

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Кафедра геодезії та картографії

05-04-105М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних та самостійних робіт
з навчальної дисципліни «Вища геодезія»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій»
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
денної форми навчання

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ГОЛОВНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗАДАЧ В ПРОСТОРОВИХ СИСТЕМАХ КООРДИНАТ

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості
ННІАЗ
Протокол № 2 від 06.10.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з навчальної дисципліни «Вища геодезія» на тему «Розв’язування головних геодезичних задач в просторових системах координат» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної форми навчання [Електронне видання] / Тадеєв О. А. – Рівне : НУВГП, 2020. – 15 с.

Укладач: Тадеєв О. А., доцент кафедри геодезії та картографії, кандидат технічних наук, доцент.

Відповідальний за випуск: Янчук Р. М., завідувач кафедри геодезії та картографії, кандидат технічних наук, доцент.

Керівник групи забезпечення спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»: доктор сільськогосподарських наук, професор Мошинський В. С.

Зміст

Теоретична частина.....	3
1. Розв'язування оберненої геодезичної задачі в просторових системах координат.....	8
2. Розв'язування прямої геодезичної задачі в просторових системах координат.....	10
Література.....	12
Додатки.....	13

Теоретична частина

Мета розв'язування головних геодезичних задач – визначення взаємного та абсолютного просторового положення пунктів на стадіях створення, обслуговування та використання опорних геодезичних мереж.

Взаємне положення пунктів визначається за відстанями і орієнтирними напрямками між ними.

Абсолютне положення пунктів задається їх місцеположенням у тій чи іншій системі координат. Положення будь-якої точки простору завжди визначається однозначно незалежно від обраної системи координат. З цієї причини існують однозначні математичні зв'язки між системами координат. Саме такі зв'язки дають змогу досягти мети розв'язування головних геодезичних задач.

У ході розв'язування головних геодезичних задач найчастіше використовуються наступні просторові системи координат.

1. Просторова геоцентрична прямокутна система координат XYZ (див. рис. 1) – це модельна система з положенням початку відліку в центрі мас Землі (т.*O*) та основною відліковою координатною площиною – екватором. Вісь *X* знаходиться у площині екватора і направлена з початку відліку в напрямі на точку *G_e* перетину початкового (Грінвічського) меридіана і екватора. Вісь *Y* також знаходиться у площині екватора і направлена з початку відліку в напрямі, ортогональному відносно осі *X*. Початкова вісь *X* розташована в площині екватора справа у відношенні до осі *Y*, тому таку систему координат називають правою (правосторонньою). Вісь *Z* направлена з початку відліку в напрямі північного полюса *P₀*, співпадає з віссю обертання Землі та перпендикулярна до площини екватора.

Координати довільної точки простору (т. *A* на рис. 1) в системі XYZ визначають:

- ортогональна проекція точки на площину екватора (т. *A₁*); знаходиться у напрямі з початку відліку на точку *G_A* перетину меридіана т. *A* і екватора;
- ортогональні проекції точок *A* та *A₁* на осі координат *OX* (т. *A₃*), *OY* (т. *A₂*), *OZ* (т. *A₄*).

Тоді $X_A = OA_3 = A_1A_2$; $Y_A = OA_2 = A_1A_3$; $Z_A = OA_4 = A_1A$.

Координати XYZ задають абсолютне положення пунктів опорних мереж.

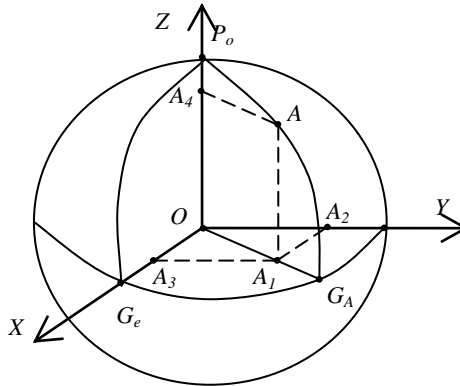


Рис. 1. Координати т. A в просторовій прямокутній геоцентричній системі координат XYZ

2. **Просторова геоцентрична полярна еліпсоїдальна система координат BLH** також відноситься до категорії модельних геоцентричних систем з основною відліковою координатною площиною – екватором. На рис. 2 показано координати довільної точки простору (т. A) в системі BLH у відношенні до координатних осей прямокутної просторової геоцентричної системи XYZ . Особливість цієї системи у порівнянні з попередньою полягає в тому, що нею зручно користуватись за потреби визначення місцеположень у відношенні до моделі Землі у формі еліпсоїда обертання.

