

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
САДІВНИЦТВА**

**Факультет лісового і садово-паркового господарства  
Кафедра геодезії, картографії і кадастру**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ  
ІЗ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«ВИЩА ГЕОДЕЗІЯ»**

для студентів спеціальності 193

«Геодезія та землеустрій»

Освітній рівень «бакалавр»

**Умань – 2022**

Укладачі: д. геогр. н., проф. Кисельов Ю.О.; д. техн. н., проф. Рудий Р.М.; д. техн. н. Іванчук О.М.; к. с.-г. н., доц. Шемякін М.В.; к. е. н., доц. Удовенко І.О.; к. е. н., доц. Боровик П.М.; к. с.-г. н., доц. Кирилюк В.П.; к. техн. н., ст. викл. Заяць І.В.; ст. викл. Кононенко С.І.; к. техн. н. Лозинський В.А., викл. Глобенко О.В.

Рецензенти:

доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності Уманського національного університету садівництва С.П. Сонько;  
кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії та землеустрою Білоцерківського національного аграрного університету В.М. Гладілін.

Методичні вказівки розглянуті на засіданні кафедри геодезії, картографії і кадастру

Рекомендовано до видання науково-методичною комісією факультету лісового і садовопаркового господарства УНУС

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	4
<b>Тематика практичних занять</b> .....	6
<b>Практичне заняття №1.</b> Обчислення довжин дуг меридіана та паралелей .....	7
<b>Практичне заняття №2.</b> Рішення сферичного трикутника .....	9
<b>Практичне заняття №3.</b> Перетворення геодезичних (еліпсоїдальних) координат $B, L, H$ в прямокутні (просторові) координати $X, Y, Z$ .....	13
<b>Практичне заняття №4.</b> Перехід від геодезичних координат до плоских прямокутних координат Гаусса-Крюгера .....	16
<b>Практичне заняття №5.</b> Редукування геодезичних вимірів з еліпсоїда на площину в проекції Гаусса-Крюгера .....	17
<b>Практичне заняття №6.</b> Обчислення відхилень прямовисних ліній .....	19
<b>Практичне заняття №7.</b> Рішення геодезичних задач на поверхні сфери і еліпсоїда .....	21
<b>Практичне заняття №8.</b> Проектування планово-висотної геодезичної мережі для забезпечення земельно-кадастрових робіт.....	25
<b>Практичне заняття №9.</b> Побудова, перевірки і дослідження високоточних оптичних теодолітів.....	31
<b>Практичне заняття №10.</b> Вимірювання горизонтальних кутів різними способами.....	35
<b>Практичне заняття №11.</b> Ознайомлення з програмним комплексом «Маркшейдерсько-геодезичні мережі і зйомки» MGSeti.....	37
<b>Розподіл балів, які отримують студенти</b> .....	44
<b>Список використаних джерел</b> .....	44

## ВСТУП

Мета та завдання вивчення навчальної дисципліни «Вища геодезія» полягає у формуванні в майбутніх фахівців теоретичних знань про фігуру та гравітаційне поле Землі, поверхні відносності, системи координат та напрацювання студентами практичних навичок проведення високоточних геодезичних вимірювань. Курс вищої геодезії для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» містить два модулі.

Після вивчення курсу студент повинен:

**знати** – сучасні теорію, принципи, методи і засоби вимірювання з вищої геодезії; математичну теорію обробки результатів вимірів з вищої геодезії; основи теорії сферичної і сфероїдичної геодезії; способи розв’язання сферичних і сфероїдичних трикутників; обчислення геодезичних широт, довгот та азимутів на референц-еліпсоїді; основи фізичної геодезії, розв’язання задач на визначення потенціалу сили тяжіння;

**вміти** – виконувати розрахунок точності мереж триангуляції, трилатерації, полігонометрії; виконувати дослідження і перевірки високоточних приладів для вимірювання кутів; вимірювати кути в триангуляції різними способами; вимірювати зенітні відстані; розраховувати точність виконання геодезичних робіт на геополігонах; аналізувати результати математичної обробки вимірів з метою прогнозування рухів земної поверхні; здійснювати перехід від однієї системи висот до іншої; обчислювати поправки у виміряні на поверхні Землі напрямки за перехід на поверхню референц-еліпсоїда при обробці астрономо-геодезичних мереж; порядок розв’язання сфероїдичного трикутника з виміряними сторонами за методом Лежандра; переобчислення геодезичних координат у прямокутні; технологію обчислення гравіметричних та астрономо-геодезичних відхилень прямовисних ліній; встановлення астрономо-геодезичних відхилень прямовисних ліній у проміжних пунктах методом інтерполювання;

оволодіти **компетентностями**, зокрема **загальними** –

здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями;

здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

здатність планувати та управляти часом;

здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології;

здатність працювати автономно;

здатність до міжособистісної взаємодії, та **фаховими** –

здатність застосовувати фундаментальні знання для аналізу явищ природного і техногенного походження при виконанні професійних завдань у сфері геодезії та землеустрою;

здатність застосовувати теорії, принципи, методи фізико-математичних, природничих, соціально-економічних, інженерних наук при виконанні завдань геодезії та землеустрою;

здатність обирати та використовувати ефективні методи, технології та обладнання для здійснення професійної діяльності у сфері геодезії та землеустрою;

здатність застосовувати сучасне інформаційне, технічне і технологічне забезпечення для вирішення складних питань геодезії та землеустрою;

здатність виконувати дистанційні, наземні, польові та камеральні дослідження, інженерні розрахунки з опрацювання результатів досліджень, оформляти результати досліджень, готувати звіти при вирішенні завдань геодезії та землеустрою,

а також досягти таких **програмних результатів навчання** –

вільно спілкуватися в усній та письмовій формах державною та іноземною мовами з питань професійної діяльності;

організувати і керувати професійним розвитком осіб і груп;

застосовувати концептуальні знання природничих і соціально-економічних наук при виконанні завдань геодезії та землеустрою;

знати історію та особливості розвитку геодезії та землеустрою, їх місце в загальній системі знань про природу і суспільство;

організувати та виконувати дистанційні, наземні, польові і камеральні роботи в сфері геодезії та землеустрою, оформляти результати робіт, готувати відповідні звіти; розробляти документацію із землеустрою, кадастрову документацію і документацію з оцінки земель із застосуванням комп'ютерних технологій, геоінформаційних систем та цифрової фотограмметрії, наповнювати даними державний земельний, містобудівний та інші кадастри; планувати складну професійну діяльність, розробляти і реалізовувати проекти у сфері геодезії та землеустрою за умов ресурсних та інших обмежень.

## ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>Модуль 1. Сфероїдна геодезія</b>		
<i><b>ЗМ 1.2. Елементи сфероїдної геодезії</b></i>		
1	ПР 1. Обчислення довжин дуг меридіана та паралелей	2
2	ПР 2 Рішення сферичного трикутника	2
3	ПР 3 Перетворення геодезичних (еліпсоїдальних) координат В, L, Н в прямокутні (просторові) координати X, Y, Z	2
4	ПР 4 Перехід від геодезичних координат до плоских прямокутних координат Гаусса-Крюгера	2
5	ПР 5 Редукування геодезичних вимірів з еліпсоїда на площину в проекції Гаусса-Крюгера	2
	Разом за змістовий модуль	<b>10</b>
<i><b>ЗМ 1.2. Основи теоретичної геодезії</b></i>		
6	ПР 6 Обчислення відхилень прямовисних ліній	2
7	ПР 7 Рішення геодезичних задач на поверхні сфери і еліпсоїда	2
	Разом за змістовий модуль	<b>4</b>
<b>Модуль 2. Основні геодезичні роботи</b>		
<i><b>ЗМ 2.1. Планові державні геодезичні мережі</b></i>		
8	ПР 8 Проектування планово-висотної геодезичної мережі для забезпечення земельно-кадастрових робіт	4
9	ПР 9 Побудова, перевірки і дослідження високоточних оптичних теодолітів	4
10	ПР 10 Вимірювання горизонтальних кутів різними способами	4
11	ПР 11 Ознайомлення з програмним комплексом «Маркшейдерсько-геодезичні мережі і зйомки» MGSeti.	2
	Разом за змістовий модуль	<b>14</b>
	<b>Разом</b>	<b>28</b>

## Методичні рекомендації із проведення практичних занять

### Практична робота №1 Обчислення довжин дуг меридіана та паралелей Теоретична частина

Сторони знімальної трапеції аркушу карти заданого масштабу є лініями меридіанів та паралелей на поверхні земного еліпсоїду. Тому обчислення натуральних розмірів та площі знімальної трапеції – це визначення частини поверхні еліпсоїду в межах ліній меридіанів та паралелей, які окреслюють лист карти заданого масштабу.

Розміри знімальної трапеції на поверхні еліпсоїду описуються наступними параметрами:

- південна  $a_1$  та північна  $a_2$  сторони, які на поверхні еліпсоїду є дугами паралелей з широтами відповідно  $B_1$  та  $B_2$ . Дуги  $a_1$  та  $a_2$  окреслюються меридіанами з довготами  $L_1$  та  $L_2$ . Для північних широт завжди  $a_1 > a_2$ ;

- західна та східна сторони  $c$ , які на поверхні еліпсоїду є дугами меридіанів, окреслених паралелями з широтами  $B_1$  та  $B_2$ , тому завжди рівні між собою;

- діагональ  $d$  трапеції

Значення параметрів обчислюють за формулами:

$$a_1 = \frac{L_2 - L_1}{\rho} N_1 \cos B_1; \quad a_2 = \frac{L_2 - L_1}{\rho} N_2 \cos B_2; \quad c = M_m \frac{B_2 - B_1}{\rho}; \quad d = \sqrt{a_1 a_2 + c^2};$$

$$W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}; \quad N = \frac{a}{W}; \quad M = \frac{a(1 - e^2)}{W^3}; \quad B_m = \frac{B_1 + B_2}{2}$$

де  $a_1$  – північна сторона трапеції;  
 $a_2$  – південна сторона трапеції;  
 $c$  – східна і західна сторони трапеції;  
 $d$  – діагональ трапеції;  
 $B_1$  – широта північної сторони трапеції;  
 $B_2$  – широта південної сторони трапеції;  
 $B_m$  – середня широта трапеції;  
 $L_1$  – довгота східної сторони трапеції;  
 $L_2$  – довгота західної сторони трапеції;  
 $N_i$  – радіус кривизни перерізу вертикалу на відповідній широті;  
 $W$  – перша функція геодезичної широти;  
 $M$  – радіус кривизни меридіанного перерізу;  
 $a$  – велика піввісь референц-еліпсоїда;  
 $e^2$  – перший ексцентриситет референц-еліпсоїда.

При обчисленні довжин сторін трапеції в масштабі листа карти значення  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $c$ ,  $d$  множать на коефіцієнт  $\frac{100}{n}$ , де  $n$  – знаменник масштабу. Тоді обчислені параметри виражаються у сантиметрах, для нанесення їх на папір. Формула забезпечує розрахунок площі трапеції із середньою квадратичною помилкою не більше  $m_p = 0.0005 \text{ км}^2$ .

#### Хід роботи:

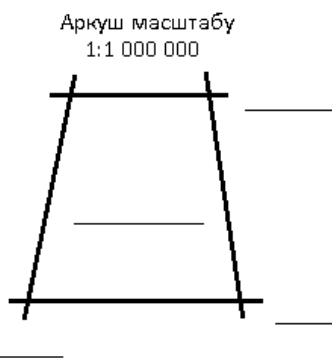
1. Оберіть місто згідно номеру варіанту і нанесіть його на фрагмент карти 1:1 000 000.
2. Визначте номенклатуру аркушу масштабу 1:1 000 000 в якому розташовується місто і заштрихуйте цей аркуш на фрагменті карти.
3. Визначте і выпишіть номенклатуру обраного аркушу на схематичне зображення аркушу трапеції внизу.



Фрагмент карти масштабу 1:1 000 000

Визначте і випишіть координати рамок трапеції даного аркушу.

4. Визначте і нанесіть положення міста в аркуші масштабу 1:1 000 000.



5. Для визначення номенклатури аркушу, масштабу 1:100 000 скористайтеся схемою, наданою нижче. На схемі аркуш карти масштабу 1:1 000 000 розділено на  $12 \times 12 = 144$  аркушів. На схему випишіть координати рамок Вашої трапеції і номенклатуру аркушу масштабу 1:1 000 000.

6. Розбийте проміжки координат у  $6^\circ$  по довготі і в  $4^\circ$  по широті на 12 частин кожний.

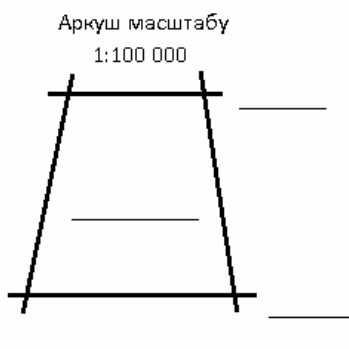
7. Обчисліть

широти і довготи кожного аркушу,

масштабу 1:100 000.

8. Встановіть, в якому аркуші знаходиться місто, нанесіть його.

9. На схемі масштабу 1:1000000 внизу, позначте місто, перенесіть номенклатуру аркушу і координати рамок трапеції.



10. Розрахуйте параметри рамки трапеції відповідно отриманих даних (широт і довгот рамок Вашої трапеції).

