

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

**ТОПОГЕОДЕЗИЧНА ПРИВ'ЯЗКА
ЕЛЕМЕНТІВ
БОЙОВОГО ПОРЯДКУ АРТИЛЕРІЇ**

Навчальний посібник

За загальною редакцією П. Є. Трофименка

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету



Суми
Сумський державний університет
2020

УДК 358.1:623.642(075.8)

T58

Авторський колектив:

П. Є. Трофименко, кандидат військових наук;

А. І. Приходько, кандидат військових наук;

А. М. Кривошеєв, кандидат військових наук;

О. П. Мешков, кандидат військових наук

Рецензенти:

О. М. Загорка – доктор військових наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, головний науковий співробітник Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України (м. Київ);

О. П. Красюк – кандидат військових наук, доцент, полковник, заступник начальника Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного (м. Львів)

Рекомендовано до видання

вченою радою Сумського державного університету

як навчальний посібник

(протокол № 9 від 21 лютого 2019 року)

Топогеодезична прив'язка елементів бойового порядку артилерії : навч. посіб. / П. Є. Трофименко, А. І. Приходько, А. М. Кривошеєв, О. П. Мешков ; за заг. ред. П. Є. Трофименка. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 463 с. ISBN 978-966-657-793-4

У навчальному посібнику викладено основи будови топогеодезичних приладів і правил роботи на них, організації та проведення топогеодезичної прив'язки в артилерійських підрозділах ланки дивізіон – батарея.

Призначений для підготовки та проведення занять із тактичних і військово-технічних предметів. Він може бути корисним як науково-педагогічним працівникам і курсантам (студентам) військових навчальних закладів, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу, так і командирам артилерійських підрозділів сухопутних військ.

УДК 358.1:623.642(075.8)

© Трофименко П. Є., Приходько А. І.,
Кривошеєв А. М., Мешков А. П., 2020

ISBN 978-966-657-793-4

© Сумський державний університет, 2020

	ЗМІСТ	
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ		С. 7
ВСТУП		9
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ТОПОГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРИВ'ЯЗКИ В АРТИЛЕРІЇ		13
1.1. Завдання та види топогеодезичної прив'язки, вимоги до неї		13
1.2. Зміст топогеодезичної прив'язки позицій, пунктів і постів		18
1.3. Системи координат, застосовуваних в артилерії ..		23
1.4. Система кутових вимірювань		32
1.5. Сили та засоби топогеодезичної прив'язки		37
Висновки до розділу 1		38
Навчальний тренінг		39
РОЗДІЛ 2. ПРИЛАДИ ТА АПАРАТУРА ТОПОГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРИВ'ЯЗКИ		41
2.1. Перископічна артилерійська бусоль		41
2.2. Теодоліти		62
2.3. Артилерійські гірокомпаси		76
2.3.1. Загальні відомості про гірокомпаси		76
2.3.2. Артилерійський гірокомпас 1Г25-1		86
2.3.3. Артилерійський гірокомпас 1Г17		106
2.3.4. Артилерійський гірокомпас 1Г40		123
2.3.5. Гіроскопічна насадка 1Г51У «Чиж»		129
2.4. Квантовий топографічний далекомір КТД-1		159
2.5. Автономна апаратура топогеодезичної прив'язки .		168
2.5.1. Загальні відомості про автономну апаратуру топогеодезичної прив'язки		168
2.5.2. Апаратура топоприв'язки 1Т121-1		170
2.5.3. Апаратура топоприв'язки 1Т128		186

2.6. Візирні пристрої командирських машин і топоприв'язників	191
Висновки до розділу 2	192
Навчальний тренінг	193

РОЗДІЛ 3. ПРИЛАДИ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ. ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ

ГЕОДЕЗИЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ	196
3.1. Прилади для геодезичних обчислень	196
3.2. Основні елементи геодезичних обчислень	215
3.2.1. Перехід від дирекційного кута одного напрямку до дирекційного кута другого напрямку	216
3.2.2. Пряма геодезична задача	221
3.2.3. Обернена геодезична задача	229
3.2.4. Розв'язання трикутників	235
3.2.5. Визначення зближення меридіанів	245
3.2.6. Перетворення прямокутних координат із зони в зону	249
3.2.7. Поправка в дирекційний кут за перехід у суміжну зону	256
Висновки до розділу 3	260
Навчальний тренінг	261

РОЗДІЛ 4. ВИЗНАЧЕННЯ ДИРЕКЦІЙНИХ

КУТІВ ОРІЄНТИРНИХ НАПРЯМКІВ	263
4.1. Загальні положення	263
4.2. Геодезичний спосіб визначення дирекційних кутів	265
4.3. Гіроскопічний спосіб визначення дирекційних кутів	266
4.4. Астрономічний спосіб визначення дирекційних кутів	267
4.5. Визначення дирекційних кутів за допомогою магнітної стрілки бусолі	311

4.6. Передача дирекційних кутів орієнтирних напрямків	317
Висновки до розділу 4	322
Навчальний тренінг	322

РОЗДІЛ 5. ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ПОЗИЦІЙ І ПУНКТІВ НА ГЕОДЕЗИЧНІЙ

ОСНОВІ	325
5.1. Загальні положення	325
5.2. Ходи	326
5.3. Засічки	334
Висновки до розділу 5	349
Навчальний тренінг	349

РОЗДІЛ 6. ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ТОЧОК ЗА КАРТОЮ (АЕРОЗНІМКОМ)

6.1. Загальні положення	351
6.2. Визначення координат точок за картою (аерознімком) за допомогою приладів	354
6.3. Визначення координат точок за допомогою апаратури топоприв'язки	366
6.4. Визначення висот	374
Висновки до розділу 6	374
Навчальний тренінг	375

РОЗДІЛ 7. ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ЗА ДОПОМОГОЮ АПАРАТУРИ СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЇ

7.1. Загальні відомості про супутникові навігаційні системи	376
7.2. Апаратура супутникової навігації користувачів	379
Висновки до розділу 7	387
Навчальний тренінг	388

РОЗДІЛ 8. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ПІД ЧАС ЗДІЙСНЕННЯ ТОПОГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРИВ'ЯЗКИ	389
8.1. Робота командира та штабу артилерійського дивізіону з організації топогеодезичної прив'язки	389
8.2. Топогеодезична прив'язка елементів бойового порядку групами самоприв'язки	399
8.3. Контроль топогеодезичної прив'язки	407
Висновки до розділу 8	413
Навчальний тренінг	414
РОЗДІЛ 9. ТОПОГЕОДЕЗИЧНА ПРИВ'ЯЗКА В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ	416
9.1. Топогеодезична прив'язка вночі	416
9.2. Топогеодезична прив'язка в горах	418
9.3. Топогеодезична прив'язка взимку, в степах, у лісі та місті	419
Висновки до розділу 9	421
Навчальний тренінг	422
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	424
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	426
ДОДАТКИ	443
Додаток А. Умовні позначення, застосовувані на картах і схемах	444
Додаток Б. Таблиця поправок у відстань через нахил місцевості на приведення її до горизонту	446
Додаток В. Таблиці величин K , X_0 , Y_0 , m , n , Δ_{2x} , Δ_{2y} ..	447
Додаток Г. Завдання для тренування під час розв'язання топогеодезичних задач	452

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

<i>абр, ап</i>	– артилерійська бригада (полк)
<i>абатр, адн</i>	– артилерійська батарея (дивізіон)
АРГ	– артилерійська розвідувальна група
АТО	– антитерористична операція
АГ	– артилерійський гірокомпас
БЕЖ	– блок електроніки та живлення
БК	– блок керування
БПК	– блок перетворення інформації та керування
БРС	– блок розгону та стабілізації
БСП	– боковий спостережний пункт
ВП	– вогнева позиція
ВЧП	– високочастотний пристрій
ГБ	– гіроблок
ГВ	– гіровузол
ГКВ	– гірокурсказівник
ГККП	– гірокурсокренопоказчик
ГН	– гіроскопічна насадка
ДГМ	– державна геодезична мережа
ЗВО	– заклади вищої освіти
ЗІП	– запасний інструмент і прилади
КБ	– командир батареї
<i>квв</i>	– командир вогневого взводу
<i>кву</i>	– командир взводу управління
КДК	– кодовий датчик кута
КЕ	– контрольний елемент
КМУ	– командирська машина управління
КСП	– командно-спостережний пункт
КТД	– квантовий топографічний далекомір
ЛЦД	– лазерний цілевказівний далекомір
НШ	– начальник штабу
ОГЗ	– обернена геодезична задача
ОН	– основний напрямок

