



# ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ ТЕОДОЛІТНОГО ЗНІМАННЯ

# **Обробка матеріалів теодолітної зйомки та складання плану.**

## **ПЛАН**

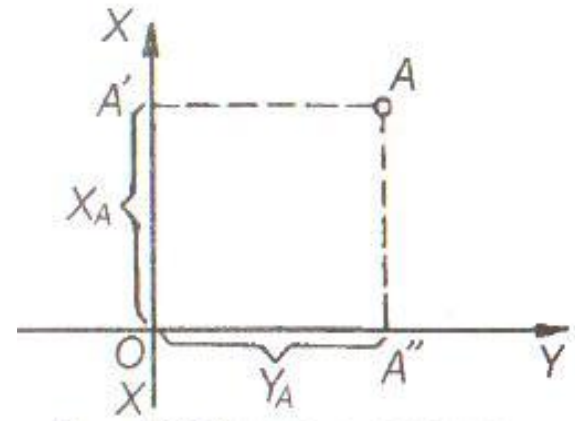
1. Плоскі прямокутні координати.
2. Пряма та обернена геодезичні задачі.
3. Послідовність камеральної обробки матеріалів теодолітної зйомки.
4. Обробка кутових вимірювань у теодолітних ходах.
5. Визначення дирекційних кутів та румбів сторін теодолітного ходу.
6. Обчислення та урівнювання приростків координат.
7. Обчислення координат точок теодолітних ходів.
8. Складання плану теодолітної зйомки.

# 1. Плоскі прямокутні координати.

Положення точки на фізичній поверхні Землі визначається **системою координат** – лінійними та кутовими величинами. В геодезії використовують різні системи координат.

Складаючи плани невеликих ділянок землі користуються **місцевою системою прямокутних координат**, початком якої може бути будь-яка точка земної поверхні, а положення точки на площині визначається шляхом її проектування на дві взаємно перпендикулярні прямі – вісь ординат і вісь абсцис.

Проводячи геодезичні знімання часто користуються **полярними координатами**. За їх початок (полюс) приймають точку, координати якої відомі, а за початковий напрям – напрям на іншу точку з відомими координатами. Положення т.А на місцевості визначають за кутом  $\theta$  між початковим напрямом та напрямом на дану точку і відстанню  $d$  до неї.



## 2. Пряма та обернена геодезичні задачі.

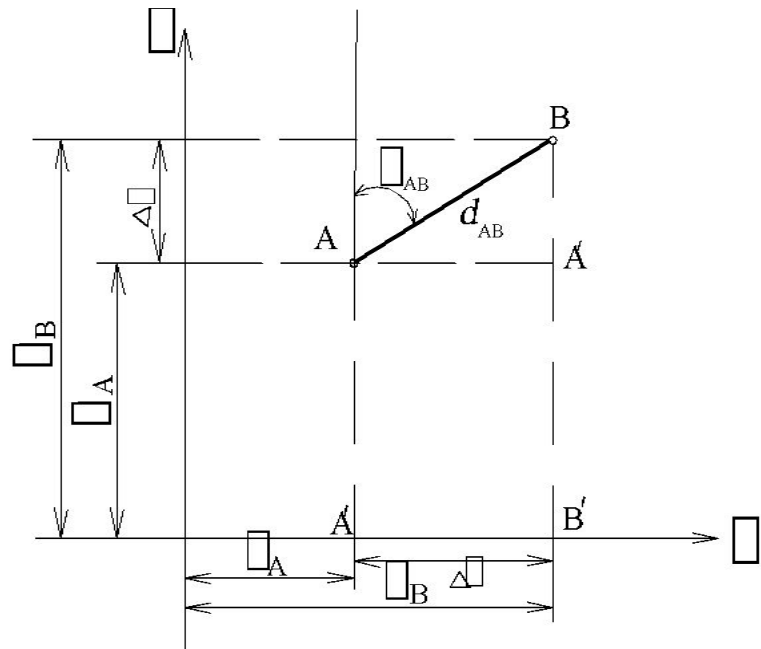
В геодезії прийнято систему плоских прямокутних координат, в якій відносно осі  $XX$ , що збігається з напрямом меридіана, і осі  $YY$ , перпендикулярній до осі  $XX$ , визначають положення кожної точки, тобто її координати  $x$  і  $y$ ; при цьому чверті лічать за ходом стрілки годинника, відповідно до зростання азимутів і дирекційних кутів.