Аркуш масштабу 1:1 000 000 з номенклатурою \_\_\_\_\_

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144

11. Для визначення розмірів ліній паралелей і меридіанів, що будуть відображені, переобчисліть їх у сантиметри.

12. На аркуші паперу формату А-3 нанесіть **прямі лінії**, довжина яких відповідає параметрам трапеції у відповідному масштабі.

13. Підпишіть аркуш стандартним шрифтом. Зверху посередині – назва міста висотою 7 мм., у правому верхньому куті – номенклатуру аркушу масштабу 1:1000000 висотою 5 мм, знизу – вказати значення масштабу, висотою 7 мм. Біля перетину паралелей і меридіанів підписати відповідні широти і довготи висотою 3 мм.

14. В лівому нижньому куті стандартним шрифтом висотою 5 мм. вказати прізвище виконавця.

15. Зробіть висновки.

### Вихідні дані

Варіант	Місто	Координати		Варіант	Місто	Координати	
		B	L			B	L
1	Київ	50°27'16"	30°31'25"	9	Чернівці	48°32'32"	28°06'53"
2	Одеса	46°28'38"	30°43'57"	10	Луцьк	50°45'33"	25°20'32"
3	Луганськ	48°34'01"	39°19'01"	11	Харків	49°58'50"	36°15'09"
4	Чернігів	51°30'19"	31°17'05"	12	Миколаїв	46°57'57"	31°59'50"
5	Суми	50°55'17"	34°48'01"	13	Львів	49°50'17"	24°01'23"
6	Вінниця	49°13'58"	28°28'51"	14	Полтава	49°35'37"	34°32'26"
7	Черкаси	49°25'42"	32°03'43"	15	Ужгород	48°37'00"	22°18'00"
8	Севастополь	44°35'19"	33°31'20"				

Висновки: \_\_\_\_\_

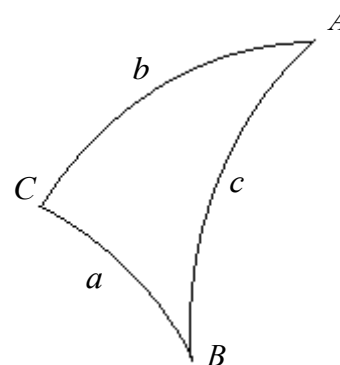


## Практична робота №2

### Рішення сферичного трикутника

#### Теоретична частина

Частина сфери, укладена між трьома попарно пересіченими дугами великих кіл, називається сферичним трикутником. Вершини сферичного трикутника позначаються великими літерами А, В, С, а протилежні їм сторони однойменними малими буквами а, b, с. Сторони сферичного трикутника – дуги сфери з радіусом R, тому вони можуть виражатися у градусній мірі. Сторони і кути при вершинах називаються елементами сферичного трикутника. Розглядаємо сферичні трикутники, елементи яких (сторони і кути) менше 180°. Такі трикутники називаються трикутниками Ейлера.



#### **Властивості сферичних трикутників:**

Крім трьох ознак рівності плоских трикутників, для сферичних трикутників вірна ще одна: два сферичних трикутника рівні, якщо їх відповідні кути рівні. Для сторін сферичного трикутника виконується 3 нерівності трикутника :

- кожна сторона менше суми двох інших сторін і більше їх різниці.
- сума всіх сторін  $a + b + c$  завжди менше  $2\pi$ .
- величина  $2\pi - (a + b + c)$  називається **сферичним дефектом**.
- сума кутів сферичного трикутника  $s = \alpha + \beta + \gamma$  завжди менше  $3\pi$  і більше  $\pi$ .
- величина  $s - \pi = \varepsilon$  називається **сферичним надлишком** або **сферичним ексцесом**.
- площа сферичного трикутника визначається за формулою  $S = R^2 \varepsilon$ .
- Якщо від двох кутів сферичного трикутника віднімемо третій, отримаємо кут, менший  $\pi$ .
- На відміну від плоского трикутника, у сферичного трикутника може бути два, і навіть три тупих кута.

Для того, щоб вирішити сферичний трикутник необхідно знати три з шести його елементів. При вирішенні сферичних трикутників використовуються чотири основні теореми сферичної тригонометрії.

#### **1. Теорема косинуса сторони.**

У сферичному трикутнику косинус сторони дорівнює добутку косинусів двох інших сторін плюс добуток синусів тих же сторін на косинус кута між ними:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

#### **2. Теорема косинуса кута.**

У сферичному трикутнику косинус кута дорівнює негативному добутку косинусів двох інших кутів плюс добуток синусів цих кутів на косинус сторони між ними:

$$\cos A = -\cos B \cos C + \sin B \sin C \cos a$$

#### **3. Теорема котангенсів або чотирьох сусідніх елементів;**

У сферичному трикутнику для чотирьох сусідніх елементів (наприклад  $A, c, B, a$ ) котангенс крайнього кута, помножений на синус середнього кута дорівнює добутку котангенс крайньої сторони на синус середньої боку, мінус твір косинусів середніх елементів

$$\operatorname{ctg} A \sin B = \operatorname{ctg} a \sin c - \cos B \cos c$$

#### **4. Теорема синусів:**

У сферичному трикутнику відношення синуса кута до синусу протилежної сторони є величина постійна:

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c} = M$$

де M – константа – модуль сферичного трикутника.

При розрахунках використовувати незалежні рішення, тобто визначати шукані елементи тільки через задані, застосовуючи для цього перші три теореми. Для перевірки правильності рішення використовується теорема синусів.

**Рішення сферичних трикутників виконується у наступному порядку:**

1. Записати задані елементи трикутника.
2. Накреслити довільний сферичний трикутник і відзначити на ньому задані елементи.
3. За допомогою основних теорем сферичної тригонометрії встановити зв'язок між заданими і шуканими елементами, пам'ятаючи про те, що рішення має бути незалежним.
4. Привести формули до робочого виду, для чого невідомий елемент перенести в ліву частину, а відомі в праву.
5. Знайти значення шуканих елементів, намагаючись при цьому не робити зайвих проміжних записів (краще взагалі обходитися без них). Якщо калькулятор дає шукані елементи в градусах і долях градусів, перевести десяткові частки градусів в хвилини і частки хвилин. Слід пам'ятати, що головне значення функції  $\arctg$  знаходиться в інтервалі від  $-90^\circ$  до  $+90^\circ$ . Якщо отримане значення  $\arctg$  негативне, необхідно до результату додати  $180^\circ$ .
6. Провести контроль за теоремою синусів.
7. Записати відповідь.

**Хід роботи:**

- 1. У сферичному трикутнику задано: дві сторони:  $a$ ,  $b$  та кут між ними  $C$ . Визначити сторону  $c$  і кути  $A$ ,  $B$ .**

<b>N</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>C</b>
1	83 ° 54.3 '	90 ° 18.1	162 ° 56.6 '	16	92 ° 28.8 '	92 ° 20.3 '	160 ° 54.4 '
2	86 56.9	11 53.2	34 46.1	17	88 59.1	7 49.1	28 39.5
3	20 36.9	62 48.4	138 31.9	18	21 59.1	64 50.6	142 36.1
4	59 27.2	66 49.9	115 15.2	19	61 29.4	62 45.7	110 08.6
5	32 02.4	35 18.7	83 35.2	20	27 58.2	37 20.9	87 39.4
6	22 40.2	64 51.7	144 38.2	21	0 54.1	16 10.7	66 45.1
7	102 03.1	94 22.5	158 22.2	22	1 01.6	2 10.7	40 49.3
8	84 54.9	9 51.2	32 43.7	23	36 12.4	0 54.2	55 46.8
9	23 21.3	66 58.2	145 40.3	24	92 01.3	2 14.3	78 53.8
10	63 31.6	59 41.5	104 30.7	25	38 17.6	1 32.8	2 14.5
11	23 54.1	38 43.5	92 10.6	26	1 50.6	0 43.8	45 10.4
12	112 33.2	97 23.5	155 45.1	27	2 15.4	3 01.9	73 46.9
13	80 50.7	12 45.3	37 46.7	28	0 29.5	3 11.7	86 56.8
14	24 43.5	67 21.3	151 10.4	29	56 23.9	73 12.7	122 57.6
15	65 33.8	54 37.3	99 40.5	30	38 08.7	33 10.4	78 23.7

**Розрахунки і результати:**

**2. Задані три сторони сферичного трикутника a, b, c.**

<b>N</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>N</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
1	75 ° 09.1 '	123 ° 14.2 '	57 ° 12.5 '	16	32 ° 17.8 '	59 ° 13.5 '	84 ° 22.1 '
2	62 30.3	101 34.7	69 40.4	17	63 01.7	141 10.2	92 47.6
3	98 38.8	73 22.6	51 47.3	18	33 48.6	61 29.4	83 15.7
4	78 40.2	46 23.5	109 01.2	19	88 27.5	50 40.7	122 14.1
5	38 42.6	31 45.7	63 10.2	20	43 16.1	101 52.5	86 10.4
6	92 13.5	73 45.8	138 54.5	21	60 59.3	75 12.2	105 30.6
7	28 51.3	67 40.5	77 12.9	22	73 18.6	87 10.7	99 12.6
8	87 20.4	75 12.3	122 14.5	23	35 43.6	40 15.7	50 22.4
9	70 19.3	125 19.4	88 40.9	24	76 01.3	59 12.4	30 40.7
10	62 34.5	109 11.7	73 54.8	25	38 34.6	131 22.7	97 20.5
11	57 14.5	68 12.7	101 35.6	26	111 12.4	73 10.2	61 45.7
12	24 42.9	15 10.7	33 54.6	27	11 33.6	29 12.7	36 40.2
13	37 57.1	64 25.3	77 11.9	28	56 31.5	122 10.4	102 36.6
14	57 13.7	102 04.5	83 45.7	29	78 23.3	53 50.1	85 36.9
15	100 34.5	122 10.4	63 24.8	30	35 17.4	17 45.2	27 10.1

*Розрахунки і результати:*

**3. Задані три кути сферичного трикутника A, B, C. Визначити три сторони a, b, c.**

<b>N</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	101 ° 25.4 '	69 ° 10.7 '	55 ° 45.6 '	16	58 ° 27.4 '	61 ° 45.7 '	72 ° 30.5 '
2	126 04.9	133 57.1	128 18.4	17	101 28.2	43 55.7	82 14.3
3	113 50.4	131 35.6	139 11.7	18	79 09.5	66 30.4	136 55.1
4	87 42.1	81 55.6	55 45.7	19	28 45.2	85 23.4	97 51.8
5	111 10.7	56 45.3	87 36.8	20	60 09.2	72 45.1	56 41.8
6	38 40.6	98 12.5	65 14.7	21	128 12.5	137 23.8	145 54.1
7	81 33.5	62 45.1	74 36.7	22	81 29.2	96 34.2	116 42.7
8	129 11.1	130 25.7	108 45.8	23	151 29.4	124 30.2	140 22.7
9	64 18.1	104 10.3	82 45.1	24	63 18.6	57 52.4	70 35.9

10	129 02.3	125 23.8	139 54.2	25	93 27.8	110 50.2	81 22.6
11	58 18.8	97 51.2	76 13.4	26	102 50.1	100 17.5	136 44.3
12	83 32.8	55 13.4	70 42.1	27	148 07.3	101 42.8	125 16.7
13	116 30.7	130 25.4	119 54.2	28	133 09.5	80 15.2	109 42.1
14	69 18.7	97 05.5	39 53.1	29	83 11.7	80 25.6	116 45.9
15	120 07.1	150 25.5	140 40.4	30	59 10.2	73 52.1	122 35.2

*Розрахунки і результати*

**4. Визначити сферичний надлишок трикутника із завдання 3.**

---



---

**5. Визначити площу сферичного трикутника із завдання 2.**

---



---

**6. Зробити висновки.**

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

**Практична робота №3**  
**Перетворення геодезичних (еліпсоїдальних) координат В, L, Н**  
**в прямокутні (просторові) координати X, Y, Z**

**Теоретична частина**

Перетворення геодезичних (еліпсоїдальних) координат В, L, Н в прямокутні (просторові) координати X, Y, Z здійснюється за формулами:

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}; \quad W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}; \quad N = \frac{a}{W}$$

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

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

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

де В і L – відповідно геодезичні широта і довгота пункту;  
 Н – висота пункту над прийнятим референц-еліпсоїдом;  
 N – радіус кривизни першого вертикалу;  
 e – ексцентриситет меридіанного еліпсу;  
 a – велика піввісь еліпсоїда;  
 b – мала піввісь еліпсоїда.

Для зворотного переходу від просторових координат X, Y, Z до геодезичних В, L, Н виконуються ітерації при обчисленні широти В і висоти Н з використанням наступного алгоритму:

1) Обчислюється допоміжна величина D:

$$D = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

2) Аналізують значення D:

якщо  $D = 0$ , то

$$B = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{Z}{|Z|}$$

$$L = 0$$

$$H = Z \sin B - a \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}$$

якщо  $D > 0$ , то обчислюють

$$L_a = \arcsin\left(\frac{Y}{D}\right)$$

при цьому, якщо:

$Y < 0$ та $X > 0$	то	$L = 2\pi - L_a$
$Y < 0$ та $X < 0$	то	$L = \pi + L_a$
$Y > 0$ та $X < 0$	то	$L = \pi - L_a$
$Y > 0$ та $X > 0$	то	$L = L_a$

2) Аналізують значення Z:

якщо  $Z = 0$ , то

$$B = 0$$

$$H = D - a$$

У всіх інших випадках використовується наступна схема перетворення:

1) Знаходять допоміжні величини r, c, p за формулами:

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

$$c = \arcsin\left(\frac{Z}{r}\right)$$

$$p = \frac{e^2 a}{2r}$$

3) проводять обчислення методом ітерацій (наближення):

$$s_1 = 0$$

$$b = c + s_1$$

$$s_2 = \arcsin\left(\frac{p \cdot \sin(2b)}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 b}}\right)$$

Якщо  $|s_1 - s_2| > 0.0001$ , встановлюють  $s_1 = s_2$  і обчислення повторюють, починаючи з обчислення  $b$ .