ООС	– операція об'єднаних сил
ор 31	– орієнтир № 31
ОТМ	– обчислювач топографічний модернізований
ПАБ	– перископічна артилерійська бусоль
ПАФ	– пристрій амортизаційно-фіксувальний
ПГЗ	– пряма геодезична задача
ПК	– пульт керування
п.к.	– поділка кутоміра
ПО	– прилад орієнтування
ПП	– повна підготовка
ПРП	– пересувний розвідувальний пункт
ПСП	– передовий спостережний пункт
ПУ	– пункт управління
ПУВД	– пункт управління вогнем дивізіону
ПУВбатр	– пункт управління вогнем батареї
РВ і А	– ракетні війська і артилерія
Р і СС	– розвідки і спряженого спостереження
РЛС	– радіолокаційна станція
РОУ	– район особливої уваги
РО	– режим основний
РСО	– режим самоорієнтування
СНАР	– станція наземної артилерійської розвідки
СГМ	– спеціальна геодезична мережа
СК	– слідкувальний корпус
СОБ	– старший офіцер батареї
СП	– спостережний пункт
СС	– спряжене спостереження
СУВ	– скрите управління військами
ТГП	– топогеодезична прив'язка
ТТХ	– тактико-технічні характеристики
ЧЕ	– чутливий елемент
ц	– ціль

ВСТУП

Артилерія упродовж своєї багатомісячної історії завжди була основною вогневою силою, яка забезпечувала успіх бою загальновійськових підрозділів. Із часу становлення артилерії як роду військ історія війн не знає прикладів, де б артилерія не відігравала вирішальної ролі в розгромленні противника [1, 20].

Наразі продовжується процес переозброєння, створення нових видів вітчизняної артилерійської зброї. Значного прогресу у своєму розвитку набули радіолокаційні, звукометричні, квантові та інші технічні засоби розвідки, топогеодезичної, метеорологічної, технічної та балістичної підготовки. Із надходженням до артилерійських підрозділів електронно-обчислювальної техніки істотно скоротився час на підготовку та ведення точного вогню.

Вивчення та аналіз досвіду бойових дій у зоні ООС (АТО) на Сході України свідчать про те, що ефективність стрільби артилерії значною мірою залежить від своєчасності та точності визначення геодезичної (топографічної) дальності й дирекційного кута напрямку позиція-ціль, висоти позиції та цілі. Зазначені величини можна визначити лише в тому разі, якщо відомі місцезнаходження (координати) позиції та цілі (об'єкта) [21, 22, 23].

Визначення координат цілі (об'єкта) здійснюють підрозділи артилерійської розвідки. Для забезпечення їх роботи необхідно мати точні координати спостережних пунктів, постів звукової розвідки, позицій радіолокаційних станцій та інших засобів розвідки.

На основі точних координат вогневої позиції й цілі (об'єкта) та з урахуванням поправок на умови стрільби розраховують дальність і дирекційний кут по цілі (об'єкту). Крім того, на вогневих позиціях потрібно зорієнтувати та навести гармати і прилади. Для наведення гармат і приладів

також необхідно мати орієнтирні напрямки на точки наводки (контурні точки) з визначеними дирекційними кутами.

Для виконання вказаних завдань у РВ і А здійснюються заходи топогеодезичної підготовки, складовою частиною якої є топогеодезична прив'язка елементів бойового порядку артилерійських підрозділів, під час якої визначають прямокутні координати та висоти позицій і пунктів, а також дирекційні кути орієнтирних напрямків. Своєчасність та висока точність визначення координат і дирекційних кутів значною мірою залежать від правильного вибору виду топоприв'язки, їх способів визначення, застосування якісних приладів та апаратури, глибокого знання будови приладів і методів роботи особового складу, вміння швидко готувати прилади до роботи, якісного проведення перевірки точності роботи апаратури, її налаштування та регулювання [4, 5, 9, 10].

За таких вимог до топогеодезичної підготовки РВ і А якість підготовки офіцерського складу в системі військової освіти стає пріоритетним напрямом, основним змістом якого повинні бути фундаментальні теоретичні знання та практичні навички щодо: топогеодезичної прив'язки вогневих позицій, спостережних пунктів, постів звукової розвідки, позицій радіолокаційних станцій; способів визначення координат і дирекційних кутів; методів опрацювання результатів вимірювань; можливостей приладів та апаратури топогеодезичної прив'язки, їх будови, порядку підготовки до роботи і застосування під час проведення топогеодезичних робіт.

Для ефективного виконання цих завдань офіцери-артилеристи повинні ґрунтовно вивчати зміст топогеодезичної підготовки та набувати досвіду вмілого її здійснення артилерійськими підрозділами в різних видах бойових дій, у складних умовах. Саме зміст цих завдань розкрито в нав-

чальному посібнику. Він розрахований на читачів, які мають відповідні знання з військової топографії, артилерійської розвідки, тактики і можуть самостійно вивчати те чи інше положення в цілому.

Актуальністю розроблення навчального посібника «Топогеодезична прив'язка елементів бойового порядку артилерії» є нагальна вимога часу. Видані раніше підручники та навчальні посібники «Топогеодезическая подготовка ракетных войск и артиллерии : учебник (Москва, Воениздат, 1982)», «Указания по работе на топогеодезических приборах ракетных войск и артиллерии Сухопутных войск (Москва, Воениздат, 1981)», «Топогеодезичне забезпечення ракетних військ і артилерії. НАОУ : навч. посіб (2002)» пройшли випробування часом і набулим досвідом їх застосування як у навчальному процесі ЗВО, так і командирами артилерійських підрозділів у військах. Деякі положення цих посібників застаріли та потребують уточнень. Крім того, підставою для написання навчального посібника «Топогеодезична прив'язка елементів бойового порядку артилерії» є введення в дію «Бойового статуту артилерії Сухопутних військ», ч. II та впровадження його в навчальний процес.

Навчальний посібник «Топогеодезична прив'язка елементів бойового порядку артилерії» розроблений та узгоджений відповідно до програм змістових модулів «Військова топографія», «Артилерійська розвідка» «Загальна тактика», «Бойове застосування артилерійських підрозділів», «Стрільба артилерії», «Бойова робота».

Навчальний посібник складається з 9 розділів, кожен із яких містить відповідний матеріал до перелічених змістових модулів. **У першому розділі** викладено завдання та види топогеодезичної прив'язки, вимоги до неї. **У другому розділі** розкрито призначення та будову приладів і апаратури топогеодезичної прив'язки. **У третьому розділі** викла-

дено основні елементи геодезичних обчислень. **У четвертому розділі** зазначено порядок визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків. **У п'ятому розділі** наведено порядок визначення координат позицій і пунктів на геодезичній основі із застосуванням «ходів» та «засічок». **У шостому розділі** розкрито порядок визначення координат точок за картою (аерознімком). **У сьомому розділі** показано порядок визначення координат елементів бойового порядку за допомогою апаратури супутникової навігації. **У восьмому розділі** розкрито роботу штабу дивізіону щодо організації топогеодезичної прив'язки. **У дев'ятому розділі** вказано порядок топогеодезичної прив'язки в особливих умовах. **У додатках** наведено умовні позначення, застосовувані на картах і схемах, допоміжні таблиці, а також завдання для тренування у розв'язанні топогеодезичних задач, що пояснюють і доповнюють роботу командирів артилерійських підрозділів щодо топогеодезичної прив'язки.

