



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра землеустрою, геодезії та геоінформатики

**076-136**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання курсової роботи

**„Проектування земельних ділянок та підготовка розмічувальних елементів для перенесення проекту в натуру”**

з дисципліни

**„Геодезичне забезпечення землевпоряддних  
та кадастрових робіт”**

студентами за напрямом підготовки 0801 „Геодезія, картографія та землеустрій” за професійним спрямуванням „Землевпорядкування та кадастр” денної та заочної форм навчання

Рекомендовано методичною комісією  
за напрямом підготовки „Геодезія,  
картографія та землеустрій”  
Протокол №12 від 11 січня 2011р.

Рівне 2011



Національний університет

водного господарства

та природокористування

Методичні вказівки до виконання курсової роботи „Проектування земельних ділянок та підготовка розмічувальних елементів для перенесення проекту в натуру” з дисципліни „Геодезичне забезпечення землевпоряддних та кадастрових робіт” студентами за напрямом підготовки 0801 „Геодезія, картографія та землеустрій” за професійним спрямуванням „Землевпорядкування та кадастр” денної та заочної форм навчання / С.В.Романчук, Р.М.Янчук. – Рівне: НУВГП, 2011. - 47 с.

Упорядники: С.В.Романчук, кандидат технічних наук, доцент,  
Р.М.Янчук, кандидат технічних наук

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри землеустрою, геодезії та геоінформатики П.Г.Черняга, доктор технічних наук, професор



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

© С.В.Романчук, Р.М.Янчук, 2011  
© НУВГП, 2011



## Зміст

Вступ.....	4
Завдання до виконання курсової роботи.....	5
1. Проектування планової знімальної геодезичної мережі для топографічного знімання 1:2000.....	7
2. Розрахунок знімальної мережі тріангуляції.....	9
3. Побудова висотного обґрунтування тригонометричним методом.....	16
4. Проектування площ земельних ділянок.....	20
5. Підготовка та перенесення проекту в натуру.....	26
6. Трансформація координат методом Гельмерта.....	36
7. Довідкові матеріали.....	38
8. Вказівки щодо оформлення та захисту курсової роботи.....	41
9. Рекомендована література та ресурси.....	42



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування



Під час виконання більшості робіт із землеустрою, у відповідності до положень Закону України „Про землеустрій”, фахівцю-землевпоряднику доводиться вирішувати завдання виконання кадастрових знімань на окремих територіях, проектування форм та площ як нових, так і вже існуючих земельних ділянок або їх сукупності, розробки методів перенесення на місцевість (в натуру) запроектованих меж та площ.

Вищевказані завдання є класичними для землевпорядкування. Слід лише зауважити, що розвиток методів виконання таких завдань в найбільшій мірі пов’язаний з вдосконаленням та появою нових геодезичних інструментів та засобів опрацювання даних.

При проектуванні нових границь землекористування або встановленні втрачених необхідно виконати підготовчі роботи, які включають рекогностування місцевості, віднаходження пунктів державної геодезичної мережі або закладання нових пунктів, які будуть використані для розв’язання завдань.

Проектування тріангуляції, полігонометрії 1 і 2 розрядів та зміальної геодезичної мережі для топографічного знімання місцевості в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500 виконують на топографічних картах масштабів 1:10000 або 1:25000.

Також в курсовій роботі отримало своє відображення питання перерахунку прямокутних координат із однієї системи в іншу та навпаки, потреба в цьому часто виникає на виробництві.

Виконання курсової роботи з дисципліни “Геодезичне забезпечення землевпорядних та кадастрових робіт” передбачено діючим навчальним планом та робочою програмою дисципліни з метою закріплення отриманих теоретичних знань та удосконалення набутих практичних навичок. Метою курсової роботи є самостійне поглиблена вивчення частини програмного матеріалу, його систематизація, узагальнення, закріплення, практичне застосування знань і вмінь, розвиток навичок самостійної роботи.

Крім методичних вказівок для виконання курсової роботи потрібно використовувати конспект лекцій, рекомендовану навчальну і нормативну літературу, креслярські матеріали і приладдя. Курсова робота є складовою частиною дисципліни і повинна бути виконана в терміни, передбачені навчальним планом.



ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ ФАХОВОЇ РОБОТИ  
З ДИСЦИПЛІНИ

„Геодезичне забезпечення землевпорядних та кадастрових  
робіт”

НА ТЕМУ:

“Проектування земельних ділянок та підготовка  
розвічувальних елементів для перенесення проекту в натуру”

Група \_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_

**Розділ 1. Проектування планової знімальної геодезичної мережі для топографічного знімання 1:2000 з перерізом рельєфу 0,5м.**

1.1. Описати загальні вимоги щодо проектування мереж згущення та знімальних геодезичних мереж.

1.2. На карті 1:10000 запроектувати для вказаної викладачем ділянки планове знімальне геодезичне обґрунтування.

1.3. Привести технічні характеристики запроектованої мережі. Описати методику виконання польових робіт та вимоги щодо точності вимірювань.

**Розділ 2. Розрахунок знімальних мережі тріангуляції**

2.1. Польові роботи при побудові мережі тріангуляції.

2.2. Камеральні роботи при обробці результатів вимірювань мережі тріангуляції.

2.3. Виконати урівнювання мережі тріангуляції спрощеним методом згідно заданого викладачем варіанту.

2.4. Обчислити прямокутні координати точок за правилом теодолітного ходу та за формулами Юнга. Виконати порівняння результатів.

2.5. Виконати оцінку точності мережі.

**Розділ 3. Побудова висотного обґрунтування  
тригонометричним методом.**

3.1. Основна суть методу тригонометричного нівелювання

3.2. Польові роботи при побудові тригонометричного нівелювання.

3.3. Камеральні роботи при обробці результатів тригонометричного нівелювання.



3.4. Виконати урівнювання результатів тригонометричного нівелювання за варіантом, заданим викладачем.

3.5. Виконати обчислення висот точок.

3.6. Виконати оцінку точності мережі.

#### **Розділ 4. Проектування площ земельних ділянок.**

4.1. Визначити графічно координати заданої ділянки та за ними вирахувати площину і виконати оцінку точності.

4.2. Зaproектувати збільшення площи початкової ділянки на 7%, передбачивши її „дорізання” трапецією.

4.3. Виконати контрольний розрахунок площи ділянки з врахуванням зміни меж.

#### **Розділ 5. Підготовка та перенесення проекту в натуру.**

5.1. Описати способи геодезичної підготовки проектів.

5.2. Способи перенесення в натуру проектних елементів та їх точність.

5.3. Розрахувати розмічувальні елементи для перенесення проекту в натуру від пунктів знімального обґрунтування.

5.4. Скласти розмічувальні креслення для перенесення проекту в натуру.

5.5. Описати порядок роботи на станції при перенесенні в натуру запроектованих меж земельної ділянки.

5.6. Порядок закріplення меж земельних ділянок межовими знаками та передача їх на збереження.

#### **Розділ 6. Трансформація координат методом Гельмерта**

6.1. Суть трансформації координат за методом Гельмерта.

6.2. Перетворення координат земельної ділянки А'ВСД', отриманих в розділі 4, в іншу систему координат для якої відомі наступні параметри трансформації (розраховуються за формулами):

$$C_1 = 586145,32 + 5n; \quad C_2 = 256963,86 + 5n;$$

$$\alpha = 2^\circ 14' 23'' + 5'n; \quad \mu = 1,0000452,$$

де n – номер прізвища студента в журналі групи.

Завдання видав \_\_\_\_\_ Завдання отримав \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_



## 1. Проектування планової знімальної геодезичної мережі для топографічного знімання масштабу 1:2000

Найбільша кількість картографічних матеріалів, які створюються при виконанні земельно-кадастрових робіт мають масштаби 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500. Тому в першу чергу необхідно керуватися положеннями „Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500“. Згідно Інструкції геодезичною основою топографічних знімань у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500 є:

- державна геодезична мережа (ДГМ);
- розрядні геодезичні мережі згущення;
- знімальні геодезичні мережі.

Розрядні геодезичні мережі згущення створюють методами полігонометрії, трилатерації, тріангуляції та поєднанням цих методів.

За наявності технічних засобів та умов спостережень згущення може здійснюватись із використанням супутниковых радіонавігаційних систем (СРНС).

Розрядні планові геодезичні мережі згущення поділяються на:

- мережі полігонометрії, трилатерації і тріангуляції 4 класу;
- мережі полігонометрії, трилатерації, тріангуляції 1 і 2 розрядів;

Пunkти планової знімальної мережі визначають прямими, оберненими та комбінованими засічками з пунктів геодезичних мереж усіх класів і розрядів, прокладанням теодолітних ходів, побудовою знімальних тріангуляційних мереж (ланцюг трикутників або чотирикутників, вставка окремих пунктів тощо).

Побудову пунктів знімальної геодезичної основи доводять до щільності, яка забезпечує безпосереднє виконання топографічного знімання у відповідному масштабі.

Вибір методу побудови планової знімальної мережі залежить від багатьох умов: типу об'єкта, його форми й займаної площині; призначення мережі; фізико-географічних умов; необхідної точності; наявності вимірювальних засобів у виконавця робіт. Наприклад, тріангуляцію застосовують як вихідну мережу при значній площині або довжині об'єктів знімання на відкритій пересіченій місцевості; полігонометрію - на закритій місцевості або забудованій території (полігонометрія - найбільш маневрений вид



побудови); лінійно-кутові побудови - при необхідності створення мереж підвищеної точності; трилатерацію, як правило, на невеликих об'єктах, де потрібна висока точність.

Залежно від площин, займаної майбутнім об'єктом, планові геодезичні мережі можуть будуватися в кілька послідовних стадій (щабель). При цьому можливим є сполучення різних видів побудов. Наприклад, для знімальних і розмічувальних робіт тріангуляція або лінійно-кутові мережі можуть бути основою для подальшого згущення полігонометричними й теодолітними ходами. При цьому слід керуватися наступним правилом: кожний наступний щabelь розвитку мережі повинен спиратися на мережу більш вищого розряду або точності.

Розвиток вимірювальних засобів багато в чому визначає вибір методу побудови опорних мереж. Широке впровадження у виробництво електронних тахеометрів привело до того, що лінійно-кутові мережі й полігонометрія використовуються на сьогодні найбільш часто.

Основні вимоги до побудови планових розрядних геодезичних мереж згущення та до знімальних мереж наведено в довідкових матеріалах на стор.36.

При виконанні курсової роботи студент на планових матеріалах масштабу 1:10000, виходячи із наявних на карті пунктів ДГМ (пунктів тріангуляції, полігонометрії), проектує мережу згущення та знімальну геодезичну мережу, доводячи її до щільності, яка забезпечує безпосереднє виконання планового кадастрового знімання масштабу 1:2000 на ділянці, окресленій викладачем.

Результатом проектування є схема планової мережі, представлена на кальці або лавсані і таблиця технічних характеристик запроектованої мережі (табл.1.1). В таблиці запроектовані ходи слід записувати в порядку зменшення їх класу (розряду) та точності.