Якщо  $|s_1 - s_2| < 0.0001$ , ітерації припиняють, і обчислюють значення координат:

$$B = b$$

$$H = D \cos B + Z \sin B - a \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}$$

**Хід роботи:**

1. Вихідними даними служать координати пункту триангуляції в системі координат WGS 84.

назва	град	хв	сек
<b>B</b>	48	10	53
<b>L</b>	39	05	19
<b>H</b>	<b>64,000</b>		
<b>Параметри еліпсоїда WGS-84</b>			
<b>a</b>	6378137,0000 м		
<b>b</b>	6356752,3142 м		

Для індивідуалізації завдання до секунд широти точки додається номер групи, до секунд довготи точки N (номер варіанту), а до висоти – N метрів.

Приклад: Якщо номер групи 1, а номер варіанту 15 то,

$$B = 48^\circ 10' 53'' + 00^\circ 00' 01'' = 48^\circ 10' 54''$$

$$L = 39^\circ 05' 19'' + 00^\circ 00' 15'' = 39^\circ 05' 34''$$

$$H = 64,000 + 15 = 79,000 \text{ м}$$

1.2 Обчислити робочі координати, результат записати;

$$B = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$L = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$H = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. Перетворення геодезичних (еліпсоїдальних) координат **B**, **L**, **H** в прямокутні (просторові) координати **X**, **Y**, **Z**.

$a =$	
$b =$	
$e =$	
$B =$	
$\sin B =$	
$W =$	
$N =$	
$\cos B =$	

$L=$	
$\cos L=$	
$H=$	
$X=$	
$\sin L=$	
$Y=$	
$H=$	
$Z=$	

**3. Перетворення прямокутних (просторових) координат X, Y, Z. в геодезичні (еліпсоїдальні) координати B, L, Н.**

Назва	Ітерації			
	I	II	III	IV
$X=$				
$Y=$				
$D =$				
$L_a=$				
$L=$				
$Z=$				
$r =$				
$c =$				
$e^2 =$				
$p =$				
$b =$				
$p \sin 2b=$				
$\sqrt{1-e^2 \sin^2 b} =$				
$s_2 =$				
$ s_1 - s_2 =$				
$b =$				
$B=$				
$H =$				

**4. Зробити висновки по роботі.**

---



---



---



---

### Практична робота №4

#### Перехід від геодезичних координат до плоских прямокутних координат Гаусса-Крюгера Теоретична частина.

Плоскі прямокутні координати  $x$  і  $y$  з похибкою не більше 0,001 м в прийнятій на території України проекції Гаусса-Крюгера по геодезичних координатах на еліпсоїді Красовського обчислюються за формулами:

- для абсцис  $x = 6367558,4698B -$

$$\begin{aligned} & - \sin(2B)(16002,8900 + 66,9607 \sin^2 B + 0,3515 \sin^4 B - \\ & - l^2(1594561,25 + 5336,535 \sin^2 B + 26,790 \sin^4 B + 0,149 \sin^6 B + \\ & + l^2(672483,4 - 811219,9 \sin^2 B + 5420,0 \sin^4 B - 10,6 \sin^6 B + \\ & + l^2(278194 - 830174 \sin^2 B + 572434 \sin^4 B - 16010 \sin^6 B + \\ & + l^2(109500 - 574700 \sin^2 B + 863700 \sin^4 B - 398600 \sin^6 B)))))) \end{aligned}$$

- для ординат

$$\begin{aligned} y = & (5 + 10n)10^5 + \\ & l \cos B(6378245 + 21346,1415 \sin^2 B + 107,159 \sin^4 B + 0,5977 \sin^6 B + \\ & + l^2(1070204,16 - 2136826,66 \sin^2 B + 17,98 \sin^4 B - 11,99 \sin^6 B + \\ & + l^2(270806 - 1523417 \sin^2 B + 1327645 \sin^4 B - 21701 \sin^6 B + \\ & + l^2(79690 - 866190 \sin^2 B + 1730360 \sin^4 B - 945460 \sin^6 B)))))) \end{aligned}$$

У формулі ординат  $n$  - номер шестиградусної зони в проекції Гаусса-Крюгера. Величина  $l$  обчислюється за формулою

$$l = \frac{L - (3 + 6(n - 1))}{57.29577951}$$

#### Хід роботи:

1. По вихідних даних з таблиці (довгота  $L$ ) визначити номер шестиградусної зони  $n$ , в якій лежить точка.
2. Обчислити значення  $l$ .
3. Скласти програму для обчислення координат точки в системі Гаусса-Крюгера.

Варіант	Місто	Координати		Варіант	Місто	Координати	
		$B$	$L$			$B$	$L$
1	Харків	49°58'50"	36°15'09"	9	Київ	50°27'16"	30°31'25"
2	Миколаїв	46°57'57"	31°59'50"	10	Одеса	46°28'38"	30°43'57"
3	Львів	49°50'17"		11	Луганськ	48°34'01"	39°19'01"



			24°01'23"				
4	Чернівці	48°32'32"	28°06'53"	12	Чернігів	51°30'19"	31°17'05"
5	Луцьк	50°45'33"	25°20'32"	13	Суми	50°55'17"	34°48'01"
6	Полтава	49°35'37"	34°32'26"	14	Вінниця	49°13'58"	28°28'51"
7	Ужгород	48°37'00"	22°18'00"	15	Севастополь	44°35'19"	33°31'20"
8	Черкаси	49°25'42"	32°03'43"	16	Рівне	50°37'23"	26°13'38"

4. Зробити висновки по роботі. \_\_\_\_\_

### Практична робота №5

#### Редукування геодезичних вимірів з еліпсоїда на площину в проекції Гаусса-Крюгера

##### Теоретична частина.

Обчислення поправок в напрямки за кривизну зображення геодезичних ліній на площині виконують окремо через поправки в напрямки. Поправки в прямих АВ і обернені ВА напрямки за кривизну зображення сторін на площині в проекції Гауса - Крюгера обчислюють за формулами

$$\delta_{ab} = \frac{1}{3} f(x_a - x_b) \cdot (2y_a + y_b)$$

$$\delta_{ba} = \frac{1}{3} f(x_a - x_b) \cdot (y_a + 2y_b)$$

$$f = \frac{\rho}{2R_m^2} \quad R_m = \frac{c}{1 + e'^2 \cdot \cos^2 B_m} \quad c = a\sqrt{1 + e'^2}$$

де  $x$  – наближені абсциси точок А, В на площині, виражені в кілометрах;

$y$  – наближені ординати точок А, В на площині в кілометрах, відраховані від осьового меридіану зони в проекції Гаусса-Крюгера,  $y = y' - 500$ , при цьому з ординати прибирають номер зони;

$e'$  – другий ексцентриситет;

$R_m$  – радіус сфери, який дорівнює середньому радіусу кривизни поверхні еліпсоїду, на середній широті трикутника  $B_m$ .

Правильність обчислення поправок  $\delta_{ab}$  в напрямки контролюють по сферичних надлишках трикутників. У трикутнику з вершинами А,В,С, обчислюють поправки  $\delta_i$  в кожний кут трикутника як різниці поправки у правий напрямок і поправки у лівий напрямок по ходу годинникової стрілки.

$$\delta_A = \delta_{ac} - \delta_{ab} \quad \delta_B = \delta_{ba} - \delta_{bc} \quad \delta_C = \delta_{cb} - \delta_{ca}$$

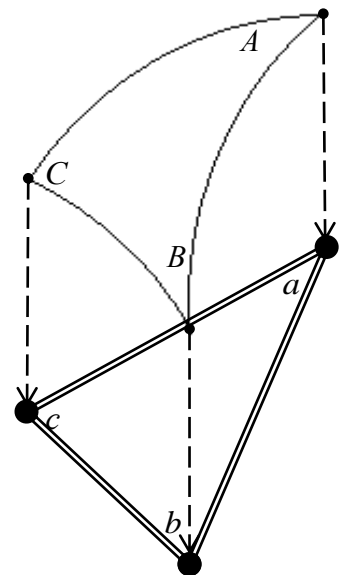
Сума поправок  $\delta_i$  у кожному трикутнику дорівнює сферичному надлишку  $\varepsilon$ , взятому з оберненим знаком, тобто:

$$\sum \delta_i = -\varepsilon_i$$

Визначають величини кутів трикутника на площині, для чого обчисленні поправки  $\delta_i$  вводять у кути А, В, С за формулами:

$$a = A - \delta_A$$

Редукцію довжини сторони  $S$  з еліпсоїда на площину виконують за формулами:



$$S = s \left( 1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} - \frac{y_m^4}{12R_m^4} \right)$$

де  $s$  – довжина геодезичної лінії в метрах;  
 $y_m$  – середня ордината лінії;  
 $\Delta y$  – різниця ординат кінців лінії.

По заданому азимуту вихідної сторони на поверхні еліпсоїда, обчислюють дирекційний кут цієї сторони на площині:

$$\alpha_{AB} = A_{AB} - \gamma - \delta_{ab}$$

Зближення меридіанів розраховують за формулою:

$$\gamma = l \sin B_A + \frac{l^3}{3\rho^2} \sin B_A \cos^2 B_A (1 + 3e'^2 \cos^2 B_A + 2e'^4 \cos^4 B_A)$$

де  $l$  – зональна довгота точки, виражена у градусах.

$$l = L_A - L_0$$

### Вихідні дані:

N	Місто	Координати				Геодезична лінія $s_{n-n+1}$ (м)	Азимут лінії $A_{n-n+1}$ (° ' ")
		B	L	x(м)	y(м)		
1	Вінниця	49°13'58"	28°28'51"	5446081,821	5594141,101	529036,234	80 23 10,7
2	Київ	50°27'16"	30°31'25"	5574740,847	6308660,778	831573,709	99 23 16,4
3	Луганськ	48°34'01"	39°19'01"	5356369,826	7514210,877	1509014,033	275 24 53,5
4	Луцьк	50°45'33"	25°20'32"	5593176,629	5372677,783	104111,007	219 49 16,7
5	Львів	49°50'17"	24°01'23"	5489961,057	5283843,519	849422,891	105 31 39,6
6	Миколаїв	46°57'57"	31°59'50"	5161567,102	6392680,209	67121,096	250 44 29,3
7	Одеса	46°28'38"	30°43'57"	5131212,245	6302801,687	314896,495	37 43 06,0
8	Полтава	49°35'37"	34°32'26"	5470192,785	6596329,448	391137,707	191 02 15,8
9	Севастополь	44°35'19"	33°31'20"	4913222,641	6525099,421	483913,462	3 47 17,1
10	Суми	50°55'17"	34°48'01"	5603498,720	6605017,781	1517137,326	265 32 37,5
11	Ужгород	48°37'00"	22°18'00"	5360505,547	4587575,475	1286067,567	90 31 31,6
12	Умань	48°45'01"	30°13'03"	5372574,942	6287861,516	694481,337	80 09 13,8
13	Харків	49°58'50"	36°15'09"	5499060,118	7294163,151	589498,710	265 26 12,8
14	Черкаси	49°25'42"	32°03'43"	5458766,914	6430030,819	621793,541	262 47 54,3
15	Чернівці	48°32'32"	28°06'53"	5355276,623	5579382,688	625424,07	66 44 33,0
16	Чернігів	51°30'19"	31°17'05"	5687514,946	6372560,130		

### Хід роботи:

1. Обчислити сферичний надлишок в трикутнику ABC, вибравши вихідні дані з таблиці за номером варіанта N. В трикутнику: A=N, B=N+1, C=N+2.
2. Провести редукцію довжини сторони S з еліпсоїда на площину по точках A=N, B=N+1.
3. Визначити дирекційний кут лінії AB на площині через азимут лінії  $A_{AB}$  на еліпсоїді, зближення меридіанів  $\gamma$ , та поправку  $\delta_{ab}$ .
4. Зробити висновки.

**Практична робота №6**  
**Обчислення відхилень прямовисних ліній**  
**Теоретична частина:**

Відхилення прямовисної лінії від нормалі до еліпсоїда характеризується двома малими кутами  $\xi$  і  $\eta$ , складовими ухилення прямовисній лінії.

Таким чином, геодезичні координати визначаються напрямком геодезичної вертикалі, яке не можна знайти з астрономічних спостережень. Тому геодезичні координати знаходяться з вимірювань відстаней і кутів на поверхні Землі. Тобто, геодезичні координати завжди пов'язані з конкретним еліпсоїдом, основні параметри якого, велику піввісь і стиснення, необхідно знати при перерахунку координат з однієї системи в іншу.

