

Військовий двічі орденів Червоного Прапора  
інститут артилерії імені Богдана Хмельницького  
при Сумському державному університеті

**Топогеодезична прив'язка  
силами і засобами артилерійських підрозділів  
(навчальний посібник)  
м. Суми – 2002 р.**

Навчальний посібник розроблено на кафедрі топографії та артилерійської розвідки з метою систематизації і закріплення знань по змісту та організації робіт при топогеодезичній прив'язці ВП (СП) групами самоприв'язки артилерійських підрозділів.

Навчальний посібник розроблений полковником Тімченко В.І., майором Сергієнко Р.В. під керівництвом кандидата військових наук, доцента, полковника Мешкова О.П.

# **1. СКЛАД, ЗАДАЧІ, ОBOB'ЯЗКИ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ТА ПРИЛАДНЕ ОБЛАДНАННЯ ГРУП САМОПРИВ'ЯЗКИ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ПІДРОЗДІЛІВ.**

## **1.1. Склад і задачі груп самоприв'язки.**

Для проведення топогеодезичної прив'язки вогневих позицій і спостережних пунктів у батареях створюються групи самоприв'язки.

Група самоприв'язки вогневої позиції очолюється, як правило, командиром другого вогневого взводу; вона включає в себе двох солдат зі складу гарматних обслуг.

Група самоприв'язки спостережного пункту очолюється командиром взводу управління або командиром відділення розвідки; вона включає в себе двох солдат зі складу відділення розвідки батареї.

Особовий склад групи самоприв'язки зобов'язаний:

- здійснювати топогеодезичну прив'язку вогневої позиції або спостережного пункту по карті (аерознімку) за допомогою приладів;
- знати зміст топогеодезичної прив'язки ВП і СП та вимоги до точності її проведення;
- мати навички у швидкому орієнтуванні на місцевості за допомогою топографічної карти.

## **1.2 Приладне обладнання груп самоприв'язки.**

Для виконання топогеодезичних робіт група самоприв'язки може використовувати наступні прилади:

- перископічну артилерійську бусоль ПАБ-2А;
- артилерійський компас;

- двометрову далекомірну рейку з електроосвітленням;
- мірну стрічку для вимірювання відстаней;
- бінокль;
- номограма інструментального ходу (НИХ);
- хордокутомір з циркулем-вимірювачем;
- артилерійський круг АК-3 з МПЛ-50;
- курвіметр;
- артилерійську логарифмічну лінійку (АЛЛ);
- обчислювач топографічний модернізований (СТМ);
- електронні обчислювальні машини (ЕКОМ);
- топографічні карти 1:50 000, 1:25 000;
- спеціальні карти 1:100 000 з вдrukованими координатами;
- прилад управління вогнем (планшет).

Крім того, група самоприв'язки спостережного пункту у ряді випадків для прив'язки може використовувати далекомір ДС-1, ДАК-2.

### **1.3 Розподіл обов'язків особового складу групи при виконанні топогеодезичної прив'язки.**

Обов'язки особового складу групи при виконанні топогеодезичної прив'язки розподіляються наступним чином.

Начальник групи ставить задачу, керує роботою особового складу групи, контролює польові і вимірювальні роботи і при необхідності особисто працює на приладі.

Перший номер (обчислювач), навчений виконанню обчислень за матеріалами польових вимірювань, в ході топогеодезичної прив'язки ВП (СП) працює на приладі (бусолі, далекомірі), веде

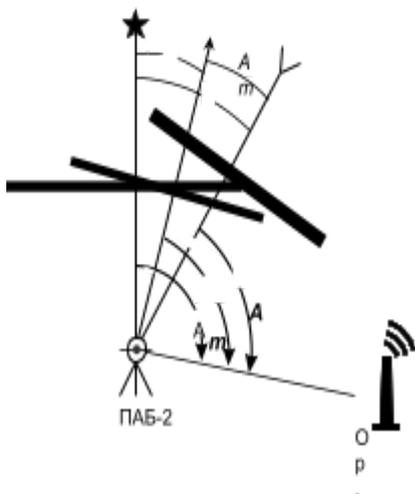
запис спостережень і абрис, виконує обчислення і графічні роботи на карті.

Другий номер виставляє рейку на точках за вказівкою начальника групи або першого номера; закріплює на місцевості точки, що прив'язуються кілками; приймає участь у вимірюванні відстаней.

#### **1.4 Порядок постановки задачі начальником групи**

- напрямок на північ (або іншу сторону горизонту) по будь-якому предметові;
- місцезнаходження відносно найближчого орієнтира, що чітко виділяється серед інших (від загального до часткового);
- умовне найменування місцевих предметів, орієнтирів;
- положення противника;
- положення своїх військ;
- задачі групи самоприв'язки;
- рішення:
  - місце основної гармати;
  - дирекційний кут основного напрямку стрільби;
  - точку стояння бусолі СОБ;
  - точки наводки і орієнтирні точки;
  - способи визначення координат і дирекційних кутів;
  - початкові контурні точки;
  - час закінчення робіт;
  - порядок і місце подання результатів прив'язки.

## 2. ПОЧАТКОВІ НАПРЯМКИ І КУТИ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В АРТИЛЕРІЇ ТА ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ НИМИ.



$$\alpha = A - (\pm\gamma) ; \quad (2.1)$$

$$\alpha = Am - (\pm\Delta Am) ; \quad (2.2)$$

$$Am = \alpha + (\pm\Delta Am) ; \quad (2.3)$$

$$\Delta Am = Am - \alpha ; \quad (2.4)$$

$$\Delta Am_K = (\pm\gamma) - (\pm\delta) ;$$

$$(2.5)$$

де:  $A$  – істинний азимут;

$Am$  – магнітний азимут;

$\alpha$  – дирекційний кут;

$\gamma$  – зближення меридіанів;

$\delta$  – магнітне схилення;

$\Delta Am$  – поправка бусолі, визначена на місцевості;

$\Delta Am_K$  – поправка бусолі, визначена за даними карти;

**Істиний азимут (А) – це кут, утворений північним напрямком істиного меридіану і напрямком на орієнтир, ціль, визначаєму точку та виміряний за ходом годинникової стрілки від 0° до 360° (0-00 – 60-00).**

Істиний азимут вимірюється на місцевості за допомогою гірокомпасів (1Г5, 1Г17, 1Г25, 1Г40) або із астрономічних спостережень і використовується для обчислення дирекційного кута за формулою 2.1.

**Магнітний азимут (Am) – це кут, утворений північним напрямком магнітного меридіану і напрямком на орієнтир, ціль, визначаєму точку та виміряний за ходом годинникової стрілки від 0° до 360° (0-00 – 60-00).**

Магнітний азимут вимірюється на місцевості за допомогою магнітної стрілки бусолі (теодоліта, далекоміра) і використовується для обчислення дирекційного кута за формулою 2.2.

**Дирекційний кут ( $\alpha$ ) – це кут, утворений північним напрямком вертикальної лінії координатної сітки карти і напрямком на орієнтир, ціль, визначаємо точку та вимірний за ходом годинникової стрілки від  $0^\circ$  до  $360^\circ$  (0-00 – 60-00).**

Дирекційний кут обчислюється по виміряним на місцевості істиному або магнітному азимутам за формулами 2.1, 2.2 відповідно, або може вимірюватися та топографічній карті за допомогою артилерійського кругу АК-3 (АК-4), циркуля-вимірювача і хордокутоміра.

**Зближення меридіанів ( $\gamma$ ) – це кут, утворений однойменними напрямками істиного меридіану та вертикальної лінії координатної сітки карти.**

Зближення меридіанів буває східне (знак “+”) або західне (знак “-“) і змінюється в межах від  $0^\circ$  до  $\pm 3^\circ$  (від 0-00 до  $\pm 0-50$ ) та визначається:

- а) за даними карти;
- б) обчисленням по формулі;
- в) по графіку.

**Поправка бусолі ( $\Delta Am$ ) – це різниця магнітного азимуту і дирекційного кута одного і того ж орієнтирного напрямку.**

Поправка бусолі визначається для кожного приладу (бусолі, теодоліта, далекоміра) на місцевості, дійсна у радіусі 10 км; як виняток, за неможливості визначення на місцевості, при переміщенні на відстань до 30 км поправка бусолі може уточнюватися .

За певних обставин поправка бусолі може визначатися за даними карти ( $\Delta Am_k$ ).

**Магнітне схилення ( $\delta$ ) – це кут, утворений однойменними напрямками істиного і магнітного меридіанів.**

Магнітне схилення буває східне (знак “+”) або західне (знак “-“). Величина магнітного схилення піддається добовим, річним і віковим коливанням, а також тимчасовим магнітним збуренням; вона вказана на кожному листі топографічної карти на рік видання карти.

### **3. Визначення величини зближення меридіанів.**

#### **3.1 Визначення зближення меридіанів по карті для довільної точки на карті.**

Величина зближення меридіанів для будь-якої точки на карті визначається за формулою:

$$\gamma = \gamma_{\kappa} + (\pm \Delta\gamma) \quad (3.1)$$

де:  $\gamma_{\kappa}$  – зближення меридіанів для центра листа карти (вибирається із текстової довідки в лівому нижньому куті карти).