Складаючи плани, ситуацію накладають від опорних точок і ліній, що їх сполучають. Тому на папір спочатку наносять опорні точки за їх координатами.

Пряма і зворотна задачі є головними геодезичними задачами. На їх основі базуються всі геодезичні побудови та обчислення.

### Пряма геодезична задача

полягає в тому, що за відомими координатами  $x_A, y_A$  точки  $A$ , горизонтальному прокладанню  $d_{AB}$  лінії  $AB$ , дирекційному куті цієї лінії  $\alpha_{AB}$ , необхідно визначити координати точки  $B$



Проведемо з точок А і В лінії паралельні осям координат, відрізки  $X_A X_B$  та  $Y_A Y_B$ , що являють собою проєкції лінії АВ на осі координат точок А і В, називають **приростами координат** і позначають  $\Delta x$  і  $\Delta y$ . Тому можна написати:

$$x_B = x_A + \Delta x;$$

$$y_B = y_A + \Delta y.$$

$\Delta x$  і  $\Delta y$  можна визначити з прямокутного трикутника АВА'

$$\Delta x = d \times \cos \alpha$$

$$\Delta y = d \times \sin \alpha \quad (1)$$

Тоді координати точки В будуть

$$x_B = x_A + d \times \cos \alpha$$

$$y_B = y_A + d \times \sin \alpha \quad (2)$$

тобто координата точки наступної дорівнює координаті даної точки плюс відповідний приріст між цими точками.

Формули (1) дають розв'язок прямої геодезичної задачі.

Формули (2) залишаються правильними для обчислення приростів координат за румбами сторін, тобто

$$\Delta x = d \times \cos r$$

$$\Delta y = d \times \sin r$$

Знаки приростів залежать тільки від напрямку лінії, тобто величини дирекційного кута або назви румба, наведені в таблиці.

### Знаки приростів координат

Дирекційні кути	Назва румба лінії	В яку чверть напрямлена лінія	Знаки приростів координат	
			$\Delta x$	$\Delta y$
$0^\circ - 90^\circ$	Пн Сх	I	+	+
$90^\circ - 180^\circ$	Пд Сх	II	-	+
$180^\circ - 270^\circ$	Пд Зх	III	-	-
$270^\circ - 360^\circ$	ПнЗх	IV	+	-

**Обернена геодезична задача** полягає в тому, що маючи координати двох точок, визначають довжину і напрямок лінії між цими точками. Обернена геодезична задача визначається за формулами:

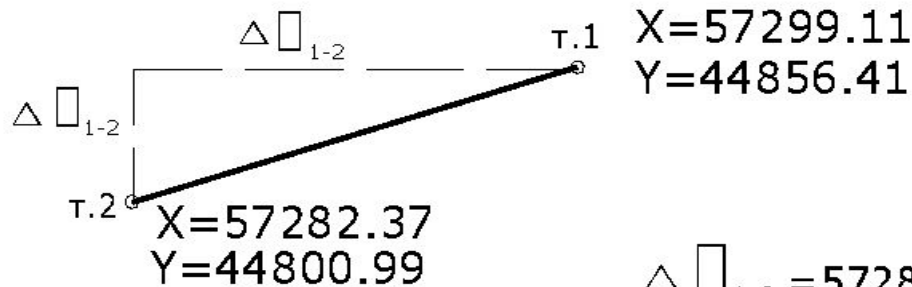
$$d = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

$$d = \frac{X_B - X_A}{\cos r} = \frac{Y_B - Y_A}{\sin r}$$

$$\operatorname{tgr} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$R = \operatorname{arc} \operatorname{tg} r$$