Астрономічні координати  $(\varphi, \lambda)$  пов'язані з прямовисною лінією і визначаються на сфері. Якщо відомі геодезичні  $(B, L)$  та астрономічні  $(\varphi, \lambda)$  координати точки, то проекції відхилення прямовисної лінії  $(\xi, \eta)$  обчислюються за формулами:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \varphi - B \\ \eta &= (\lambda - L) \cos \varphi \end{aligned} \right\},$$

а відхилення прямовисної лінії  $(u)$  – за формулою:

$$u = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}.$$

Вплив відхилення прямовисної лінії  $(u)$  враховується за формулами:

$$\left. \begin{aligned} B &= \varphi - \xi \\ L &= \lambda - \eta \sec \varphi \end{aligned} \right\}$$

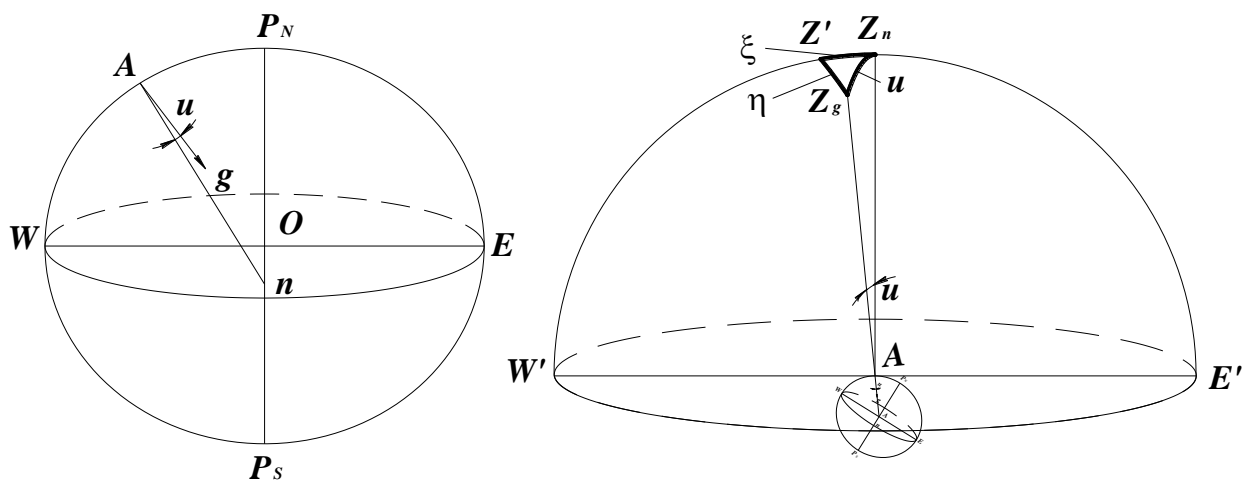
або

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= B + \xi \\ \lambda &= L + \eta \cos \varphi \end{aligned} \right\},$$

де  $\xi$  - відхилення прямовисної лінії в площині меридіана;

$\eta$  - відхилення прямовисної лінії в площині першого вертикала.

$N_2$	$B$	$L$	$\varphi$	$\lambda$	$a$	$A$
-------	-----	-----	-----------	-----------	-----	-----



Позначення:  $A$  – точка на поверхні еліпсоїда;

$Ag, AZ_g$  – прямовисна лінія;

$An, AZ_n$  – нормаль до поверхні еліпсоїда;

$u$  – відхилення прямовисної лінії;

$WAP_NEP_S, W'Z'Z_nE'$  – меридіан еліпсоїда та допоміжної небесної сфери;

$\xi$  – відхилення прямовисної лінії в площині меридіана;

$\eta$  – відхилення прямовисної лінії в площині першого вертикала.

Складова  $\eta$  відхилення прямовисної лінії у першому вертикалі може бути визначена також шляхом порівняння астрономічного азимута  $a$  деякого напрямку з його геодезичним азимутом  $A$  за формулою

$$\eta = (a - A) \operatorname{ctg} \varphi.$$

**Хід роботи:**

	o	'	"	o	'	"	o	'	"	o	'	"	o	'	"	o	'	"
1	51	21	40	37	36	37	51	21	51	37	36	50	217	08	21	217	08	11
2	50	22	42	36	39	39	50	22	52	36	39	52	51	16	33	51	16	23
3	49	23	44	35	42	41	49	23	53	35	42	54	331	00	12	331	00	02
4	48	24	46	34	45	43	48	24	54	34	45	56	162	58	46	162	58	36
5	52	10	18	34	03	15	52	10	28	34	03	28	83	37	12	83	37	02
6	53	11	20	35	06	17	53	11	29	35	06	30	119	05	27	119	05	17
7	54	12	22	36	09	19	54	12	30	36	09	32	264	11	43	264	11	32
8	55	13	24	37	12	21	55	13	31	37	12	34	101	59	23	101	59	12
9	56	14	26	38	15	23	56	14	32	38	15	36	344	15	52	344	15	41
10	57	15	28	39	18	25	57	15	33	39	18	38	8	57	03	8	56	52
11	56	16	30	40	21	27	56	16	36	40	21	40	126	40	35	126	40	24
12	55	17	32	41	24	29	55	17	39	41	24	42	298	44	08	298	43	57
13	54	18	34	40	27	31	54	18	42	40	27	44	262	39	51	262	39	40
14	53	19	36	39	30	33	53	19	45	39	30	46	14	14	25	14	14	15
15	52	20	38	38	33	35	52	20	48	38	33	48	158	34	16	158	34	06

1. Обчислити відхилення прямої лінії, якщо відомі геодезичні координати точки спостереження  $B, L$ , та її астрономічні координати  $\varphi, \lambda$ .

$$\xi = \text{_____}'' \quad \eta = \text{_____}'' \quad u = \text{_____}''$$

2. Проконтролювати відхилення прямої лінії в площині головного вертикалу по азимутах.

$$\eta = \text{_____}''$$

3. Зробити висновки по роботі.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

**Практична робота №7**  
**Рішення геодезичних задач на поверхні сфери і еліпсоїда**  
**Теоретична частина**

**Пряма геодезична задача на сфері.**

Завдання: на сфері радіуса  $R$  лежать дві точки  $Q_1(\varphi_1, \lambda_1)$  і  $Q_2(\varphi_2, \lambda_2)$ , де  $\varphi$  - географічна широта,  $\lambda$  - географічна довгота. Точки з'єднані ортодромією (лінія найкоротшої відстані). При цьому  $\alpha$  - її

азимут,  $\sigma$  - довжина її геодезичної лінії  $s$ , виражена в частках радіусу сфери. За цими даними потрібно знайти координати  $\varphi_2$  і  $\lambda_2$ , а також зворотний азимут  $\alpha_2$  в точці  $Q_2$ .

Поєднавши задані точки з полюсом, побудуємо сферичний полярний трикутник. За теоремою косинусів сферичної тригонометрії визначимо широту:

$$\sin\varphi_2 = \sin\varphi_1 \cdot \cos\sigma + \cos\varphi_1 \cdot \sin\sigma \cdot \cos\alpha_1$$

З теореми котангенсів маємо:

$$\operatorname{ctg}\sigma \cdot \cos\varphi_1 = \sin\varphi_1 \cdot \cos\alpha_1 + \sin\alpha_1 \cdot \operatorname{ctg}(\lambda_2 - \lambda_1)$$

Визначення прирістків довгот  $\omega$  і довготи шуканої точки  $\lambda_2$ :

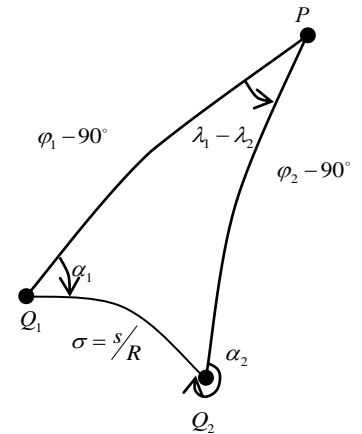
$$\operatorname{tg}\omega = \operatorname{tg}(\lambda_2 - \lambda_1) = \frac{\sin\sigma \cdot \sin\alpha_1}{\cos\sigma \cdot \cos\varphi_1 - \sin\sigma \cdot \sin\varphi_1 \cdot \cos\alpha_1}$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \omega$$

$$\operatorname{tg}\varphi_1 \cdot \sin\varphi_1 \cdot \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_1 \cdot \sin\varphi_1 \cdot \operatorname{ctg}\varphi_2$$

Визначення зворотнього азимуту лінії  $\alpha_2$ :

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{\cos\varphi_1 \cdot \sin\alpha_1}{\cos\varphi_1 \cdot \cos\sigma \cdot \cos\alpha_1 - \sin\varphi_1 \cdot \sin\sigma}$$



### Обернена геодезична задача на сфері.

Завдання: на сфері задано точки  $Q_1$  і  $Q_2$  географічні координати яких  $\varphi_1$ ,  $\lambda_1$ , і  $\varphi_2$ ,  $\lambda_2$  відомі. Потрібно знайти довжину геодезичної лінії  $s$  між цими точками, а також її прямий  $\alpha_1$  і зворотний  $\alpha_2$  азимуту.

За теоремою косинусів знаходимо:

$$\cos\sigma = \sin\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2 + \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2 \cdot \cos\omega$$

Далі визначають довжину геодезичної лінії  $s$ :

- якщо  $\sigma > 0$

$$s = R \cdot \sigma$$

- якщо  $\sigma < 0$

$$s = R \cdot (\pi - |\sigma|)$$

По теоремі котангенсів отримуємо:

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{\cos\varphi_2 \cdot \sin\omega}{\cos\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2 - \sin\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2 \cdot \cos\omega}$$

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{\cos\varphi_1 \cdot \sin\omega}{\cos\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2 \cdot \cos\omega - \sin\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2}$$

### Пряма геодезична задача на еліпсоїді.

Рішення головних геодезичних задач на еліпсоїді здійснюється на короткі відстані. Перш за все, маються на увазі відстані  $\sim 30$  км. Сферичний трикутник спроектуємо на нову сферу, близьку до поверхні еліпсоїда. Радіус сфери приймемо рівним радіусу кривизни першого вертикалу  $N_m$ , обчисленому за середньою геодезичною широті  $B_m = (B_1 + B_2) / 2$ . Точку перетину нормалі широти  $B_m$  з віссю обертання еліпсоїда приймемо за центр сфери. Сторони трикутника  $Q_1Q_2P$  спроектуємо на нову сферу променями, проведеними з її центру. При такому зображенні різниця довгот  $l$  на еліпсоїді буде точно дорівнювати різниці довгот  $\omega$  на сфері, довжина геодезичної лінії  $s$  і її азимуту  $\alpha$  практично рівні довжині ортодромії і її азимутам  $A$ . Завдання: на сфері лежать дві точки  $Q_1 (B_1, L_1)$  і  $Q_2 (B_2, L_2)$ , де  $B$  - географічна широта,  $L$  - географічна довгота. За цими даними потрібно знайти координати  $B_2$  і  $L_2$ , а також зворотний азимут  $A_2$  в точці  $Q_2$ . Всі кутові величини виражені в радіанах. Пряму задачу вирішують послідовними наближеннями за формулами:

$$\beta = \frac{s \cdot \cos A_m}{M_m}; \quad \delta = \frac{s \cdot \sin A_m}{N_m \cdot \cos B_m}; \quad \alpha = l \cdot \sin B_m; \quad b = \beta \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot \delta^2 + \alpha^2}{24}\right);$$

$$M_m = \frac{c}{V_m^3} \quad l = \delta \cdot \left(1 + \frac{\alpha^2 - \beta^2}{24}\right); \quad \theta = \alpha \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \beta^2 + 2 \cdot \delta^2 - 2 \cdot \alpha^2}{24}\right);$$

$$N_m = \frac{c}{V_m}; \quad c = a \sqrt{1 + e'^2}; \quad V_m = \sqrt{1 + e'^2 \cdot \cos^2 B_m}$$

У першому наближенні  $B_m = B_1$ ,  $l = 0$  та  $A_m = A_1$ . У дугому та інших:

$$B_m = B_1 + b; \quad A_m = A_1 + \theta$$

Ітерації проводять до того моменту, поки відповідні значення сусідніх ітерацій не будуть рівні до 0,001". Кінцеве значення шуканих величин визначають по останніх значеннях розрахованих величин:

$$B_2 = B_1 + b; \quad L_2 = L_1 + l; \quad A_2 = A_1 + a \pm 180^\circ$$

### Обернена геодезична задача на еліпсоїді.

Завдання: на сфероїді задано точки  $Q_1$  і  $Q_2$  геодезичні координати яких  $B_1$ ,  $L_1$ , і  $B_2$ ,  $L_2$  відомі. Потрібно знайти довжину геодезичної лінії  $s$  між цими точками, а також її прямиї  $A_1$  і зворотний  $A_2$  азимуту.