$\Delta\gamma$  – поправка на віддаленість точки по довготі від центру листа карти (вибирається з таблиці 1) по значенню координати  $X$  точки в км і віддалі  $D$  в км точки від центру листа карти.

Знак “+” – якщо точка на схід від центра листа карти.

Знак “-” – якщо точка на захід від центра листа карти.

Таблиця 1.

Таблиця для визначення поправки  $\Delta\gamma$ 

Х, км.	Д, км.					
	5	10	15	20	25	30
4 000	0-00, 5	0-01, 1	0-01, 6	0-02, 2	0-02, 7	0-03, 3
4 500	0-00, 6	0-01, 3	0-01, 9	0-02, 6	0-03, 2	0-03, 8
5 000	0-00, 8	0-01, 5	0-02, 3	0-03, 0	0-03, 8	0-04, 5
5 500	0-00, 9	0-01, 8	0-02, 6	0-03, 5	0-04, 4	0-05, 3
6 000	0-01, 0	0-02, 1	0-03, 1	0-04, 1	0-05, 2	0-06, 2
6 500	0-01, 2	0-02, 5	0-03, 7	0-04, 9	0-06, 2	0-07, 3
7 000	0-01, 5	0-02, 9	0-04, 4	0-05, 9	0-07, 4	0-08, 8
7 500	0-01, 8	0-03, 6	0-05, 4	0-07, 2	0-09, 0	0-10, 8
8 000	0-02, 3	0-04, 6	0-06, 9	0-09, 2	0-11, 6	0-13, 8

### 3.2 Обчислення величини зближення меридіанів по формулі.

Величина зближення меридіанів для будь-якої точки Землі може бути обчислена по формулі:

$$\gamma = l' \cdot \sin B \quad (3.2)$$

де:  $l' = L - L_0$  – різниця довгот даної точки і осьового меридіану, надана в кутових мінутах;

$L$  – довгота точки (визначається по карті);

$L_0$  – довгота осьового меридіану зони, в якій знаходиться точка; визначається з таблиці 2 або обчислюється за формулою:

$$L_0 = 6^0 \cdot N - 3^0; \quad (3.3)$$

де  $N$  – номер зони, в якій знаходиться точка; обчислюється за формулою:

$$N = \left[ \frac{L}{6^0} \right] + 1; \quad (3.4)$$

$B$  – широта даної точки (визначається по карті).

Таблиця 2.

Таблиця визначення довготи осьового меридіану

 $L_0$ 

Довгота точки у межах:	Довгота осьового меридіану	Довгота точки у межах:	Довгота осьового меридіану
$L$	$L_0$	$L$	$L_0$
0° – 6°	3°	90° – 96°	93°
6° – 12°	9°	96° – 102°	99°
12° – 18°	15°	102° – 108°	105°
18° – 24°	21°	108° – 114°	111°
24° – 30°	27°	114° – 120°	117°
30° – 36°	33°	120° – 126°	123°
36° – 42°	39°	126° – 132°	129°
42° – 48°	45°	132° – 138°	135°
48° – 54°	51°	138° – 144°	141°
54° – 60°	57°	144° – 150°	147°
60° – 66°	63°	150° – 156°	153°
66° – 72°	69°	156° – 162°	159°
72° – 78°	75°	162° – 168°	165°
78° – 84°	81°	168° – 174°	171°
84° – 90°	87°	174° – 180°	177°

**Приклад:** обчислити зближення меридіанів для точки з координатами:  $B = 51^{\circ}17,1'$  пн.ш.,  $L = 44^{\circ}13,0'$  сх.д.

**а) Рішення за допомогою артилерійської логарифмічної лінійки.**

1. Використовуючи формули 3.3, 3.4 або таблицю 2, визначити довготу осьового меридіану зони, в якій знаходиться дана точка:  $L_0 = 45^{\circ}$ .
2. Обчислити величину  $l' = L - L_0 = 44^{\circ}13,0' - 45^{\circ} = -0^{\circ}47' = -47'$
3. За допомогою артилерійської логарифмічної лінійки виконати множення згідно 2.2:

$$\gamma = l' \cdot \sin B = (-47') \cdot \sin(51^{\circ}17,1') = -36,6'$$

для чого:

- 3.1. Початок (кінець) шкали движка поставити на значення  $l' = -47'$  по шкалі чисел  $N_{Q+1}$  корпусу лінійки без урахування знаку.
- 3.2. Візир центральною рискою поставити на округлене до мінут значення  $B = 51^{\circ}17'$  по шкалі "Sin" на червоній стороні движка.
- 3.3. Напроти центральної риски візиру на шкалі чисел  $N_{Q+1}$  корпусу лінійки прочитати значення  $\gamma$  в мінутах (36,6).
4. Перевести значення зближення меридіанів  $\gamma$  в поділки кутоміру, для чого:
  - 4.1. Не збиваючи положення візиру переміщенням движка встановити під центральну риску візира значення 3,6 по шкалі чисел  $N$  движка.
  - 4.2. Напроти початку (кінця) шкали движка по шкалі чисел  $N_{Q+1}$  корпусу лінійки прочитати

значення зближення меридіанів  $\gamma$  у поділках кутоміру ( $0-10,15 \approx 0-10,2$ ).

Для точок з північною широтою зближення меридіанів  $\gamma$  має той же знак, що і значення  $l'$ .

Відповідь:  $\gamma = -36,6' = -0-10,2$ .

### **б) Рішення за допомогою таблиці 3.**

1. Використовуючи формули 3.3, 3.4 або таблицю 2, визначити довготу осьового меридіану зони, в якій знаходиться дана точка:  $L_0 = 45^\circ$ .
2. Обчислити величину  $l' = L - L_0 = 44^\circ 13,0' - 45^\circ = -0^\circ 47' = -47'$
3. По значенню широти  $B = 51^\circ 17,1'$  пн.ш. та значенню  $l' = -47'$  по таблиці 3 визначити  $\gamma = -0-10,2$  маючи на увазі, що для точок з північною широтою зближення меридіанів  $\gamma$  має той же знак, що і значення  $l'$ .

Відповідь:  $\gamma = -0-10,2$ .

### 3.3. Визначення зближення меридіанів по графіку.

Вхідними даними для визначення зближення меридіанів по графіку є повні прямокутні координати точки, для якої визначається  $\gamma$ , округлені:

X – до десятків кілометрів;

Y – до кілометрів (без номера зони).

**Приклад:** Визначити зближення меридіанів по графіку для точки з координатами: X=75 00 180, Y= 3 423 980.

1. Визначити вхідні дані:

X=7 500 км.

Y=424 км

2. По вхідним величинам увійти в графік, точку перехрестя винести вліво і прочитати значення  $\gamma = - 1^{\circ}40'$  ( $\gamma = - 0-28$ )

## **4. Визначення величини магнітного схилення та оцінка магнітометричного стану місцевості.**

### **4.1. Визначення величини магнітного схилення.**

Величина магнітного схилення року визначення обчислюється по даним карти за формулою:

$$\delta_{п.р.} = \delta_{р.в.к.} + (\pm\Delta\delta' \cdot n), \quad (4.1)$$

де:  $\delta_{п.р.}$  – магнітне схилення поточного року;

$\delta_{р.в.к.}$  – магнітне схилення року видання карти (вказується в текстовій довідці у лівому нижньому куті карти);

$\Delta\delta'$  – річна зміна магнітного схилення в кутових мінутах (вказується в текстовій довідці у лівому нижньому куті карти, західна – має знак “-”, східна – має знак “+”);

$n$  – кількість років, що минули від року видання карти до поточного року.

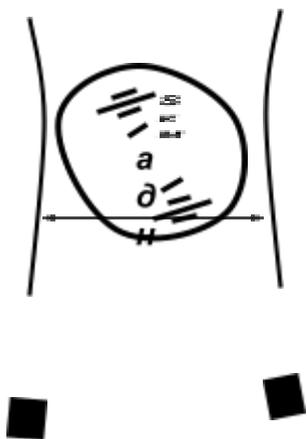
### **4.2. Оцінка магнітометричного стану місцевості.**

Оцінка магнітометричного стану місцевості проводиться з метою встановлення можливості застосування магнітної стрілки бусолі для визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків у даному районі.

В якості основної характеристики магнітометричного стану місцевості приймається максимальне значення градієнта магнітного схилення  $g_{\max}$ , яке визначається по ізогонам – лініям однакового магнітного схилення, що зображаються

на картах масштабу 1:1 000 000 та 1:500 000 пунктирними лініями малинового кольору або порівнянням магнітних схилень двох суміжних карт крупного масштабу.

**а) Визначення  $g_{\max}$  по карті масштабу 1:1 000 000 або 1:500 000.**

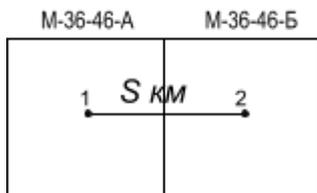


1. Нанести на карту межі району, магнітометричний стан якого оцінюється (мал. 1).
2. Виміряти найкоротшу відстань  $S_{км}$  (через позначений район) між сусідніми ізогами, значення магнітного схилення яких відрізняється на  $1^\circ$  (0-17).