На рис. 2 позначено:

т. O – геометричний центр еліпсоїда обертання, що знаходиться у центрі мас Землі;

$a = OE$, $b = OP_o$ – велика і мала півосі еліпсоїда;

G_e – точка перетину початкового меридіана і екватора;

G_A – точка перетину геодезичного меридіана т. A і екватора;

$A'n$ – нормаль до поверхні еліпсоїда;

A' – проекція т. A на поверхню еліпсоїда у напрямі нормалі $A'n$;

A'' – проекція т. A на площину екватора EG_AE у напрямі нормалі $A'n$;

OG_A – лінія перетину площини $P_oA'G_AO$ меридіана т. A і площини екватора EG_AE .

Положення точки A в системі BLH визначають наступні координати:

- геодезична висота $H = AA'$ – довжина проекції т. A на поверхню земного еліпсоїда у напрямі нормалі $A'n$;
- геодезична еліпсоїдальна широта $B = \sphericalangle G_AA'A'$ – гострий кут, утворений нормаллю $A'n$ до поверхні еліпсоїда в точці A' та площиною екватора EG_AE' ;

- геодезична еліпсоїдальна довгота $L = \sphericalangle G_e O G_A$ – двогранний кут, утворений площиною $P_0 G_e O$ початкового меридіана та площиною $P_0 A' G_A O$ меридіана точки A .

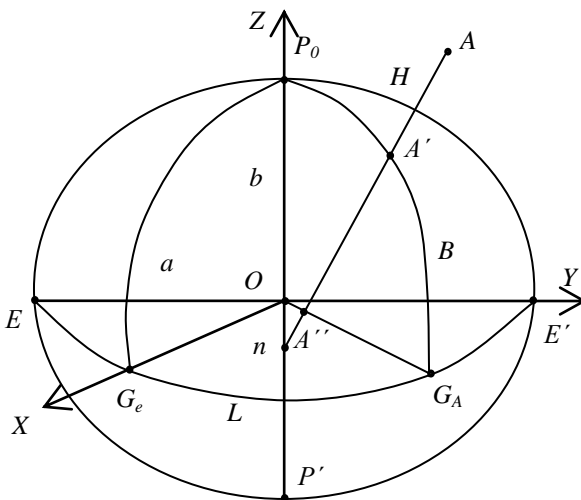


Рис. 2. Координати т. A в просторовій геоцентричній полярній еліпсоїдальній системі координат BLH

Координати BLH задають абсолютне положення пунктів опорних мереж.

Просторова геоцентрична полярна еліпсоїдальна система координат BLH має двовимірний різновид. У цьому випадку абсолютне положення точки визначають дві координати BL і задають його виключно на поверхні земного еліпсоїда обертання.

3. Просторова топоцентрична горизонтна система координат відноситься до категорії модельних об'єктоцентричних систем з положенням початку відліку в довільній точці простору т. A (найчастіше – на топографічній поверхні Землі) та основною відліковою координатною площиною земного горизонту. Площина горизонту встановлюється ортогонально до напрямів визначальних прямих в основних геоцентричних системах. В зв'язку з цим у залежності від цілей використання системи і змісту розв'язуваних задач розрізняють такі її різновиди як сферична (площина горизонту перпендикулярна до радіусу геосфери), астрономічна (площина горизонту перпендикулярна до прямовисної лінії) та еліпсоїдальна. З погляду на завдання розв'язування головних геодезичних задач остання є

найбільш оптимальною і використовується найчастіше. У цьому різновиді топоцентричної системи площина горизонту перпендикулярна до напрямку нормалі $A'n$ до поверхні еліпсоїда в т. A' у просторовій геоцентричній полярній еліпсоїдальній системі координат BLH . Для розв'язування головних геодезичних задач достатньо використати двовимірний різновид системи BLH – двовимірну геоцентричну екваторіальну еліпсоїдальну полярну систему координат BL (див. рис. 2, 3).

