перетворення від СК-42 до WGS-84.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{WGS-84}} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 + \delta m) \begin{bmatrix} 1 & +\varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & 1 & +\varepsilon_X \\ +\varepsilon_Y & -\varepsilon_X & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{лок}}$$

де  $\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{WGS-84}}$ ,  $\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{лок}}$  – координати суміщених точок в обох системах, а  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$

передають вектор зміщення початку локальної системи координат та WGS-84;  $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$  – кутові елементи, які відображують обертання осей локальної системи для забезпечення їх паралельності з осями системи WGS-84;  $\delta m$  – різниця між одиницею та відношенням масштабних множників для обох систем.

Оскільки у це співвідношення параметри входять нелінійно, то необхідно виконати лінеаризацію. Лінеаризоване рівняння має вигляд:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{WGS-84}} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 + \delta m & +\varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & 1 + \delta m & +\varepsilon_X \\ +\varepsilon_Y & -\varepsilon_X & 1 + \delta m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{лок}}$$

Переустановлення елементів у цьому рівнянні приведе нас до звичайної матричної форми перевизначеної системи лінійних рівнянь:

$$\begin{matrix}
 \begin{bmatrix} X_{\text{WGS1}} - X_{\text{лок1}} \\ Y_{\text{WGS1}} - Y_{\text{лок1}} \\ Z_{\text{WGS1}} - Z_{\text{лок1}} \\ X_{\text{WGS2}} - X_{\text{лок2}} \\ Y_{\text{WGS2}} - Y_{\text{лок2}} \\ Z_{\text{WGS2}} - Z_{\text{лок2}} \\ M \end{bmatrix} \\
 \mathbf{x}
 \end{matrix} = \begin{matrix}
 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_{\text{лок1}} & Y_{\text{лок1}} & X_{\text{лок1}} \\ 0 & 1 & 0 & Z_{\text{лок1}} & 0 & -X_{\text{лок1}} & Y_{\text{лок1}} \\ 0 & 0 & 1 & -Y_{\text{лок1}} & X_{\text{лок1}} & 0 & Z_{\text{лок1}} \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_{\text{лок2}} & Y_{\text{лок2}} & X_{\text{лок2}} \\ 0 & 1 & 0 & Z_{\text{лок2}} & 0 & -X_{\text{лок2}} & Y_{\text{лок2}} \\ 0 & 0 & 1 & -Y_{\text{лок2}} & X_{\text{лок2}} & 0 & Z_{\text{лок2}} \\ M \end{bmatrix} \\
 \mathbf{b}
 \end{matrix} \cdot \begin{matrix}
 \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \\ \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y \\ \varepsilon_Z \\ \delta m \end{bmatrix} \\
 \mathbf{A}
 \end{matrix}$$

Використовуючи введені в нижній частині системи позначення, матрицю невідомих параметрів  $\mathbf{x}$  знаходимо як рішення за методом найменших квадратів:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{b}.$$

Оцінку точності використання параметрів перетворення між системами координат для території України виконано по контрольних пунктах. Результати зведено у табл. 3.

Таблиця 3. Оцінка точності використання параметрів перетворення

Номер пункту на малюнку	Різниці координат					
	у просторовій системі			у геодезичній системі		
	$\Delta X$ , м	$\Delta Y$ , м	$\Delta Z$ , м	$B$ , секунди	$L$ , секунди	$H$ , м
1	-0,404	-0,04	-1,067	-0,014	0,008	-1,048
2	0,517	-0,011	1,009	0,009	-0,013	1,067
3	-0,938	0,28	0,105	0,020	0,034	-0,369
4	0,8	1,149	0,273	-0,024	0,034	1,010
5	0,275	1,198	0,11	-0,016	0,048	0,575
6	-0,365	-0,444	0,323	0,020	-0,010	-0,144
7	-1,023	0,76	0,215	0,015	0,063	-0,089
8	0,616	0,371	0,79	-0,001	-0,002	1,067
9	0,225	0,182	0,145	-0,004	0,002	0,302
10	0,301	0,009	0,447	0,004	-0,007	0,503
11	-0,66	-0,619	-1,032	-0,001	-0,007	-1,364
12	0,653	0,048	0	-0,013	-0,015	0,395
13	0,221	-0,144	1,729	0,033	-0,012	1,390
14	0	0,549	-0,204	-0,013	0,021	0,077
15	0,005	-0,283	-0,16	0,000	-0,013	-0,208
16	0,067	-1,219	-1,23	-0,012	-0,054	-1,309
17	-0,215	0,307	-0,417	-0,009	0,018	-0,297
18	-0,106	-1,682	-1,381	-0,005	-0,070	-1,674
19	0,082	-0,245	0,198	0,006	-0,012	0,102
20	-0,052	-0,165	0,146	0,006	-0,005	0,015
Сума квадратів різниць	4,709	9,065	11,026	0,004	0,018	13,846
СКП по осях	0,485	0,673	0,742	0,014	0,030	0,832
Загальна похибка	1,114					