3. Обчислити максимальне значення градієнта магнітного схилення за формулою:

$$g_{\max} = \frac{1^\circ}{S_{км}} = \frac{0-17}{S_{км}} \quad (4.2)$$

**б) Визначення  $g_{\max}$  по двом суміжним листам карт.**



1. Визначити для поточного року величини магнітного

схилення  $\delta_1$  і  $\delta_2$  для кожного листа карти по формулі 4.1.

2. Виміряти відстань між центрами листів карт  $S_{км}$ .
3. Обчислити максимальне значення градієнта магнітного схилення за формулою:

$$g_{\max} = \frac{\delta_1 - \delta_2}{S_{км}} \quad (4.3)$$

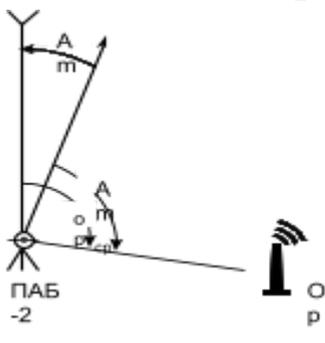
Якщо обчислене максимальне значення градієнта магнітного схилення перевищує допустиме значення – 0-10 на 10 км., – то використовувати магнітну стрілку для визначення дирекційних кутів не дозволяється.

В районах площинних аномалій та точкових аномалій (позначаються на картах масштабу 1:1 000 000 або 1:500 000 малиною штриховкою і крапками малинового кольору відповідно) використання магнітної стрілки для визначення дирекційних кутів також не дозволяється.

Через значний вплив магнітних збурень на значення магнітного схилення не можна визначати дирекційний кут за допомогою магнітної стрілки бусолі і в районах, географічна широта яких перевищує  $65^\circ$ .

## 5. Визначення та уточнення поправки бусолі.

### 5.1 Визначення поправки бусолі на місцевості.



Поправку бусолі на місцевості визначають шляхом порівняння відомого дирекційного кута з магнітним азимутом одного і того ж орієнтирного напрямку.

Дирекційний кут орієнтирного напрямку визначають геодезичним, гіроскопічним або астрономічним способом.

#### *Порядок визначення:*

1. Установити ПАБ-2 над точкою, з якої визначено дирекційний кут по віддаленому орієнтиру одним з вищеперелічених способів.
2. Виміряти 5 разів значення магнітного азимута по цьому орієнтиру; після кожного вимірювання збивати положення магнітної стрілки обертанням маховика установочного червяка.
3. Обчислити середнє значення магнітного азимута:

$$Am_{cp} = \frac{Am_1 + Am_2 + Am_3 + Am_4 + Am_5}{5}$$

4. Обчислити поправку бусолі по формулі:

$$\Delta Am = Am_{cp} - \alpha_{op} \quad (5.1)$$

ПАБ-2А № <u>K14648</u> m = <u>-1-20</u> Карта: <u>M-36-46-Б</u> район: <u>відм. 129.0</u> Дата: <u>19.04.2002</u> р. _____ Визначив: <u>Д-Т</u> <u>Іванов</u>
--

За даними визначення поправки бусолі заповнюють бірку (3x5), яку вкладають у футляр бусолі і використовують (в неаномалійних районах) для визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків у радіусі 10 км від точки її визначення.

## 5.2. Звірка бусолей у дивізіоні.

При переміщення на відстань більш ніж 10 км поправку бусолі необхідно визначити знову. За відсутності часу або неможливості визначити поправку всіх бусолей дивізіону у новому районі, можна визначити поправку для контрольної бусолі дивізіону (підручної батареї) з послідуочим виправленням поправок усіх бусолей шляхом урахування в їх поправку величини зміни поправки контрольної бусолі у новому районі.

Величина зміни поправки контрольної бусолі у новому районі обчислюється по формулі:

$$\delta \Delta Am = \Delta Am_H - \Delta Am_C, \quad (5.2)$$

де:  $\delta\Delta Am$  – величина зміни поправки контрольної бусолі у новому районі;

$\Delta Am_n$  – значення поправки контрольної бусолі в новому районі;

$\Delta Am_c$  – значення поправки контрольної бусолі в старому районі.

Величина  $\delta\Delta Am$  додається зі своїм знаком до значення поправок решти бусолей дивізіону.

### **5.3. Уточнення поправки бусолі при переміщенні.**

Якщо в новому районі неможливо визначити поправку бусолі  $\Delta Am_n$ , то дозволяється, як виняток, в радіусі 30 км користуватися старою поправкою  $\Delta Am_c$  після уведення в неї поправку на зміну зближення меридіанів  $\Delta\gamma$ :

$$\Delta Am_n = \Delta Am_c + (\pm\Delta\gamma) \quad (5.3)$$

Поправка  $\Delta\gamma$  вибирається з таблиці 1 по значенню абсциси  $X$  точки в км і віддалі  $D$  в км по довготі від нового району до району визначення поправки бусолі (визначається як різниця ординат  $Y$  нового і старого районів:  $D_{км} = Y_n - Y_c$ ).

$\Delta\gamma$  має знак “+”, якщо новий район східніше старого району.

$\Delta\gamma$  має знак “-”, якщо новий район західніше старого району.

Під час проведення топогеодезичних робіт після переміщення в суміжну зону поправка бусолі повинна бути визначена в цій зоні на місцевості. У випадку, коли немає можливості визначити поправку

бусолі на місцевості, вона може бути уточнена по формулі:

$$\Delta Am_H = \Delta Am_C \pm |\Delta\gamma| \cdot |\Delta\alpha|, \quad (5.4)$$

захід → схід  
захід ← схід

де:  $\Delta\gamma$  – поправка на зміну зближення меридіанів, визначається з таблиці 1, взята по модулю;

$\Delta\alpha$  – поправка на перехід із зони в зону, вибирається по значенню абсциси X в км старого району з таблиці 4, взята по модулю.

У формулі 5.4 верхні знаки – при переході із заходу на схід, нижні знаки – при переході зі сходу на захід.

Таблиця 4.

Таблиця для визначення поправки  $\Delta\alpha$  до дирекційного кута на перехід в суміжну зону

$x_6$	$\Delta\alpha$			$x_6$	$\Delta\alpha$		
	граду си	$\Delta 10$ км	под.іл ки кутомі ра		граду си	$\Delta 10$ км	под.іл ки кутомі ра
2 000	1°51,7 ,	0,54'	0-31	5 000	4°15,1 ,	0,39'	0-71
2 100	1 57,1	0,53	0-33	5 100	4 19,0	0,39	0-72
2 200	2 02,4	0,53	0-34	5 200	4 22,9	0,39	0-73
2 300	2 07,7	0,53	0-35	5 300	4 26,8	0,37	0-74
2 400	2 13,0	0,53	0-37	5 400	4 30,5	0,37	0-75

2 500	2 18,3	0,52	0-38	5 500	4 34,2	0,37	0-76
2 600	2 23,5	0,52	0-40	5 600	4 37,9	0,35	0-77
2 700	2 28,7	0,51	0-41	5 700	4 41,4	0,35	0-78
2 800	2 33,8	0,51	0-43	5 800	4 44,9	0,34	0-79
2 900	2 38,9	0,51	0-44	5 900	4 48,3	0,34	0-80
3 000	2 44,0	0,50	0-46	6 000	4 51,7	0,32	0-81
3 100	2 49,0	0,50	0-47	6 100	4 54,9	0,32	0-82
3 200	2 54,0	0,49	0-48	6 200	4 58,1	0,32	0-83
3 300	2 58,9	0,49	0-50	6 300	5 01,3	0,30	0-84
3 400	3 03,8	0,49	0-51	6 400	5 04,3	0,30	0-85
3 500	3 08,7	0,48	0-52	6 500	5 07,3	0,29	0-85
3 600	3 13,5	0,47	0-54	6 600	5 10,2	0,28	0-86
3 700	3 18,2	0,47	0-55	6 700	5 13,0	0,28	0-87
3 800	3 22,9	0,47	0-56	6 800	5 15,8	0,26	0-88
3 900	3 27,6	0,46	0-58	6 900	5 18,4	0,26	0-88
4 000	3 32,2	0,45	0-59	7 000	5 21,0	0,25	0-89
4 100	3 36,7	0,45	0-60	7 100	5 23,5	0,25	0-90
4 200	3 41,2	0,45	0-61	7 200	5 26,0	0,23	0-91
4 300	3 45,7	0,44	0-63	7 300	5 28,3	0,23	0-91
4 400	3 50,1	0,43	0-64	7 400	5 30,6	0,22	0-92
4 500	3 54,4	0,42	0-65	7 500	5 32,8	0,21	0-92
4 600	3 58,6	0,42	0-66	7 600	5 34,9	0,20	0-93
4 700	4 02,8	0,42	0-67	7 700	5 36,9	0,20	0-94
4 800	4 07,0	0,41	0-69	7 800	5 38,9	0,20	0-94
4 900	4 11,1	0,40	0-70	7 900	5 40,7	0,18	0-95

## 5.4. Визначення поправки бусолі за даними карти.

Поправка бусолі за даними карти  $\Delta Am_k$  визначається по формулі:

$$\Delta Am_k = (\pm\gamma) - (\pm\delta_{п.р.}),$$

де:  $\gamma$  – зближення меридіанів для даної точки, визначається по формулам 3.1, 3.2 або по графіку;

$\delta_{п.р.}$  – магнітне схилення поточного року; визначається по формулі 4.1.