Загалом, положення точок A і P у просторовій топоцентричній горизонтній системі з початком у точці A може бути визначене прямокутними координатами X', Y', Z' або полярними координатами s, A_{AP}, z .

На рис. 3 та 4 $X'Y'Z'$ – це просторова прямокутна топоцентрична горизонтна еліпсоїдальна система. Тут початкова вісь координат AX' розташована у площині геодезичного меридіана P_NAG_AO початкової точки відліку A (G_A – точка перетину геодезичного меридіана т. A і екватора). Вісь AX' направлена в північному напрямі вздовж геодезичного меридіана т. A як дотична до нього у цій точці. Вісь AY' ортогональна до осі AX' . Осі AX' та AY' задають площину горизонту, яка є дотичною до еліпсоїда у т. A . Початкова вісь AX' розташована зліва відносно осі AY' , тому таку систему називають лівою (лівосторонньою). Вісь AZ' ортогональна двом попереднім і є продовженням напрямку, який задає нормаль An . На рис. 3 показано розташування осей лівої системи $X'Y'Z'$ та системи BL у відношенні до осей правої системи XYZ .

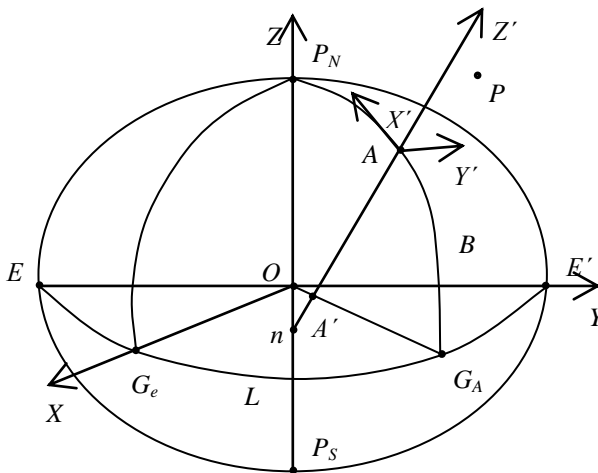


Рис. 3. Просторова прямокутна топоцентрична горизонтна еліпсоїдальна система координат $X'Y'Z'$ (ліва)

Положення точок A і P у лівій просторовій топоцентричній горизонтній системі з початком у т. A характеризують **прямокутні координати** X', Y', Z' , як це показано на рис. 4. Визначальними для координат X', Y', Z' точки P є:

- ортогональна проекція P_1 точки P на площину горизонту $Ax'Y'$;
- ортогональні проекції точок P і P_1 на осі координат Ax' (т. P_2), Ay' (т. P_3), Az' (т. P_4).

Тоді $X' = AP_2 = P_1P_3$; $Y' = AP_3 = P_1P_2$; $Z' = AP_4 = PP_1$.

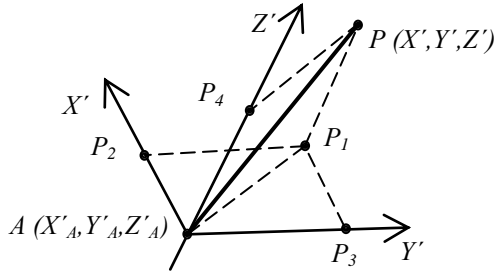


Рис. 4. Координати т. P у лівій просторовій топоцентричній горизонтній прямокутній системі координат X', Y', Z' з початком у т. A

Взаємне положення точок A і P у лівій просторовій топоцентричній горизонтній системі з початком у т. A характеризують **полярні координати** s, A_{AP}, z , як це показано на рис. 5:

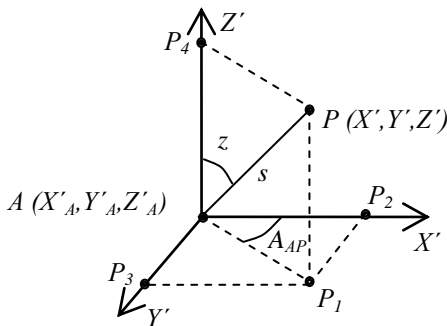


Рис. 5. Координати т. P у лівій просторовій топоцентричній горизонтній полярній системі координат s, A_{AP}, z з початком у т. A

- топоцентрична просторова відстань $s = AP$;
- геодезичний азимут A_{AP} – двограний кут, утворений площиною меридіана т.А (координатна площина $AX'Z'$) і площиною AP_1PP_4 . У площині горизонту $AX'Y'$ це плоский кут $A_{AP} = \angle P_2AP_1$;
- геодезична зенітна відстань $z = \angle P_4AP$ – кут з вершиною у т.А, утворений віссю AZ' та лінією $s = AP$ (топоцентрична відстань).

Координати s, A_{AP}, z задають відносно взаємне положення пунктів опорних мереж.

Координати X', Y', Z' чи s, A_{AP}, z для будь-якої точки простору однозначно можна обчислити через її координати у системах XYZ та BL . Взаємозв'язки координат у перелічених системах є основою алгоритмів розв'язування головних геодезичних задач. Головними називають пряму та обернену геодезичні задачі.

1. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ОБЕРНЕНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ЗАДАЧІ В ПРОСТОРОВИХ СИСТЕМАХ КООРДИНАТ

Оберненою називають геодезичну задачу, в якій за абсолютним положенням двох пунктів P_1 та P_2 визначають їх відносно взаємне положення.

Вхідні дані: просторові геоцентричні прямокутні екваторіальні координати X_1, Y_1, Z_1 та X_2, Y_2, Z_2 пунктів P_1 та P_2 , координати X_A, Y_A, Z_A початкового пункту відліку A просторової топоцентричної горизонтної системи. Координати пунктів A, P_1 та P_2 опорної геодезичної мережі УПС-GNSS наведено в таблицях додатків 1 та 2.

Результат розв'язування задачі: просторові топоцентричні горизонтні полярні координати $s, A_{12}, A_{21}, z_{12}, z_{21}$.

Хід роботи

1. Обчислення двовимірних геоцентричних екваторіальних полярних еліпсоїдальних координат B_A, L_A початку відліку топоцентричної системи в пункті A .

Широта B_A обчислюється методом послідовних наближень. Використовуються наступні ітераційні формули. Для першого наближення під умовою $H = 0$:

$$B_0 = \arctg \frac{Z_A}{D(1 - e^2)},$$

де $D = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$ – екваторіальна відстань. У наступних наближеннях

$$B_i = \arctg \frac{Z_A + e^2 \cdot N_{i-1} \cdot \sin B_{i-1}}{D}$$

або
$$B_i = \arctg \frac{Z_A}{D - e^2 \cdot N_{i-1} \cdot \cos B_{i-1}} ;$$

$$N_{i-1} = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_{i-1}}} - \text{радіус кривини перерізу першого вертикалу в}$$

точці еліпсоїда на широті B_{i-1} ; $a = 6378137$ м, $e^2 = 0.00669438$ – велика піввісь та квадрат першого ексцентриситету загального земного еліпсоїда обертання. Ітерації тривають включно до досягнення результату обчислень, коли значення широти поточного результату B_i буде дорівнювати отриманому в попередньому наближенні B_{i-1} . Таке значення задає координату B_A початку відріку топоцентричної системи в пункті A .