# Розв'язати обернену геодезичну задачу між точками 1 і 2



$$\Delta X_{1-2} = 57282.37 - 57299.11 = -16.74$$

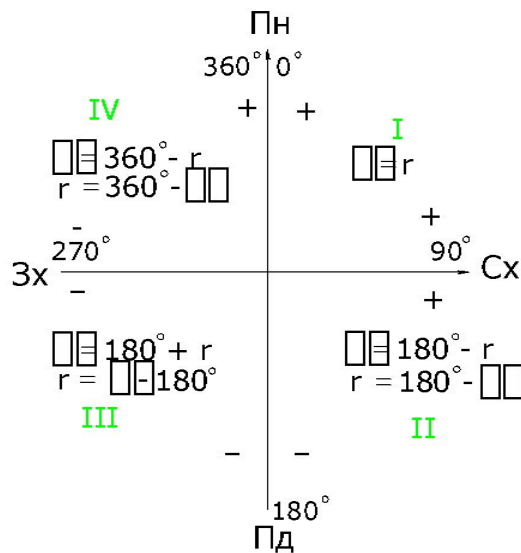
$$\Delta Y_{1-2} = 44800.99 - 44856.41 = -55.42$$

$$\operatorname{tg} r = \frac{\Delta Y_{1-2}}{\Delta X_{1-2}} = \frac{-55.42}{-16.74} = 3.31063$$

$$r = \operatorname{Пд} 3x: 73^{\circ} 11' 33''$$

$$\alpha = 180^{\circ} + 73^{\circ} 11' 33'' = 253^{\circ} 11' 33''$$

$$d = \sqrt{\Delta X_{1-2}^2 + \Delta Y_{1-2}^2} = \sqrt{280.23 + 3071.38} = 57.89 \text{ м}$$





# Розв'язати пряму геодезичну задачу між точками 1 і 2

$X=57351.90$   
 $Y=44804.01$



дирекційний кут  $113^{\circ} 36.6'$   
довжина між точками 1 і 2 63.18м

$$\Delta X = d \times \cos \alpha$$

$$\Delta Y = d \times \sin \alpha$$

$$\Delta X = 63.18 \times (-0.40051) = -25.30 \text{ м}$$

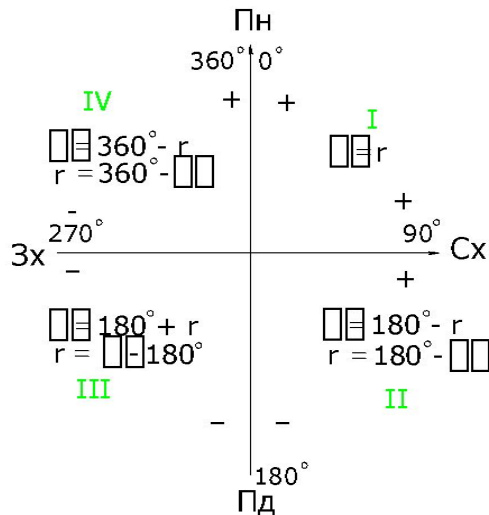
$$\Delta Y = 63.18 \times 0.91629 = 53.89 \text{ м}$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y$$

$$X_2 = 57351.90 + (-25.30) = 5736.60$$

$$Y_2 = 44804.01 + 53.89 = 44861.90$$



### **3. *Послідовність камеральної обробки матеріалів теодолітної зйомки***

Після виконання польових робіт проводиться обробка матеріалів польових вимірювань в камеральних умовах. Обробку матеріалів необхідно проводити в наступному порядку:

- 1) перевірка журналів польових записів;
- 2) визначення горизонтальних прокладань ліній;
- 3) визначення недоступних відстаней;
- 4) складання схем теодолітних ходів і урівнювання кутів;
- 5) визначення дирекційних кутів (азимутів);
- 6) визначення румбів;
- 7) визначення та урівнювання приростків координат;
- 8) визначення координат;
- 9) складання плану теодолітної зйомки.