Поправка бусолі, що визначена за даними карти, не може використовуватися для визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків, бо вона не враховує інструментальну поправку  $\Delta$ , тобто:

$$\Delta Am = \Delta Am_k + \Delta. \quad (5.6)$$

Інструментальна поправка  $\Delta$  може бути визначена як різниця поправки бусолі, визначеної на місцевості по формулі 5.1 і визначеної за даними карти по формулі 5.5 для однієї і тієї ж точки:

$$\Delta = \Delta Am - \Delta Am_k, \quad (5.7)$$

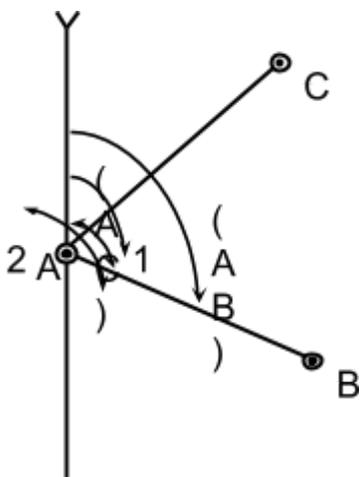
а потім у новому районі додається зі своїм знаком до поправки бусолі, визначеної за даними карти за формулою 5.6.

## 6. ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ.

Основними елементами обчислень є:

- перехід від дирекційного кута одного напрямку до дирекційного кута другого напрямку, що визначається з цієї ж точки;
- визначення величини горизонтального кута по дирекційним кутам напрямків, що утворюють цей кут;
- рішення прямої та оберненої геодезичної задачі на площині;
- вирішення трикутника;
- визначення величини зближення меридіанів;
- перехід від істиного або магнітного азимуту до дирекційного кута;
- визначення висот точок.

### 6.1. Перехід від дирекційного кута одного напрямку до дирекційного кута другого напрямку, що визначається з цієї ж точки.



Дирекційний кут напрямку, що визначається дорівнює дирекційному куту відомого (вихідного) напрямку плюс горизонтальний кут, відрахований за годинниковою стрілкою від відомого напрямку до

напрямку, що  
визначається:

$$(AB) = (AC) + \angle 1$$

Якщо отриманий  
дирекційний кут  
перевищує  $360^\circ$  ( $60-00$ ), то  
його зменшують на цю  
величину.

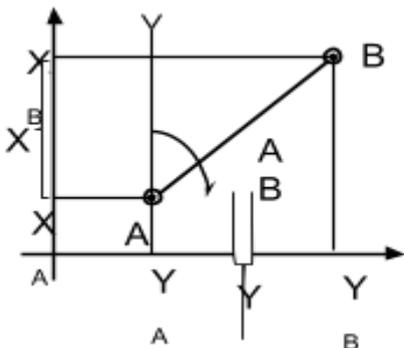
Горизонтальний кут  
дорівнює різниці  
дирекційних кутів правого  
та лівого напрямків, що  
складають кут:

$$\angle 1 = (AB) - (AC);$$

$$\angle 2 = (AC) - (AB).$$

Якщо при обчисленні горизонтального кута  
дирекційний кут, що віднімається перевищує  
зменшуваний дирекційний кут, то до останнього  
додають  $360^\circ$  ( $60-00$ ).

## 6.2. Вирішення прямої геодезичної задачі на площині.



Вирішення прямої геодезичної задачі на площині полягає у обчисленні координат точки, що визначається по відомим координатам заданої точки, відстані між ними та дирекційному куту з заданої точки на точку, що визначається.

Пряму геодезичну задачу вирушують у такій послідовності:

1. Обчислюють прирощення координат  $\Delta X$  та  $\Delta Y$  за формулами:

$$\Delta X = AB \cos \alpha;$$

$$\Delta Y = AB \sin \alpha.$$

2. Визначають координати точки B за формулами:

$$X_B = X_A + \Delta X;$$

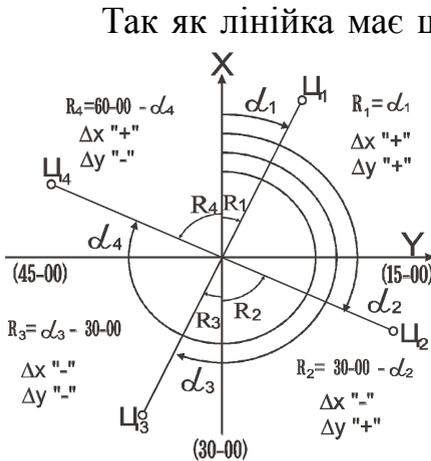
$$Y_B = Y_A + \Delta Y.$$

Для математичного запису прямої геодезичної задачі підставимо формули 1 у формули 2:

$$X_B = X_A + AB \cos \alpha;$$

$$Y_B = Y_A + AB \sin \alpha.$$

**а) обчислення прямої геодезичної задачі за допомогою артилерійської логарифмічної лінійки (АЛЛ).**



Так як лінійка має шкалу синусів тільки від 0 до 15-00, при обчисленні прирощень  $\Delta X$  і  $\Delta Y$  для рішення ПГЗ, яка може бути рішена тоді коли дирекційний кут знаходиться у 1-й чверті і має значення від 0-00 до 15-00 необхідно ввести поняття румба.

Румб - це гострий кут, створений віссю X і напрямком на визначаєму точку (орієнтир, ціль). У залежності від розміщення визначаємої точки відносно заданої, напрямком між ними може знаходитись у різних чвертях.

Для рішення ПГЗ у другій, третій і четвертій чвертях необхідно від дирекційного кута напрямку з заданої точки на визначаєму перейти до гострого кута R (румб) у першій чверті. (див. малюнок)

Приклад. Визначити прямокутні координати цілі 202, якщо з СП з координатами  $X=77810$ ,  $Y=13315$  виміряні:  $\alpha=48-65$ , Дц=3250

Порядок рішення:

1. Визначити значення R і  $(15-00 - R)$ .  $R=11-35$ ,  $(15-00-R)=3-65$

2. По дирекційному куту  $\alpha_{д}$  визначити чверть і знаки прирощення координат (IV чв. +  $\Delta X$  ; - $\Delta Y$ )

3. Обчислити значення прирощення координат  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ :

а)  $\Delta X = D \cdot \sin(15 - R)$ , для чого початок (кінець) движку встановлюють на значення дальності  $D$  по шкалі чисел лінійки  $N_{Q+1}$ . Візир центр. рискою встановлюють на значення кута  $(15 - R)$  по шкалі  $S$  або  $SiT$  і по рисці візира на шкалі чисел лінійки  $N_{Q+1}$  читають значення:  $\Delta X = +1210$ .

б)  $\Delta Y = D \cdot \cos R$ , для чого не збиваючи положення движка (при необхідності – перемістити движок на значення  $D$  іншим кінцем шкали), встановлюють візир центральною рискою на значення кута  $R$  по шкалі  $S$  або  $SiT$ , і під рискою візира на шкалі чисел лінійки  $N_{Q+1}$  читають значення  $\Delta Y = -3010$ .

*Примітка:* для визначення порядку числа значень прирощення координат  $\Delta X$  і  $\Delta Y$  використовують правило:

- якщо кути  $R$   $(15 - R)$  визначались по шкалі Sin, то  $0,1D < |\Delta Y|$  (чи  $|\Delta X| < D$ ).

- якщо кути  $R$   $(15 - R)$  визначались по шкалі SiT, то  $0,01D < |\Delta Y|$  (чи  $|\Delta X| < 0,1D$ ).

- якщо кути  $R$   $(15 - R)$  визн. по точкам шкали SiT, то  $0,001D < |\Delta Y|$  (чи  $|\Delta X| < 0,01D$ ).

4. Визначити координати цілі:  $X_{ц} = X_{сп} + \Delta X$ ;  $X_{ц} = 79\ 020$ ;  $Y_{ц} = Y_{сп} + \Delta Y$ ;  $Y_{ц} = 10\ 305$

### ***б) обчислення прямої геодезичної задачі за допомогою обчислювачі СТМ.***

Обчислення прирощень координат (частковий випадок рішення прямої геодезичної задачі) виробляється за допомогою обчислювача,

користуючись допоміжною таблицею 1, що нанесена на внутрішньому крузі.