Таблиця 1.1  
Характеристики запроектованих ходів мережі

№ ходу	Вид мережі, клас, розряд,	Довжина ходу, $L$ , м	Кількість сторін, $n$	Середня довжина $S_c$ , м



В пояснювальній записці повинні бути відображені наступні питання у відповідності до підрозділів:

*Розділ 1. Проектування планової знімальної геодезичної мережі для топографічного знімання 1:2000 з перерізом рельєфу 0,5м.*

*1.1. Описати загальні вимоги щодо проектування мережі згущення та знімальних геодезичних мереж.*

*1.2. На топографічній карті масштабу 1:10000 запроектувати планове знімальне геодезичне обґрунтування для вказаної викладачем ділянки.*

*1.3. Привести технічні характеристики запроектованої мережі. Описати методику виконання польових робіт та вимоги щодо точності вимірювань.*

## 2. Розрахунок знімальної мережі тріангуляції

Тріангуляція це система прилеглих один до одного трикутників побудованих на місцевості, в яких виміряні всі три внутрішні кути і в загальній схемі виміряні дві сторони. Сторона, яка вимірюна безпосередньо, називається базисом. Якщо відома хоча б одна сторона тріангуляції і всі кути в кожному трикутнику, то шляхом послідовного рішення трикутників за теоремою сінусів визначають довжини всіх сторін трикутників (рис. 2.1).

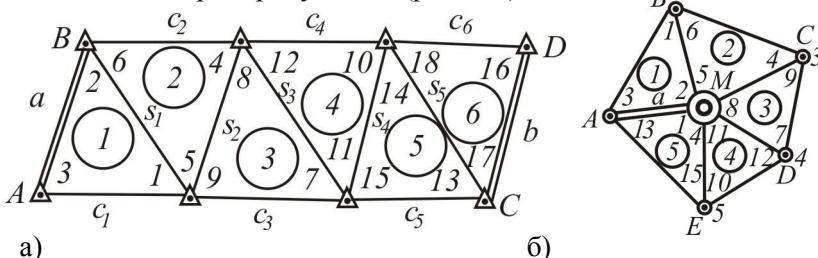


Рис.2.1. Мережа тріангуляції:

а) ланцюг трикутників; б) центральна система.

Сторони  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$  - називаються зв'язуючими, а кути 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18 - зв'язуючими кутами. Сторони  $c, c_1, c_2, \dots, c_n$  - називаються проміжними, а кути 2, 5, 8, 11, 14, 17 - називаються проміжними кутами. Сторони  $a$  і  $b$  на місцевості виміряні і називаються базисами (рис.2.1, а).



На практиці схеми тріангуляції можуть мати різноманітну форму, але повинен зберігатися головний принцип: в мережі вимірюяні, як мінімум, два базиси і всі кути в кожному трикутнику. Як виняток в центральній системі може бути вимірюаний один базис (рис.2.1, б). Обчислення знімальної мережі тріангуляції для задач землеустрою можна виконувати спрощеним методом.

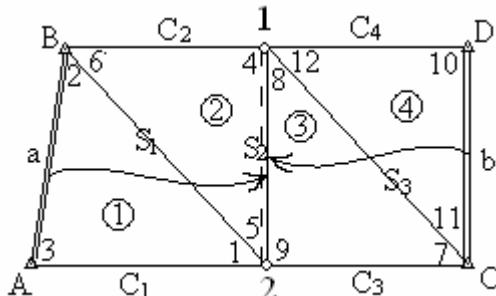


Рис. 2.2. Схема виконання обчислень

Як видно з рис. 2.2 в мережі вимірюяно 2 базиси:  $a$  і  $b$  та всі три кути в кожному трикутнику. Під час складання схеми мережі тріангуляції обов'язково нумерують трикутники і кути. Нумерацію розпочинають з трикутника, в якому заміряний перший базис, а далі рахують по-порядку. Кути в трикутнику доцільно нумерувати за загальноприйнятою схемою. Всі сторони трикутника мають свою назву та сторони  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  називають зв'язуючими сторонами тому, що вони є спільними для двох сусідніх трикутників.

Сторони  $C_1, C_2, C_3, C_4$  називають проміжними тому, що вони не є спільними з іншими трикутниками.

Нумерують кути в трикутнику за наступним правилом:

1-й кут – проти вимірюваного базису  $a$ ;

2-й – проти проміжної сторони;

3-й – проти зв'язуючої сторони  $S_1$ ;

У другому трикутнику:

4-й кут – проти  $S_1$ ;

5-й – проти проміжної сторони  $C_2$ ;

6-й – проти зв'язуючої сторони  $S_2$

і так далі.



Така нумерація кутів дозволяє майже автоматично скласти базисне рівняння, яке має наступний вигляд:

$$b = \frac{a \cdot \sin 3 \cdot \sin 6 \cdot \sin 9 \cdot \sin 12}{\sin 1 \cdot \sin 4 \cdot \sin 7 \cdot \sin 10} \quad (2.1)$$

В мережі тріангуляції виникає стільки умов фігур скільки є трикутників. Оскільки в трикутнику вимірюються всі кути, то нев'язка визначається за формулою

$$w = \sum_{i=1}^3 \beta_i - 180^\circ \quad (2.2)$$

Поправка у виміряні кути вводиться порівну і обчислюється за формулою

$$v' = -\frac{w}{3} \quad (2.3)$$

Гранична похибка нев'язки в трикутнику:

$$w_{don} = 2.5 \cdot m_\beta \sqrt{3} \quad (2.4)$$

де  $m_\beta$  - середня квадратична похибка вимірювання горизонтального кута.

Вільний член базисної умови обчислюється за формулою

$$W_{ba3} = \left( \frac{a \cdot \sin 3 \cdot \sin 6 \cdot \sin 9 \cdot \sin 12}{b \cdot \sin 1 \cdot \sin 4 \cdot \sin 7 \cdot \sin 10} - 1 \right) \cdot 10^5 \quad (2.5)$$

Допустимий вільний член базисного рівняння обчислюється за формулою

$$W_{ba3}^{don} = 2.5 \left( \left( \frac{m_a}{a} \cdot 10^5 \right)^2 + \left( \frac{m_b}{b} \cdot 10^5 \right)^2 + m_\beta^2 \left( \frac{10^5}{\rho} \right)^2 \cdot \sum \left( \operatorname{ctg}^2 A + \operatorname{ctg}^2 B + \operatorname{ctg} A \cdot \operatorname{ctg} B \right) \right)^{\frac{1}{2}},$$

де  $\frac{m_a}{a}, \frac{m_b}{b}$  - відносні середні квадратичні похибки вимірювання базисів  $a$  і  $b$ ;  $\rho = 3438'$ .

Якщо величина вільного члена базисного рівняння менша або рівна допустимій величині, то обчислюють величину вторинної поправки за формулою



$$V'' = -\frac{W_{баз}}{\frac{10^5}{\rho} \cdot \sum(ctgA_i + ctgB_i)} . \quad (2.6)$$

Вторинну поправку додають тільки до зв'язуючих кутів, при чому до кутів, які знаходяться в чисельнику базисного рівняння додають вторинну поправку з тим знаком, який отримали за формулою, а в кути, які знаходяться в знаменнику базисного рівняння її додають з оберненим знаком. Слід пам'ятати, що поправки заокруглюють до 0,1'.

Після цього за виправленими кутами та за теоремою сінусів обчислюють довжини сторін трикутників. Контролем обчислень являються рівності вирахованого за формулою (2.1) і вимірюного значення базису  $b$ . Допустиме розходження може складати не більше 0,03м.

Обчислення у всіх трикутниках зручно проводити у таблиці наступної форми (табл.2.1).

Таблиця 2.1

Рішення трикутників мережі тріангуляції

№ трик.	№ кута	Вимірюні кути	Поправки		Виправлені кути	Синуси кутів	Сторони
			$V'$	$V''$			
1	1						
	2						
	3						
	$\Sigma$						
	$W_1$						

Отримавши урівняні кути і довжини ліній обчислюють прямокутні координати точок:

- 1) за правилом теодолітних ходів (для рис.2.2 це може бути хід A-B-1-D-C або B-A-2-C-D);
- 2) за формулами Юнга у відповідності до рис.2.3 та формул (2.7)-(2.10).

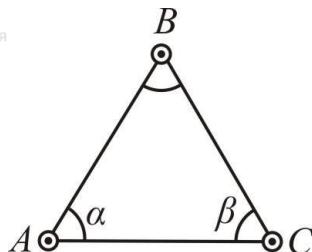


Рис.2.3. Схема до обчислень за формулами Юнга

$$x_B = x_A + \frac{(x_C - x_A) \operatorname{ctg} \alpha + (y_C - y_A)}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}, \quad (2.7)$$

$$y_B = y_A + \frac{(y_C - y_A) \operatorname{ctg} \alpha - (x_C - x_A)}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}. \quad (2.8)$$

Контроль:

$$x_B = x_C - \frac{(x_C - x_A) \operatorname{ctg} \beta - (y_C - y_A)}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}; \quad (2.9)$$

$$y_B = y_C - \frac{(y_C - y_A) \operatorname{ctg} \beta + (x_C - x_A)}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}. \quad (2.10)$$

Оцінка точності мережі тріангуляції полягає в розрахунку наступних величин:

1. Середня квадратична похибка кута до урівнювання:

$$\text{a) за нев'язкими трикутників } m_\beta = \sqrt{\frac{[ww]}{3n}}, \quad (2.11)$$

де  $n$  – число трикутників;

$$\text{б) за поправками в кути } m_\beta = \sqrt{\frac{[vv]}{\psi}}, \quad (2.12)$$

де  $\psi$  – число умов фігур;

$$v = v' + v''.$$

2. Середня квадратична похибка кута після урівнювання для ланцюга трикутників обчислюється за формулою



$$m_{\beta}' = m_{\beta} \sqrt{\frac{2n+1}{3n+2}} \quad (2.13)$$

де  $n$  – число трикутників.

3. Середня квадратична похибка кута після урівнювання центральної системи

$$m_{\beta}' = m_{\beta} \sqrt{\frac{2(n-1)}{3n}}, \quad (2.14)$$

де  $n$  – число трикутників.

4. Середня квадратична похибка сторони в найслабкішому місці мережі обчислюється за формулами:

а) від базису  $a$

$$m_{s_a} = s_k \sqrt{\left(\frac{m_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{m_{\beta}}{\rho}\right)^2 \cdot \frac{2}{3} \sum_1^k (\operatorname{ctg}^2 A_k + \operatorname{ctg}^2 B_k + \operatorname{ctg} A_k \times \operatorname{ctg} B_k)},$$

б) від базису  $b$

$$m_{s_b} = s_k \sqrt{\left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{m_{\beta}}{\rho}\right)^2 \cdot \frac{2}{3} \sum_1^k (\operatorname{ctg}^2 A_k + \operatorname{ctg}^2 B_k + \operatorname{ctg} A_k \times \operatorname{ctg} B_k)},$$

де  $s_k$  - значення сторони в найслабкішому місці мережі.

За кінцеве значення приймається середня квадратична похибка сторони  $s_k$  в найслабкішому місці, яка обчислюється за формулою

$$m_s = \frac{m_{s_a} \cdot m_{s_b}}{\sqrt{m_{s_a}^2 + m_{s_b}^2}} \quad (2.17)$$

Можна застосовувати також більш спрощені формули для попереднього розрахунку точності мережі тріангуляції:

$$m_s = \mu \cdot \sqrt{\frac{1}{p_{s_k}}}, \quad (2.18)$$

де  $\mu$  – середня квадратична похибка одиниці ваги, яку прирівнюють до похибки вимірювання кута;



$\frac{1}{p_{s_k}}$  – обернена вага, яка обчислюється за формулою

$$\frac{1}{p_{s_k}} = K \cdot \sum_1^k \left( \operatorname{ctg}^2 A_k + \operatorname{ctg}^2 B_k + \operatorname{ctg} A_k \times \operatorname{ctg} B_k \right)$$

де  $K$  – кількість трикутників.