Довгота
$$L_A = \arctg \frac{Y_A}{X_A} .$$

2. Обчислення елементів матриці переходу G :

$$G = \begin{bmatrix} g_{11} = -\sin B_A \cdot \cos L_A & g_{12} = -\sin L_A & g_{13} = \cos B_A \cdot \cos L_A \\ g_{21} = -\sin B_A \cdot \sin L_A & g_{22} = \cos L_A & g_{23} = \cos B_A \cdot \sin L_A \\ g_{31} = \cos B_A & g_{32} = 0 & g_{33} = \sin B_A \end{bmatrix} .$$

3. Обчислення просторових топоцентричних горизонтних прямокутних координат X'_1, Y'_1, Z'_1 та X'_2, Y'_2, Z'_2 пунктів P_1 та P_2 :

$$\begin{bmatrix} X'_1 \\ Y'_1 \\ Z'_1 \end{bmatrix} = G^T \cdot \begin{bmatrix} X_1 - X_A \\ Y_1 - Y_A \\ Z_1 - Z_A \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} X'_2 \\ Y'_2 \\ Z'_2 \end{bmatrix} = G^T \cdot \begin{bmatrix} X_2 - X_A \\ Y_2 - Y_A \\ Z_2 - Z_A \end{bmatrix} .$$

4. Визначення відносного взаємного положення пунктів P_1 та P_2 у просторовій топоцентричній горизонтній полярній системі з початком у пункті A шляхом обчислення координат $s, A_{12}, A_{21}, z_{12}, z_{21}$:

$$s = \sqrt{(X'_2 - X'_1)^2 + (Y'_2 - Y'_1)^2 + (Z'_2 - Z'_1)^2} ;$$

$$A_{12} = \arctg \frac{Y'_2 - Y'_1}{X'_2 - X'_1} ;$$

$$A_{21} = \arctg \frac{Y'_1 - Y'_2}{X'_1 - X'_2} ;$$

$$z_{12} = \arctg \frac{\sqrt{(X'_2 - X'_1)^2 + (Y'_2 - Y'_1)^2}}{Z'_2 - Z'_1};$$

$$z_{21} = \arctg \frac{\sqrt{(X'_1 - X'_2)^2 + (Y'_1 - Y'_2)^2}}{Z'_1 - Z'_2}.$$

2. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПРЯМОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ЗАДАЧІ В ПРОСТОРОВИХ СИСТЕМАХ КООРДИНАТ

Прямою називають геодезичну задачу, в якій за абсолютним положенням пункту P_1 та параметрами відносного щодо нього взаємного положення пункту P_2 визначають абсолютне положення пункту P_2 .

Вхідні дані: просторові геоцентричні прямокутні екваторіальні координати X_1, Y_1, Z_1 пункту P_1 , координати X_A, Y_A, Z_A початкового пункту відліку A просторової топоцентричної горизонтної системи та просторові топоцентричні горизонтні полярні координати s, A_{12}, z_{12} пункту P_2 відносно пункту P_1 . Координати пунктів A та P_1 опорної геодезичної мережі УПС-GNSS наведено в таблицях додатків 1 та 2. Просторові топоцентричні горизонтні полярні координати s, A_{12}, z_{12} пункту P_2 відносно пункту P_1 є результатом розв'язування оберненої геодезичної задачі.

Результат розв'язування задачі: просторові геоцентричні прямокутні екваторіальні координати X_2, Y_2, Z_2 пункту P_2 .

Хід роботи

1. Обчислення двовимірних геоцентричних екваторіальних полярних еліпсоїдальних координат B_A, L_A початку відліку топоцентричної системи в пункті A .

Широта B_A обчислюється методом послідовних наближень. Використовуються наступні ітераційні формули. Для першого наближення під умовою $H = 0$:

$$B_0 = \arctg \frac{Z_A}{D(1 - e^2)},$$

де $D = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$ – екваторіальна відстань. У наступних наближеннях

$$B_i = \arctg \frac{Z_A + e^2 \cdot N_{i-1} \cdot \sin B_{i-1}}{D}$$

або

$$B_i = \arctg \frac{Z_A}{D - e^2 \cdot N_{i-1} \cdot \cos B_{i-1}};$$

$N_{i-1} = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_{i-1}}}$ – радіус кривини перерізу першого вертикалу в

точці еліпсоїда на широті B_{i-1} ; $a = 6378137$ м, $e^2 = 0.00669438$ – велика піввісь та квадрат першого ексцентриситету загального земного еліпсоїда обертання. Ітерації тривають включно до досягнення результату обчислень, коли значення широти поточного результату B_i буде дорівнювати отриманому в попередньому наближенні B_{i-1} . Таке значення задає координату B_A початку відліку топоцентричної системи в пункті A .