В результаті виконаних досліджень отримано універсальні параметри перетворення систем координат СК-42 та WGS-84 за Гельмертом для всієї території України. Ці параметри забезпечують середню точність перетворення 1,11 м при максимальних помилках до 3 м.

В ході обчислення геодезичних висот використано карти висот квазігеоїда, складені за результатами астрономо-гравіметричного нівелювання при вирівнюванні астрономо-геодезичної мережі колишнього Радянського Союзу в 1995 р. Точність карт близько 0,5 – 0,6 м. Для виконання перетворень з вищою точністю необхідно локалізувати значення параметрів на конкретний район. Такі дослідження проведено на район Дніпро-Бузького лиману розміром 100×100 км з метою навігаційного забезпечення руху морського та річкового транспорту.

Для обчислення параметрів використано 10 пунктів Державної геодезичної мережі, на яких виконано супутникові радіонавігаційні спостереження за точністю 2 класу. Прив'язку до системи WGS-84 виконано через постійно діючі станції супутникових радіонавігаційних спостережень, які розміщені у містах Миколаїв, Сімеїз та Бухарест (Румунія). Отримані параметри для локальної території (Дніпро-Бузький лиман) забезпечують середню точність перетворення координат у плані 0,12 м та 0,25 м по висоті, що вказує на високу точність визначення пунктів ДГМ та незначні спотворення мережі у даному районі.

#### 4. Висновки

На підставі виконаних досліджень із врахуванням вимог до навігаційного (координатного) забезпечення при вирішенні транспортних та інших спеціальних задач (див. табл. 1) пропонується такий порядок перетворення інформації, представленої у системі СК-42, у систему WGS-84:

##### ***Повітряна навігація***

- Навігаційна інформація по маршрутах – перетворення існуючих аеронавігаційних даних за універсальними параметрами;
- Навігаційна інформація (навігаційні засоби та перешкоди) в районі аеропорту – частково перетворення за локалізованими параметрами для всієї території, частково інструментальні роботи для визначення окремих об'єктів у новій системі;
- Осі ЗПС, рульових доріжок, місця стоянок літаків – інструментальні роботи для визначення об'єктів у новій системі;
- Аномалії висот – інструментальні роботи для визначення їх у новій системі.

##### ***Морська навігація***

- Навігація у відкритому морі – перетворення навігаційної інформації за універсальними параметрами;
- Швартові операції – перетворення за локалізованими параметрами на території портів;
- Гідрографічні дослідження – перетворення за локалізованими параметрами для окремих ділянок портів;
- Розробка корисних копалин, прокладання кабелів і трубопроводів – інструментальні роботи з визначення об'єктів у системі WGS-84.

##### ***Навігація наземного транспорту***

- Організація перевезень пасажирів та вантажів – перетворення просторової інформації за універсальними параметрами;
- Спеціальні транспортні задачі (відслідковування небезпечних та важливих вантажів, протиугінні системи) – перетворення просторової інформації за локалізованими параметрами на конкретні ділянки.

### **Геодезія, картографія та кадастр**

- Побудова державних та спеціальних геодезичних мереж – інструментальні роботи;
- Створення топографічних планів масштабів 1:500 – 1:5 000 – інструментальні роботи, частково перетворення за локалізованими параметрами;
- Створення топографічних карт масштабів 1:10 000 – 1:1 000 000 – перетворення за локалізованими та універсальними параметрами;
- Просторове забезпечення кадастрових робіт – інструментальні роботи, частково перетворення за локалізованими параметрами.