В курсовій роботі студену необхідно виконати розрахунок знімальної мережі тріангуляції згідно наступної схеми (рис.2.4) і заданих викладачем вихідних даних (додаток 1).

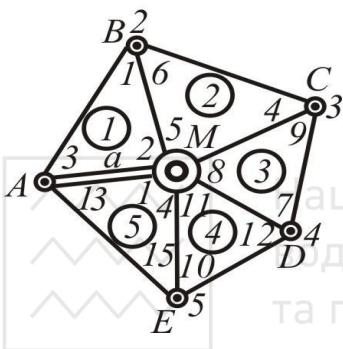


Рис.2.4.Схема мережі  
тріангуляції

$$\begin{array}{ll} 1= & 2= \\ 3= & 4= \\ 5= & 6= \\ 7= & 8= \\ 9= & 10= \\ 11= & 12= \\ 13= & 14= \\ 15= & a= \\ \alpha_{M-A}= & \\ X_I=2000,00; Y=3600,00 & \end{array}$$

$$m_\beta = 30'', \frac{m_a}{a} = \frac{1}{3000}$$

В пояснівальній записці повинні бути відображені наступні питання у відповідності до підрозділів:

*Розділ 2. Побудова планового геодезичного знімального обґрунтування методом тріангуляції*

*2.1. Польові роботи при побудові мережі тріангуляції.*

*2.2. Камеральні роботи при обробці результатів вимірювань мережі тріангуляції.*

*2.3. Урівнювання мережі тріангуляції спрощеним методом згідно заданого викладачем варіанту.*

*2.4. Обчислення прямокутних координат точок за правилом теодолітного ходу та за формулами Юнга. Виконати порівняння результатів.*

*2.5. Виконати оцінку точності мережі.*



### 3. Побудова висотного обґрунтування тригонометричним методом

Геодезичне (тригонометричне) нівелювання у XVII-XVIII ст. було основним методом визначення висот опорних пунктів та широко застосовувалося для висотного обґрунтування топографічного знімання. В XIX-XX ст. в зв'язку з розвитком методу геометричного нівелювання, стрімким зростанням об'ємів великомасштабних топографічних знімань з малими висотами перерізу рельєфу та відсутністю точних теодолітів, зацікавленість до геодезичного нівелювання стала поступово слабшати.

На сьогоднішній день більшість вишукувальних організацій та підприємств мають високоточні теодоліти (електронні тахеометри) та світловіддалеміри, що дозволяє знову розпочати широке застосування тригонометричного методу нівелювання. Перевищення між двома точками планово-геодезичного обґрунтування можна визначити двічі встановлюючи теодоліт на одну або іншу точку, вимірюючи вертикальний кут. Так як відстань від точки відома, то перевищення вираховують за формулою

$$h = dtg v + i - V \quad (3.1)$$

або з врахуванням кривизни Землі і рефракції за формулою

$$h = dtg v + i - V + q - r \quad (3.2)$$

$d$  - горизонтальне прокладання між двома точками;  $v$  - вертикальний кут;  $V$  - висота наведення;  $i$  - висота приладу;  $q$  - поправка в перевищення за кривизну Землі;  $r$  - поправка за рефракцію.

$$q = \frac{d^2}{2R}; \quad (3.3) \qquad \qquad \qquad r = k \frac{d^2}{2R}, \quad (3.4)$$

де  $k$  - коефіцієнт рефракції

Камеральні роботи по обробці результатів тригонометричного нівелювання розпочинають після закінчення польових робіт. Камеральні роботи виконують "у дві руки". Розрахунок перевищення виконується за формулою (3.1).



Результати розрахунків заносять до відомості обчислень перевищень тригонометричного ходу в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Відомість обчислень перевищень тригонометричного нівелювання

Позначення	З - на	
	перевищення	
	прямe	зворотнe
$v$		
$d'$		
$tgv$		
$dtgv$		
$i$		
$v$		
$h$		
$h_c$		

Нев'язки в нівелірних ходах і замкнутих полігонах тригонометричного нівелювання, коли сторони вимірюні світловідалеміром, або обчислені тригонометричним способом, не повинні перевищувати величин, обчислених за формулою:

$$f_{h_{don}} = 50 \text{мм} \sqrt{L}, \quad (3.5)$$

де  $L$  - довжина ходу в км.

Таким чином, таке тригонометричне нівелювання за своєю точністю відповідає точності технічного нівелювання.

Нев'язку розподіляють з оберненим знаком порівну на всі середні перевищення. Додають дану поправку до середнього перевищення та отримують виправлені перевищення між точками. Дані перевищення додають послідовно, починаючи від репера з відомою висотою, та отримують висоти точок мережі.

Результати урівнювання в ходах або полігонах заносять в табл.3.2.

Оцінка точності результатів є невід'ємною частиною розрахунків і дозволяє визначити довірчий інтервал отриманих значень. Середню квадратичну похибку визначення перевищень з одностороннього геодезичного нівелювання обчислюють за формулою



та при однократування

$$m_{h_1}^2 = \operatorname{tg}^2 v \cdot m_d^2 + \frac{d^2}{\cos^4 v} \cdot \frac{m_v^2}{\rho^2} + m_i^2 + m_o^2 + \frac{d^4}{4R^2} \cdot m_K^2, \quad (3.6)$$

де  $m_d$  – середня квадратична похибка визначення відстані;  $m_v$  – середня квадратична похибка визначення кута нахилу;  $\rho'' = 206265$ ;  $m_i$  – середня квадратична похибка визначення висоти приладу;  $m_v$  – середня квадратична похибка визначення висоти візуування;  $m_K = 0,1$  – середня квадратична похибка визначення коефіцієнта рефракції.

Таблиця 3.2

Відомість обчислення висот точок висотного обґрунтування

№ т.	Перевищення, м			Поправка, м	Виправлені перевищення, м	Висоти, м
	Пряме	Обернене	Середнє			

Середня квадратична похибка перевищення, отриманого з двостороннього нівелювання, рівна

$$m_{h_2} = \frac{m_{h_1}}{\sqrt{2}}. \quad (3.7)$$

Середня квадратична похибка на один кілометр ходу двостороннього геодезичного нівелювання рівна

$$m_h = m_{h_2} \cdot \sqrt{\frac{1000}{d_M}}. \quad (3.8)$$

Границя похибка визначення перевищення рівна

$$\Delta_h = 2m_h. \quad (3.9)$$



Слід пам'ятати, що при геодезичному нівелюванні досягається технічна точність в мережах, коли довжини сторін обчислені тригонометричним способом або вимірюні світловіддалеміром, а не мірною стрічкою.

В курсовій роботі студену необхідно виконати урівнювання результатів тригонометричного нівелювання за варіантом, заданим викладачем (рис.3.1) і заданих вихідних даних (табл.3.3).

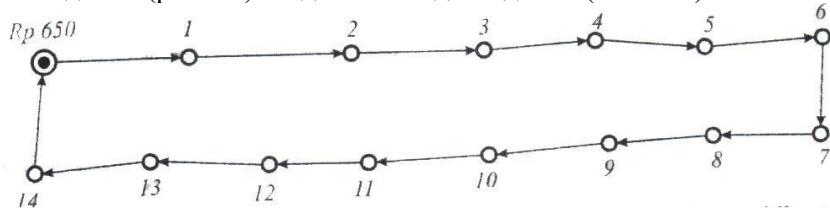


Рис. 3.1. Схема тригонометричного нівелювання

Таблиця 3.3

Вихідні дані для тригонометричного нівелювання

Напрямок	Кут $v$	$d_i$	$d'$	$i, \text{ м}$	$V, \text{ м}$	$h_i, \text{ м}$
Rp-1	-0°57,4'	187,07		1,589	1,096	
1-2	+0°41,75'	154,66		1,334	1,096	
2-3	-0°41,6'	170,58		1,329	1,016	
3-4	-1°12,0'	174,28		1,244	0,954	
4-5	+0°11,9'	186,72		1,189	1,106	
5-6	+0°08,1'	243,59		1,339	1,018	
6-7	+0°51,0'	132,65		1,249	0,966	
7-8	+2°01,65'	233,06		1,199	1,026	
8-9	+7°55,0'	88,22		1,267	1,118	
9-10	-2°39,0'	43,74		1,349	0,996	
10-11	-10°53,0'	93,47		1,229	1,086	
11-12	+9°30,65'	123,34		1,319	1,026	
12-13	-2°05,0'	439,22		1,262	1,176	
13-14	+5°10,25'	42,36		1,409	1,416	
14- Rp	-2°14,35'	226,85		1,649	1,356	
Напрямок	Кут $v$	$d_i$	$d'$	$i, \text{ м}$	$V, \text{ м}$	
1-Rp	+0°48,6'	187,07		1,329	1,356	
2-1	-0°52,1'	154,66		1,329	1,101	
3-2	+0°32,0'	170,58		1,244	1,096	
4-3	+1°02,0'	174,28		1,189	1,016	
5-4	-0°20,65'	186,72		1,339	0,956	



6-5	-0°15,0'	243,59		1,249	1,106	
7-6	-1°03,35'	132,65		1,199	1,018	
8-7	-2°08,69'	233,06		1,267	0,966	
9-8	-8°13,2'	88,22		1,349	1,026	
10-9	+2°02,15'	43,74		1,229	1,118	
11-10	+10°36,6'	93,47		1,319	0,996	
12-11	-9°43,05'	123,34		1,262	1,086	
13-12	+2°01,0'	439,22		1,409	1,026	
14-13	-5°48,0'	42,36		1,649	1,176	
Rp-14	+2°06,85'	226,85		1,589	1,416	

Для кожного варіанту необхідно обчислити віддалі за формулою:  $d' = d_i \times k$ , де  $k$  – постійне число, яке визначається. Наприклад: номер прізвища студента в журналі  $n = 4$ ; приймають  $n = 0,0004$  тоді  $k = 1,0004$ . Якщо номер прізвища студента в журналі  $n = 15$ ; приймають  $n = 0,0015$ ; тоді  $k = 1,0015$ .  $k$  - повинно мати чотири знаки після коми. Так для гр. ЗВК-32 і гр. ЗВК-33 номера ( $n$ ) прізвищ студентів в журналі викладача слід приймати відповідно, починаючи від 201 і т.д. та 301 і т.д.

У пояснювальній записці повинні бути відображені наступні питання у відповідності до підрозділів:

**Розділ 3. Побудова висотного обґрунтування тригонометричним методом.**

3.1. Основна суть методу тригонометричного нівелювання

3.2. Польові роботи при побудові тригонометричного нівелювання.

3.3. Камеральні роботи при обробці результатів тригонометричного нівелювання.

3.4. Урівнювання результатів тригонометричного нівелювання за варіантом, заданим викладачем.

3.5. Обчислення висот точок нівелірного ходу.

3.6. Оцінка точності мережі тригонометричного нівелювання.

#### **4. Проектування площ земельних ділянок**

Сутність проектування полягає в графічній побудові на проектному плані з відповідною точністю на підставі розрахунків та обчислень земельної ділянки заданої площеї.