Навчальний посібник може бути корисним як науково-педагогічним працівникам ВЗВО під час підготовки до проведення занять зі слухачами та курсантами, так і офіцерам у військах під час організації та проведення бойової підготовки з артилерійськими підрозділами. Автори висловлюють щире подяку заслуженому діячеві науки і техніки України, доктору військових наук, професору Загорці О. М., кандидату військових наук, доценту Красюку О. П. за критичні зауваження, а також корисні поради, які вони дали під час підготовки навчального посібника та рецензування.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ТОПОГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРИВ'ЯЗКИ В АРТИЛЕРІЇ

1.1. Завдання та види топогеодезичної прив'язки, вимоги до неї

Топогеодезична прив'язка є складовою частиною топогеодезичної підготовки, що проводять у РВ і А. Під час топогеодезичної прив'язки визначають:

- прямокутні координати та абсолютні висоти позицій, пунктів і постів;
- дирекційні кути (геодезичні азимуты) орієнтирних напрямків.

За необхідності провішують основні напрямки стрільби, перетворюють координати позицій і пунктів з однієї зони в суміжну та визначають поправку в дирекційний кут за перехід у суміжну зону [4, 7].

З огляду на необхідність ефективного застосування частин і підрозділів артилерії в бою, до топогеодезичної прив'язки ставлять такі вимоги: **своєчасність, точність, надійність, прихованість.**

Своєчасність топогеодезичної прив'язки досягають за допомогою: завчасного забезпечення частин і підрозділів необхідними топогеодезичними даними; правильного вибору виду топогеодезичної прив'язки, способів визначення координат і дирекційних кутів орієнтирних напрямків; раціонального розподілення сил і засобів, залучених до виконання топогеодезичних робіт; своєчасного доведення завдань щодо виконання робіт; високого рівня підготовки особового складу.

Найбільш жорсткі вимоги до часу виконання топогеодезичних робіт ставлять під час розгортання артилерійських підрозділів із маршру (табл. 1.1).

Дані таблиці 1.1 одержані з аналізу послідовності робіт під час підготовки артилерійської батареї до ведення вогню.

Таблиця 1.1 – Вимоги до часу виконання топогеодезичних робіт на ВП під час розгортання артилерії з маршру

Вид артилерії	Час визначення, хв	
	координат	дирекційних кутів орієнтирних напрям- ків
Причіпна	10–15	6–10
Самохідна	4–5	3–5

Від *точності* топогеодезичних робіт значною мірою залежить ефективність вогню артилерії. Найвищої ефективності вогню досягають у разі стрільби по цілях без пристрілки на основі повної підготовки. Наразі повна підготовка є основним способом підготовки даних для стрільби. Значення серединних похибок топогеодезичної прив'язки, що задовольняють вимоги повної підготовки, наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Значення серединних похибок топогеодезичної прив'язки, що забезпечують виконання вимог повної підготовки

Підрозділ	Серединна похибка визначення		
	координат, м	дирекційних кутів, под. кут.	висот, м
Артилерійська розвідка	15	0-01	5
Нарізна артилерія	20	0-01	5
Міномети та реактивна артилерія	30	0-02	10

Необхідної точності топогеодезичних робіт досягають за допомогою застосування найбільш точних вихідних топогеодезичних даних і способів робіт, своєчасного та якісного вивіряння апаратури топогеодезичної прив'язки, кутомірних і далекомірних приладів, годинників, а також високої польової навченості особового складу.

Надійність топогеодезичних робіт характеризується відсутністю грубих похибок у їх результатах. Уникнути грубих помилок можливо методом проведення контролю топогеодезичної прив'язки.

Прихованість топогеодезичної прив'язки полягає в додержанні заходів маскуванню під час її виконання з метою не дати можливості противнику розкрити райони вогневих позицій та рубежі розгортання засобів артилерійської розвідки. Заходів щодо маскуванню топогеодезичних робіт потрібно додержуватися особливо під час виконання топогеодезичної прив'язки вночі, на відкритій місцевості та місцевості, спостережуваній противником.

Залежно від вихідних геодезичних даних, що застосовують для визначення координат позицій, постів і пунктів, розрізняють топогеодезичну прив'язку на геодезичній основі та за картою (аерознімком).

У процесі **топогеодезичної прив'язки на геодезичній основі** координати позицій, пунктів і постів визначають за допомогою кутомірних і далекомірних приладів щодо пунктів геодезичних мереж; дирекційні кути орієнтирних напрямків визначають гіроскопічним, астрономічним або геодезичним способом, а опрацювання результатів польових вимірювань – аналітичним методом.

Геодезичні мережі поділяють на державну геодезичну мережу (ДГМ), спеціальну геодезичну мережу (СГС) та артилерійську топогеодезичну мережу (АТГМ).

Державна геодезична мережа складається з мереж триангуляції, трилатерації та полігонометрії 1, 2, 3 і 4-го класів.

Усі пункти ДГМ закріплюють на місцевості підземними центрами. Над центрами встановлені наземні знаки у вигляді дерев'яних або металевих сигналів, пірамід і турів.

Дані щодо створення ДГМ відображають у каталогах. Кожен каталог містить пункти, розташовані на листі карти масштабу 1:200 000. У каталозі відображають найменування пунктів, їх тип, висоту знаку, тип центру, клас точності, прямокутні координати та абсолютні висоти, дирекційні кути сторін і найменування пунктів, на які вони визначені, а також довжину сторін.

Спеціальні геодезичні мережі створюють підрозділи військово-топографічної служби в позиційних районах і районах розгортання ракетних військ і артилерії методом згущення ДГМ. Пункти СГМ також закріплюються на місцевості підземними центрами і наземними знаками. Дані щодо створення СГМ відображають у списках координат пунктів СГМ. Характеристика точності геодезичних мереж наведена в таблиці 1.3.

Артилерійську топогеодезичну мережу створюють топогеодезичні підрозділи артилерійських частин зазвичай у масштабі артилерійської групи в районах вогневих позицій і на рубежах розгортання засобів артилерійської розвідки. Точки АТГС закріплюють на місцевості центрами – стовпами висотою близько 1 м і діаметром 8–10 см. Точки обкопують канавкою у формі квадрата зі стороною 1 м, а на деяких точках АТГС визначають дирекційні кути орієнтирних напрямків.

У процесі *топогеодезичної прив'язки за картою (аерознімком)* координати позицій, пунктів і постів визначають за допомогою приладів або автономної апаратури топогеодезичної прив'язки щодо контурних точок топографічних карт (аерознімка); дирекційні кути орієнтирних напрямків визначають гіроскопічним, астрономічним, геодезичним способами, за допомогою магнітної стрілки бусолі, або

передавання дирекційного кута кутовим ходом, одночасним відміченням за небесним світилом та за допомогою гірокурсовказівника апаратури топогеодезичної прив'язки; оброблення результатів польових вимірів здійснюють аналітичним, графоаналітичним або графічним методами.

Таблиця 1.3 – Характеристика геодезичних мереж

Тип мережі	Середня відстань між пунктами, км	Середньоквадратична похибка			
		координат, м	дирекц. кутів сторін	дирекц. кутів на ОРП	висот, м
Державна ГМ:	20–25	0,1	1-2"	7"	
1 клас	7–20	0,2	2"	7"	
2 клас	5–8	0,5	3"	7"	
3 клас	2–5	0,5	4"	7"	
4 клас					
Спеціальні ГМ:		1	15	15	2,5
СГМ-15		2,5	30	30	2,5
СГМ-30		5	60	60	5
СГМ-60					
АТГМ	5–10	5	0-00,5		

Для топогеодезичної прив'язки використовують карти масштабів 1:50 000, 1:100 000, а в деяких випадках і 1:25 000 за їх наявності.

За топографічною картою визначають координати вихідних (початкових, контурних) точок, висоти позицій, пунктів, постів і здійснюють контроль топогеодезичної прив'язки. Координати контурних точок визначають за допомогою циркуля-вимірювача та поперечного масштабу, а висоти – за горизонталями карти. Точність положення контурних точок і горизонталей наведено в таблиці 1.4.