Згідно цієї таблиці значення прирощень координат  $\Delta X$  та  $\Delta Y$  будуть отримані як результат множення відстані  $D$  відповідно на:

- $\sin(15-\alpha)$  і на  $\sin(\alpha)$  у першій чверті;
- $\sin(\alpha-15)$  і на  $\sin(30-\alpha)$  у другій чверті;
- $\sin(45-\alpha)$  і на  $\sin(\alpha-30)$  у третій чверті;
- $\sin(\alpha-45)$  і на  $\sin(60-\alpha)$  у другій чверті.

Для виконання множення:

- 1) суміщують нульовий радіус рухомого круга відліком, що відповідає значенню  $D$ ;
- 2) встановлюють індекс движка на значення відповідного кута (згідно таблиці 1) по шкалі синусів 4 (якщо кут у межах від 0-95,7 до 15-00,0) або по шкалі синусів 5 (якщо кут у межах від 0-09,6 до 0-95,7);
- 3) знімають напроти індекса движка по шкалі чисел 3 відлік, що відповідає значенню прирощення координат.

Для визначення порядку прирощення координат використовують правило:

якщо кут у межах від 0-95,7 до 15-00,0, то:  $0,1D < |\Delta Y|$  (чи  $|\Delta X|$ )  $< D$ ;

якщо кут у межах від 0-09,6 до 0-95,7, то:  $0,01D < |\Delta Y|$  (чи  $|\Delta X|$ )  $< 0,1D$ ;

якщо кут у межах від 0-00,0 до 0-09,6, то:  $0,001D < |\Delta Y|$  (чи  $|\Delta X|$ )  $< 0,01D$ .

Приклад: обчислити прирощення координат, якщо дальність  $D=635$ м, дирекційний кут  $\alpha=28-45,5$ :

- 1) за таблицею 1 обчислюють кути ( $\alpha-15$ ) і  $(30-\alpha)$  для визначення  $\Delta X$  і  $\Delta Y$ , ці кути будуть дорівнювати відповідно 13-45,5 і 1-54,5;
- 2) суміщують нульовий радіус рухомого круга з відліком "635", що відповідає дальності 635 м по шкалі чисел 3;
- 3) встановлюють індекс движка на відлік 13-45,5 по шкалі 4 і напроти індекса по шкалі 3 знімають відлік "626", що відповідає значенню прирощення  $\Delta X=626$  м;
- 4) встановлюють індекс движка на відлік 1-54,5 по шкалі 4 і напроти індекса по шкалі 3 знімають відлік "102", що відповідає значенню прирощення  $\Delta Y=102$  м.

Знаки прирощень – відповідно таблиці 1.

***в) обчислення прямої геодезичної задачі за допомогою мікрокалькуляторів.***

Мікрокалькулятори вітчизняних та відомих зарубіжних виробників дозволяють обчислювати прирощення координат при рішенні ПГЗ без переходу від дирекційного кута до румбу.

Рішення за допомогою інженерних калькуляторів:

1. Ввести значення дирекційного кута в поділках кутоміра, відокремивши великі поділки від малих комою.
2. Натиснути  $\times$  ,  $\div$  для переведення п.к. у градуси і долі градуса.
3. Натиснути  $M^+$ .
4. Натиснути  $F \cos$  .
5. Ввести дальність.

6. Натиснути × .
7. Ввести Ха.
8. Натиснути + .
9. Зчитати на дісплеї значення координати X визначаємої точки.
10. Натиснути MR .
11. Натиснути F SIN .
12. Ввести дальність.
13. Натиснути × .
14. Ввести Ya.
15. Натиснути + .
16. Зчитати на дісплеї значення координати Y визначаємої точки.

При використанні вітчизняних програмуємих калькуляторів МК-61, МК-52 можливе рішення як в режимі виконання програми, так і в ручному режимі.

Рішення в режимі виконання програми прискорює процес рішення і зменшує імовірність помилки оператора при рішенні, але потребує попереднього введення (виклик з пам'яті для МК-52) відповідної програми і рішення контрольного прикладу; тому воно доцільне при виконанні великої кількості подібних задач (наприклад, визначення координат цілей, засічених з одного СП).

#### Програма для рішення ПГЗ:

Крок	Дія	Код
00	6	
01	*	
02	П-х 3	

Крок	Дія	Код
08	*	
09	П-х 2	
10	+	

03	F cos	
04	*	
05	§	
06	x-Π 3	
07	F sin	

11	§	
12	Π-x 1	
13	+	
14	c/π	

Розподіл реєстрів:

R1 –  $X_A$ , R2 –  $Y_A$ , R3 –  $\alpha$ .

Прядок рішення:

1. Перемикач системи кутів поставити у положення “Г” (градуси).
2. Ввести  $X_A$  у реєстр R1: набрати  $X_A$ , натиснути x-Π 1 .
3. Ввести  $Y_A$  у реєстр R2: набрати  $Y_A$ , натиснути x-Π 2 .
4. Ввести Д.
5. Натиснути **2 рази** кнопку  $V \uparrow$  .
6. Ввести  $\alpha$ .
7. Натиснути в/о , c/π .
8. По закінченню виконання програми на дисплеї зчитати значення  $X_B$ .
9. Натиснути § , на дисплеї зчитати значення  $Y_B$ .

При повторному рішенні задачі з тими ж самими значеннями  $X_A$  і  $Y_A$  у відповідні реєстри їх не вводити (тобто починати виконання з пункту 4), бо вони зберігаються у цих реєстрах, доки не буде вимкнено живлення або оператор не змінить їх сам.

Контрольний приклад:

Ввести:1000 х-П 1 2000 х-П 2 444 В↑ В↑  
33 в/о с/п .

Після закінчення виконання програми на дисплеї:  
577,730906.

Натиснути § , на дисплеї: 1862,7964544.

Рішення в ручному режимі доцільне, коли машинна пам'ять використовується для зберігання програм рішення більш громіздких задач; задача буде виконуватись одноразово і оператор передбачає проведення контролю обчислень, хоча б грубо.

Порядок рішення:

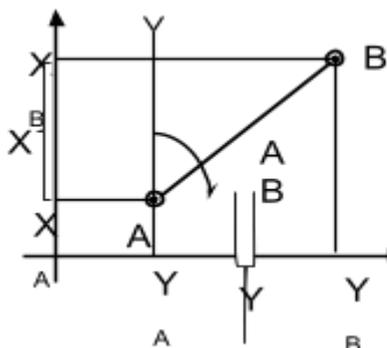
1. Перемикач системи кутів поставити у положення "Г" (градуси).
2. Ввести Д.
3. Натиснути **2 рази** кнопку В↑ .
4. Ввести  $\alpha$ .
5.  $6 * \text{х-П } 3 \text{ F sin } * \text{ § П-х } 3 \text{ F cos } * .$
6. Ввести  $X_A$ .
7. Натиснути + , на дисплеї зчитати значення  $X_B$ .
8. §
9. Ввести  $Y_A$ .
10. Натиснути + , на дисплеї зчитати значення  $Y_B$ .

Останнім часом надійшли до продажу інженерні калькулятори зарубіжного виробництва, що мають вбудовані функції переобчислення полярних координат в прямокутні і навпаки, що дозволяє безпосередньо обчислювати прирощення координат.

Використання цих функцій здійснюється за допомогою клавіш **a** і **b** у поєднанні з функціональною клавішею **2ndF**. Вирішення прямої геодезичної задачі за допомогою таких калькуляторів здійснюється в наступній послідовності.

1. Увімкнути калькулятор.
2. Упевнитись, що калькулятор налаштований для роботи у градусній системі (не у радіанах і не у градах), – у верхній частині індикатора виведено **DEG** (а не **RAD** і не **GRAD**).
3. Ввести значення дирекційного кута в поділках кутоміра, відокремивши великі поділки від малих комою.
4. Натиснути **×**, **6** для переведення п.к. у градуси і долі градуса; натиснути **b**.
5. Ввести значення дальності, натиснути **a**.
6. Натиснути **2ndF**, **b**; (на дисплеї – значення  $\Delta x$ ); натиснути **x→M**.
7. Натиснути **b** + , ввести значення Усп, натиснути = ; зчитати за дисплеї значення Уц.
8. Натиснути **MR** + , ввести значення Хсп, натиснути = ; зчитати за дисплеї значення Хц.

### 6.3. Вирішення оберненої геодезичної задачі на площині.



Вирішення оберненої геодезичної задачі на площині полягає у визначенні дирекційного кута  $\alpha$  і відстані  $D$  по відомим різницям координат двох точок  $\Delta X$  та  $\Delta Y$ .

Рішення оберненої геодезичної задачі виконують у наступній послідовності:

1. Визначають тангенс гострого кута  $R$ , утвореного віссю  $OX$  і напрямком  $AB$  за формулою:

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

По величині  $\operatorname{tg}R$  знаходять кут в першій чверті  $R$

2. Від кута  $R$  переходять до дирекційного кута  $\alpha$  у відповідності зі знаками прирощень  $\Delta x$  і  $\Delta y$ . (рис. xx).