Найбільш відомими формулами для обчислення площ ділянок аналітичним способом (за координатами) є наступні:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i(y_{i+1} - y_{i-1}); \quad 2P = \sum_{i=1}^n y_i(x_{i-1} - x_{i+1}). \quad (4.1)$$

Найчастіше результати розрахунку площ аналітичним методом заносяться у табл.4.1.

Таблиця 4.1

## Відомість обчислення площі земельної ділянки

№ т.	Координати		$y_{i+1} - y_{i-1}$	$x_{i-1} - x_{i+1}$	$x_i(y_{i+1} - y_{i-1})$	$y_i(x_{i-1} - x_{i+1})$
	X	Y				

Виходячи із формул для аналітичного визначення площ земельних ділянок середня квадратична помилка визначення площи може бути обрахована за формулою

$$m_p = \frac{1}{2} m_t \sqrt{\sum_{i=1}^n [(x_{i-1} - x_{i+1})^2 + (y_{i+1} - y_{i-1})^2]}, \quad (4.2)$$

де  $m_t$  - середня квадратична похибка визначення координат точки і обчислюється за формулою

$$m_t = m_k \sqrt{2}. \quad (4.3)$$

Для графічно визначених координат за планом масштабу 1:10000  $m_k = m_x = m_y = 0,5 \text{мм} \cdot 10000 = 5 \text{м}$ .

Технічне проектування ділянок є дією, оберненою визначенню площ. Якщо при визначенні площ знаходять площі земельних ділянок, то при проектуванні визначають розміщення ліній, які обмежують ділянки та площи відповідно до заданих.

При проектуванні необхідно забезпечувати точність площ ділянок і розміщення їх меж. Останнє в першу чергу полягає в забезпеченні паралельності довгих сторін земельних ділянок. Часто ставляться жорсткі умови і щодо забезпечення перпендикулярності сторін земельних ділянок та до їх розміщення відносно напряму і крутості схилів.



При складанні технічних проектів залежно від наявності геодезичних даних, потрібної точності застосовують такі способи проектування:

- 1) аналітичний - за лінійними і кутовими величинами, вимірюними у натурі, заданими (або взятыми з плану) або ж за їх функціями (координатами);
- 2) графічний - за лінійними і кутовими величинами, у тому числі координатами, вимірюними на плані;
- 3) механічний спосіб - за допомогою планіметра.

Ці способи часто застосовують у комбінації; аналітичний з графічним, механічний з графічним (графомеханічний). Перелічені способи проектування забезпечують різну точність, відрізняються за витратами часу і праці.

Відносна величина похибки площ проектних ділянок залежить від точності визначення відповідних елементів, застосованого способу проектування. При формуванні землекористувань відносна величина похибки площи не повинна перевищувати 1/1000. При проектуванні земельних ділянок, що передаються у приватну власність громадянам і юридичним особам, точність повинна відповідати вимогам завдання.

Аналітичний спосіб проектування зводиться до обчислення сторін проектних ділянок за заданою площею та результатами лінійних і кутових вимірювань, виконаних на місцевості, або за їх функціями - координатами точок.

При визначенні вище приведених елементів для проектування заданих проектних ділянок розв'язують прямі і обернені геодезичні задачі за координатами, знаходять координати точок перетину прямих, визначають координати додаткових точок, розміщених на прямих лініях, виконують розрахунки, що забезпечують відповідне розміщення меж земельних ділянок і задану їх площину з необхідною точністю.

При проектуванні земельних ділянок аналітичним способом використовують два випадки:

- проектування трапецією - коли проектна ділянка або її частини мають форму трапеції - проектна лінія (межа) проходить паралельно заданому напряму (дирекційному куту);



- проектуванням трикутником - коли ділянка або її частини проектиуються у вигляді трикутників проектна лінія проходить через задану точку.

При проектуванні трапецією забезпечується паралельність сторін ділянок, тому в більшості випадків рекомендується виконувати проектування саме цим методом.

Розглянемо виконання обчислень з проектування зменшення площи  $P$  ділянки  $ABCD$  на величину  $\Delta P$  з утворенням ділянки  $A'B'C'D'$  аналітичним методом (рис.4.1).



Рис. 4.1. Проектування земельної ділянки трапецією  
("відрізання")

Аналітичним методом визначимо площу  $P$  земельної ділянки  $ABCD$  (табл.4.1). Порівнююмо обчислену площу з проектною і визначаємо їх різницю.

$$\Delta P = P - P_{np}. \quad (4.4)$$

Різниця площ може мати знак як плюс, так і мінус. Якщо  $\Delta P$  має знак плюс, то визначену площу слід зменшити на величину  $\Delta P$ , тобто відняти від вимірюваної площи  $\Delta P$ , що відноситься до випадку „відрізання” площи (рис.4.1).

При „дорізанні” ж площи необхідно керуватися аналогічним підходом, розглядаючи геометрію рис.4.2.

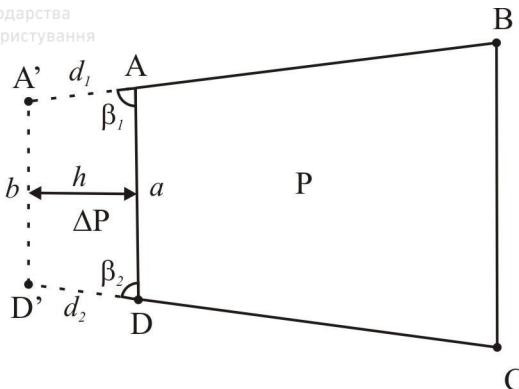


Рис. 4.2. Проектування земельної ділянки трапецією (“дорізання”)

Для розрахунку елементів трапеції необхідно розв’язати обернені геодезичні задачі за окремими лініями, а саме  $AD$ ,  $AB$ ,  $DC$ .

Обернена геодезична задача, є однією з головних геодезичних задач. Сутність оберненої геодезичної задачі полягає в тому, щоб за координатами кінцевих точок  $A(X_A, Y_A)$  і  $B(X_B, Y_B)$  лінії  $AB$  визначити її дирекційний кут  $\alpha_{AB}$  і горизонтальну довжину  $d_{AB}$ .

Для рішення обернених геодезичних задач використовуються наступні формули:

$$\Delta X = X_B - X_A; \quad \Delta Y = Y_B - Y_A; \quad (4.5)$$

$$r_{AB} = \arctg \frac{|\Delta Y|}{|\Delta X|}; \quad (4.6)$$

$$\alpha_{AB} = r, \text{ при } (+\Delta Y / +\Delta X)$$

$$\alpha_{AB} = 180^\circ - r, \text{ при } (+\Delta Y / -\Delta X)$$

$$\alpha_{AB} = 180^\circ + r, \text{ при } (-\Delta Y / -\Delta X) \quad (4.7)$$

$$\alpha_{AB} = 360^\circ - r, \text{ при } (-\Delta Y / +\Delta X)$$

$$d'_{AB} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_{AB}}; \quad d''_{AB} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{AB}}; \quad (4.8)$$

$$d_{AB_{cp}} = \frac{d'_{AB} + d''_{AB}}{2} \quad (4.9)$$



При необхідності отримання оберненого дирекційного кута, наприклад  $\alpha_{BA}$ , застосовують формулу зв'язку між прямим і оберненим дирекційними кутами

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ \quad (4.10)$$

Результати розрахунків обернених геодезичних задач зручно заносити в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

## Рішення оберненої геодезичної задачі

Позначення	1) A 2) D	1) A 2) B	1) D 2) C
$X_2$			
$X_1$			
$\Delta X$			
$Y_2$			
$Y_1$			
$\Delta Y$			
$\operatorname{tg} r_{12}$			
$r_{12}$			
$\alpha_{12}$			
$\cos \alpha$			
$d'_1$			
$\sin \alpha$			
$d''_1$			
$d_{lcp}$			

Кути  $\beta_1$  і  $\beta_2$  розраховують за різницею відповідних дирекційних кутів, віднімаючи від правого за годинниковою стрілкою дирекційного кута лівий:

$$\beta_1 = \alpha_{AD} - \alpha_{AB}; \quad \beta_2 = \alpha_{DC} - \alpha_{DA}. \quad (4.11)$$

При проектуванні ділянки відомої площині другу основу трапеції визначають за формuloю

$$b = \sqrt{a^2 - 2\Delta P(\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2)}. \quad (4.12)$$



При проектуванні після визначення другої основи обчислюють висоту  $h = \frac{2\Delta P}{a+b}$  та бокові сторони  $d_1 = \frac{h}{\sin \beta_1}$ ,  $d_2 = \frac{h}{\sin \beta_2}$ .

Координати проектних точок А', Д' визначають за формулами розрахунку прямої геодезичної задачі:

$$X_{A'} = X_A + d_1 \cdot \cos \alpha_{AB}; Y_{A'} = Y_A + d_1 \cdot \sin \alpha_{AB};$$

$$X_{D'} = X_D + d_2 \cdot \cos \alpha_{DC}; Y_{D'} = Y_D + d_2 \cdot \sin \alpha_{DC}$$

Після вирахування координат проектних точок виконують перевірку виконаних обчислень шляхом розрахунку площі ділянки А'ВСД' аналітичним методом за формулою таблиці 4.1. Отримане значення площі повинне відповісти заданому проектному значенню.

Усі розрахунки геодезичних даних, проектування та побудову графічних матеріалів у сучасних умовах можна виконувати також за допомогою персональних комп'ютерів і відповідного програмного забезпечення.

В курсовій роботі студент виконує проектування ділянки і площині, заданої на карті викладачем. В пояснівальній записці необхідно розробити наступні пункти:

#### *Розділ 4. Проектування площ земельних ділянок.*

*4.1. Визначити графічно координати заданої ділянки, прийняті їх за аналітичні, та за ними вирахувати площу ділянки і виконати оцінку точності.*

*4.2. Зaproектувати збільшення площи початкової ділянки на 7%, передбачивши її „дорізання” трапецією.*

*4.3. Виконати контрольний розрахунок площі ділянки з врахуванням зміни меж.*

## **5. Підготовка та перенесення проекту в натуру**

Перед виносом у натуру проекту (це перенесення на місцевість запроектованих меж земельних ділянок, осей споруд, інших проектних елементів) необхідно виконати спеціальну геодезичну підготовку, що передбачає аналітичний розрахунок, геодезичну прив'язку об'єкту, складання розмічувальних креслень. Для виносу проекту в натуру необхідно мати на місцевості геодезичні пункти з



відомими координатами. У цій же системі координат повинні бути отримані координати проектних точок.

Розрізняють три способи геодезичної підготовки проекту: аналітичний, графоаналітичний, графічний.

При аналітичному способі всі дані для перенесення проектних елементів на місцевість знаходять шляхом математичних обчислень.

При графоаналітичному способі положення окремих вихідних точок визначають графічно з топографічного плану, а інших точок, жорстко пов'язаних з вихідними, – аналітично. Наприклад, для визначення положення будинку на місцевості за топографічним планом, знаходять координати одного з кутів будинку і дирекційний напрямок на інший кут, далі за проектними розмірами обчислюють координати всіх інших кутів будинку.

Якщо проектні елементи не пов'язуються з існуючими контурами (самостійний відокремлений проект), то іноді застосовують графічний спосіб проектування, при якому всі проектні елементи визначаються графічно за топографічним планом. Розрахунок проекту здійснюють за графічними координатами всіх його головних точок.