Для місцевості, де недостатньо великомасштабних карт, військово-топографічна служба створює спеціальні карти з

координатами контурних точок зі щільністю не менш ніж одна точка на 10 км². Указані точки позначають кружками з підпису значень координат чотиризначними числами (одиниці кілометрів, сотні, десятки та одиниці метрів). Координати геодезичних пунктів вказують з округленням до 1 м, контурних точок – до 5 м.

Таблиця 1.4 – Точність положення КТ і горизонталей на картах

Вид і масштаб карти	Серединна похибка, м	
	положення контурних точок	положення горизонталей по висоті
Топографічні карти:		
1:25 000	10	2
1:50 000	20	4
1:100 000	40	6
Спеціальні карти з координатами контурних точок, масштаб 1:100 000:		
Координати визначені за картою масштабу 1:25 000	10	6
Координати визначені за картою масштабу 1:50 000	20	6

Абсолютні висоти позицій і пунктів визначають на рівнинній місцевості за картою, в гірській місцевості – за допомогою приладів щодо точок геодезичних мереж, а також контурних точок місцевості, висоти яких визначені надійно.

1.2. Зміст топогеодезичної прив'язки позицій, пунктів і постів

У результаті проведення топогеодезичної прив'язки одержують прямокутні координати та абсолютні висоти вогневих позицій, спостережних пунктів, постів і позицій за-

собів артилерійської розвідки, а також дирекційні кути орієнтирних напрямків. Але в реаліях бойового застосування підрозділів є особливості як у змісті топогеодезичної прив'язки, так і в її проведенні.

Розглянемо зміст топогеодезичної прив'язки артилерійських підрозділів.

Під час топогеодезичної прив'язки вогневої позиції (рис. 1.1) визначають:

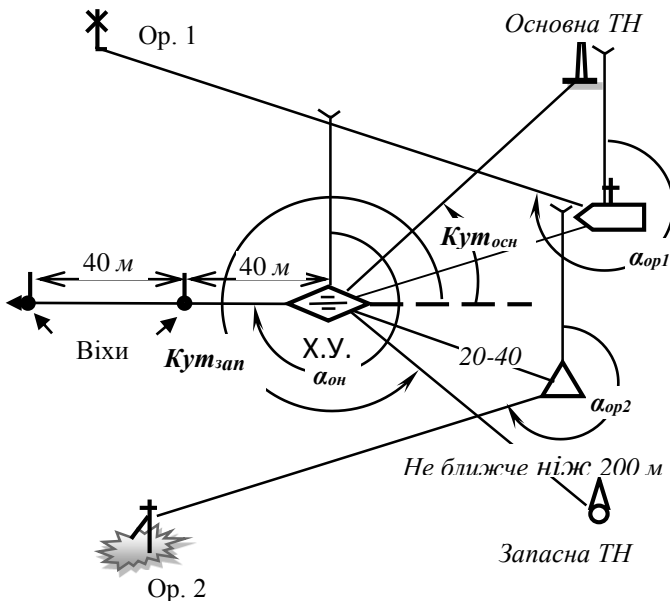


Рисунок 1.1 – Зміст топогеодезичної прив'язки ВП

- прямокутні координати X , Y і абсолютну висоту h точки стояння основної гармати;
- кутоміри за основною та запасною точками наведення з точки розміщення основної гармати;

– дирекційні кути одного-двох орієнтирних напрямків із точки розміщення бусолі (командирської машини) старшого офіцера батареї. Крім того, у ряді випадків може бути провішений основний напрямок стрільби із точки розміщення основної гармати.

Під час топогеодезичної прив'язки спостережного пункту (рис. 1.2) визначають:

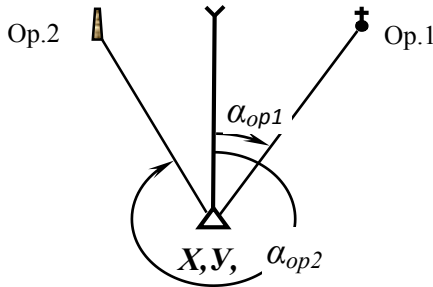


Рисунок 1.2 – Зміст топогеодезичної прив'язки спостережного пункту

– прямокутні координати X , Y і абсолютну висоту h ;
– дирекційні кути орієнтирних напрямків на один – два віддалених орієнтири з точки розміщення бусолі (далекоміра).

Під час проведення **топогеодезичної прив'язки пунктів спряженого спостереження** (рис. 1.3 а) визначають:

– прямокутні координати X , Y і абсолютну висоту h обох пунктів;

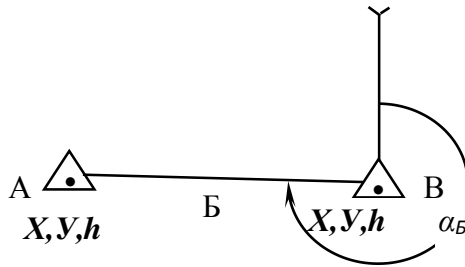
– довжину бази (відстань між пунктами) B ;

– дирекційний кут бази α_B (дирекційний кут із правого на лівий пункт спряженого спостереження).

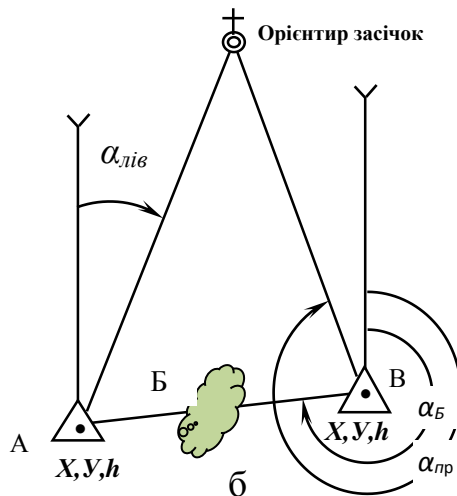
За відсутності взаємної видимості між пунктами визначають дирекційний кут із кожного пункту на загальний орієнтир (рис. 1.3 б).

Топогеодезична прив'язка підрозділів звукової розвідки (рис. 1.4) містить:

- визначення прямокутних координат X , Y і абсолютної висоти h точки розбивки акустичної бази;
- розбивку плечей кожної акустичної бази;
- визначення дирекційного кута директрис кожної акустичної бази.



а



б

Рисунок 1.3 – Зміст топогеодезичної прив'язки пунктів СС за відсутності видимості між пунктами

Під час топогеодезичної прив'язки **позиції радіолокаційної станції** (рис. 1.5) визначають:

- прямокутні координати X , Y і абсолютну висоту h місцеположення станції;
- дирекційні кути з позиції станції на 1–2 віддалених орієнтири.

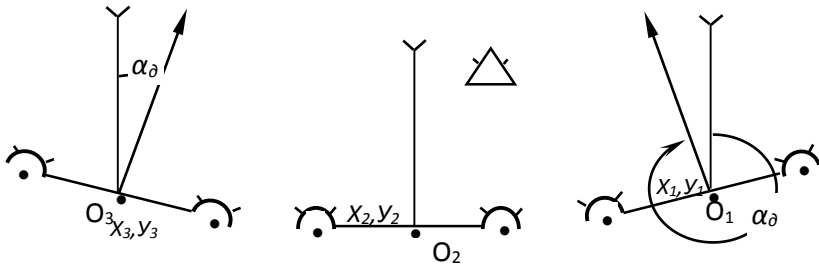


Рисунок 1.4 – Зміст топогеодезичної прив'язки підрозділу звукової розвідки

У разі, коли в умовах видимості з позиції станції не спостерігають орієнтири, то на відстані 40–50 м від позиції вибирають точку, закріплюють її кілочком, установлюють над ним кутомірний прилад і визначають дирекційні кути за орієнтирами та передають орієнтування на станцію.