При перевірці журналів польових записів виявляють прорахунки, описки, записують середнє значення кутів і довжин ліній чорнилом і складають схему ходів.

#### 4. Обробка кутових вимірювань у теодолітних ходах.

В геометрії відомо, що теоретична сума кутів багатокутника

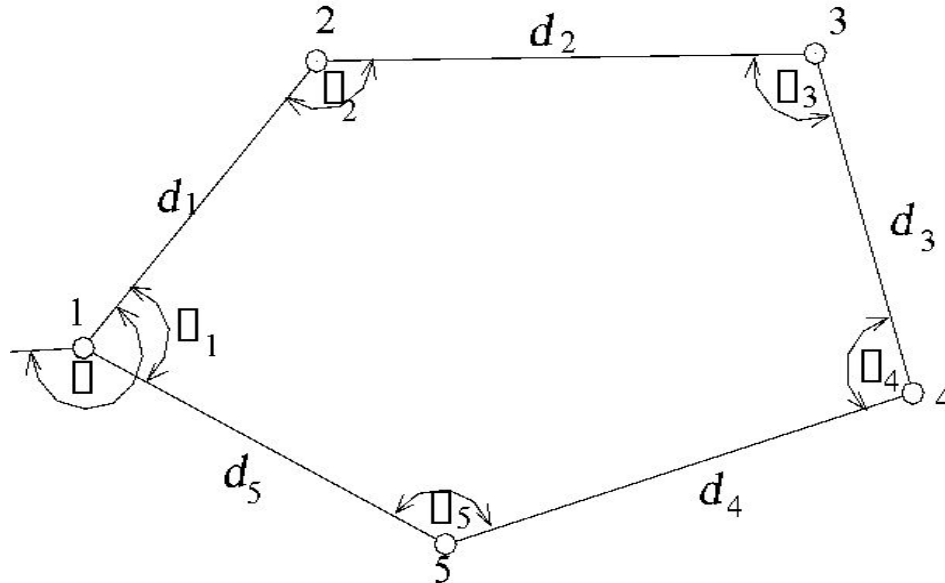
$$\Sigma \beta_{\text{теор}} = 180^\circ (n - 2)$$

де:  $n$  – число кутів ходу.

Проте практичне вимірювання кутів теодолітом супроводжується рядом помилок, що призводить до деякого відхилення від суми виміряних кутів  $\Sigma \beta_{\text{пр}}$  від теоретичної вимоги; це відхилення називають кутовою нев'язкою

$$f_{\text{пр}} = \Sigma \beta_{\text{пр}} - \Sigma \beta_{\text{теор}}$$

або  $f_{\text{пр}} = \Sigma \beta_{\text{пр}} - 180^\circ (n - 2)$  - для замкнутого ходу



Для розімкнутого ходу

$$f_{\beta} = \Sigma \beta_{\text{прав}} - (\alpha_{\text{п}} - \alpha_{\text{к}} + n \cdot 180^{\circ})$$

для виміряних по ходу правих кутів

$$f_{\lambda} = \Sigma \lambda_{\text{лів}} - (\alpha_{\text{к}} - \alpha_{\text{п}} + n \cdot 180^{\circ})$$