При розрахунку проекту вирішується ряд типових геодезичних задач. Найпоширенішими є пряма та обернена геодезичні задачі. При геодезичній підготовці проекту виконують його прив'язку. Прив'язкою проекту називають розрахунки геодезичних даних (розмічувальних елементів) по яких виносять його в натуру від пунктів геодезичної основи. Розмічувальними елементами служать відстані, кути, і перевищення, вибір і розрахунок яких залежить від прийнятого способу перенесення в натуру.

Для виконання розмічувальних робіт застосовують способи: полярних і прямокутних координат, кутової, лінійної й створної засічок, створно-лінійних визначень та інші.

Застосування того або іншого способу залежить від виду споруди, схеми розташування пунктів опорної розмічувальної мережі, наявності вимірювальних засобів, етапу проведення розмічувальних робіт й інших факторів. Доцільніше використати той способ, що за інших рівних умов є менш працемістким.



Точність розмічувальних робіт визначається різними джерелами помилок, одна частина яких залежить від геометрії застосованого способу, інша є загальною для всіх способів.

**Спосіб кутової засічки** доцільно застосовувати для розмічування недоступних точок, що перебувають на значній відстані від вихідних пунктів.

Розрізняють прямі й зворотну кутові засічки.

У способі прямої кутової засічки положення на місцевості проектної точки С знаходять відкладанням на вихідних пунктах А і В проектних кутів  $\beta_1$  й  $\beta_2$  (рис. 5.1). Базисом засічки служить або спеціально вимірюна сторона або сторона розмічувальної мережі. Проектні кути  $\beta_1$  й  $\beta_2$  обчислюють як різницю дирекційних кутів відповідних сторін (по аналогії з формулами 4.11).

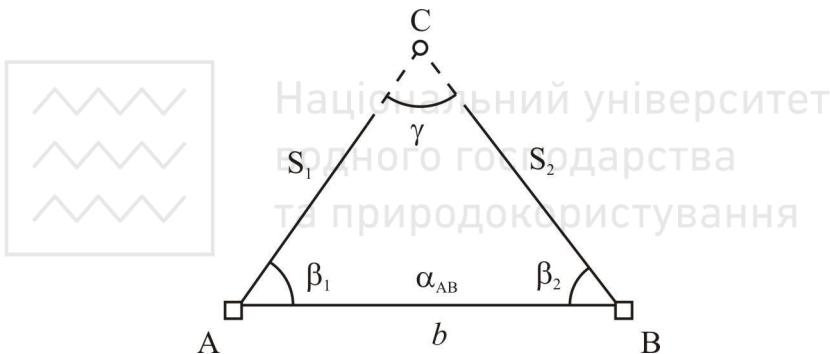


Рис. 5.1. Схема розмічування способами прямої кутової і лінійної засічок

На точність розмічування способом прямої кутової засічки найбільше впливають помилки власне прямої засічки та вихідних даних.

Середня квадратична помилка власне засічки для наближених розрахунків дорівнює

$$m_{k3} = \frac{m_\beta \sqrt{2}}{\rho \sin \gamma} S, \quad (5.1)$$

де  $m_\beta$  - середня квадратична помилка відкладення кутів  $\beta_1$  й  $\beta_2$ ;  $S$  - середнє значення віддалі до точки С з точок А та В.



Помилка вихідних даних є наслідком помилок у положенні пунктів А і В. Якщо прийняти, що  $m_A = m_B = m_{AB}$ , та  $S1 = S2 = S$  й  $\gamma = 90^\circ$ , то наближена формула для розрахунку прийме вигляд

$$m_{\text{вих}} = \frac{m_{AB}\sqrt{2}}{b} S. \quad (5.2)$$

При тих же припущеннях, помилка в положенні точки, що виноситься у натуру, виразиться наближеною формулою

$$m_C = \sqrt{\left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 b^2 + m_{AB}^2}. \quad (5.3)$$

У *способі лінійної засічки* положення точки С, що виноситься у натуру, (див.рис. 5.1) визначають на перетині проектних відстаней  $S_1$  і  $S_2$ , відкладених від вихідних точок А і В. Цей спосіб застосовують для перенесення проектних точок у випадку коли проектні відстані не перевищують довжини мірного приладу.

Найбільше зручно в цьому способі розмічування виконувати за допомогою двох рулеток. Від точки А по рулетці відкладають відстань  $S_1$ , а від точки В за допомогою другої рулетки –  $S_2$ . Переміщаючи обидві рулетки при сполучених нулях із центрами пунктів А і В, на перетинанні кінців відрізків  $S_1$  і  $S_2$  знаходить положення обумовленої точки С.

Середня квадратична помилка в положенні точки, що виноситься в натуру, в загальному виді виражається формулою, аналогічною виразу для кутової засічки. Помилка власне лінійної засічки при однаковій точності  $m_s$  відкладення ліній  $S_1$  і  $S_2$  може бути вирахувана за формулою

$$m_{\text{лз}} = \frac{m_s \sqrt{2}}{\sin \gamma}. \quad (5.4)$$

Вплив помилок вихідних даних у лінійній засічці при  $m_A = m_B = m_{AB}$  виражається формулою

$$m_{\text{вих}} = \frac{m_{AB}}{\sin \gamma} \quad (5.5)$$

У випадку застосування мірних приладів помилки центрування відсутні. Тоді загальна помилка у визначені положення точки С буде в основному залежати від сумарної помилки власне засічки й



вихідних даних і виражатися для наближених розрахунків формулою

$$m_C = \sqrt{2m_S^2 + m_{AB}^2}. \quad (5.6)$$

**Спосіб полярних координат** є найбільш поширеним при перенесенні в натуру поворотних точок меж проектних земельних ділянок з пунктів теодолітних або полігонометричних ходів.



Рис. 5.2. Схема розмічування способом полярних координат

У цьому способі положення точки С (рис. 5.2) знаходять на місцевості шляхом відкладання від напрямку АВ проектного кута  $\beta$  і відстані  $S$ . Проектний кут  $\beta$  визначається як різниця дирекційних кутів  $\alpha_{AB}$  і  $\alpha_{AC}$ , обчислені як і відстань  $S$  з рішення оберених задач за координатами точок А, В і С.

Для контролю положення зафіксованої точки С можна перевірити, вимірювши на пункті В кут  $\beta'$  і порівнявши його зі значенням, отриманим як різниця дирекційних кутів  $\alpha_{BC}$  і  $\alpha_{BA}$ .

Помилка розмічування власне полярним способом залежить від помилки  $m_\beta$  побудови кута  $\beta$  і помилки  $m_S$  відкладення проектної відстані  $S$ ,

$$m_{n_3}^2 = m_S^2 + \left( \frac{m_\beta}{\rho} \right) S^2 \quad (5.7)$$

Вплив помилок вихідних даних при  $m_A = m_B = m_{AB}$  виражається формулою



$$m_{\text{aux}}^2 = m_{AB}^2 \left[ 1 + \left( \frac{S}{b} \right)^2 - \frac{S}{b} \cos \beta \right], \quad (5.8)$$

а помилок центрування

$$m_e^2 = e^2 \left[ 1 + \left( \frac{S}{b} \right)^2 - \frac{S}{b} \cos \beta \right]. \quad (5.9)$$

В формулі (5.9)  $e$  - лінійна помилка центрування.

Дві останні формули є аналогічними. Із цих формул витікає, що для зменшення впливу помилок вихідних даних і центрування необхідно, щоб кут  $\beta$  і відношення  $S/b$  - були мінімальні, полярний кут був би менше прямого, а проектна відстань — менше базису розбивки, тобто  $\beta \leq 90^\circ$ ,  $S \leq b$ .

Для наближених розрахунків, прийнявши  $\beta = 90^\circ$  й  $S=b$ , сумарна помилка в положенні точки, що переноситься в натуру способом полярних координат складе

$$m_C^2 = m_S^2 + \left( \frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 S^2 + 2m_{AB}^2 + 2e^2. \quad (5.10)$$

### Спосіб проектного полігона

Якщо точка, що переноситься в натуру, перебуває на значній відстані від вихідного пункту, то доводиться кілька разів відкладати полярним способом проектні кути й відстані, прокладаючи проектний хід (рис. 11.3).

При наявності прямої видимості із точки С на точку В для контролю вимірюють примикаючі кути  $\gamma_1$  й  $\gamma_2$ , утворюючи замкнутий кутовий полігон. При точних розмічувальних роботах кути полігона урівнюють, обчислюють за ними і проектними відстанями координати точки С, урівнюють їх з проектними й при необхідності редукують у проектне положення.

При розрідженому розмічувальному обґрунтуванні спосіб проектного полігона може бути використаний для розмічування всіх проектних точок від одного вихідного пункту. Помилку в положенні точки С можна вирахувати за формулою (5.10), застосувавши її стільки разів, скільки відкладалося проектних відстаней в полігоні.

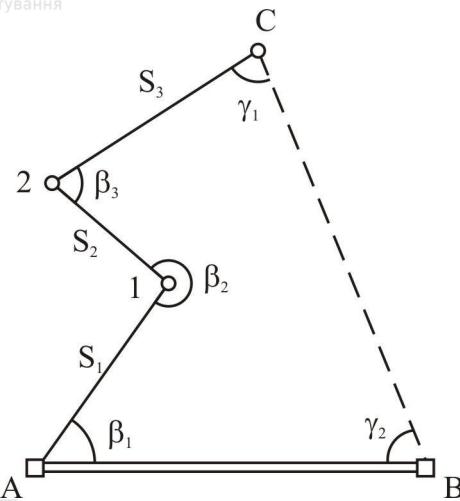


Рис. 5.3. Схема розмічування способом проектного полігона

Спосіб **створно-лінійної засічки** широко застосовують для перенесення в натуру меж земельних ділянок, які лежать на одній лінії.

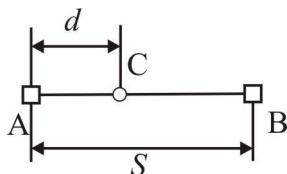


Рис. 5.4. Схема розмічування способом створно-лінійної засічки

Створ задають, як правило, теодолітом, що центрують над вихідним пунктом (наприклад А), а зорову трубу орієнтують на візорну ціль, відцентровану на іншому вихідному пункті (у цьому випадку – В). Положення точки С фіксують у заданому створі.

Основними помилками при побудові створу є помилка положення вихідних точок та помилка центрування теодоліта й візорної цілі, тобто

$$m_{cm}^2 = m_{eux}^2 + m_u^2. \quad (5.11)$$



Помилка положення вихідних точок для задання створу визначається формулою

$$m_{\text{err}}^2 = m_{AB}^2 \left[ \left( 1 - \frac{d}{S} \right)^2 + \left( \frac{d}{S} \right)^2 \right], \quad (5.12)$$

де  $d$  - відстань від точки встановлення теодоліта до проектної точки;  $S$  - відстань між вихідними точками (довжина створу).

Спільний вплив помилок центрування теодоліта й візорної цілі виражається формулою

$$m_u^2 = \frac{e^2}{2} \left[ \left( 1 - \frac{d}{S} \right)^2 + \left( \frac{d}{S} \right)^2 \right]. \quad (5.13)$$

**Спосіб прямокутних координат** застосовують в основному при наявності на земельній ділянці, будівельному майданчику або в цеху промислового підприємства розмічувальної сітки, у системі координат якої задане положення всіх головних точок й осей проекту (наприклад для земельної ділянки одна із осей такої сітки може співпадати з найдовшою стороною ділянки).