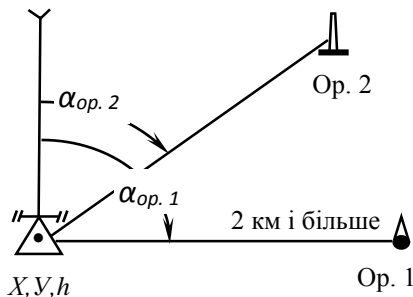


Рисунок 1.5 – Зміст топогеодезичної прив'язки РЛС

1.3. Системи координат, застосовуваних в артилерії

Система координат – це сукупність ліній та площин, орієнтованих певним чином у просторі, щодо яких визначають місцезнаходження точок (об'єктів, цілей).

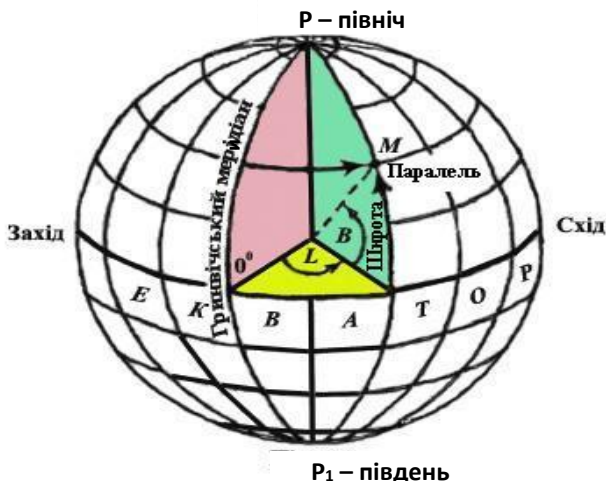
Координатами називають кутові або лінійні величини (числа), які позначають положення точки на будь-якій поверхні чи у просторі.

В артилерії застосовують такі системи координат: географічні, плоскі прямокутні, полярні, біполярні.

Система географічних координат

Система географічних координат поєднує дві системи координат: геодезичні та астрономічні.

Геодезичні координати (рис. 1.6) визначають положення точки на поверхні еліпсоїда. За основні координатні лінії беруть геодезичні меридіани та паралелі.



Рисуюнок 1.6 – Геодезичні координати

Геодезичним меридіаном даної точки називається переріз еліпсоїда площиною, що проходить через дану

точку M і полярну вісь PP_1 . У цій площині лежать нормалі усіх точок меридіана.

Геодезичною паралеллю називається переріз еліпсоїда площиною, що проходить через дану точку M перпендикулярно до його полярної вісі. Паралель, що проходить через центр еліпсоїда, називається **екватором**.

Положення будь-якої точки на поверхні еліпсоїда визначають перетином меридіана та паралелі: положення меридіана – географічна довгота, а паралелі – геодезична широта.

Геодезичною широтою B (рис. 1.6) називається кут, що утворюється нормаллю до поверхні еліпсоїда в даній точці та площиною екватора. Інакше визначають широту як відстань від екватора до будь-якої точки на земній поверхні, виражену в градусах. Змінюється вона від 0° (на екваторі) до 90° (на полюсах). При цьому в Північній півкулі широта буде північною, а в Південній півкулі – південною. Північна широта має знак «+», південна – знак «-». Усі точки, розташовані на одній паралелі, мають однакову географічну широту. На глобусі паралелі підписують на нульовому і 180° меридіанах, на картах – на бічних рамках.

Геодезичною довготою L називається двограний кут, утворений площиною меридіана даної точки та площиною початкового (нульового) меридіана. Інакше можна визначити довготу як кутову відстань точки від початкового меридіана. За початковий узято меридіан, що проходить через Гринвіцьку обсерваторію в передмісті Лондона. У східному напрямку на від початкового меридіана довгота східна, а на захід – західна. Вона змінюється від 0 до 180° . Східна довгота має знак «+», західна – знак «-». Усі точки, розташовані на одному меридіані, мають однакову довготу. На глобусі та картах півкуль меридіани підписують на екваторі, на інших картах – на верхній і нижній рамках.

Геодезичним азимутом A називається кут, утворений північним напрямком геодезичного меридіана, що проходить через дану точку, та будь-яким напрямком, що виходить із даної точки. Його відраховують від північного напрямку геодезичного меридіана за ходом годинникової стрілки до даного напрямку. Він може набувати значення від 0 до 360° .

Система геодезичних координат єдина для всієї поверхні еліпсоїда. Вона покладена в основу розграфлювання листів топографічних карт, межами яких є меридіани й паралелі.

За геодезичними координатами здійснюють розрахування відстані та дирекційних кутів на великі дальності (сотні кілометрів). Під час розв'язання задач, пов'язаних із топогеодезичною прив'язкою, геодезичні координати використовують для визначення дирекційних кутів з астрономічних спостережень і гіроскопічним способом.

Визначення геодезичних координат здійснюють таким способом (рис. 1.7):

а) з точки (відм. 109,8), координати якої визначають, опускають перпендикуляр на вертикальну лінію рамки карти і зчитують у лівому (правому) кутку карти широту B нижньої паралелі карти ($50^\circ 00'$), за меридіаном угору підраховують хвилини й секунди. У нашому прикладі:

$$B = 50^\circ 02' 30'';$$

б) аналогічно визначають довготу: опускають перпендикуляр на горизонтальну лінію рамки карти та зчитують у лівому нижньому (верхньому) її кутку довготу L лівого меридіана карти ($31^\circ 00'$) і за горизонталлю праворуч підраховують за відрізками хвилини, а за точками – секунди. У нашому прикладі:

$$L = 31^\circ 06' 03''.$$

Астрономічні координати визначають положення точки на поверхні геоїда за *астрономічною широтою ϕ* і *довготою λ* .

Астрономічну широту визначають безпосередньо за результатами спостереження небесних світил, а астрономічну довготу – за результатами визначення різностей часу на один і той самий фізичний момент на нульовому меридіані та меридіані точки, довготу якого визначають.

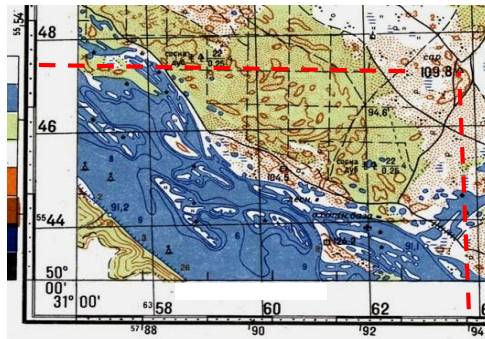


Рисунок 1.7 – Визначення геодезичних координат

Прямокутна система координат

Топографічна карта – вимірювальний документ. Вона є джерелом достовірної числової інформації про розміри площ, відстані, величини кутів та азимутів. Для забезпечення такої достовірності, спотворення не повинні перевищувати похибки графічних вимірювань за картою. Виконання цієї умови досягають методом проектування еліпсоїда на площину за частинами, величина яких забезпечує встановлений мінімум спотворень.

Найбільше цим вимогам відповідає рівнокутна поперечно-циліндрична проекція німецького математика Гауса, запропонована ним у 1825–1830 рр. У 1912 р. Крюгер розробив деталі застосування та робочі формули для обчислень у

цій проекції. За іменами цих двох учених проекція була названа проекцією Гауса – Крюгера.

Сутність проекції Гауса – Крюгера полягає в тому, що референс-еліпсоїд розрізають за меридіанами на 60 частин (рис. 1.8). Кожну частину називають зоною, вона являє собою сфероїдальний двокутник, витягнутий у напрямі північ-південь та обмежений меридіанами з інтервалом за довготою в 6° .