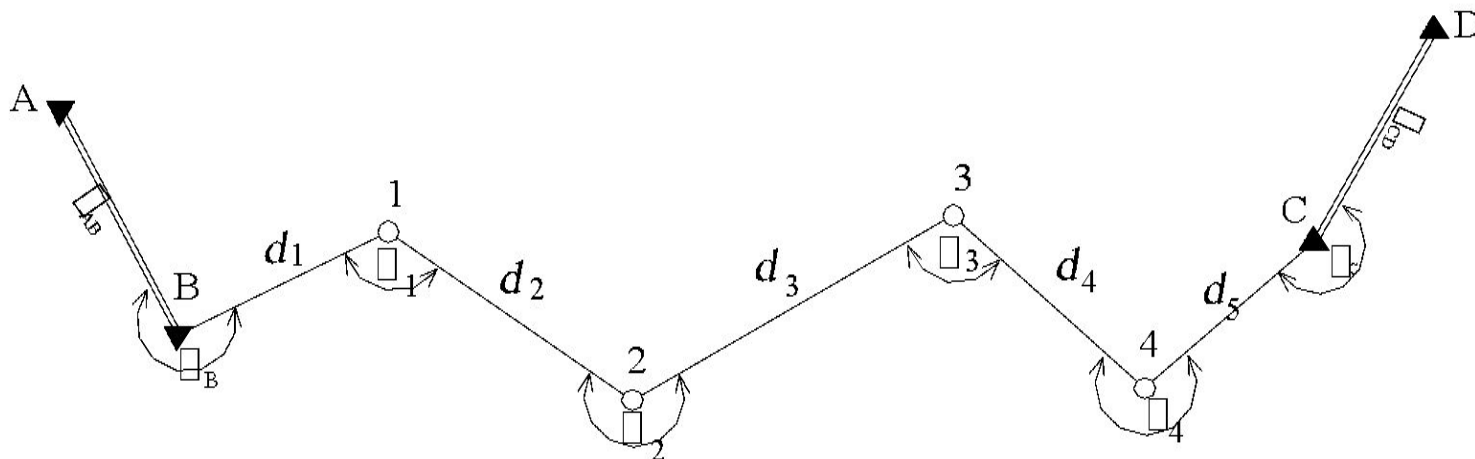
для виміряних по ходу лівих кутів

Ця не'язка не повинна перевищувати граничну величину, яку визначають за формулами:

для 1-мінутного теодоліта  $\Delta\beta = \pm 1,5' \sqrt{n}$

для 30-секундного теодоліта  $\Delta\beta = \pm 1' \sqrt{n}$

де  $n$  – число кутів ходу.



У тому випадку, коли кутова нев'язка виявиться допустимою, тобто меншою від граничної або рівною їй, її як поправку розподіляють на виміряні кути. Можна вважати, що всі кути вимірюють з однаковою точністю, тому кутову нев'язку треба поділити на число виміряних кутів і визначену поправку внести в кожний кут з оберненим знаком нев'язки. При такому розподілі кожний виправлений кут матиме дробове значення мінут, що може бути незручним при дальших обчисленнях. Звичайно кутову нев'язку розподіляють простіше: насамперед вводять поправки в кути з дробовими частками мінут так, щоб округлити їх до цілих мінут. Решту нев'язки розподіляють по мінуті на кути, обмежені коротшими сторонами, або з усіх перелічених вище помилок в цьому випадку особливо позначиться вплив неточного центрування інструмента або встановлення віхи над точкою наведення.

## 5. **Визначення дирекційних кутів та румбів сторін теодолітного ходу.**

Після ув'язки виміряних кутів починають обчислювати дирекційні кути сторін теодолітного ходу. В замкненому теодолітному ході ABCDF (мал.1) праві кути  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_5$  виправлено.

Якщо через кожну з вершин ходу ABCDF провести прямі; паралельні осьовому меридіану, тоді  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_5$  будуть дирекційні кути, які треба обчислити для розв'язування прямої геодезичної задачі. Дирекційний кут однієї з сторін, наприклад АВ, має бути відомий. Якщо він дорівнює  $\alpha_1$ , то, продовживши пряму АВ, матиме