Довгота
$$L_A = \arctg \frac{Y_A}{X_A}.$$

2. Обчислення елементів матриці переходу G :

$$G = \begin{bmatrix} g_{11} = -\sin B_A \cdot \cos L_A & g_{12} = -\sin L_A & g_{13} = \cos B_A \cdot \cos L_A \\ g_{21} = -\sin B_A \cdot \sin L_A & g_{22} = \cos L_A & g_{23} = \cos B_A \cdot \sin L_A \\ g_{31} = \cos B_A & g_{32} = 0 & g_{33} = \sin B_A \end{bmatrix}.$$

3. Обчислення просторових топоцентричних горизонтних прямокутних координат X'_1, Y'_1, Z'_1 та X'_2, Y'_2, Z'_2 пунктів P_1 та P_2 :

$$\begin{bmatrix} X'_1 \\ Y'_1 \\ Z'_1 \end{bmatrix} = G^T \cdot \begin{bmatrix} X_1 - X_A \\ Y_1 - Y_A \\ Z_1 - Z_A \end{bmatrix};$$

$$\begin{bmatrix} X'_2 \\ Y'_2 \\ Z'_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'_1 \\ Y'_1 \\ Z'_1 \end{bmatrix} + s \cdot \begin{bmatrix} \sin z_{12} \cdot \cos A_{12} \\ \sin z_{12} \cdot \sin A_{12} \\ \cos z_{12} \end{bmatrix}.$$

4. Обчислення просторових геоцентричних прямокутних екваторіальних координат X_2, Y_2, Z_2 пункту P_2 .

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} + G \cdot \begin{bmatrix} X'_2 \\ Y'_2 \\ Z'_2 \end{bmatrix}.$$

Питання для самоконтролю

1. Який зміст координат пункту в просторовій прямокутній геоцентричній системі координат XYZ ?
2. Який зміст координат пункту в просторовій геоцентричній полярній еліпсоїдальній системі BLH ?
3. Як здійснити перетворення координат з системи XYZ в систему BLH ?
4. Який зміст координат у просторовій топоцентричній горизонтній прямокутній системі $X'Y'Z'$?
5. Яка відмінність між правою та лівою просторовими прямокутними системами координат?
6. Який зміст координат у просторовій топоцентричній горизонтній полярній системі $sA_{12} z$?
7. Як здійснити перетворення координат з системи XYZ в систему $X'Y'Z'$?
8. Як здійснити перетворення координат з системи $X'Y'Z'$ в систему XYZ ?
9. Як здійснити перетворення координат з системи $X'Y'Z'$ в систему $sA_{12} z$?
10. Як здійснити перетворення координат з системи $sA_{12} z$ в систему $X'Y'Z'$?
11. В яких системах координати задають абсолютне положення пунктів ?
12. В яких системах координати задають відносне взаємне положення пунктів?
13. Які задачі називають головними геодезичними задачами?
14. Який зміст оберненої геодезичної задачі?
15. Які параметри задано в оберненій геодезичній задачі?
16. Який результат розв'язування оберненої геодезичної задачі?
17. Який алгоритм розв'язування оберненої геодезичної задачі?
18. Який зміст прямої геодезичної задачі?
19. Які параметри задано в прямій геодезичній задачі?
20. Який результат розв'язування прямої геодезичної задачі?
21. Який алгоритм розв'язування прямої геодезичної задачі?

Література

1. Марченко О. М., Третяк К. Р., Ярема Н. П. Референсні системи в геодезії : навч. посібник. Львів: Львівська політехніка, 2013. 216 с.
2. Машимов М. М. Теоретическая геодезия : справочное пособие. Москва : Недра, 1991. 268с. URL: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-mashimov-mm-geodeziya-teoreticheskaya-geodeziya-1991.pdf> (дата звернення 06.10.2020).
3. Савчук С. Г. Вища геодезія : навч. посібник. Житомир : ЖДТУ, 2005. 315с.
4. Савчук С. Г. Вища геодезія: підручник, видання друге. Львів : Львівська політехніка, 2005. 315с. URL: <https://studfiles.net/preview/5198885/> (дата звернення 06.10.2020).