Розмічування проектної точки С виконують за обчисленим значенням приростків її координат  $\Delta x$  і  $\Delta y$  від найближчого пункту (рис. 5.5).

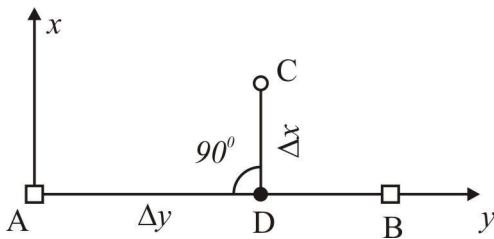


Рис. 5.5. Схема розмічування способом прямокутних координат

Більший приrostок (на малюнку -  $\Delta y$ ) відкладають в створі АВ. В отриманій точці D встановлюють теодоліт і будують від сторони АВ прямий кут. В перпендикулярному напрямку відкладають менший приrostок й закріплюють отриману точку С. Для контролю положення точки С можна визначити від іншого пункту.



Схема способу прямокутних координат сполучає в собі схему створно-лінійного й полярного способів.

Середня квадратична помилка в положенні точки С, отриманої способом прямокутних координат, може бути виражена формулою

$$m_C^2 = m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2 + \left( \frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 \Delta x^2 + m_{\text{вих}}^2 + m_u^2, \quad (5.14)$$

де  $m_{\Delta x}$  і  $m_{\Delta y}$  - помилки відкладення приростків координат.

Якщо по перпендикуляру відкладається ордината, то у формулі величина  $\Delta x$  замінюється на  $\Delta y$ .

Вплив помилок у положенні вихідних пунктів за умови  $m_A = m_B = m_{AB}$  виражається формулою

$$m_{\text{вих}}^2 = m_{AB}^2 \left[ 1 + \left( \frac{\Delta x}{b} \right)^2 + \left( \frac{\Delta y}{b} \right)^2 - \frac{\Delta y}{b} \right], \quad (5.15)$$

а помилок центрування

$$m_u^2 = e^2 \left[ 1 + \left( \frac{\Delta x}{b} \right)^2 + \left( \frac{\Delta y}{b} \right)^2 - \frac{\Delta y}{b} \right], \quad (5.16)$$

де  $b$  — довжина сторони АВ.

При розбивці точки С по перпендикуляру від сторони абсцис в попередніх формулах в останньому члені замість  $\Delta y$  треба приймати  $\Delta x$ .

Результати геодезичної підготовки проекту відображають на розмічувальних кресленнях. Розмічувальне креслення є основним документом по якому в натурі виконуються розмічувальні роботи.

Його складають у масштабах 1:500 - 1:2000, а іноді й крупніше залежно від складності споруди або земельної ділянки або їх елементів, які виносяться в натурі.

На розмічувальному кресленні показують:

- проектні та існуючі межі земельних ділянок;
- контури будинків і споруд, що переносяться в натурі, їхні розміри й розташування осей;
- пункти розмічувальної основи, від яких виконується перенесення в натурі;



- розмічувальні елементи, значення яких підписуються прямо на кресленні.

Іноді на розмічувальному кресленні вказують значення координат вихідних пунктів у прийнятій системі, довжини й дирекційні кути вихідних сторін, висоти вихідних реперів й інші дані, які використовувались для геодезичної підготовки проекту. Ці дані можуть служити для контролю в процесі перенесення в натуру та після його завершення.

В курсовій роботі студента необхідно скласти розмічувальні креслення перенесення в натуру (на місцевість) проектних точок А', D', координати яких були отримані в розділі 4 курсової роботи. Перенесення в натуру слід передбачити від найближчих точок планового обґрунтування мережі, запроектованої в розділі 1. Координати цих точок необхідно отримати графічно з планового матеріалу.

Способи перенесення в натуру проектних точок студент обирає самостійно, виходячи із відстаней до точок планової мережі, характеру рельєфу, видимості між точками. Для розрахунку розмічувальних елементів (проектних кутів, віддалей) студент розв'язує обернені задачі, а результати записують в табл. 4.2.

### *Розділ 5. Підготовка та перенесення проекту в натуру.*

- 5.1. Описати способи геодезичної підготовки проектів.
- 5.2. Способи перенесення в натуру проектних елементів та їх точність.
- 5.3. Розрахувати розмічувальні елементи для перенесення проекту в натуру від пунктів знімального обґрунтування.
- 5.4. Скласти розмічувальні креслення для перенесення проекту в натуру.
- 5.5. Описати порядок роботи на станції при перенесенні в натуру запроектованих меж земельної ділянки.
- 5.6. Порядок закріplення меж земельних ділянок межовими знаками та передача їх на збереження.



## 6. Трансформування координат методом Гельмерта

Трансформування координат методом Гельмерта відноситься до так званих жорстких перетворень, при яких кути та довжини сторін залишаються незмінними до та після перетворення.

В сфері землеустрою найчастіше застосовується двовимірне перетворення координат. Два різні набори планових координат містяться у векторах  $\vec{x}$  та  $\vec{x}_T$  (рис. 6.1).

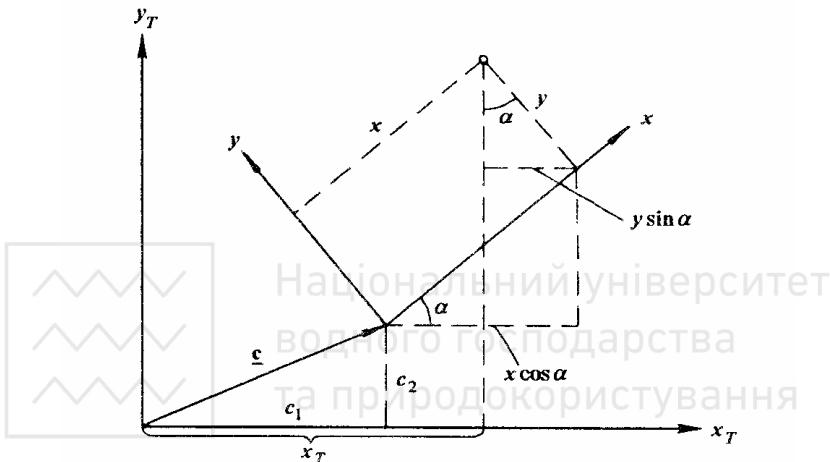


Рис.6.1. Двовимірне перетворення подібності

Двовимірне перетворення подібності Гельмерта визначається за формулою

$$\vec{x}_T = c + \mu \vec{R} \vec{x}, \quad (6.1)$$

яка містить масштабний множник  $\mu$ , вектор зсуву

$$c = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix}, \quad (6.2)$$

а також матрицю з одним кутом повороту

$$\vec{R} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}. \quad (6.3)$$

Звідси рівняння (6.1), поєднане з формулами (6.2) і (6.3), є двовимірним перетворенням Гельмерта з чотирма параметрами:



двою компонентами зсуву  $c_1, c_2$ , масштабним множником  $\mu$ , а також кутом повороту  $\alpha$ . Підстановка рівнянь (6.2) та (6.3) у співвідношення (6.1) дає координати точок після перетворення:

$$\begin{aligned}x_T &= c_1 + \mu x \cos \alpha - \mu y \sin \alpha, \\y_T &= c_2 + \mu x \sin \alpha + \mu y \cos \alpha.\end{aligned}\quad (6.4)$$

Ці формули можна також отримати з геометричної побудови на рис.6.1, де показані складові члени для координат  $\vec{x}_T$  (без масштабного множника).

Якщо параметри перетворення  $\bar{c}$ ,  $\mu$ ,  $\bar{R}$  відомі, то за допомогою рівняння (6.1) координати в системі  $\vec{x}$  можна перевести у систему  $\vec{x}_T$ .

Формулами Гельмерта доцільно користуватися в тих випадках, коли локальна геодезична мережа побудована з високою точністю і стоїть завдання, щоб така мережа при трансформуванні координат її пунктів в іншу систему зберегла свої початкові форму і розміри. Це дуже важливо, коли такі параметри юридично зафіксовані в певних документах (як наприклад, в державному акті на право власності або користування земельною ділянкою).

В пояснівальній записці повинні бути відображені наступні питання у відповідності до підрозділів:

*Розділ 6. Трансформація координат методом Гельмерта*

*6.1. Суть трансформації координат за методом Гельмерта.*

*6.2. Перетворення координат земельної ділянки А'ВСД', отриманих в розділі 4, в іншу систему координат для якої відомі наступні параметри трансформації (розраховуються за формулами):*

$$C_1 = 586145,32 + 5n; \quad C_2 = 256963,86 + 5n;$$

$$\alpha = 2^\circ 14' 23'' + 5'n; \quad \mu = 1,0000452,$$

*де n – номер прізвища студента в журналі групи.*



## 7. Довідкові матеріали

Таблиця 7.1

Основні вимоги до побудови планових мереж згущення методом триангуляції

Показники	4 клас	1-й розряд	2-й розряд
Довжина сторони трикутника, км, не більше	5,0	5,0	3,0
Мінімально допустима величина кута, ° у суцільній мережі	20	20	20
сполучного в ланцюжку трикутників	30	30	30
у вставці	30	30	20
Кількість трикутників між вихідними сторонами або між вихідним пунктом і вихідною стороною, не більше	10	10	10
Мінімальна довжина вихідної сторони, км	2	1	1
Відносна помилка вихідної (базисної) сторони, не більше	1:200000	1:50000	1:20000
Відносна помилка визначення довжини сторони в найбільш слабкому місці, не більше	1:50000	1:20000	1:10000

Таблиця 7.2

Основні вимоги до побудови планових мереж згущення методом трилатерації

Показники	4 клас	1-й розряд	2-й розряд
Довжина сторони трикутника, км	2–5	0,5–5	0,25–3
Мінімально допустима величина кута трикутника	30°	20°	20°
Кількість трикутників між вихідними сторонами або між вихідним пунктом і вихідною стороною	—	10	10
Мінімальна довжина вихідної сторони, км	2	1	1
Відносна середня квадратична похибка вимірювання сторони мережі	1/40000	1/20000	1/10000



Таблиця 7.3

Основні вимоги до побудови планових мереж згущення методом полігонометрії

№ п/п	Показники	4 клас	1-й роздяд	2-й роздяд
1.	Гранична довжина ходу в км: -окремого	15	5	3
	-між вихідною і вузловою точкою	10	3	2
	-між вузловими точками	7	2	1,5
2.	Граничний периметр полігона в км	30	15	9
3.	Довжини сторін в км: -найбільша	0,8	0,6	0,35
	-найменша	0,25	0,12	0,08
	-оптимальна	0,50	0,30	0,20
4.	Число сторін в ході не більше	15	15	15
5.	Відносна помилка координат	1:25000	1:10000	1:5000

Національний університет  
водного господарства та природокористування

Таблиця 7.4

Основні вимоги до побудови планових мереж згущення методом вимірювань супутниковими радіонавігаційними системами

Найменування вимог	4 клас	1-й роздяд
Типи супутниковых приймачів (кількість частот)	1-2	1-2
Тривалість сеансів безперервних вимірювань (не менше), годин	1-2	1-2
Найменша кількість супутників, які спостерігаються одночасно	4	4
Інтервал реєстрації (дискретність) супутниковых сигналів, с	15	15
Найменша висота положення супутників над горизонтом, градусів	15	15
Максимально допустиме значення GDOP	5	5
Відносна похибка визначення вектора-бази, не більше	1:25000	1:10000
Кількість незалежних центрувань антени на пункти (не менше)	1	1
Кількість повторних вимірювань висоти антени на протязі сеансу спостережень (не менше)	2	2



Таблиця 7.5

Границі відносні помилки теодолітних ходів

Масштаб	$\Delta_{\text{тр}} = 0,2 \text{ мм}$		$\Delta_{\text{тр}} = 0,3 \text{ мм}$	
	Допустимі довжини ходів	Допустима кількість сторін	Допустимі довжини ходів	Допустима кількість сторін
1:5000	12,0	30	16,9	40
1:2000	7,0	20	9,0	30
1:1000	4,0	20	6,0	20
1:500	2,0	20	-	-

Довжини сторін у теодолітних ходах мають бути в таких межах:

- на забудованих територіях - не більше 1000 м і не менше 20 м;
- на незабудованих територіях - не більше 1500 м і не менше 40 м.