3. Обчислюють відстань між точками  $A$  і  $B$  за формулами:

$$AB = \frac{\Delta y}{\sin R} \quad \text{при } R > 45^\circ \quad (7-50);$$

$$AB = \frac{\Delta x}{\cos R} \quad \text{при } R < 45^\circ \text{ (7-50).}$$

***а) обчислення оберненої геодезичної задачі за допомогою артилерійської логарифмічної лінійки (АЛЛ).***

При аналітичному методі рішення ОГЗ на АЛЛ, визначення дирекційного кута і дальності здійснюється не через (R), а через кут  $\rho$  – гострий кут, створений віссю X або Y і напрямком на визначаєму точку (орієнтир, ціль). Це викликано тим, що шкала тангенсів на движку АЛЛ в межах від 0-00 до 7-50. Відповідно кут ( $\rho$ ) може приймати значення від 0-00 до 7-50.

Позначимо менше (за абсолютною величиною) прирощення координат через  $b$ , а більше прирощення через  $a$ .

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{b}{a} = \frac{\text{менше}}{\text{більше}}, \quad D = \frac{b}{\sin \rho}$$

Перехід від кута ( $\rho$ ) до дирекційного кута здійснюється з використанням таблиці, яка нанесена на зворотній стороні корпусу лінійки.

Приклад: Визначити дирекційний кут і дальність до цілі, якщо:

Ц	–	X=77870	Y=08895
ВП	–	<u>X=73485</u>	<u>Y=09307</u>
		$\Delta X = +4385$	$\Delta Y = -412$
		(а)	(б)

Рішення:

1. Визначити прирощення координат  $\Delta X$  і  $\Delta Y$ .

2. Визначити значення кута ( $\rho$ ). Для чого візир центральною рисою встановити на значення "b" меншого прирощення по шкалі чисел ( $N_{Q+1}$ ) корпусу лінійки. Початок (кінець) шкали движка лінійки встановити на значення більшого прирощення координат по шкалі чисел ( $N_{Q+1}$ ) корпусу лінійки. " $\rho$ " Під рисою візира прочитати значення " $\rho$ " ( $\rho=0-90$ ).

Примітка: значення кута " $\rho$ " беруть:

- по шкалі тангенсів, якщо:  $a > b$  в 1-10 разів
- по шкалі "S і T", якщо:  $a > b$  в 10-100 раз
- по точкам шкали "S і T", якщо  $a > b$  в 100-1000 разів

3. Визначити кут ( $\alpha$ ). Для чого за таблицею (на зворотній стороні лінійки) по величинам і знакам прирощень координат  $\Delta X$  і  $\Delta Y$  здійснити перехід від кута  $\rho$  до дирекційного кута ( $\alpha$ ).  $\alpha = 60-00 - 0-90 = 59-10$

4. Визначити дальність Д. Для чого, не збиваючи положення візира, під його центральну риску підвести движком значення кута ( $\rho$ ) по шкалі  $\sin$  і проти початка (кінця) шкали движка лінійки прочитати значення дальності (Д), маючи на увазі, що

$$\left| \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right| < (D = 4385) < |\Delta X| + |\Delta Y|$$

5. При кутах ( $\rho < 0-90$ ), дальність (Д) практично рівна значенню більшого прирощення координат. Для отримання дальності більш точно, необхідно

проводити визначення дальності по значенню більшого прирощення координат (а) і куту ( $\rho/2$ ).

Для визначення величини ( $\Delta a$ ) на артилерійській логарифмічній лінійці необхідно:

Початок (кінець) шкали движка встановити на значення (b) - меншого прирощення координат по шкалі ( $N_{Q+1}$ ) корпусу лінійки.

Візир, центральною рисою встановити на значення кута по шкалі tg або "S і T" і під рисою візира на шкалі чисел ( $N_{Q+1}$ ) прочитати значенням  $\Delta a$ :  $\Delta a = 19\text{м}$ ;  $D=4385+19=4404\text{м}$

Примітка:

а) якщо  $\rho/2$  брався по шкалі tg, то  $0,1b < \Delta a < b$

б) якщо  $\rho/2$  брався по шкалі "S и T", то  $0,01b < \Delta a < 0,1b$

в) якщо  $\rho/2$  брався по точках шкал S и T, то  $0,001b < \Delta a < 0,01b$

### ***б) обчислення оберненої геодезичної задачі за допомогою обчислювачі СТМ.***

Обчислення дирекційного кута виробляють діленням меншого прирощення координат на більше по формулам таблиці 2, знімаючи відлік  $\rho$  зі шкали 1 або 2: якщо одне з прирощень більше другого від 1 до 10 раз, то відлік  $\rho$  знімають зі шкали 1, якщо одне з прирощень більше другого від 10 до 100 раз, то відлік  $\rho$  знімають зі шкали 2, а якщо одне з прирощень більше другого від 100 до 1000 раз, то відлік  $\rho$  також знімають зі шкали 2, але зменшують його в 10 разів.

Відстань  $D$  обчислюють діленням більшого прирощення координат на синус більшого кута ( $\rho$  або  $15-\rho$ ).

**Приклад:** обчислити дирекційний кут  $\alpha$  і відстань  $D$  по відомим різницям координат  $\Delta X=-2448$  та  $\Delta Y=+2992$ .

Рішення.

Для обчислення дирекційного кута  $\alpha$ :

- встановлюють індекс движка на менше прирощення координат по шкалі 3;
- обертанням рухомого круга встановлюють напроти індекса движка більше прирощення координат по шкалі 6;
- суміщають індекс движка з нульовим радіусом рухомого круга і напроти індекса движка на основному крузі зчитують зі шкали 1 значення  $\rho=6-54,4$ ;
- в таблиці 2 в рядку зі знаками прирощень координат  $\begin{pmatrix} -\Delta x \\ +\Delta y \end{pmatrix}$  відшуковують формулу ( $\alpha=15+\rho$ ), за якою обчислюють:

$$\alpha=15-00 + 6-54,4 = 21-54,4$$

Для обчислення відстані:

- встановлюють індекс движка на більше прирощення (2992) по шкалі 3;
- обертанням рухомого круга встановлюють напроти індекса синус  $15-\rho$  (8-46,6) по шкалі 4;
- суміщують індекс движка з нульовим радіусом рухомого круга

і по шкалі 3 напроти індекса движка зчитують значення  $D=3865$ .

**в) обчислення оберненої геодезичної задачі за допомогою мікрокалькулятора МК-61, МК-52.**

Програма для рішення ОГЗ для МК-52:

Крок	Дія	Код
00	§	
01	F ↗	
02	—	
03	/-/	
04	V↑	
05	F ↗	
06	F ↗	
07	—	
08	÷	
09	F tg-1	
10	V↑	
11	F sin	

Крок	Дія	Код
12	§	
13	6	
14	÷	
15	F $x > 0$	
16	20	
17	6	
18	0	
19	+	
20	с/п	
21	F ↗	
22	÷	
23	с/п	

Порядок рішення:

1. Ввести  $X_a$ , натиснути  $V\uparrow$ , ввести  $U_a$ , натиснути  $V\uparrow$ , ввести  $X_b$ , натиснути  $V\uparrow$ , ввести  $U_b$ , натиснути  $v/o$ ,  $с/п$ .
2. Після зупинки: зчитати значення  $\alpha$ , натиснути  $с/п$ .
3. Після зупинки: зчитати значення  $D$ .

**Рішення ОГЗ за допомогою калькуляторів з вбудованими функціями переобчислення полярних координат у прямокутні і навпаки здійснюється у наступному порядку.**

1. Увімкнути калькулятор.
2. Упевнитись, що калькулятор налаштований для роботи у градусній системі (не у радіанах і не у

градах), – у верхній частині індикатора виведено **DEG** ( а не **RAD** і не **GRAD**).

3. Обчислити прирощення  $\Delta x$ : ввести  $X_{ц}$ , натиснути  $-$ , ввести  $X_{вп}$ , натиснути  $=$ ; натиснути  $x \rightarrow M$ .
4. Обчислити прирощення  $\Delta y$ : ввести  $Y_{ц}$ , натиснути  $-$ , ввести  $Y_{вп}$ , натиснути  $=$ .
5. Натиснути  $b$ .
6. Натиснути  $MR$ , натиснути  $a$ .
7. Натиснути **2ndF**,  $a$ ; на дисплеї зчитати значення  $D$ .
8. Натиснути  $b$ ,  $\div$ , **6**,  $=$ , на дисплеї зчитати значення дирекційного кута  $\alpha$  у поділках кутоміра (великі поділки відокремлені від малих комою), при отриманні відємного значення – додати до нього 60: натиснути  $+$ , **6**, **0**,  $=$ , зчитати за дисплеї значення  $\alpha$ .

## 6.4. Вирішення трикутника.

Вирішення трикутника зводиться до обчислення по відомим двом кутам і однією стороною третього кута і двох інших сторін або до обчислення по відомим двом сторонам і куту між ними третьої сторони і двох кутів.

### *а) Вирішення трикутника за двома кутами і однією стороною.*

Дано: довжина сторони  $AB$  і кути  $A$  і  $B$ .  
Визначити кут  $C$  та довжини сторін  $AC$  і  $BC$ .



В цьому випадку рішення трикутника виконують у такій послідовності.