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_3$$

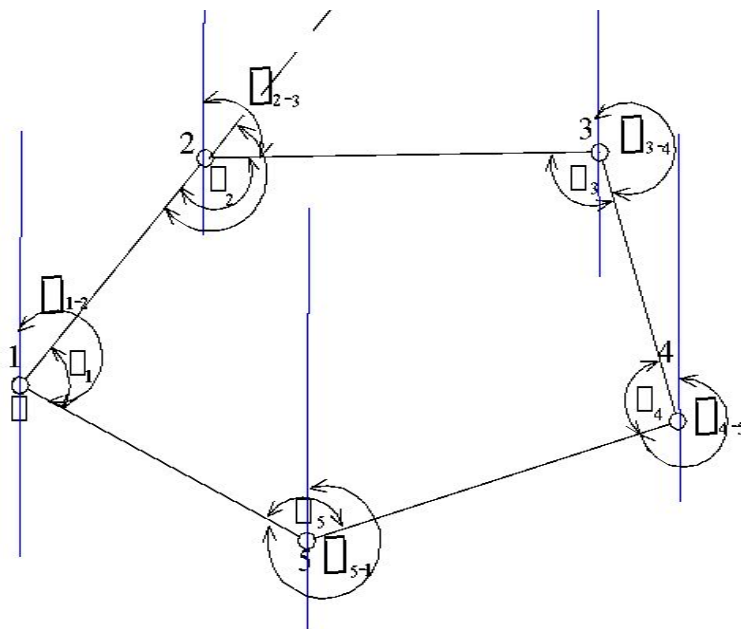
$$\alpha_4 = \alpha_3 + 180^\circ - \beta_4$$

У загальному виді формулу для обчислення дирекційних кутів сторін ходу можна написати так:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n$$

тобто дирекційний кут лінії наступної лінії наступної дорівнює дирекційному куту даної лінії плюс  $180^\circ$  і мінус кут, вправо за ходом лежачий між ними лініями: та

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + \lambda_n - 180^\circ \quad - \text{ для лівих по ходу кутів.}$$



## 6. Обчислення та урівнювання приростків координат.

Як впливає з прямої геодезичної задачі прирости координат вираховують за формулами:

$$\Delta x = d \cos r$$

$$\Delta y = d \sin r$$

$d$  - горизонтальне положення ліній;

$r$  – градусна величина румба.

Після обчислення прирости координат знаходять  $f_x$   $f_y$  нев'язки ходу по вісях координат по формулями:

$$f_x = \sum \Delta x - (x_k - x_n)$$

$$f_y = \sum \Delta y - (y_k - y_n)$$

де  $x_n, y_n, x_k, y_k$  - координати початкової та кінцевої точок розімкненого теодолітного ходу.

У замкненому теодолітному ході теоретична сума приростів = 0, нев'язки обчислюються за формулами:

$$f_x = \sum \Delta x$$

$$f_y = \sum \Delta y$$



Абсолютна лінійна нев'язка характеризує собою величину похибок кутових і лінійних вимірювань, визначається за формулою:

$$f_{abc} = \sqrt{fx^2 + fy^2}$$

Після обчислення лінійної нев'язки знаходять відносну нев'язку ходу:

$$fbid = \frac{f_{abc}}{P} \leq \frac{1}{2000}$$

P- периметр ходу, тобто його загальна довжина.

Якщо,  $f_{відн}$  не перевищує 1: 2000, вимірювання якісне – виконують зрівнювання приростів координат, яке полягає у введенні в них відповідних поправок.

Поправки знаходять шляхом розподілення нев'язок  $f_x$ ,  $f_y$  з протилежним знаком пропорційно до довжин сторін і враховують виправлені прирости.

## **7. Обчислення координат точок теодолітних ходів.**

На заключному етапі координати усіх точок теодолітного ходу обчислюють за формулами:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta x_i$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta y_i$$

При цьому починають з вихідної точки теодолітного ходу  $i$ , послідовно від точки до точки, приходять до кінцевої точки, контролем є збіг обчислених координат кінцевої точки з їхніми відомими значеннями.

У замкненому ході початкова і кінцева точки співпадуть.