Таблиця 7.6

Границі довжини висячих теодолітних ходів

Масштаб	Довжини одержані з використанням мірних стрічок і рулеток		Довжини отримані з використанням світловіддалемірів і електронних тахеометрів	
	Забудовані території	Незабудовані території	Забудовані території	Незабудовані території
1:5000	350	500	3000	4000
1:2000	200	300	1600	2500
1:1000	150	200	1000	1500
1:500	100	150	500	750

Знімальні мережі у відкритій місцевості взамін теодолітних ходів можуть розвиватися методами тріангуляції у вигляді нескладних мереж та ланцюгів трикутників або вставок окремих пунктів, що визначаються прямими, оберненими або комбінованими засічками.

Вихідними сторонами можуть бути сторони тріангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів та полігонометрії, а також спеціально поміряні базисні сторони з похибкою не більш як 1:5000.

Розвиток мереж і ланцюгів трикутників, що опираються на одну сторону (висячих), не допускається.

Границя довжина ланцюга трикутників або відстані між вихідними пунктами, на які опирається система трикутників, не



повинна перевищувати довжину теодолітного ходу точністю 1:2 000 в залежності від масштабу знімання (див. табл. 7.5).

Між вихідними сторонами (пунктами) допускається побудова не більше:

20 трикутників для знімання в масштабі 1:5000,

17 трикутників для знімання в масштабі 1:2000,

15 трикутників для знімання в масштабі 1:1000,

10 трикутників для знімання в масштабі 1:500.

Кути трикутників повинні бути не менше  $20^\circ$ , а сторони не коротші за 150 м.

Визначення точок прямою засічкою виконують не менше ніж з трьох пунктів опорної мережі, при цьому кути між напрямками при точці, що визначається, мають бути не менше  $30^\circ$  і не більше  $150^\circ$ .

Визначення точок оберненою засічкою виконують не менше ніж за чотирима вихідними пунктами за умови, що точка, яка визначається, не знаходиться біля кола, що проходить через будь-які три вихідні пункти.

Визначення точок комбінованою засічкою виконують поєднанням прямих та обернених засічок за участю не менш ніж трьох вихідних пунктів.

## 8. Вказівки щодо оформлення та захисту курсової роботи

Курсова робота виконується студентом самостійно. Вона повинна бути написана (надрукована) акуратно, розбірливо, без помарок та виправлень на стандартних аркушах паперу формату А4 з однієї сторони аркуша. Текст повинен супроводжуватися необхідними розрахунками, таблицями та рисунками, а також містити відповідні пояснення, обґрунтування та висновки. В тексті обов'язково повинні бути посилання на використані літературні джерела, а також на приведені таблиці та рисунки. Таблиці та рисунки приводити у порядку посилання на них після сторінки, на якій було посилання. Графічні матеріали представляються у вигляді креслень, оформленіх або з використанням ЕОМ або вручну за допомогою олівців відповідної твердості та лінійок.

З лівої сторони аркуша відступ повинен становити 25мм, зверху та знизу – 20 мм, справа – 10мм. Відстань між рядками тексту – півтора інтервали. Між заголовками і текстом слід залишати один



інтервал. Нумерацію сторінок виконати, починаючи з титульної. Номер сторінки ставиться у правому верхньому кутку аркуша на всіх сторінках, крім титульної.

Аркуші курсової роботи брошуруються у вигляді книжки, з оформленням титульної сторінки згідно зразка (додаток 2).

Виконана і належним чином оформлена курсова робота здається на перевірку викладачеві:

- студентами денної форми навчання не пізніше 15 днів до підсумкового контролю;
- студентами заочної форми навчання не пізніше 30 днів до іспитової сесії.

В результаті перевірки курсова робота може бути:

- допущена до захисту;
- допущена до захисту після виправлень зауважень викладача;
- повернута на доопрацювання.

Курсова робота є окремим заликовим кредитом і оцінюється як самостійний вид навчальної діяльності студента після її захисту.

При захисті курсової роботи оцінюється знання студентом теоретичного матеріалу курсової роботи, практичні навички та вмінні здійснювати практичні розрахунки, графічні побудови за темою курсової роботи при розв'язанні аналогічних завдань. Студент повинен вміти пояснити хід розрахунку та провести аналіз отриманих результатів.

## **9. Рекомендована література та ресурси Базова**

1. Балакірський В.Б., Червоний М.В., Петренко О.Я., Гарбуз М.М. Геодезичні роботи при землеустрої. Навчальний посібник. – Харків: Вид-во Харківського національного аграрного університету ім..Докучаєва, 2008.- 226с.

2. Тартачинський Р.М. Основи інженерної геодезії: Навчальний посібник. – Львів: „Видавництво ДУЛП”, 1999. – 200с.

## **Допоміжна**

1. Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Земельно-кадастровые геодезические работы. – М.: КолосС, 2006. – 184с.



2. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1981.- 438с.

3. Левчук Г.П., Новак В.Е., Лебедев Н.Н. Прикладная геодезия: Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1983.- 400с.

### Нормативна

1. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500, затверджена наказом Укргеодезкартографії №56 від 08.04.1998р.

### Інформаційні ресурси

4. Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра, спеціаліста і магістра напрямку 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»;

5. [www.mon.gov.ua/](http://www.mon.gov.ua/);

6. [www.Ispu.edu.ua/](http://www.Ispu.edu.ua/) кредитно-модульна система;

7. Бібліотеки:

7.1. Бібліотека НУВГП –33000 м. Рівне, вул. Приходька, 75.

7.2. Обласна наукова бібліотека –33000 м. Рівне, майдан Короленка, 6, тел. 22-10-63.

7.3. Міська бібліотека – 33000 м. Рівне, вул.. Гагаріна,67, тел. 24-12-47.

8. [www.gki.com.ua](http://www.gki.com.ua).

9. [www.dkzr.gov.ua](http://www.dkzr.gov.ua)



**Варіанти до розділу 2 курсової роботи**

**Варіант 1**

1=60°48,4'; 2=67°44,7';  
 3=51°26,9'; 4=46°43,4';  
 5=84°08,1'; 6=49°08,5';  
 7=61°06,2'; 8=49°36,2';  
 9=69°17,8'; 10=53°23,6';  
 11=73°10,7'; 12=53°25,7';  
 13=47°10,1'; 14=85°20,3';  
 15=47°29,6';  $a=101,22\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=234^{\circ}18,7'$ ;

$X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 2**

1=71°11,9'; 2=61°28,3';  
 3=47°19,8'; 4=40°25,2';  
 5=97°21,8'; 6=42°13,0';  
 7=54°35,0'; 8=57°03,0';  
 9=68°22,1'; 10=56°44,3';  
 11=65°21,9'; 12=57°53,8';  
 13=48°05,9'; 14=78°45,0';  
 15=53°09,1';  $a=106,83\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=204^{\circ}18,7'$ ;

$X_I=3000,00$ ;  $Y=3000,00$

**Варіант 3**

1=48°13,8'; 2=81°33,3';  
 3=50°12,8'; 4=48°42,3';  
 5=81°11,8'; 6=50°05,9';  
 7=56°39,5'; 8=38°03,2';  
 9=85°17,3'; 10=58°43,1';  
 11=74°52,2'; 12=46°26,7';  
 13=49°47,1'; 14=84°21,5';  
 15=45°51,3';  $a=101,22\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=234^{\circ}18,7'$ ;

$X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 4**

1=63°05,5'; 2=81°13,8';  
 3=35°40,7'; 4=38°00,0';  
 5=97°08,1'; 6=44°51,7';  
 7=53°18,6'; 8=48°51,0';  
 9=77°50,4'; 10=54°51,3';  
 11=59°55,2'; 12=65°13,5';  
 13=54°07,5'; 14=72°51,9';  
 15=53°00,7';  $a=113,59\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=104^{\circ}18,7'$ ;

$X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 5**

1=50°00,5'; 2=76°51,8';  
 3=53°07,7'; 4=47°38,1';  
 5=97°42,4'; 6=34°39,4';  
 7=54°01,0'; 8=54°17,0';  
 9=71°41,9'; 10=60°49,5';  
 11=44°38,3'; 12=74°32,3';  
 13=47°57,8'; 14=86°30,5';  
 15=45°31,7';  $a=103,42\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=38^{\circ}15,7'$ ;

$X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 6**

1=53°19,9'; 2=85°18,6';  
 3=41°21,5'; 4=37°18,6';  
 5=107°42,0'; 6=34°59,4';  
 7=41°42,7'; 8=56°315,9';  
 9=82°01,5'; 10=73°35,4';  
 11=32°19,9'; 12=74°04,7';  
 13=56°04,7'; 14=78°23,6';  
 15=45°31,7';  $a=105,39\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=154^{\circ}28,7'$ ;

$X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 7**

1=51°22,7'; 2=83°26,4';  
 3=45°10,8'; 4=43°29,6';  
 5=92°18,9'; 6=44°11,5';  
 7=53°01,8'; 8=48°21,4';  
 9=78°36,9'; 10=65°32,5';  
 11=53°13,3'; 12=61°14,3';  
 13=51°22,0'; 14=82°40,1';  
 15=45°57,9';  $a=97,14\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=216^{\circ}19,7'$ ;

$X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 8**

1=48°46,9'; 2=76°43,9';  
 3=54°29,2'; 4=50°27,2';  
 5=82°46,7'; 6=46°46,1';  
 7=65°06,2'; 8=40°46,9';  
 9=74°06,8'; 10=54°13,9';  
 11=78°48,3'; 12=46°57,8';  
 13=48°45,3'; 14=80°54,1';  
 15=50°20,5';  $a=100,44\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=205^{\circ}13,7'$ ;

$X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 9**

1=52°05,8'; 2=77°47,0';  
 3=50°07,2'; 4=52°04,7';  
 5=91°53,0'; 6=36°02,3';  
 7=53°17,5'; 8=57°26,5';  
 9=69°16,1'; 10=64°37,2';  
 11=47°18,3'; 12=68°04,5';  
 13=42°52,2'; 14=85°35,3';  
 15=51°32,5';  $a=123,89\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=222^{\circ}48,7'$ ;

$X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 10**

1=46°57,7'; 2=90°54,8';  
 3=42°07,5'; 4=42°48,2';  
 5=92°38,1'; 6=44°33,7';  
 7=48°34,7'; 8=49°19,3';  
 9=82°06,0'; 10=73°18,7';  
 11=40°34,3'; 12=66°07,0';  
 13=52°06,6'; 14=86°33,5';  
 15=41°19,9';  $a=95,71\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=210^{\circ}14,7'$ ;