1. Визначають кут  $C$  за формулою:

$$C = 180^\circ - (A + B) \text{ або } C = 30 - 00 - (A + B)$$

2. Визначають довжини сторін  $AC$  і  $BC$  за формулами:

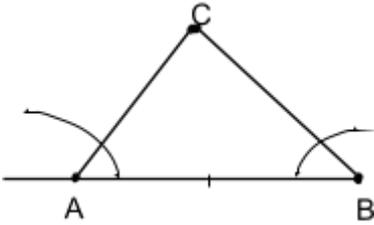
$$AC = \frac{AB}{\sin C} \sin B \quad BC = \frac{AB}{\sin C} \sin A$$

В артилерійській практиці ця задача зустрічається при визначенні координат точки прямою засічкою по виміряним кутам, а також при визначенні координат цілі за допомогою спряженого спостереження.

При організації спряженого спостереження з орієнтуванням приладів на пунктах нулями вправо схема вимірювання кутів  $A$  і  $B$  дещо відрізняється:

В цьому випадку кут  $C$  визначають за формулою:

$$C = A - B,$$



довжини сторін визначаються за вищенаведеними формулами.

### Обчислення за допомогою АЛЛ.

Обчислити кут  $C$ .

Якщо кут  $A$  ( $B$ ) перевищують 15-00 ( $90^\circ$ ), то, оскільки шкала синусів до 15-00, розраховують кут  $A'$  ( $B'$ ) за формулою:  $A' = 30-00 - A$  ( $B' = 30-00 - B$ ) і використовують його при подальших обчисленнях.

На лінійці встановлюють край шкали движка проти бази  $B$  по шкалі чисел  $N$  корпусу лінійки. Потім, не рухаючи движка, риску візира встановлюють напроти кута  $B$  на шкалі Sin.

Далі, не збиваючи положення візира, підводять під його риску значення кута  $C$  по шкалі Sin (SiT) і напроти края шкали движка по шкалі чисел  $N$  корпусу лінійки визначають значення  $AC$ . Порядок відстані  $AC$  визначають окомірно, приблизними розрахунками, або по величині  $B' = B \sin \angle B$ , маючи на увазі, що коли кут  $C$  брався по шкалі Sin, то відстань  $AC$  буде у межах від  $B'$  до  $10 * B'$ , а якщо кут  $C$  брався по шкалі SiT, то відстань  $AC$  буде у межах від  $10 * B'$  до  $100 * B'$ .

### Обчислення за допомогою СТМ.

Приклад: обчислити за допомогою СТМ відстань АС і ВС, якщо відомі кути  $A=13-74,9$  та  $B=12-83,2$  і база  $BA=431$  м.

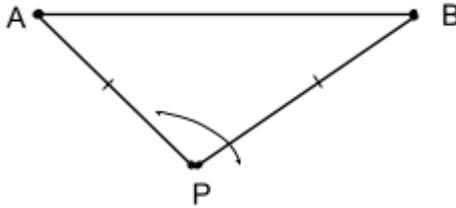
1. Обчислити кут  $C=A-B=13-74,9 - 12-83,2 = 0-91,7$ .
2. Встановити індекс движка на відлік "431", що відповідає базі ВА по шкалі 3 основного круга.
3. Сумістити відлік  $C=0-91,7$  шкали 5 рухомого круга з індексом движка.
4. Встановити індекс движка на відлік  $B=12-83,2$  по шкалі 4 рухомого круга і напроти індекса движка по шкалі 3 зчитати відлік "348", що відповідає відстані  $AC=4380$  м.
5. Встановити індекс движка на відлік  $A=13-74,9$  по шкалі 4 рухомого круга і напроти індекса движка по шкалі 3 зчитати відлік "446", що відповідає відстані  $BC=4460$  м.

Обчислення за допомогою мікрокалькулятора.

**б) Вирішення трикутника за двома сторонами і кутом між ними.**

Дано: кут  $P$  та довжини сторін  $AP$  і  $BP$ .

Визначити кути  $A$  і  $B$  та довжину сторони  $AB$ .



В цьому випадку рішення трикутника виконують у такій послідовності.

1. Визначають напівсуму кутів  $A$  і  $B$  за формулою:

$$\frac{A+B}{2} = 90^\circ - \frac{P}{2}$$

2. Визначають величину  $N$  за формулою:

$$N = \frac{BP - AP}{BP + AP}$$

3. Визначають напіврізницю кутів  $A$  і  $B$  за формулою:

$$\frac{A-B}{2} = \operatorname{arctg}\left(N \operatorname{ctg} \frac{P}{2}\right)$$

4. Обчислюють кути  $A$  і  $B$  за формулами:

$$A = \frac{A+B}{2} + \frac{A-B}{2}, \quad B = \frac{A+B}{2} - \frac{A-B}{2}$$

5. Обчислюють довжину сторони  $AB$  за формулою:

$$AB = BP \frac{\sin P}{\sin A}, \text{ або } AB = AP \frac{\sin P}{\sin B}$$

## 6.5. Визначення висот точок.

Абсолютні висоти точок, що прив'язуються, визначають по карті інтерполяванням окомірно відносно найближчих горизонталей. Висоти вогневих позицій, пунктів і постів артилерійської розвідки визначають по карті при крутизні схилу не більше  $6^\circ$ .



Якщо крутизна схилу більше за  $6^\circ$ , то висоту визначають за допомогою приладів (теодоліту або бусолі) від пункту геодезичної мережі або контурної точки, розташованої на схилі, крутизна якого на перевищує  $6^\circ$ .

При цьому висоту точки визначають за формулою:

$$h = h_B + \Delta h,$$

де  $h_B$  – висота вихідної (контурної) точки;

$\Delta h$  – перевищення точки, що прив'язується відносно вихідної (контурної).

Величину  $\Delta h$  визначають за формулою:

$$\Delta h = D \operatorname{tg} \varepsilon, \text{ або } \Delta h = D_H \sin \varepsilon$$

де  $D$  – відстань між вихідною точкою і точкою, що прив'язується (визначається по карті або за допомогою далекоміра), м;

$\varepsilon$  – кут місця при спостереженні з вихідної точки на точку, що прив'язується; він

дорівнює куту місця цілі з точки що прив'язується на вихідну точку :

$$\varepsilon = -\varepsilon_{KT} , \varepsilon = -M_{KT}$$

Першою формулою користуються при визначенні відстані  $D$  по карті (горизонтальної дальності), а другою – при визначенні відстані  $D_H$  за допомогою далекоміра (нахиленої дальності).

Знак перевищення  $\Delta h$  відповідає знаку кута місця  $\varepsilon$ .

При проведенні приблизних розрахунків для визначення перевищення  $\Delta h$  при незначному значенні  $\varepsilon$  (до 1-00) можна скористатися формулою тисячних з обов'язковим урахуванням 5%-ної поправки:

$$\Delta h = \varepsilon \cdot 0,001D + 5\%$$

Помилка наближення при застосуванні цієї формули складе -0,1%, тобто при дальності  $D \approx 1000$  м вона буде складати до 0,1м.

При обчисленнях за наближеною формулою при  $\varepsilon \approx 2-00$  помилка складе 1%, що при дальності  $D \approx 1000$  м приведе до неприпустимих помилок при обчисленні абсолютної висоти визначаємої точки.

## **7. СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТЕЙ ПРИ ТОПОГЕОДЕЗИЧНІЙ ПРИВ'ЯЗЦІ.**

Відстані при топогеодезичній прив'язці вимірюють:

- за допомогою мірної стрічки або мірного шнура;
- за допомогою бусолі і 2-х метрової рейки;
- за допомогою далекомірів;
- за допомогою кутвимірювального прилада і вішки-візирки;
- по короткій базі.

### **7.1. Вимірювання відстаней за допомогою мірної стрічки**

Вимірювання відстаней за допомогою мірної стрічки (шнура) є найбільш точним способом:  $E = 1/1000 - 1/2000$  результату. При вимірюванні відстані натягування стрічки (шнура) повинно бути рівномірним і складати 10 кг. Недоліками даного способу є те, що він потребує значних затрат часу.

### **7.2. Вимірювання відстаней за допомогою бусолі по 2-х метровій рейці**

Визначення відстаней за допомогою бусолі по 2-х метровій рейці проводиться від 50 до 400 м.  $E = 1/100 - 1/150$  результату. Найкращі результати отримують при визначенні відстаней від 50 до 300 м.

Для вимірювання відстані по далекомірним шкалам рейку встановлюють горизонтально або вертикально в залежності від умов місцевості.

Для вимірювання відстані по горизонтально розташованій рейці на одному кінці відстані, що вимірюється, встановлюють бусоль, а на іншому –

рейку перпендикулярно до лінії спостереження. Обертанням маховика відлікового (установочного) черв'яка і барабану механізму вертикального наведення встановлюють монокуляр так, щоб зображення рейки розташувалось під горизонтальною далекомірною шкалою, і суміщають правий (неоцифрований) штрих далекомірної шкали з правою маркою рейки. Значення вимірної відстані зчитують з далекомірної шкали проти лівої марки рейки.