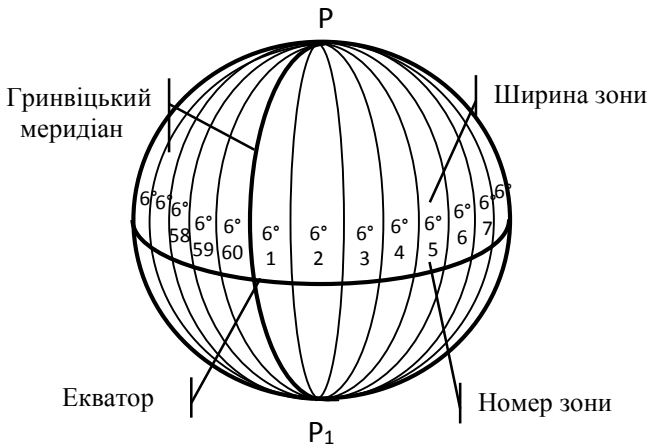


Рисунок 1.8 – Розподіл земного еліпсоїда на зони

Гринвіцький меридіан обмежує першу зону із заходу. Середній меридіан зони називається осьовим. Його довготу позначають L_0 і розраховують за формулою

$$L_0 = 6^\circ n - 3^\circ, \quad (1.1)$$

де n – номер зони.

Кожну зону проєктують із центру еліпсоїда на поверхню циліндра (рис. 1.9), що є дотичним до осьового меридіана.

У цьому разі виконують умову рівності кутів, тобто умову зображення кутів без спотворень. Вісь циліндра роз-

ташовують у площині екватора. Указаний спосіб проектування започаткував назву проекції: рівнокутна поперечно-циліндрична. Потім циліндр розрізають за утворюючими і розгортають у площину.

За умови зображення зони на площині (рис. 1.10) тільки дві криві лінії еліпсоїда перетинаються під прямим кутом: осьовий меридіан зони та екватор. Тому в прямокутній системі координат осьовий меридіан зони вважають за вісь абсцис (X), а екватор – за вісь ординат (Y). Точка перетину цих ліній є початком відліку координат.

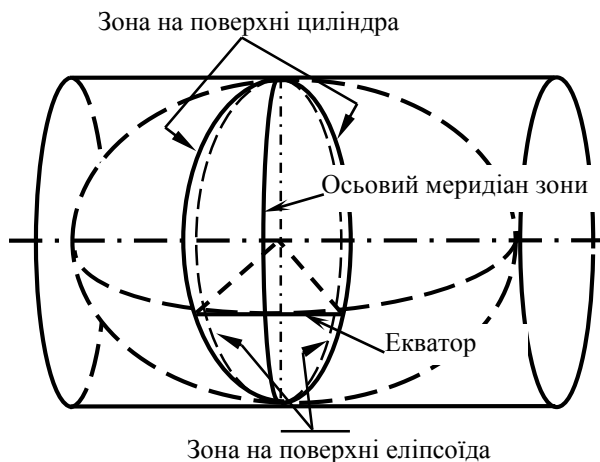


Рисунок 1.9 – Проекція Гауса – Крюгера на поперечному циліндрі

Кожна зона має свою власну систему прямокутних координат. Цю обставину потрібно враховувати під час дій на стику двох суміжних зон і під час стрільби на великі відстані, коли ціль розташована в суміжній зоні.

Територія України розташована в Північній півкулі, тому під час обчислення значень координат не має негативних абсцис. Для того, щоб під час обчислення не мати негативних ординат, початку координат точки O присвоюють

позитивну координату 500 км. Отже, з урахуванням того, що ширина половини зони становить приблизно 333 км, нульова точка відліку координат $0'$ буде розташована за межами зони (рис. 1.10).

Для зручності визначення координат на всіх картах нанесена координатна сітка. На картах масштабу 1:25 000 і 1:50 000 сітка нанесена через 1 км, на картах масштабу 1:100 000 – через 2 км (рис. 1.11), на картах масштабу 1:200 000 – через 4 км. Під час оцифрування координатної сітки на карті попереду (ліворуч) ординати зазначають номер зони.

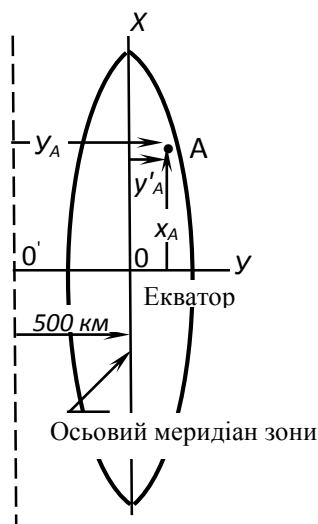


Рисунок 1.10 – Прямокутні координати в зоні

Для визначення координат точки (цілі, об'єкта) необхідно:

а) під час визначення координати X :

- зчитати в лівому (правому) кутку карти тисячі й сотні кілометрів за першою горизонтальною лінією (дрібний шрифт);
- зчитати число по горизонтальною лінією в якому квадраті знаходиться точка (десятки й одиниці кілометрів);
- за допомогою циркуля-вимірювача та поперечного масштабу визначити відстань від горизонтальної лінії, що знаходиться нижче від точки за вертикаллю до даної точки (метри);

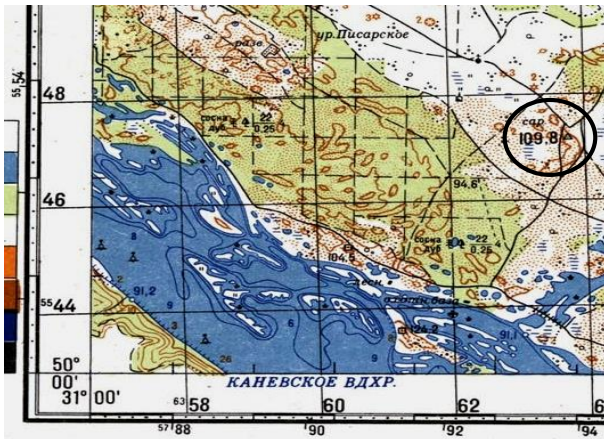


Рисунок 1.11 – Оцифровування координатної сітки карти

б) під час визначення координати U :

- у правому (лівому) кутку карти зчитати номер зони й сотні кілометрів;
- зчитати число за вертикальною лінією в якому квадраті знаходиться точка (десятки й одиниці кілометрів);
- за допомогою циркуля-вимірювача та поперечного масштабу визначити відстань від вертикальної лінії, що знаходиться лівіше від точки за горизонталлю до даної точки (метри).

Приклад 1. *Визначити прямокутні координати точки (рис. 1.11) вис. 109,8(4662).*

Розв'язання:

1. *Визначаємо X: у лівому кутку карти зчитуємо – 55, квадрат – 46, відстань від лінії 46 до точки – 590 м. Отже, $X = 5\ 546\ 590$, що означає, що точка знаходиться на відстані 5 546 кілометрів і 590 метрів від екватора.*

2. *Визначаємо Y: в лівому кутку карти за горизонталлю зчитуємо № зони й сотні кілометрів – 63, квадрат – 62, відстань від вертикальної лінії 62 до точки визначаємо за допомогою циркуля-вимірювача та поперечного масштабу – 880 м. Отже, $Y = 6\ 362\ 880$, це означає, що точка знаходиться в 6 зоні, на відстані 362 км і 880 м від осьового меридіана зони, що умовно винесений на 500 км на захід.*

Номер зони може бути позначений однією цифрою (1–9), або двома (10–60). Територія України розташована в 5 і 6 зонах.

У практиці геодезичних обчислень іноді необхідно знати дійсну величину ординати (Y_0) щодо точки перетинання осьового меридіана зони з екватором. Перехід від Y до Y_0 здійснюють за формулою

$$Y_0 = Y - 500 \text{ км.} \quad (1.2)$$

У нашому прикладі $Y_0 = 362 \text{ км } 880 \text{ м} - 500 \text{ км} = -137 \text{ км } 120 \text{ м}$. Це означає, що точка знаходиться в західній частині зони на відстані 137 км 120 м від осьового меридіана зони.

Полярні та біполярні координати

Полярні координати – величини, що визначають положення точки на площині щодо вихідної точки, взятої за полюс (P) (рис. 1.12). Такими величинами є кут положення (a), відрахований від напрямку полярної осі, та відстань (D) від полюса (початкової точки) до визначеної точки.

Полюсами можуть бути спостережні пункти, вогневі позиції, пости та пункти засобів розвідки, початкові (контурні точки), а кутом положення – дирекційний кут (відлік, або доворот від напрямку).

Ці координати застосовують під час проведення топогеодезичної прив'язки, засічок цілей, цілепоказання.