По координатах точок знайти:

$$b = B_2 - B_1; \quad l = L_2 - L_1; \quad B_m = \frac{B_2 + B_1}{2}; \quad M_m = \frac{c}{V_m^3}; \quad N_m = \frac{c}{V_m};$$

$$c = a \sqrt{1 + e'^2}; \quad V_m = \sqrt{1 + e'^2 \cdot \cos^2 B_m}$$

Далі обчислюють коефіцієнти:

$$Q = b \cdot M_m \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot l^2 + l^2 \cdot \sin^2 M_m}{24}\right); \quad P = l \cdot N_m \cdot \cos B_m \cdot \left(1 + \frac{b^2 - l^2 \cdot \sin^2 B_m}{24}\right)$$

$$\theta = l \cdot \sin B_m \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot b^2 + 2 \cdot l^2 - 2 \cdot l^2 \cdot \sin^2 M_m}{24}\right)$$

Рішення задачі завершується визначенням шуканих величин:

$$\operatorname{tg} A_m = \frac{P}{Q}; \quad A_1 = A_m - \frac{\theta}{2}; \quad A_2 = A_m + \frac{\theta}{2} \pm 180^\circ; \quad s = \sqrt{Q^2 + P^2}$$

### Хід роботи:

1. Вирішити пряму геодезичну задачу для сфери, радіус якої відповідає середньому радіусу Землі  $R=6371100$  м, вихідні дані вибрати по номеру варіанта N:  $\varphi_1=49^\circ 24' 41'' + N'N''$ ;  $\lambda_1=32^\circ 02' 12'' + N'N''$ ;  $\alpha=91^\circ 04' 38'' + N'N''$ ;  $s=28567,812$  м+Nкм.

$$\sin \varphi_2 = \underline{\hspace{2cm}}; \quad \varphi_2 = \underline{\hspace{1cm}} \cdot \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}''$$

$$\operatorname{tg} \omega = \underline{\hspace{2cm}}; \quad \omega = \underline{\hspace{1cm}} \cdot \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}''$$

$$\lambda_2 = \underline{\hspace{1cm}} \cdot \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}''$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \underline{\hspace{2cm}}; \quad \alpha_2 = \underline{\hspace{1cm}} \cdot \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}''$$

2. Вирішити обернену геодезичну задачу для сфери, радіус якої відповідає середньому радіусу Землі  $R=6371100$  м, вихідні дані вибрати по номеру варіанта N:  $\varphi_1=49^\circ 15' 41'' + N'N''$ ;  $\lambda_1=32^\circ 09' 12'' + N'N''$ ;  $\varphi_2=49^\circ 08' 09'' + N'N''$ ;  $\lambda_2=32^\circ 00' 34'' + N'N''$ ;

$$\cos \sigma = \underline{\hspace{2cm}}; \quad \sigma = \underline{\hspace{1cm}} \cdot \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}''$$

$$s = \frac{\quad}{\quad} \text{ м}$$

$$tga_1 = \frac{\quad}{\quad}; a_1 = \quad^\circ \quad' \quad''$$

$$tga_2 = \frac{\quad}{\quad}; a_2 = \quad^\circ \quad' \quad''$$

3. Вирішити пряму геодезичну задачу на поверхні еліпсоїда Красовський-40, вихідні дані вибрати по номеру варіанта N:  $B_1=49^\circ 16' 37'' + N'N''$ ;  $L_1=32^\circ 09' 43'' + N'N''$ ;  $A=50^\circ 36' 13'' + N'N''$ ;  $s=15178,224 \text{ м} + N \text{ км}$ . Обчислення провести методом ітерацій. Кількість ітерацій – не більше чотирьох.

$$B_2 = \quad^\circ \quad' \quad''$$

$$L_2 = \quad^\circ \quad' \quad''$$

$$A_2 = \quad^\circ \quad' \quad''$$

4. Вирішити обернену геодезичну задачу на поверхні еліпсоїда Красовський-40, вихідні дані вибрати по номеру варіанта N:  $B_1=49^\circ 22' 02'' + N'N''$ ;  $L_1=32^\circ 11' 13'' + N'N''$ ;  $B_2=49^\circ 30' 00''$ ;  $L_2=32^\circ 20' 00''$ .

$$s = \frac{\quad}{\quad} \text{ м}$$

$$A_1 = \quad^\circ \quad' \quad''$$

$$A_2 = \quad^\circ \quad' \quad''$$

5. Висновки \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



**Практична робота №8**  
**Проектування планово-висотної геодезичної мережі для забезпечення**  
**земельно-кадастрових робіт**

**1.1. Завдання**

Для забезпечення земельно-кадастрових робіт на навчальній топографічній карті масштабу 1:10 000 (У-34-37-В-в-4) запроєктувати систему ходів полігонометрії 1 розряду з однією вузловою точкою та показати схему ходів на копії учбової топографічної карти.

Для визначення висот пунктів полігонометрії 1 розряду застосувати систему нівелірних ходів IV класу з однією вузловою точкою.

Координати та висоти вихідних пунктів для прив'язки ходів полігонометрії та нівелювання наведені в таблиці.

**Координати та висоти вихідних пунктів**

Назва пункту	Координати, км		Висоти, м
	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>H</i>
A	6 064 780,71	4 311 911,32	159,732
D	6 064 705,25	4 312 972,48	151,025
B	6 068 192,34	4 312 811,57	212,787
E	6 068 795,21	4 311 225,05	205,617
C	6 067 466,45	4 314 631,26	158,388
F	6 067 941,53	4 313 829,76	171,314

**Хід роботи:**

1. На топографічній карті графічно визначити довжини сторін ( $S_i$ ) у ходах полігонометрії, довжини замикальних ходів між вузловою точкою та відповідними вихідними пунктами ( $L_i$ ) та обчислити ступінь прямолінійності ходів полігонометрії між вузловою точкою та відповідними вихідними пунктами ( $k_{\text{прям.}}$ ).

2. Обчислити середню квадратичну похибку визначення положення вузлової точки у запроєктованій системі ходів полігонометрії 1 розряду.

3. Обчислити середню квадратичну похибку визначення висоти вузлової точки у запроєктованій системі ходів нівелювання IV класу.

4. Визначити відповідність запроєктованої планово-висотної геодезичної мережі вимогам “Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500”.

**1.2. Оцінка точності системи ходів полігонометрії**

1.2.1. Визначити ступінь прямолінійності ходів полігонометрії за формулою:

$$k_{\text{прям.}} = \Sigma S_i / L_i,$$

де  $\Sigma S_i$  – сума довжин сторін у  $i$  ході полігонометрії між вузловою точкою та відповідними вихідними пунктами;

$L_i$  - довжина замикальної  $i$  ходу між вузловою точкою та відповідним вихідним пунктом.

1.2.2. Обчислити середні квадратичні похибки вимірювання довжин сторін за формулою:

$$m_{S_i}^2 = \mu^2 S_i + \lambda^2 S_i^2,$$

де  $\mu = 0,009$  – коефіцієнт випадкового впливу похибок лінійних вимірювань;

$\lambda = 0,002$  - коефіцієнт систематичного впливу похибок лінійних вимірювань;



$$m_{\text{вузл.}}^2 = [m_s^2] + [D_{n+1,i}^2] * m_{\beta}^2 / \rho^2,$$

де  $m_s$  – середні квадратичні похибки вимірювання довжин ліній ходу полігонометрії 1 розряду в сантиметрах;

$m_{\beta}$  – нормативна середня квадратична похибка вимірювання кутів в полігонометрії 1 розряду в секундах;

$\rho=206265''$  - число секунд в радіані (для визначення  $m_{\text{вузл.}}$  в сантиметрах прийняти при розрахунках  $\rho = 2062,65''$ );

$D_{n+1,i}$  – відстань між  $i$  точкою та кінцевою (вузловою) точкою ходу полігонометрії в метрах (визначається графічно на схемі полігонометрії).

1.2.4. Обчислити середню квадратичну похибку визначення положення вузлової точки в запроектованій системі ходів полігонометрії за формулою:

$$M_{\text{вузл.}} = \frac{1}{\sqrt{P_{\text{вузл.}}}} = \frac{1}{\sqrt{\quad}} =$$

де  $P_{\text{вузл.}} = \Sigma P_j$  - сумарна вага вузлової точки (сума ваги вузлової точки по трьом ходам полігонометрії).

#### Оцінка точності визначення положення кінцевої точки ходу полігонометрії

Номера точок	$m_s,$ см	$m_s^2$	$D_{n+1,i}$ М	$D_{n+1,i}^2$	$m_{\text{вузл.}}^2$	Вага вузлової точки, $P_j=1/ m_{\text{вузл.}}^2$
1	2	3	4	5	6	7
Хід від пункту А до вузлової точки						
А						
<b>Сума</b>	xxx		xxx			
Хід від пункту В до вузлової точки						
В						

<b>Сума</b>	xxx		xxx		
Хід від пункту С до вузлової точки					
С					
<b>Сума</b>	xxx		xxx		
<b>Сума</b>					

### 1.3. Оцінка точності системи нівелірних ходів

1.3.1. Обчислити середні квадратичні похибки ( $m_i$ ) та вагу ( $p_i$ ) перевищень по ходам, що підлягають вимірюванню, за формулою

$$m_i = m_{\text{км}} \cdot \sqrt{L_i} \quad p_i = 1/L_i$$

де  $m_{\text{км}}$  - середня квадратична похибка нівелювання на 1 км хода (із інструкції);

$L_i$  - довжина ходів в кілометрах.

1.3.2. Обчислити середню квадратичну похибку визначення висоти вузлової точки за формулою:

$$m_{\text{вузл}} = m_{\text{км}} \cdot \sqrt{P_{\text{вузл}}}$$

де  $P_{\text{вузл}} = \sum p_i$  - вага вузлової точки, яка дорівнює сумі ваг  $p_i$  ходів, що сходяться до вузлової точки.

### Обчислення ваги нівелірних ходів

№№ ходів	№№ точок	Довжина ходів $L_i$ (км)	$m_i$	$p_i$	Вага вузлової точки, $P_{вузл.}$	Сер. квадр. похибка $m_{вузл.}$
1						
2						
3						

#### 1.4. Висновки

Основні технічні характеристики запроєктованої планово-висотної геодезичної мережі привести у таблиці

##### *Технічні характеристики проекту планово-висотної геодезичної мережі*

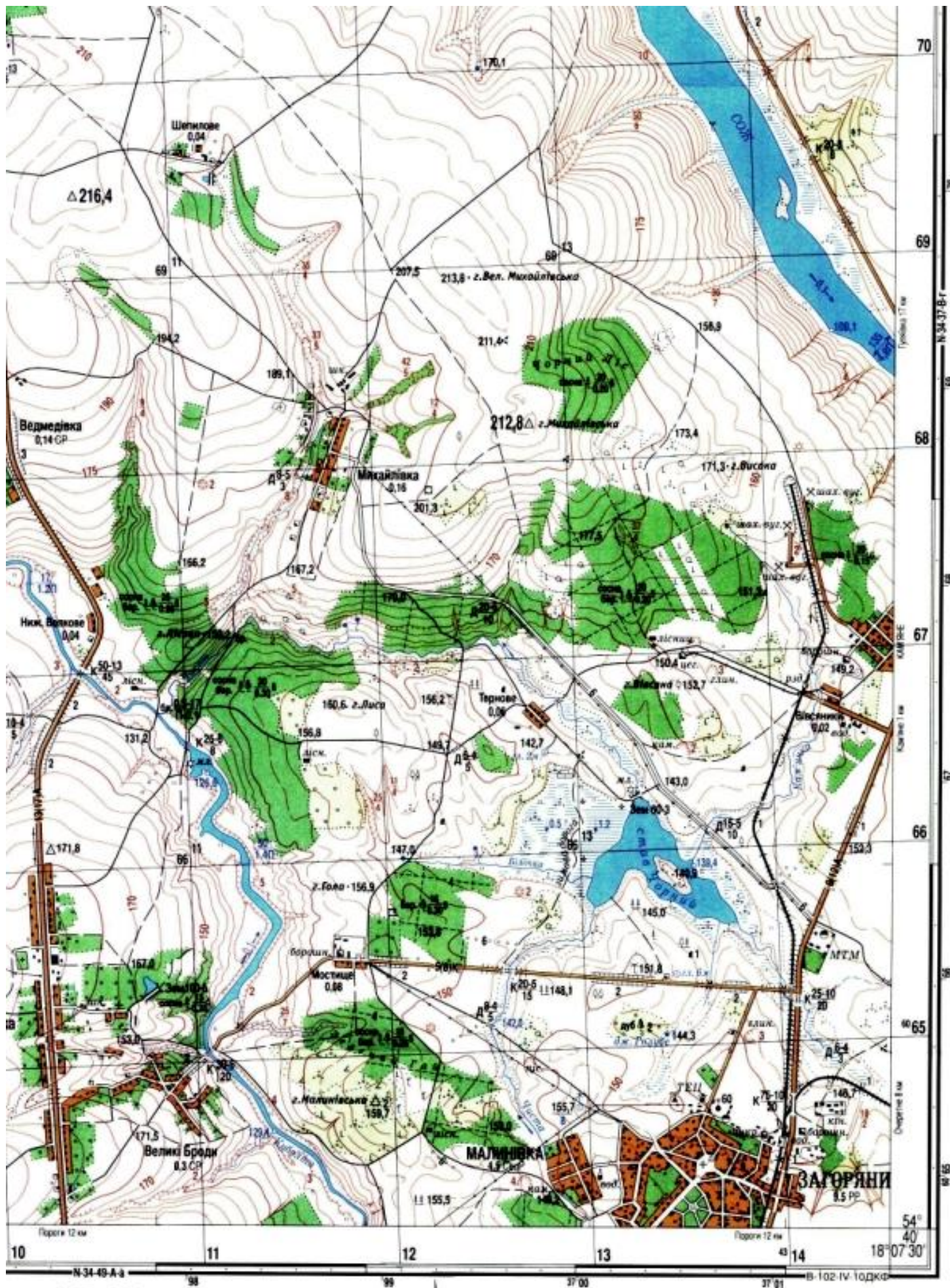
Показники	Проектні дані	Нормативні вимоги	
		Полігонометрія 1 розряду	Нівелювання IV класу
Гранична довжина ходу між вихідною і вузловою точками, км:			
Довжини сторін ходу, км:	найбільша		
	найменша		
	середня		
Найбільша кількість сторін у ході			
Середня квадратична похибка вимірювань			
Середня квадратична похибка вимірювання довжини сторони, см:	до 500 метрів		
	понад 500 метрів		
Ступінь прямолінійності ходів полігонометрії, $k_{прям.}$			
Очікувана середня квадратична похибка визначення положення вузлової точки ( $m_{вузл.}$ ), см			
Очікувана середня квадратична похибка визначення висоти вузлової точки ( $m_{вузл.}$ ), см			

Висновок: Запроєктована планово-висотна геодезична мережа

ВИМОГАМ ДО

полігонометрії 1 розряду та нівелювання IV класу.