При вимірюванні відстані по вертикально встановленій рейці зображення рейки розташовують зліва від вертикальної далекомірної шкали, а верхній (неоцифрований) штрих шкали суміщають з центром верхньої марки рейки і проти центру нижньої марки зчитують відстань по шкалі.

### **7.3. Вимірювання відстаней за допомогою далекомірів**

При визначенні відстаней за допомогою далекомірів використовують далекоміри ДС-1, ДС-2, квантові палекоміри ДАК-1, ДАК-2, 1Д13, 1Д8, 1Д15, КТД-1 і далекоміри подвійного зображення ДДИ, ДДИ-3, ДСП-30. Точність визначення відстаней далекомірами характеризується слідуючими серединними помилками:

- для ДС-1  $E=8(0,001D^2)$
- ДС-2  $E=4(0,001D^2)$
- ДАК-2, 1Д13, 1Д8, 1Д15 10м.
- КТД-1  $E=1.2м$ ;
- ДДИ  $E=1/800$  результата
- ДДИ  $E=1/500$  результата
- ДСП-30 5-10 м

В залежності від точності і технічних можливостей визначаються і межі вимірювання відстаней далекомірами:

- ДС-1 - від 400м до 3 км;
- ДС-2 - від 1000 до 5 км;
- Квант.далекоміри - від 100-150 м до дальньої межі технічних можливостей;
- ДДИ-3 - від 50 до 400м
- ДСП-30 - при визначенні відстаней по місцевим предметам від 5 до 20 м , а при визначенні відстаней по далекомірній рейці – від 250 до 1000м.

#### **7.4. Вимірювання відстаней за допомогою віхи-візирки**

При визначенні відстаней за допомогою віхи-візирки підраховують кількість дециметрових поділок віхи-візирки, встановленої на кінці відстані, яка вимірюється, що спостерігаються між сусідніми подовженими штрихами кутомірної шкали (0-10).

Дальність визначають по формулі:  $D=10*n$  , де n - кількість дециметрових поділок.

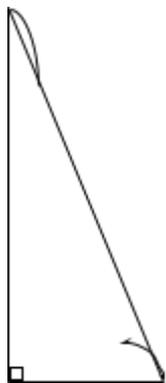
#### **7.5. Вимірювання відстаней за допомогою короткої бази**

При визначенні відстані АС за допомогою короткої бази під прямим кутом до напрямку АС викидають базу АВ з довжиною *B*, кратною числу десятків метрів (10, 20, 30...50...90)

На кінці бази встановлюють віхи, а після за допомогою приладу

вимірюють кут бази ( $\beta$ ) і визначають кут засічки ( $\gamma$ ) за формулою:

$$\gamma = 15 - 00 - \beta$$



Дальність визначають по таблиці для визначення відстаней по короткій базі (додаток 5, стр.59 «Вказівки по роботі груп самоприв'язки...») або по графіку номограми інструментального ходу або визначають на АЛЛ по формулі:

$$D = \frac{B}{\text{tg}\gamma}$$

Довжина бази повинна бути не меншою  $1/10D$  - при визначенні кутів за допомогою ПАБ і  $1/20D$  при визначенні кутів за допомогою теодоліту.

Порядок проведення польових вимірювань і робіт при визначенні відстані за допомогою короткої бази наступний:

- встановлюють над точкою А за допомогою виска бусоль і горизонтують її;
- наводять монокуляр приладу на точку С, на кутомірних шкалах встановлюють нульові значення;
- окомірно оцінюють відстань АС, визначають необхідну довжину бази, маючи на увазі, що вона повинна становити не менш ніж  $1/10$  відстані, що вимірюється;
- виходячи з умов місцевості визначають, у який бік (праворуч чи ліворуч) відкладати коротку базу

Б: з точки В повинні спостерігатися і точка А , і точка С;

- користуючись барабаном відлікового черв'яка та його відводкою, встановлюють по кутомірним шкалам 15-00 (45-00); в результаті оптична вісь монокуляру буде перпендикулярна напрямку АС;
- користуючись мірним шнуром або вимірювальною стрічкою, керуючись командами топогеодезиста, що спостерігає у монокуляр і слідкує за точністю дотримання напрямку, два інших члени групи самоприв'язки відкладають від бусолі (точки А) базу необхідної величини Б і таким чином встановлюють розташування на місцевості точки В і позначають її віхою (кілком), при цьому важливо, щоб точка В спостерігалася точно по вертикальній лінії кутомірної сітки монокуляра;
- переміщують бусоль з точки А на точку В, розставляють її, центрують за допомогою виска над точкою В та горизонтують;
- позначають точку А віхою;
- вимірюють бусоллю горизонтальний кут  $\beta$  між точками А і С (наводять монокуляр на праву точку, встановлюють по кутомірним шкалам нулі, наводять монокуляр користуючись барабаном відлікового черв'яка та його відводкою у ліву точку і знімають по кутомірним шкалам значення кута  $\beta$ ).

Порядок проведення обробки результатів польових вимірювань за допомогою АЛЛ наступний:

- визначають кут засічки ( $\gamma$ ) за формулою:

$$\gamma = 15-00 - \beta$$

- встановлюють центральну риску візира на значення довжини бази Б по шкалі чисел  $N_{Q+1}$  корпусу лінійки;
- не збиваючи положення візиру, підводять під його центральну риску значення  $\gamma$  по шкалі Тg (або SiT при  $\gamma < 0-96$ );
- напроти початку (кінця) шкал движка прочитати значення відстані АС, маючи на увазі наступне:
  - а) якщо  $\gamma$  брався по шкалі tg, то  $1Б < Д < 10Б$
  - б) якщо  $\gamma$  брався по шкалі “S и T”, то  $10Б < Д < 100Б$

Приклад 1. Дальність визначити за допомогою короткої бази під прямим кутом до напрямку КТ,  $Б=40м$ ,  $\beta=13-95$ . Визначити дальність до КТ.

Відповідь:  $Д=363 м$ .

## **8. СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ДИРЕКЦІЙНИХ КУТІВ ОРІЄНТИРНИХ НАПРЯМКІВ.**

### **8.1 Загальні положення.**

Орієнтирний напрямок – це напрямок, що використовується при виконанні топогеодезичних робіт, вивірці приладів, наведенні ракет, пускових установок, гармат, а також при орієнтуванні приладів та станцій.

Орієнтирний напрямок на місцевості позначається двома точками: точкою, з якої визначається дирекційний кут (початкова точка), і точкою, на яку визначається дирекційний кут (орієнтирна точка).

Дирекційний кут орієнтирного напрямку визначається:

- геодезичним способом;
- гіроскопічним способом;
- з астрономічних спостережень;
- за допомогою магнітної стрілки бусолі;
- шляхом передачі від другого орієнтирного напрямку з відомим дирекційним кутом:
  - за допомогою гіропоказчика навігаційної апаратури;
  - одночасним відмічанням по небесному світилу;
  - кутовим ходом.

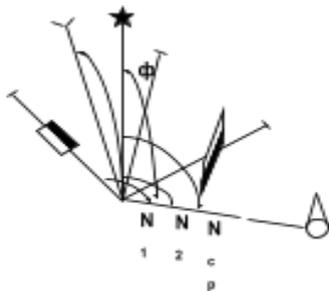
#### **8.1.1. Геодезичний спосіб.**

Дирекційний кут отримують:

- безпосередньо з каталога координат (виписки за каталога координат);
- рішенням ОГЗ по координатам пунктів ГМ;

- одночасно з визначенням координат точок, що прив'язуються при засічках або прокладенні ходу від пунктів ГМ.

### 8.1.2. Гіроскопічний спосіб.



При визначенні дирекційного кута гіроскопічним способом визначають за допомогою гірокомпаса азимут істиний на орієнтир, потім, використовуючи зближення меридіанів  $\gamma$ , переходять до дирекційного кута:

$$\alpha = A - \gamma$$

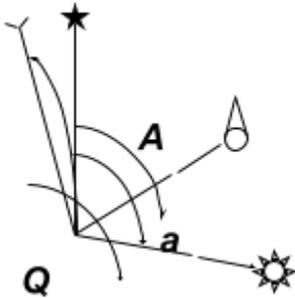
Принцип роботи гірокомпаса полягає у використанні властивості важкого гіроскопа (гіромаятника), розташованого на Землі, що обертається відносно своєї осі, здійснювати періодичні коливання відносно площини меридіана, що проходить через нього.

$$A = N_{cp} + \delta_{\phi}$$

$$N_{cp} = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

$\delta_{\phi}$  — формулярна поправка

### 8.1.3. Астрономічний спосіб.



Спосіб астрономічного орієнтування полягає у переході від азимута напрямку на світило до азимута, а потім і до дирекційного кута на орієнтирну точку:

$$A = a + Q,$$

де  $A$  – азимут орієнтирного напрямку;

$a$  – істиний азимут напрямку на небесне світило;

$Q$  – кут за годинниковою стрілкою в площині горизонту від напрямку на світило до напрямку на орієнтирну точку.

Рішення задачі по визначенню азимута напрямку на світило складає сутність способу астрономічного орієнтування.