Біполярні координати (рис. 1.13) також визначають положення точки на площині, але з двох точок (полюсів).

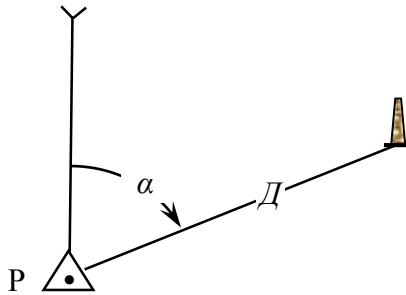


Рисунок 1.12 – Полярні координати

Біполярні координати застосовують під час топогеодезичної прив'язки під час визначення координат засічками, засічок цілей із пунктів спряженого спостереження.

Місцезнаходження точки (цілі) зазначають двома величинами: дирекційними кутами ($\alpha_{\text{пр}}$, $\alpha_{\text{лів}}$), або відліками від напрямку бази (кути А і В), або відстанями ($D_{\text{пр}}$, $D_{\text{лів}}$).

1.4. Система кутових вимірювань

Підготовка стрільби та ведення самої стрільби пов'язані з необхідністю вимірювання кутів.

Загальноприйняті одиниці вимірювання кутів – градуси, хвилини, секунди та радіани.

Градусом називають центральний кут, довжина дуги

якого дорівнює $1/360$ частини довжини кола. Для більш точних розрахунків кожен градус поділяють на 60 кутових хвилин, а кожен хвилину на 60 кутових секунд. Ця система вимірювання кутів забезпечує високу їх точність, але під час проведення розрахунків у польових умовах є незручною.

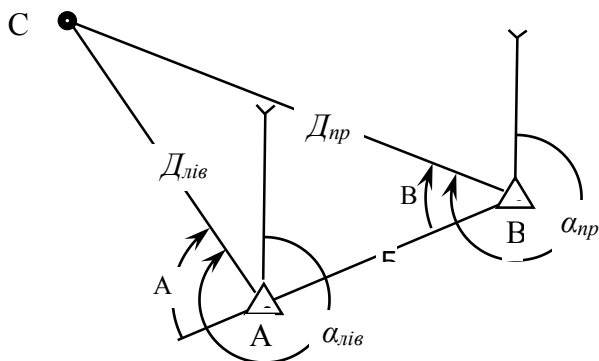


Рисунок 1.13 – Біполярні координати

Тому в артилерії за одиницю кутових одиниць беруть поділку кутоміра (рис. 1.14).

Якщо радіуса R поділити на 6 000 однакових центральних кутів і точки поділу з'єднати з центром кола, то одержимо 6 000 однакових центральних кутів

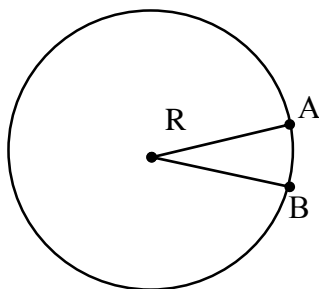


Рисунок 1.14 – Суть поділки кутоміра

Центральний кут, довжина дуги якого дорівнює $1/6000$ частини довжини кола, називається поділкою кутоміра:

$$\sphericalangle AB = \frac{2\pi R}{6000} = \frac{1}{955}R \approx 0,001R. \quad (1.3)$$

Отже, центральний кут, який опирається на дугу АВ, що дорівнює $0,001R$ і є поділкою кутоміра: 1 п. к. = 1 тис. і його записують так: 0-01.

Для зручності передавання кута в поділках кутоміра сотні поділок вимовляють окремо від десятків та одиниць.

Наприклад, 53 поділки кутоміра – записують 0-53, вимовляють – нуль п'ятдесят три; 478 п. к. – записують 4-78, вимовляють – чотири сімдесят вісім; 1 520 п. к. – записують 15-20, вимовляють – п'ятнадцять двадцять; 5 685 п. к. – 56-85, п'ятдесят шість вісімдесят п'ять.

Значення поділки кутоміра до риски (тисячі і сотні) називають великими поділками кутоміра (впк), а після риски (десятки і одиниці) – малими поділками кутоміра (мпк). Малою поділкою кутоміра називають одну поділку кутоміра (одну тисячну). Великою поділкою кутоміра називають кут в 100 малих поділок кутоміра: 1 впк = 100 мпк = 1-00.

Під час проведення практичних розрахунків зручно припускати, що довжина дуги, яка відповідає куту в одну поділку кутоміра, дорівнює $1/1\ 000$ радіуса, яким проведено коло. Тому поділку кутоміра називають ще «тисячною». У коло входить 6 000 поділок кутоміра або 6 000 «тисячних».

Установимо співвідношення градусів, хвилин з поділками кутоміра.

Коло містить 360^0 або $21600'$, тому одна поділка кутоміра дорівнює $21\ 600/6\ 000 = 3,6'$; одна велика поділка кутоміра дорівнює $3,6 \cdot 100 = 360' = 6^0$.

Один градус дорівнює $6\ 000/360 = 16,67$ п. к. $\approx 0-17$.

Для орієнтування гармат, приладів, засічки цілей в артилерії застосовують такі кути (рис. 1.15): істинний (геодезичний) азимут, магнітний азимут, дирекційний кут, кутомір, доворот від основного напрямку, відлік.

Істинним (геодезичним) азимутом (A) називають кут, відрахований від північного напрямку геодезичного меридіана за ходом годинникової стрілки до напрямку на орієнтир (ціль, місцевий предмет).

Магнітним азимутом (Am) називають кут, відрахований від північного напрямку магнітного меридіану за ходом годинникової стрілки до напрямку на орієнтир (ціль, місцевий предмет).

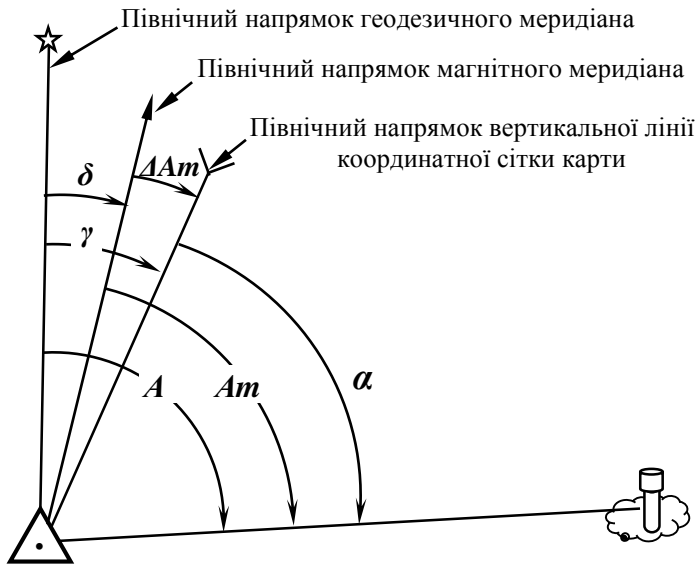


Рисунок 1.15 – Початкові напрямки та кути, застосовувані в артилерії

Дирекційним кутом (α) називають кут, відрахований від північного напрямку вертикальної лінії координатної сітки карти за ходом годинникової стрілки до напрямку на орієнтир (ціль, місцевий предмет).

Кутоміром ($K_{\text{осу}}$) (рис. 1.16) називають горизонтальний кут, відрахований від зворотного напрямку каналу

ствола наведеної гармати проти ходу годинникової стрілки до напрямку на точку наводки. Змінюється від 0 до 60-00.

Кутомір, за якого гармата наведена в основний напрямок стрільби, називають основним кутоміром.

Для здійснення вимірювань під час топогеодезичної прив'язки для орієнтування гармат і приладів потрібні дирекційні кути орієнтирних напрямків. Під час роботи на місцевості за допомогою приладів визначають спочатку істинні або магнітні азимути, а потім переходять до дирекційного кута.