1:25 000

При висоті перерізу 5 м

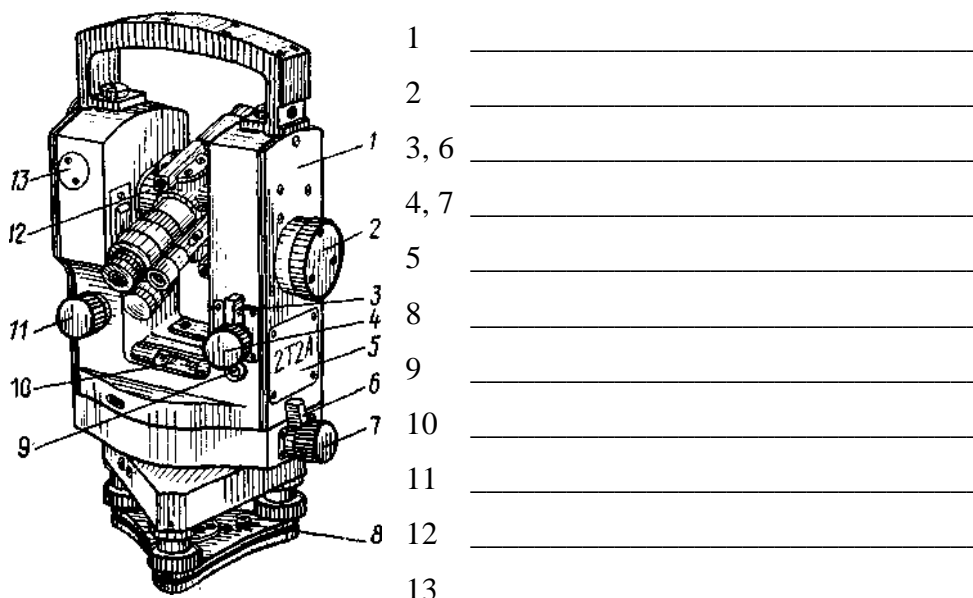
Державна картографічна фабрика

**Практична робота №9**  
**Побудова, перевірки і дослідження високоточних оптичних теодолітів**  
**Теоретична частина:**

**1.1. Побудова, призначення, характеристики.**

Теодоліт 2Т2А з автоколімаційною зоровою трубою призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів при візуванні на поверхні, що відбивають, а також на цілі й предмети місцевості.

Температурний діапазон роботи мінус 40 ... + 50°C.



**1.2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Середня квадратична похибка вимірювання з одного прийому:

горизонтальних кутів

3"

зенітних відстаней

4"

Діапазон виміру зенітних відстаней.....

30... 145°

Напряга живлення, В.....

2,5

Зорова труба

Збільшення.....

25×

Кут поля зору.....

1°30'

Діапазон візування, м.....

2...∞

Зовнішній діаметр оправы об'єктива, мм .....

46

Відліковий пристрій

Ціна поділки:

лімбів горизонтального й вертикального кіл. . . .

20'

шкали мікрометра.....

1"

лімба круга-шукача.....

10°

Рівні

Ціна поділки рівнів при аліадах горизонтального й вертикального кругу

15"

Оптичний центрир

Збільшення.....

2,5×

Кут поля зору.....

4°30'

Діапазон візування, м.....

0,6...∞

Маса, кг

Теодоліт.....

4,3

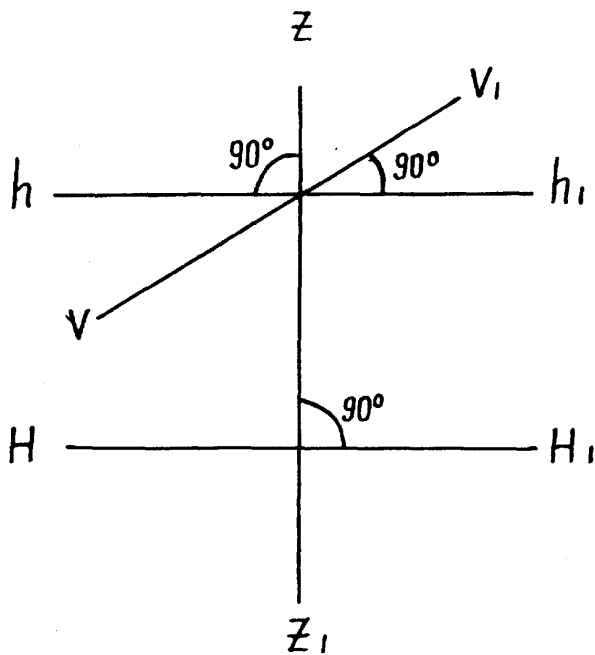
Штатив.....

5,8



## 2.1. Перевірки і юстування теодоліту Т-2.

Взаємне розташування частин теодоліта повинно задовольняти ряду геометричних умов, які витікають із принципу вимірювання горизонтального і вертикального кутів. Для цього, додержуючись певної послідовності слід виконати перевірки.



**Перевірки** – роботи, направлені на виявлення відповідності приладу тим геометричним законам, на основі яких він побудований.

**Юстування** – роботи з виправлення недоліків, з'ясованих під час перевірок.

Основні осі теодоліта:

$HH_1$  – вісь рівня на алідаді горизонтального круга.

$ZZ_1$  – вісь обертання інструмента.

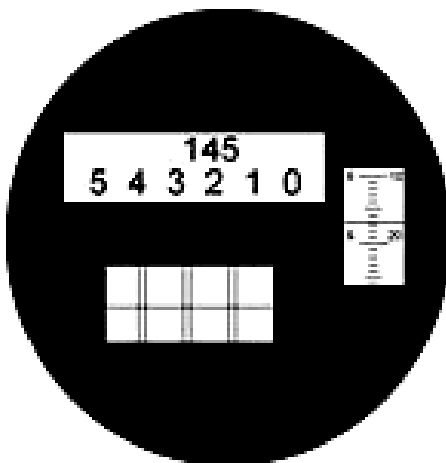
$hh_1$  – горизонтальна вісь теодоліта.

$VV_1$  – візирна вісь зорової труби.

Для відліків по шкалах лімбів ГК і ВК використовується мікроскоп-мікромір, що дозволяє за допомогою оптичного мікромітра вимірювати частки інтервалів розподілів шкал з точністю до десятих часток секунди. Перед узяттям відліку необхідно зафіксувати положення відлікового індексу сполученням діаметрально протилежних штрихів лімба.

Для теодолітів типу 2Т2, 2Т2П, 2Т2А, 3Т2КП, 3Т2КА розроблена спрощена схема відлічування. Число десятків хвилин під серединою цифри, що показує число градусів при сполученні штрихів лімба, видимих у поле зору мікроскопа.

Хвилині й секунди з точністю до 0.1" беруться по шкалі оптичного мікромітра щодо нерухливого індексу, зображення якої будується в малому віконці поля зору мікроскопа. Діапазон шкали мікромітра у хвилинах дорівнює половині ціни поділки лімба теодоліта, а кожний хвилинний інтервал розбитий на 60" підписаним числом десятків секунд. Відлік по шкалі мікромітра додається до відліку по основних шкалах. Відлічування по шкалах вертикального круга виконується аналогічно відлічуванню по горизонтальному крузі.



Відлік по ГК  
( $145^{\circ}20'+6'16,9''$ )  
 $145^{\circ}26'16,9$

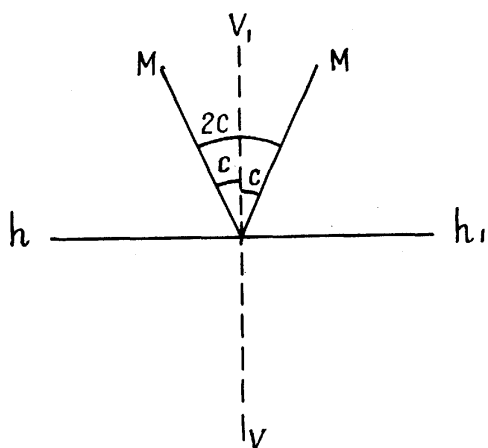
### Перевірки і юстування теодоліта

1. Вісь циліндричного рівня на алідаді горизонтального круга повинна бути перпендикулярною до осі обертання інструмента, тобто  $HH_1 \perp ZZ_1$ .

Розташовують рівень за напрямом двох піднімальних гвинтів і приводять рівень на середину. Після цього повертають алідаду на  $180^{\circ}$  і бульбашка рівня не повинна відходити з нуля-пункту більше ніж на одну поділку. Якщо ця умова не виконується то виконують юстування (виправлення) рівня. Для цього половина дуги відхилення виправляється за допомогою піднімальних гвинтів, а друга половина за допомогою виправних гвинтів рівня.



Після цього перевірку повторюють. Виконавши юстування, розташовують рівень в напрямі третього підйимального гвинта і діючи цим гвинтом, виводять бульбашку рівня на середину.

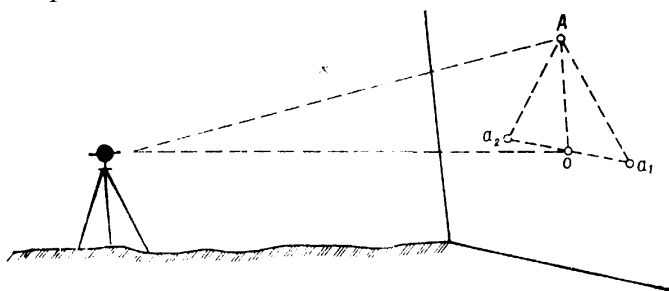


2. Візира вісь труби повинна бути перпендикулярною до осі обертання труби, тобто  $hh_1 \perp VV_1$ . Колімаційна помилка.

Кут "С", між фактичним положенням візирної осі і положенням яке вона повинна займати за геометричною умовою, називається колімаційною помилкою. Подвійна колімаційна помилка дорівнює різниці відліків по горизонтальному кругу на одну і ту ж точку (М) при положенні вертикального круга зліва і справа.  $2C = KЛ - КП \pm 180^\circ$ . Величина  $2C$  не повинна перевищувати подвійної точності приладу.

Юстування виконують за допомогою коліматорного кільця на зоровій трубі теодоліта. Після цього перевірку повторюють.

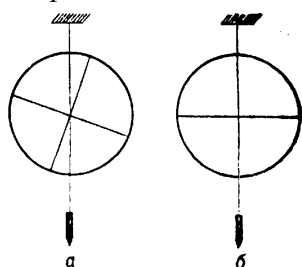
3. Горизонтальна вісь обертання труби повинна бути перпендикулярною до основної осі обертання теодоліта, тобто  $hh_1 \perp ZZ_1$ .



Для перевірки теодоліт установлюють на відстані 10-15 м від стіни будівлі (Рис.74). На стіні вибирають високорозташовану точку А так, щоб кут нахилу зорової труби до горизонту був не менше за  $20^\circ$ , візують на цю точку і проєктують її вниз при двох положеннях вертикального круга і відмічають проєкції центра сітки  $a_1$  і  $a_2$  на стіні. Якщо точки  $a_1$  і  $a_2$  збігаються то умова виконана. Відстань  $a_1a_2$  не

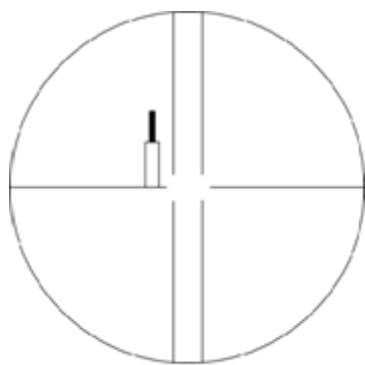
повинна перевищувати подвійної ширини бісектору сітки ниток. Якщо умова не виконується то виправлення виконують в майстерні.

4. Горизонтальна нитка сітки повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі обертання теодоліта.



Перевірку можна виконати за допомогою виска, підвішеного на відстані 25-30 м. Якщо, після візування на нитку виска вертикальна нитка сітки ниток суміститься з ниткою виска, то умову виконано. При невиконанні умови необхідно зняти кришку, яка закриває виправні гвинти сітки ниток, звільнити чотири кріпильні гвинти окуляра і повернути окуляр – так, щоб вертикальна нитка сітки ниток сумістилась з ниткою виска.

5. Перевірка місця зеніту. Місце зеніту повинне бути постійним і близьким до  $90^\circ$



Місце zenіту - це відлік по вертикальному колу при вертикальному положенні зорової труби й виведеному в нуль-пункт рівні при алідаді ВК.