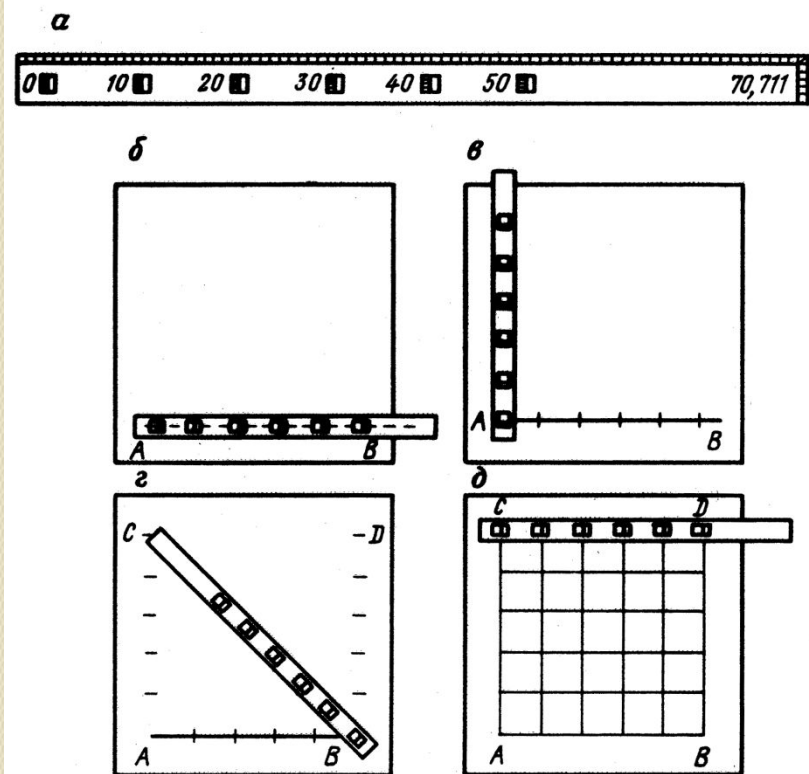
## **8. *Складання плану теодолітної зйомки.***

Плани викреслюють на доброму креслярському папері; розмір аркуша залежить від розміру ділянки і вибраного масштабу плану. При побудові плану за координатами опорних точок насамперед треба побудувати координатну сітку. Для цього застосовують спеціальну лінійку Дробишева. Це металева лінійка з шістьма вирізами по середині. Один з країв кожного вирізу скошений: у першого вирізу, позначеного нулем, - по прямій лінії, а в усіх інших – по дугах кіл з радіусами 10, 20, 30, 40, 50 см від початкового штриха. Кінець лінійки скошено по дузі радіуса 70,711 см.

Цією лінійкою можна побудувати координатну сітку на площі квадрату з стороною 50 см, а також на площі прямокутника з сторонами 30, 40 см і діагоналлю 50 см. Порядок побудови координатної сітки показано на малюнку

Координатну сітку слід будувати дуже точно, бо помилки в сітці позначаються при побудові плану. Для контролю побудови сітки перевіряють вимірником рівність діагоналей усіх квадратів.

**Побудова плану.** Якщо координати обчислюють від умовного початку  $x=0$ ,  $y=0$  і їх значення невеликі, то одну з вертикальних ліній сітки беруть за вісь  $X$ , а одну з горизонтальних – за вісь  $Y$ . В їх перетині  $x=0$ ,  $y=0$ . Намічаючи початок координат, враховують розмір плану і призначають початковими такі лінії сітки, при яких точки з найменшими і найбільшими значеннями координат розмістяться в межах сітки координат, а план – у центрі аркуша.



Якщо координати обчислено в загальнодержавній системі, то для лівої крайньої вертикальної лінії беруть значення ординати, близьке до найменшого значення ординати точки ходу, а нижній горизонтальній лінії приписують абсцису, близьку до найменшої абсциси ходу.