Комбінації пунктів опорної мережі УПС-GNSS
(вхідні дані до розв'язування головних геодезичних задач)

Варіанти завдань	Пункт	X (м)	Y (м)	Z (м)
1	<i>A : GLSV</i>	Координати пунктів у просторовій прямокутній геоцентричній системі координат XYZ подано в додатку 2		
	<i>P₁ : SULP</i>			
	<i>P₂ : MKRS</i>			
2	<i>A : SULP</i>			
	<i>P₁ : VNRS</i>			
	<i>P₂ : MIKL</i>			
3	<i>A : CNIV</i>			
	<i>P₁ : ZPRS</i>			
	<i>P₂ : MARP</i>			
4	<i>A : DNMU</i>			
	<i>P₁ : UZHL</i>			
	<i>P₂ : SULP</i>			
5	<i>A : KHAR</i>			
	<i>P₁ : SMLA</i>			
	<i>P₂ : KRRS</i>			
6	<i>A : MARP</i>			
	<i>P₁ : PRYL</i>			
	<i>P₂ : GLSV</i>			
7	<i>A : KRRS</i>			
	<i>P₁ : POLV</i>			
	<i>P₂ : ZPRS</i>			
8	<i>A : MIKL</i>			
	<i>P₁ : MKRS</i>			
	<i>P₂ : VNRS</i>			

Продовження додатку 1

Комбінації пунктів опорної мережі УПС-GNSS
(вхідні дані до розв'язування головних геодезичних задач)

Варіанти завдань	Пункт	X (м)	Y (м)	Z (м)
9	<i>A : MKRS</i>	Координати пунктів у просторовій прямокутній геоцентричній системі координат XYZ подано в додатку 2		
	<i>P₁ : UZHL</i>			
	<i>P₂ : KRRS</i>			
10	<i>A : POLV</i>			
	<i>P₁ : ZPRS</i>			
	<i>P₂ : MIKL</i>			
11	<i>A : PRYL</i>			
	<i>P₁ : VNRS</i>			
	<i>P₂ : DNMU</i>			
12	<i>A : SMLA</i>			
	<i>P₁ : CNIV</i>			
	<i>P₂ : KHAR</i>			
13	<i>A : UZHL</i>			
	<i>P₁ : SULP</i>			
	<i>P₂ : MKRS</i>			
14	<i>A : ZPRS</i>			
	<i>P₁ : DNMU</i>			
	<i>P₂ : SMLA</i>			
15	<i>A : VNRS</i>			
	<i>P₁ : KRRS</i>			
	<i>P₂ : MARP</i>			

Координати пунктів опорної мережі УПС-GNSS
в просторовій прямокутній геоцентричній системі координат XYZ

Пункт	X (м)	Y (м)	Z (м)
<i>GLSV</i>	3512888,954	2068979,882	4888903,200
<i>SULP</i>	3765296,818	1677559,349	4851297,495
<i>CNIV</i>	3397785,181	2066990,520	4969811,521
<i>DNMU</i>	3468977,261	2434669,078	4750719,996
<i>KHAR</i>	3312984,200	2428203,522	4863307,874
<i>MARP</i>	3451047,042	2647880,796	4649213,547
<i>KRRS</i>	3579308,775	2259514,663	4755359,945
<i>MIKL</i>	3698553,985	2308676,002	4639769,493
<i>MKRS</i>	3915409,124	1638600,229	4745087,111
<i>POLV</i>	3411557,346	2308676,003	4834396,887
<i>PRYL</i>	3425673,207	2174035,392	4904999,871
<i>SMLA</i>	3546267,623	2204464,002	4805379,225
<i>UZHL</i>	3907587,455	1602428,695	4763783,762
<i>ZPRS</i>	3507143,271	2470487,705	4704181,545
<i>VNRS</i>	3670860,523	1987087,216	4806792,862