$X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 11**

1=56°08,4'; 2=70°59,7';  
 3=56°08,4'; 4=53°02,9';  
 5=77°44,0'; 6=49°13,1';  
 7=63°00,9'; 8=53°23,1';  
 9=63°36,0'; 10=65°10,6';  
 11=61°12,7'; 12=53°36,7';  
 13=36°21,4'; 14=96°40,5';  
 15=46°58,1';  $a=109,22\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=212^{\circ}15,7'$ ;

$X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 12**

1=51°14,9'; 2=79°51,0';  
 3=48°54,1'; 4=47°29,8';  
 5=81°40,9'; 6=50°49,3';  
 7=62°59,9'; 8=49°24,5';  
 9=67°35,5'; 10=56°05,6';  
 11=69°24,7'; 12=54°29,6';  
 13=51°19,5'; 14=79°38,8';  
 15=49°01,7';  $a=103,06\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=207^{\circ}38,7'$ ;

$X_I=3000,00$ ;  $Y=3000,00$



### Варіант 13

1=56°31,9'; 2=79°55,1';  
 3=43°33,0'; 4=51°03,1';  
 5=77°37,7'; 6=51°19,2';  
 7=56°50,3'; 8=53°23,0';  
 9=69°46,7'; 10=53°30,1';  
 11=69°42,5'; 12=56°47,4';  
 13=49°10,1'; 14=79°21,7';  
 15=51°28,2';  $a_{M-A} = 206^{\circ}19,7'$ ;  
 $X_I = 2000,00$ ;  $Y = 3600,00$

### Варіант 14

1=63°05,5'; 2=72°49,2';  
 3=44°05,2'; 4=49°33,5';  
 5=81°32,7'; 6=48°53,8';  
 7=55°12,3'; 8=55°46,3';  
 9=69°01,3'; 10=57°36,2';  
 11=68°35,4'; 12=53°48,4';  
 13=43°33,5'; 14=81°16,4';  
 15=55°10,2';  $a_{M-A} = 109,82$  м;  
 $\alpha_{M-A} = 101^{\circ}14,7'$ ;  
 $X_I = 2000,00$ ;  $Y = 3600,00$

### Варіант 15

1=50°28,9'; 2=86°08,4';  
 3=43°22,7'; 4=47°06,5';  
 5=92°05,0'; 6=40°48,5';  
 7=51°14,3'; 8=54°31,5';  
 9=74°14,2'; 10=67°25,3';  
 11=48°16,5'; 12=64°18,2';  
 13=48°58,1'; 14=78°58,7';  
 15=52°03,2';  $a = 113,91$  м;  
 $\alpha_{M-A} = 227^{\circ}13,7'$ ;  
 $X_I = 2000,00$ ;  $Y = 3600,00$

### Варіант 16

1=60°39,9'; 2=74°12,3';  
 3=45°07,8'; 4=48°19,5';  
 5=87°01,2'; 6=44°39,3';  
 7=46°51,0'; 8=62°48,0';  
 9=70°21,1'; 10=72°25,7';  
 11=50°21,3'; 12=57°13,0';  
 13=42°55,6'; 14=85°37,2';  
 15=51°27,1';  $a = 111,37$  м;  
 $\alpha_{M-A} = 287^{\circ}28,7'$ ;  
 $X_I = 2000,00$ ;  $Y = 3600,00$

### Варіант 17

1=64°33,3'; 2=62°18,7';  
 3=53°07,9'; 4=51°02,5';  
 5=83°34,0'; 6=45°23,5';  
 7=61°06,2'; 8=53°55,3';  
 9=64°58,5'; 10=48°30,1';  
 11=78°04,2'; 12=53°25,7';  
 13=45°29,1'; 14=82°07,7';  
 15=52°23,2';  $a = 109,44$  м;  
 $\alpha_{M-A} = 315^{\circ}19,7'$ ;  
 $X_I = 2000,00$ ;  $Y = 3600,00$

### Варіант 18

1=83°10,9'; 2=51°02,3';  
 3=45°46,8'; 4=43°15,5';  
 5=95°42,2'; 6=41°02,3';  
 7=49°12,2'; 8=71°02,9';  
 9=74°06,8'; 10=54°13,9';  
 11=64°45,3'; 12=60°01,3';  
 13=44°45,3'; 14=77°27,3';  
 15=57°47,3';  $a = 117,67$  м;  
 $\alpha_{M-A} = 227^{\circ}12,7'$ ;  
 $X_I = 2000,00$ ;  $Y = 3600,00$

### Варіант 19

1=65°11,7'; 2=56°11,7';  
 3=58°36,6'; 4=54°58,2';  
 5=71°30,7'; 6=53°31,1';  
 7=59°43,5'; 8=69°30,1';  
 9=50°46,4'; 10=53°20,9';  
 11=75°44,0'; 12=50°55,0';  
 13=39°51,0'; 14=87°03,5';  
 15=53°05,5';  $a = 103,27$  м;  
 $\alpha_{M-A} = 218^{\circ}58,7'$ ;  
 $X_I = 2000,00$ ;  $Y = 3600,00$

### Варіант 20

1=69°26,5'; 2=59°56,4';  
 3=50°37,2'; 4=42°42,2';  
 5=88°01,5'; 6=49°16,3';  
 7=60°26,1'; 8=60°15,5';  
 9=59°18,4'; 10=52°55,2';  
 11=71°06,0'; 12=55°58,8';  
 13=47°50,5'; 14=80°40,7';  
 15=51°28,9';  $a = 102,26$  м;  
 $\alpha_{M-A} = 150^{\circ}14,9'$ ;  
 $X_I = 2000,00$ ;  $Y = 3600,00$

### Варіант 21

1=53°43,4'; 2=83°07,9';  
 3=43°08,7'; 4=44°55,4';  
 5=83°40,0'; 6=51°24,5';  
 7=42°55,7'; 8=59°26,8';  
 9=77°37,5'; 10=74°29,7';  
 11=56°25,1'; 12=49°05,2';  
 13=53°16,9'; 14=77°20,1';  
 15=49°22,9';  $a = 101,78$  м;  
 $\alpha_{M-A} = 115^{\circ}16,7'$ ;  
 $X_I = 2000,00$ ;  $Y = 3600,00$

### Варіант 22

1=66°08,2'; 2=60°28,1';  
 3=53°23,7'; 4=55°53,8';  
 5=78°26,7'; 6=45°39,5';  
 7=49°10,0'; 8=72°25,4';  
 9=58°24,7'; 10=53°20,9';  
 11=68°12,9'; 12=58°26,2';  
 13=46°27,6'; 14=80°26,9';  
 15=53°05,5';  $a = 104,58$  м;  
 $\alpha_{M-A} = 229^{\circ}33,7'$ ;  
 $X_I = 3000,00$ ;  $Y = 3000,00$

### Варіант 23

1=54°51,0'; 2=76°28,8';  
 3=48°40,2'; 4=49°14,0';  
 5=82°27,0'; 6=48°18,9';  
 7=57°35,9'; 8=61°50,8';  
 9=60°33,2'; 10=55°24,9';  
 11=69°30,7'; 12=55°04,4';  
 13=52°10,2'; 14=69°42,6';  
 15=58°07,2';  $a = 104,17$  м;  
 $\alpha_{M-A} = 207^{\circ}25,7'$ ;  
 $X_I = 2000,00$ ;  $Y = 3600,00$

### Варіант 24

1=65°38,9'; 2=67°06,3';  
 3=47°14,8'; 4=49°20,3';  
 5=81°40,0'; 6=48°59,7';  
 7=47°52,5'; 8=71°20,4';  
 9=60°47,1'; 10=52°34,2';  
 11=71°36,8'; 12=55°49,0';  
 13=55°08,1'; 14=68°16,5';  
 15=56°35,4';  $a = 106,06$  м;  
 $\alpha_{M-A} = 10^{\circ}15,7'$ ;  
 $X_I = 2000,00$ ;  $Y = 3600,00$

**Варіант 25**

1=62°14,5'; 2=67°31,7';  
3=50°13,8'; 4=50°47,4';  
5=87°12,5'; 6=42°00,2';  
7=48°47,4'; 8=55°39,3';  
9=75°33,3'; 10=54°02,3';  
11=71°54,5'; 12=54°03,3';  
13=49°54,8'; 14=77°42,1';  
15=52°23,2';  $a=110,95\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=217^{\circ}53,9'$ ;  
 $X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 26**

1=77°06,9'; 2=66°47,0';  
3=36°06,1'; 4=39°28,6';  
5=93°17,1'; 6=47°14,3';  
7=40°44,0'; 8=63°50,5';  
9=75°25,5'; 10=74°36,8';  
11=61°49,3'; 12=43°33,9';  
13=41°42,2'; 14=74°16,0';  
15=64°01,8';  $a=129,93\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=27^{\circ}21,4'$ ;  
 $X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 27**

1=46°02,5'; 2=83°24,0';  
3=50°33,5'; 4=54°10,8';  
5=66°06,2'; 6=59°43,0';  
7=70°40,3'; 8=46°46,5';  
9=62°33,2'; 10=53°19,1';  
11=74°17,5'; 12=52°23,4';  
13=47°00,5'; 14=89°25,8';  
15=43°33,7';  $a=92,65\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=221^{\circ}17,1'$ ;  
 $X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 28**

1=67°30,0'; 2=62°12,2';  
3=50°17,8'; 4=57°07,9';  
5=80°51,5'; 6=42°00,7';  
7=51°27,8'; 8=61°24,0';  
9=67°08,3'; 10=55°32,1';  
11=71°52,2'; 12=52°35,6';  
13=39°13,5'; 14=83°40,2';  
15=57°06,3';  $a=128,66\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=213^{\circ}42,2'$ ;  
 $X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 29**

1=56°08,4'; 2=70°59,7';  
3=52°51,8'; 4=53°02,8';  
5=77°44,0'; 6=49°13,1';  
7=63°00,9'; 8=53°23,1';  
9=63°36,0'; 10=65°10,6';  
11=61°12,7'; 12=53°36,7';  
13=36°21,4'; 14=96°40,5';  
15=46°58,1';  $a=109,22\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=207^{\circ}28,8'$ ;  
 $X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$

**Варіант 30**

1=60°05,7'; 2=79°50,8';  
3=40°03,5'; 4=53°13,0';  
5=77°19,3'; 6=49°27,6';  
7=53°24,3'; 8=62°53,1';  
9=63°42,5'; 10=52°20,0';  
11=65°24,9'; 12=62°15,0';  
13=47°55,1'; 14=74°31,8';  
15=57°33,1';  $a=125,99\text{ м}$ ;  
 $\alpha_{M-A}=170^{\circ}11,4'$ ;  
 $X_I=2000,00$ ;  $Y=3600,00$



**Зразок оформлення титульної сторінки**

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра землеустрою, геодезії та геоінформатики

**“Проектування земельних ділянок та підготовка  
розмічувальних елементів для перенесення проекту в  
натуру”**  
Курсова робота  
з дисципліни “Геодезичне забезпечення землевпорядних та  
кадастрових робіт” на тему:

Виконав:  
студент групи

---

Перевірив:

---

м. Рівне - \_\_\_\_\_ р.