Величина  $MZ$  залежить від взаємного розташування осі рівня й нуль-пункту алідади вертикального кола. Одним з головних вимог при вимірі кута нахилу й zenітної відстані є забезпечення сталості значень  $MZ$ . Для зручності обчислень і запобігання грубих помилок при вимірах намагаються довести значення  $MZ$  до величин, близьких до нуля. Теодоліт приводиться в робоче положення. Горизонтальна нитка сітки ниток наводиться на верх візирної мети (див. мал. 14) і, після виведення пухирця рівня при алідаді ВК у нуль-пункт, беруть відліки

по ВК при двох положеннях кола. Місце zenіту  $MZ$  і zenітна відстань  $Z$  визначається по наступних формулах

$$MZ = \frac{КЛ + КП - 360^\circ}{2} \quad Z = КЛ - MZ = MZ - КП - 180^\circ = \frac{КЛ - КП + 360^\circ}{2}$$

Зменшення величини  $MZ$  виражається в наступній послідовності:

- обчислюється правильний відлік  $КП - MZ/2$ ;
- на шкалі оптичного мікрометра встановлюється значення числа хвилин і секунд із даного відліку;
- мікрометричним гвинтом рівня сполучаються штрихи основних шкал, що розійшлися в результаті введення вірного відліку;
- бульбашка рівня виводиться в нуль-пункт юстувальним гвинтом.

Між кутами нахилу й zenітними відстанями існує наступне співвідношення.

$$\alpha + Z = 90^\circ$$

*6. Компенсатор відлікової системи вертикального кола повинен забезпечувати незмінність відліку на вертикальному крузі при нахилі осі обертання теодоліта, в межах  $3'$ .*

Це означає, що при нахилі вертикальної осі теодоліта в межах  $3'$  і наведені труби на одну і ту ж точку, відлік по вертикальному колу не повинен змінюватись, тобто він повинен залишатись в межах точності відліку  $0.1'$ .

Приводять вертикальну вісь теодоліта в вертикальне положення за допомогою рівня на алідаді горизонтального кола. Наводять трубу на точку і беруть відлік по вертикальному колу. Повертають теодоліт на  $90^\circ$  (циліндричний рівень на алідаді розташований перпендикулярно до напрямку візирної осі зорової труби) і нахиляють вертикальну вісь піднімальним гвинтом на 2-3 поділки рівня. Повертають алідаду в попереднє положення, наводять зорову трубу на ту саму точку і беруть відлік по вертикальному колу. Потім знову нахиляють вертикальну вісь теодоліта ще на 2-3 поділки рівня, і повторюють ті самі дії. Після цього двічі нахиляють вертикальну вісь теодоліта в протилежну сторону. Різниця між п'ятьма відліками не повинна перевищувати  $0.2'$ . Якщо різниця перевищує допуск, то виправлення виконують в майстерні.

*7. Візирна вісь оптичного центру повинна збігатися з віссю обертання теодоліта.* Установлюють теодоліт на штативі і приводять вертикальну вісь теодоліта в вертикальне положення. Під штативом горизонтально закріплюють аркуш міліметрового паперу і на ньому олівцем відмічають точку, яка збігається з зображенням центра оптичного центру. При повертанні алідади зображення точки, відміченої на папері, не повинно зміщуватись з центра сітки оптичного центру більше 1 мм.

Така величина зміщення відповідає помилці центрування на місцевості, яка не перевищує 0.5 мм. При більшій помилці зміщення необхідно виконати юстування.

8. Візирні осі коліматорних візирів повинні бути паралельними до візирної осі зорової труби. Перевірку виконують за допомогою предмета, розташованого на віддалі не менше 50 м. Якщо при наведенні зорової труби на предмет коліматорним візиром зображення предмета в трубці буде заміщене відносно центра сітки ниток зорової труби більше ніж 0.2 поля зору, то положення візира рекомендується виправити. Для цього використовують чотири гвинти, які скріплюють візир з віссю на 0.1-0.2 обороти і наводять зорову трубу на предмет. Повертають візир за азимутом до суміщення його перехрестя з предметом, закріплюють гвинти і перевірку повторюють.

### Практична робота №10 Вимірювання горизонтальних кутів різними способами Теоретична частина.

При вимірюванні кутів теодолітом Т-2 зчитування відліку по оптичному мікрометру здійснюється двічі. Після першого суміщення зображень штрихів лімбу і взяття відліку  $a_1$ , штрихи розводяться барабаном мікрометра і суміщення проводиться знову. Відлік  $a_2$  записується у випадку, коли різниця  $a_1$  і  $a_2$  не перебільшує 8".

**1. Вимірювання кута способом прийомів.** При вимірюваннях способом окремого кута аліададу обертають тільки за ходом годинникової стрілки або тільки проти ходу годинникової стрілки. Прийом складається із двох напівприймів. *Перший напівприйом* виконують при положенні вертикального круга ліворуч зорової труби (КЛ). Наводять зорову трубу на першу візирну мітку. Після того як спостережуваний знак потрапив у поле зору труби, затискають закріпний гвинт аліадади і зорової труби й, діючи навідними гвинтами аліадади й труби, наводять центр сітки ниток на зображення знака й беруть першу пару відліків по горизонтальному кругу. Потім, відкріпивши трубу й аліададу, наводять трубу на другу візирну мітку й беруть другу пару відліків. Різниця першого й другого відліків дає величину вимірюваного кута. Якщо перший відлік виявився менше другого, то до нього додають 360°.

Другий напівприйом виконують при положенні вертикального круга праворуч (КП), для чого переводять трубу через зеніт. Потім вимірювання виконують у тій же послідовності, як у першому напівприйомі.

Значення подвійної колімації  $2c$  обчислюється із середніх відліків по мікрометру, взятих при КЛ і КП за формулою  $2c = \text{КЛ} - \text{КП}$ . Коливання подвійної колімації не повинне перебільшувати 8".

Середнє значення обчислюється по середніх відліках по мікрометру, взятих при КЛ і КП за формулою  $\frac{Л + П}{2}$ . Якщо результати вимірювання кута в напівприйомах різняться не більше 8", обчислюють середнє, котре й приймають за остаточний результат.

#### Журнал вимірювання кутів способом прийомів (Спосіб Гаусса).

Дата \_\_\_\_\_ t= \_\_\_\_\_ Погода \_\_\_\_\_ Вітер \_\_\_\_\_

Час \_\_\_\_\_ Видимість \_\_\_\_\_ Зображення \_\_\_\_\_

Точка стояння	Точка візування	Круг	Відліки				$\frac{a_1 + a_2}{2}$	2c	$\frac{Л+П}{2}$	Значення кута
			по лімбу		по мікрометру					
			°	'	$a_1$	$a_2$				
		Л								
		П								
		Л								

		П								
		Л								
		П								
		Л								
		П								
		Л								
		П								
		Л								
		П								

**2. Вимірювання способом кругових прийомів** виконують для декількох напрямків, що мають спільну вершину. Один з напрямків приймають за початковий. По черзі, по ходу годинникової стрілки, при КЛ наводять трубу на всі візирні цілі й беруть відліки. Останнє наведення знову роблять на початковий напрямок. Потім, перевівши трубу через zenit при КП, знову спостерігають всі напрямки, але у зворотному порядку – проти годинникової стрілки. З відліків при КЛ і КП знаходять середні й віднімають із них середнє значення початкового напрямку.

Кількість прийомів залежить від розряду полігонометрії і точності приладу, що застосовується. При переході від одного прийому до іншого лімб переставляється на кут  $\frac{180^0}{n} + \sigma$ , де  $\sigma = 10'$ ,  $n$  – необхідна кількість прийомів.

Після закінчення прийому проводять контрольні обчислення і приведення значень напрямків до нуля.

Визначають незамкнення горизонту по КЛ ( $\Delta_n$ ) і КП ( $\Delta_n$ ), які не повинні перебільшувати  $8''$ . З них обчислюють середнє значення ( $\Delta_{сер}$ ). Поправки  $v$  у значення напрямків визначають з накопиченням за формулою  $v = -\frac{\Delta_{сер}}{n-1}$ , де  $n$  – кількість виміряних напрямків. У початковий напрямок поправка не вводиться.

Напрямки приводяться до нуля послідовним відніманням значення початкового напрямку із всіх інших напрямків. Розходження між значеннями напрямків, визначеними із різних прийомів не повинне перебільшувати  $8''$ .

### Журнал вимірювання кутів способом кругових прийомів (Спосіб Струве).

Дата \_\_\_\_\_ t=\_\_\_\_\_ Погода \_\_\_\_\_ Вітер \_\_\_\_\_ Час \_\_\_\_\_ Видимість \_\_\_\_\_

Зображення \_\_\_\_\_ Точка стояння \_\_\_\_\_ Прийом \_\_\_\_\_

Напрямок	Круг	Відліки				$\frac{a_1 + a_2}{2}$	2с	$\frac{Л+П}{2}$	Значення напрямку	Приведені напрямки
		по лімбу		по мікрометру						
		°	'	$a_1$	$a_2$					
	Л									
	П									

	Л									
	П									
	Л									
	П									
	Л									
	П									

Контрольні обчислення

$$\Delta_d =$$

$$\Delta_{\text{п}} =$$

$$\Delta_{\text{сер}} =$$

$$v = \frac{\Delta_{\text{сер}}}{n-1} =$$

### Практична робота №11

#### Ознайомлення з програмним комплексом «Маркшейдерсько-геодезичні мережі і зйомки» MGSeti.

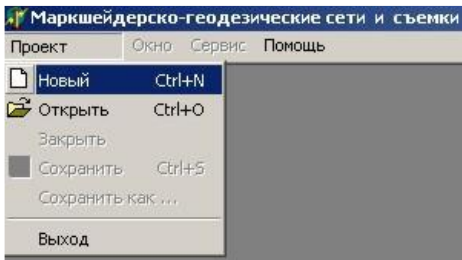
##### Теоретична частина

Програмний комплекс «Маркшейдерсько-геодезичні мережі і зйомки» призначений для попереднього обчислення точності й зрівнювання планово-висотних мереж вільної конфігурації. У програмному комплексі сполучаються унікальні можливості по зрівнюванню будь-яких мереж і пошуку грубих помилок, які на поточний момент не може надати жодна з існуючих програм по зрівнюванню мереж.

Програма використовує «технологію нарощування» мережі, тобто після введення даних по одній або більше станцій, мережа у фоновому режимі завжди переобчислюється й відображається її нова конфігурація. Це дозволяє оперативнo виявляти грубі помилки й стежити за дотриманням топології мережі. Унікальна можливість перевірки допустимості нев'язок всіх умовних рівнянь, що виникають у мережі, незалежно від її типу й топології, дає об'єктивні та повні дані про якість і точність вимірювань.

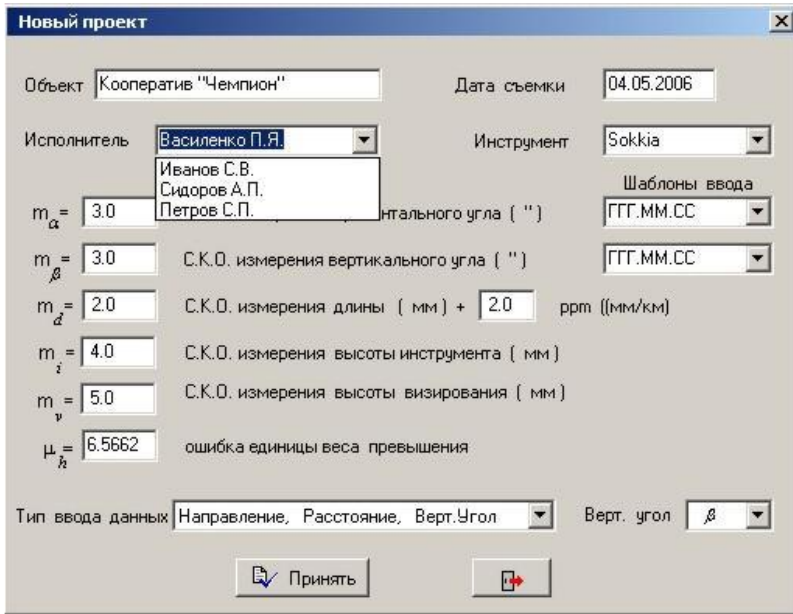
##### Створення нового проекту

Для створення нового проекту необхідно активізувати команду **Новий** у розділі меню **Проект** головного меню програми.



Після цього з'явиться діалогове вікно нового проекту, в якому необхідно задати параметри проекту: назва об'єкта, ім'я виконавця, дату зйомки й інструмент. Перехід між полями введення даних здійснюється кнопкою **Tab**.

Поле дати зйомки заповнюється автоматично, поточною датою даного комп'ютера й при необхідності може редагуватися.



У системі існує поняття значень за замовчуванням, так для виконавця й інструмента такі значення задаються у файлі налаштувань системи. Ці параметри можна ввести із клавіатури в відповідних полях введення або вибрати зі списку.

Похибки вимірювання горизонтального  $m_{\beta}$  та дирекційного кутів  $m_{\alpha}$  визначаються в секундах і залежать від типу обраного інструмента (на рисунку – Sokkia)

Помилка вимірювання відстані складається із двох компонентів:

постійної складової помилки вимірювання  $m_d$  (не залежної від довжини) і випадкової складової помилки виміру відстані  $ppm$  (задається в мм на 1 км ходу).

Так, для виміру відстаней рулеткою рекомендується задавати  $m_d = 5\text{мм}$  і  $ppm = 50\text{ мм/км}$ .

### Вибір типу даних

У системі передбачено два типи введення даних.