### **Література**

1. *Основні положення створення Державної геодезичної мережі України (Постанова Кабінету Міністрів України №844 від 8 червня 1998 р.)*// Зібрання законодавства України. Серія 1. – 1998. –№9. –С. 416.
2. *Про впровадження на території України Світової геодезичної системи координат WGS - 84 (Постанова КМ України №2359 від 22 грудня 1999 р.)*.
3. *Бондар А. Л., Засць І.М., Кучер О.В.* Стан та основні напрями розвитку Державної геодезичної мережі України // Вісник геодезії та картографії. – 2001 р. - №3. – С. 17-23.
4. *Генике А.А., Побединский Г.Г.* Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии. – М.: “Картгеоцентр – Геодезиздат”, 1999. –270 с.
5. *Гофман-Велленгоф Б., Ліхтенеггер Г., Коллінз Д.* Глобальна система визначення місцеположення (GPS). – К.: Наук. думка, 1996. –с. 377.
6. *Ефимов Г.Н.* Результаты уравнивания астрономо-геодезической сети // Геодезия и картография. –1995. – №8. –С. 17–22.
7. *Кошевой А.А.* Общегосударственная политика по разработке Радионавигационного плана Украины // Космічна наука і технологія. – 2001. –№4. – С. 5-11.
8. *Машимов М.М.* К 50-летию введения Единой системы геодезических координат и высот // Геодезия и картография. –1996. –№4. –С.8-14.
9. *Система геодезических параметров Земли “Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90)”*// В.Ф. Галузин, Б.Л. Каплан, М.Г. Лебедев и др.; Под общ. ред. В.В. Хвостова. – М.: Координат. научно-информац. центр. – 1998. – 36 с.
10. *Черемшинський М.Д.* GPS-технології в геодезичній практиці: досвід та перспективи розвитку // Космічна наука і технологія. – 2001. –№4. – С. 5-11.
11. *IERS Technical Note 21, IERS Conventions (1996), D. McCarthy, editor, Observatories de Paris; 1 July 1996.*
12. *Bursa, M.;* Report of Special Commission SC3, Fundamental Constants; *Trevaux de l’ Association International de Geodesie Rapports Generaux et Rapports Techniques; (from IUGG meeting, Boulder, CO); IAG; 140; Paris, France; 1995.*
13. *Malys, S., Slater, J., Smith, R., Kunz, L., Kenyon, S.;* Refinements to The World Geodetic System 1984; *Proceedings of GPS ION-97; Kansas City, MO; September 1997.*
14. *Moritz, H.;* Geodetic Reference System 1980// *Bulletin Geodesique; Vol. 54. No. 3. Paris, France; 1980.*
15. *Moritz H.;* Fundamental Geodetic Constants// Report of Special Study Group No. 5.39 of the International Association of Geodesy (IAG); XVII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG); Canberra, Australia; December 1979.
16. *Moritz, H.;* Fundamental Geodetic Constants// Report of Special Study Group No. 5.39 of the International Association of Geodesy (IAG); XVI General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG); Grenoble, France; August-September 1975.
17. *Rapp, R.H.;* Fundamental Geodetic Constants// Report of Special Study Group No. 5.39 of the International Association of Geodesy (IAG); XVIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG); Hamburg, Federal Republic of Germany; August 1983.

---

*О.В. Кучер, И.М. Заец, Ю.А. Стопхай, О.В. Ренкевич*

*O. Kucher, I. Zaets, Yu. Stopkhai, O. Renkevich*

**ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КООРДИНАТ ИЗ  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ  
СИСТЕМЫ В СИСТЕМУ WGS-84**

**COORDINATE TRANSFORMATION FROM  
NATIONAL COORDINATE SYSTEM TO  
WGS-84**

**Резюме**

**Summary**

Дано краткое описание методов преобразования координат. Приведены сведения о работах по определению параметров Гельмерта с оценкой их точности для территории Украины. Изложены рекомендации о порядке преобразования координатных систем в Украине.

Brief description of coordinate transformation methods is given. Information about determination of Helmert parameters with estimated accuracy is mentioned. The recommendations about transformation of coordinate systems in Ukraine are given.

Науково-дослідний інститут геодезії і картографії

Тел.: (044)227-06-84

Факс: (044)227-42-52

E-mail: info@gki.com.ua

Українське державне аерогеодезичне підприємство

Тел./Факс: (044)227-33-09

E-mail: dagp@gki.com.ua

Надійшла 11.07.02