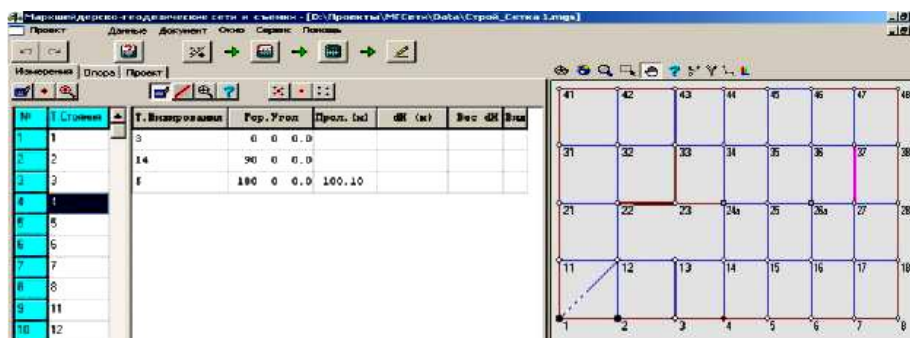
I – Напрямок, Горизонтальне прокладення, Перевищення – цей вид введення призначений для спільного зрівнювання планових і/або нівелірних мереж, коли перевищення визначаються шляхом геометричного нівелювання.

II – Горизонтального напрямку, Відстані й Вертикального кута – призначений для мереж, вимірювання у яких виконувалися електронними тахеометрами й передбачає введення безпосередньо обмірюваних величин: Цей тип введення підходить і для традиційних оптичних теодолітів.

Деякі з оптичних теодолітів (наприклад Т-2) можуть вимірювати не вертикальний кут, а зенітну відстань. Облік таких вимірювань здійснюється програмно, однак при створенні проекту потрібно вказати, як буде обчислюватися вертикальний кут. Для теодоліту Т-2:  $90-\beta$

### Головне вікно програми

Головна форма програми буде мати вигляд багатосторінкового (з трьома закладками) блокноту у лівій частині, і схеми мережі в правій частині. Блокнот містить інформацію про вимірювання на





станціях (закладка «Вимірювання»), опору мережі (закладка «Опора») та інші параметри проекту (закладка «Проект»).


### Головна панель інструментів


Кнопки цієї панелі згруповані по видах операцій і відбивають хід обчислювального процесу. Ліва група кнопок дозволяє скасувати зроблені в ході роботи зміни й повернути назад всі зміни. На інструментальній панелі перебувають кнопки, які виконують наступні функції:





 - скасування операцій додавання, редагування або видалення даних у різних таблицях. Дія, що має відбутися, коментується у спливаючій підказці, що з'являється якщо над цієї кнопкою зупинити курсор;

 - повертає значення або дію, скасовану раніше;

 - попередній розрахунок точності - може виконуватися для двох варіантів мереж: проектів і реальних мереж. Для проектних мереж необхідно задати всі параметри. Зокрема, повинні бути задані координати опорних точок і наближені координати всіх обумовлених точок.

 - виконує команду **Аналіз вимірювань**, тобто поділу вимірів на зв'язкові точки і пікети. Ця кнопка винесена на інструментальну панель, тому що по логіці обробки даних команда, що відповідає цій кнопці повинна виконуватися першою перед пошуком помилок і зрівнюванням мережі;

 - пошук помилок мережі. При активізації цієї команди відбувається підготовка даних і зрівнювання мережі по методу найменших модулів, який дозволяє ефективно локалізувати помилки мережі. При активізації даної команди відкривається вікно інтерактивного зрівнювання мережі;

 - зрівнювання мережі по методу найменших квадратів із оцінкою точності, після виконання цієї операції формуються відповідні каталоги й відомості оцінки точності. При активізації

даної команди відкривається вікно інтерактивного зрівнювання мережі.



- обчислення координат пікетів, складання схеми мережі й плану з пікетами. Оскільки всі проектні й землевпорядні креслення вимагають, щоб вихідний документ був підготовлений в одному з форматів систем автоматизованого проектування. У програмі «Маркшейдерсько-геодезичні мережі» прийнятий формат DXF для обміну даними із системами автоматизованого проектування, такими як AutoCAD і Компас.

### Панель інструментів графічного вікна

Інструментальна панель містить групу кнопок якими можна виконувати наступні дії:



- виконує швидке зрівнювання (без оцінки точності) і побудову мережі в графічному вікні;



- показати всю мережу: масштабує зображення мережі, таким образом, щоб мережа повністю містилася у графічному вікні;



- збільшує (якщо натиснути ліву кнопку миші) або зменшує (якщо натиснути праву кнопку миші) зображення мережі в 2 рази, центрує щодо поточного положення, тобто центр екрана буде мати

координати покажчика миші, під час натискання клавіші;



- показати рамку, збільшує зображення ділянки мережі, що обмежено рамкою. Для виконання операції необхідно натиснути кнопку інструментальної панелі, а потім у графічному вікні натиснути ліву кнопку миші й не відпускаючи тягти мишу, поки не буде виділена необхідна ділянка. При відпусканні кнопки миші - ділянка мережі, що потрапила до рамки буде збільшена, таким чином, щоб вона була видна у графічному вікні в максимальному масштабі;



- активізує команду зміщення зображення мережі в графічному вікні. Виконується команда в такий спосіб: покажчик миші встановлюється в те місце, яких необхідно змістити, потім натискається ліва кнопка миші й не відпускаючи кнопки, курсор переміщається в те місце екрана, куди необхідно пересунути зображення;



- інструмент “показати вимірювання на станції”. Служить для зворотного зв'язку між графічним вікном і таблицями станцій і вимірювань. Якщо кнопка цього інструмента натиснута, то при клацанні лівою кнопкою, на якийсь точці мережі в таблиці станцій і вимірювань будуть показані вимірювання саме для даної станції;



- інструмент аналізу вимірів. Після виконання зрівнювання мережі (у тому числі й швидкого) стає доступний інструмент для аналізу вимірювань. Після переходу в інший проект інструмент аналізу стає неактивним, поки не будуть виконані зрівнювальні обчислення для даного проекту;



- інструмент «завантажити растр» - дозволяє підвантажити растрове зображення у форматах \*.bmp, \*.jpg, \*.tif.

Для проектування й підготовки до виконання попереднього розрахунку мережі служить окрема група інструментів:



- служить для вимірювання відстаней, між якоюсь точкою мережі й поточним положенням курсору, або іншою точкою. Після активізації цієї кнопки в графічному вікні, курсором, вибираємо точку мережі (допуск 5 м) і ведемо курсор до потрібної точки, на екрані. Відстань від вихідної точки до курсору відображається білою “гумовою” ниткою. У статусному рядку додатку при цьому відображається відстань.



- цей інструмент служить для вимірювання кутів і відстаней. Після активізації цієї кнопки, курсором вибираються дві точки, які визначають вихідний напрямок і на екрані відображається кут, між вихідним напрямком і напрямком на курсор, що відображається білою “гумовою” ниткою. У статусному рядку будуть показані кут і відстань.



- інструмент для проектування ходів. За допомогою цього інструменту курсором можна задавати проектні точки ходів,



**Хід роботи:**

Провести зрівнювання системи полігонометричних ходів у програмі «Маркшейдерсько-геодезичні мережі і зйомки» MGSeti. Вихідні дані – обрати з таблиці. Результати зрівнювання надати в електронному вигляді.

Зробити висновки по роботі:

**Вихідні дані варіанти 1-6**

Варіант 1				
Назва	Координати			
	X		Y	
C	8563.732		3251.727	
D	9024.339		3090.466	
E	6693.497		3201.876	
F	6173.043		3229.118	
A	6746.142		2238.499	
B	6849.167		1891.436	
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

Варіант 2				
Назва	Координати			
	X		Y	
C	8608.497		2633.211	
D	8912.230		2251.230	
E	6999.592		3588.036	
F	6573.780		3888.533	
A	6530.567		2744.898	
B	6432.717		2396.341	
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000

Варіант 5				
Назва	Координати			
	X		Y	
C	8630.425		2936.605	
D	9026.164		2651.028	
E	6823.217		3420.613	
F	6331.994		3594.721	
A	6599.753		2482.034	
B	6599.838		2120.003	
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927

Варіант 4		
Назва	Координати	
	X	Y
C	8390.932	2166.682
D	8490.206	1688.867
E	7384.063	3743.540
F	7139.099	4203.548
A	6585.710	3201.785



4	145	11	19	
Варіант 3				
Назва	Координати			
	X		Y	
C	8433.424		3503.994	
D	8919.710		3462.901	
E	6634.928		2988.552	
F	6124.169		2884.925	
A	6926.549		2068.865	
B	7113.002		1758.540	
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000

7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

Варіант 6				
Назва	Координати			
	X		Y	
C	8307.115		3659.749	
D	8792.859		3706.829	
E	6630.724		2829.101	
F	6146.947		2635.260	
A	7083.072		1976.899	

B	7322.321			1705.189
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

## Вихідні дані варіанти 7-12

Варіант 7				
Назва	Координати			
	X		Y	
C	8055.692		3851.703	
D	8508.659		4033.319	
E	6680.087		2583.643	
F	6270.229		2261.726	
A	7353.585		1892.797	
B	7659.518		1699.223	
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

D	7801.065		4374.235	
E	6929.435		2209.634	
F	6732.575		1727.078	
A	7856.554		1942.579	
B	8218.193		1925.756	
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

	°	'	"	$S_i$ (м)
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

Варіант 8				
Назва	Координати			
	X		Y	
C	7887.409		3926.576	
D	8304.395		4180.123	
E	6738.761		2449.798	
F	6387.343		2064.935	
A	7516.582		1878.955	
B	7850.154		1738.257	
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	

Варіант 11				
Назва	Координати			
	X		Y	
C	7308.166		3973.354	
D	7541.592		4401.927	
E	7055.776		2119.556	
F	6944.964		1610.307	
A	8015.035		2016.161	
B	8374.168		2061.871	
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000

Варіант 10				
Назва	Координати			
	X		Y	
C	7497.317		3992.266	

3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	
Варіант 9				
Назва	Координати			
	X		Y	
C	7705.094		3974.340	
D	8073.977		4293.853	
E	6818.703		2326.743	
F	6536.361		1888.682	
A	7680.802		1893.553	
B	8033.161		1810.432	
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	

C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

Варіант 12		
Назва	Координати	
	X	Y
C	7131.310	3922.732
D	7291.174	4383.825
E	7186.829	2052.657

F	7161.164			1532.123
A	8150.042			2108.221
B	8496.790			2212.297
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

## Вихідні дані варіанти 13-18

Варіант 13				
Назва	Координати			
	X		Y	
C	7000.339		3863.857	
D	7099.178		4341.763	
E	7297.436		2016.697	
F	7339.361		1497.220	
A	8245.356		2196.464	
B	8575.717		2344.545	
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

	X	Y		
C	6751.803	3684.186		
D	6715.812	4170.876		
E	7544.007	1989.288		
F	7726.766	1501.217		
A	8406.302	2422.085		
B	8683.397	2655.076		
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	
Варіант 14				
Назва	Координати			
	X		Y	
C	6911.614		3812.079	
D	6965.598		4297.104	
E	7379.146		2000.538	

F	7469.183			1487.208
A	8306.248			2267.650
B	8621.413			2445.801
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
C	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
E	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
A	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

Варіант 16		
Назва	Координати	

Варіант 17		
Назва	Координати	
	X	Y
C	6824.015	3747.159
D	6830.423	4235.136
E	7466.048	1989.871
F	7605.735	1487.774
A	8362.669	2346.156

В	8658.949			2554.204
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
С	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
Е	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
А	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	
Варіант 15				
Назва	Координати			
	Х		У	
С	6680.648		3609.840	
Д	6599.429		4091.054	
Е	7627.454		1996.203	
Ф	7854.931		1527.302	

А	8445.633			2507.526
В	8699.794			2765.341
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
С	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
Е	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
А	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

Варіант 18			
Назва	Координати		
	Х		У

С	6612.949			3524.018
Д	6485.649			3995.142
Е	7711.126			2009.332
Ф	7982.811			1564.583
А	8476.114			2597.260
В	8704.196			2878.409
Назва	Горизонтальні кути, $\beta_i$			Горизонтальні прокладення, $S_i$ (м)
	°	'	"	
С	217	13	54	300.000
1	158	9	5	250.000
2	216	29	27	400.000
3	174	33	12	200.018
4				
Е	149	44	45	300.000
7	195	46	49	200.000
6	189	36	6	250.000
5	158	37	5	150.103
4	236	22	48	
А	115	24	54	400.000
10	151	45	16	200.000
9	196	31	42	180.000
8	211	43	12	255.927
4	145	11	19	

### Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота														Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1									Змістовий модуль 2					30	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14		
4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4	

T1...T15 - перелік тем змістових модулів.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

#### Критерії оцінки знань студентів на заліку

- „Зараховано” отримує студент, який набрав не менш ніж 60 балів за дисципліну протягом семестру.
- „Не зараховано” отримує студент, який набрав менше ніж 60 балів за дисципліну протягом семестру.
- До заліку не допускається студент, який набрав менше ніж 50 балів за навчальну роботу протягом семестру, не виконав і не здав всіх практичних робіт, не відвідував без поважних причин більшу частину лекцій.

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

### Список використаних джерел

1. Монін І.Ф. Вища геодезія: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 230 с.
2. Печенюк О.О. Вища геодезія. Навчальний посібник. Частина 1. Чернівці: «Рута», 2006. – 99 с.
3. Старовєров В.С. Вища геодезія: Навч. посібник. – К.: ІЗМК, 1996. – 224 с.