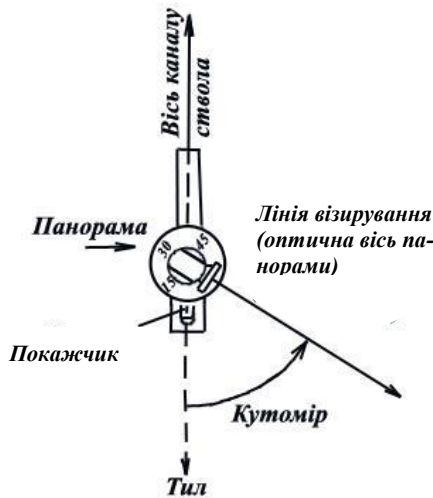


Рисунок 1.16 – Кутомір

Згідно з аналізом рисунка 1.15 видно, що від істинного азимута до дирекційного кута можна перейти за формулою

$$\alpha = A - \gamma, \quad (1.4)$$

де γ – зближення меридіанів.

Від магнітного азимута до дирекційного кута переходять за допомогою поправки бусолі ΔAm

$$\alpha = Am - \Delta Am. \quad (1.5)$$

Взаємозв'язок між азимутом істинним та азимутом магнітним виражають формулами

$$Am = A - \delta, \quad A = Am + \delta, \quad (1.6)$$

де δ – магнітне схилення.

Сутність зближення меридіанів, поправки бусолі та магнітного схилення буде розкрито під час розгляду питань визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків.

1.5. Сили та засоби топогеодезичної прив'язки

Топогеодезичну прив'язку в артилерійських підрозділах виконують штатні сили і засоби. Артилерійські дивізіони самохідної артилерії озброєні комплексами командирських машин управління (КМУ) 1В12-1 або 1В12М, а дивізіони причіпної артилерії – комплексами 1В17-1.

Командирські машини управління комплексу 1В12-1 оснащені автономною апаратурою топоприв'язки 1Т121-1, гірокомпасом 1Г25-1, далекоміром ДСП-30, бусоллю ПАБ-2А. Крім того, в КМУ командира дивізіону та командира батареї для топоприв'язки використовують квантовий далекомір 1Д11М, а в КМУ старшого офіцера батареї – візир ПВ-1.

Командирські машини управління вогнем комплексу 1В12М оснащені апаратурою топоприв'язки 1Т128, гірокомпасом 1Г40, далекоміром ДСП-30, бусоллю ПАБ-2АМ. Крім того, в КМУ командира дивізіону і командира батареї для топоприв'язки використовують квантовий далекомір 1Д15, а в КМУ старшого офіцера батареї – візир ПВ-1.

Командирські машини управління командирів дивізіону та батареї комплексу 1В17-1 оснащені апаратурою топоприв'язки у складі курсопрокладника КП-4, курсової системи «Маяк» і механічного датчика швидкості, далекоміром ДСП-30, бусоллю ПАБ-2А. Крім того, в КМУ командира

дивізіону та командира батареї для топоприв'язки використовують квантовий далекомір 1Д11М.

КМУ старшого офіцера батареї 1В110-1 оснащена апаратурою топоприв'язки 1Т121-1, гірокомпасом 1Г17, далекоміром ДСП-30, бусоллю ПАБ-2А і візіром ПВ-1.

Під час завчасної підготовки бойових порядків артилерії в райони розгортання вогневих позицій і на рубіж спостережних пунктів висилають артилерійські розвідувальні групи, до складу яких входять групи самоприв'язки із завданням вибору та топогеодезичної прив'язки вогневої позиції (спостережного) пункту.

Топогеодезичний взвод організаційно входить до складу ракетних і артилерійських частин. Він призначений для проведення топогеодезичної прив'язки позицій і постів артилерійської розвідки, вогневих і стартових позиції, а також для контролю та підвищення точності топогеодезичної прив'язки.

У складі взводу можуть бути топогеодезичні відділення та відділення топоприв'язників. У топогеодезичному відділенні на озброєнні є бусоль ПАБ-2А, теодоліт, квантовий топографічний далекомір і прилади для оброблення результатів вимірів. У відділенні на озброєнні топоприв'язники УАЗ-452Т або ГАЗ-66Т2.

Висновки до розділу 1

У цьому розділі розкриті загальні положення щодо топогеодезичної прив'язки в артилерійських підрозділах, наведені засоби її здійснення.

Офіцер-артилерист повинен чітко розуміти завдання та види топогеодезичної прив'язки, знати зміст топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку, уміти працювати на всіх приладах ТГП.

Одним із найважливіших факторів, від якого залежить

успішне вирішення завдань із вогневого ураження противника як в обороні, так і в наступі є своєчасність та якість виконання заходів топогеодезичної прив'язки позицій, пунктів і постів. Ось чому командири артилерійських підрозділів повинні постійно вдосконалювати свої знання з основ топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку артилерійських підрозділів.

Навчальний тренінг

Основні терміни та поняття

Бойове застосування артилерії, види топогеодезичної прив'язки, топографічна карта, позиція, пункт, пост, система координат, система кутових вимірів, дирекційний кут, магнітний азимут, сили й засоби топогеодезичної прив'язки, своєчасність, надійність, скритність, точність ТПП, бойовий порядок.

Питання для повторення та самоконтролю

- 1. Зміст топогеодезичної прив'язки ВП, КСП, пунктів СС, позицій РЛС та підрозділу звукової розвідки.*
- 2. Вимоги до топогеодезичної прив'язки.*
- 3. Види топогеодезичної прив'язки та їх суть.*
- 4. Системи координат, що застосовують в артилерії.*
- 5. Суть геодезичної системи координат.*
- 6. Суть прямокутної системи координат.*
- 7. Полярні координати, їх суть та умови застосування.*
- 8. Суть біполярних координат точок.*
- 9. Суть поділки кутоміра. Формула для визначення розміру об'єкта або відстані до об'єкта.*
- 10. Початкові напрямки та кути, застосовувані в артилерії.*
- 11. Істинний і магнітний азимут, дирекційний кут, та зв'язок між ними.*

12. *Склад приладів топогеодезичної прив'язки КМУ командира батареї 1В14-1.*

13. *Склад приладів топогеодезичної прив'язки КМУ СОБ 1В13-1.*

14. *Склад приладів топогеодезичної прив'язки КМУ командира батареї 1В14М.*

15. *Склад приладів топогеодезичної прив'язки КМУ СОБ 1В13М.*

16. *Склад приладів топогеодезичної прив'язки КМУ командира батареї 1В18-1.*

17. *Склад приладів топогеодезичної прив'язки КМУ СОБ 1В110-1.*

Завдання для самопідготовки

1. *Накреслити схему ТПП ВП батареї 2С3М.*

2. *Накреслити схему ТПП КСП командира садн 2С1.*

Теми для написання рефератів

1. *Яка роль належить топогеодезичній підготовці в бойовому забезпеченні артилерійських підрозділів?*

2. *Сучасні підходи щодо організації топогеодезичної підготовки в локальних війнах та воєнних конфліктах.*

3. *Перспективні засоби та способи проведення топогеодезичної підготовки.*

4. *Завдання з топогеодезичної підготовки, що виконують в артилерії країн НАТО.*

РОЗДІЛ 2

ПРИЛАДИ ТА АПАРАТУРА ТОПОГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРИВ'ЯЗКИ

2.1. Перископічна артилерійська бусоль

Перископічна артилерійська бусоль ПАБ-2АМ (ПАБ-2А) призначена для визначення азимутів орієнтирних напрямків, орієнтування гармат та приладів, для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, кутів нахилу та відстаней під час виконання топогеодезичної прив'язки [7, 8, 11].

Основні ТТХ перископічної артилерійської бусолі

Збільшення монокуляра	8×
Поле зору	0-83 (5°)
Межі вимірювання кутів:	
– горизонтальних	±60-00 (360°)
– вертикальних	±3-00(±18°)
Ціна найменшої поділки:	
– кутомірного та бусольного кілець	1-00
– кутомірного та бусольного барабанів	0-01
– відлікової шайби монокуляра	1-00
– барабана вертикального наведення монокуляра	0-01
Перископічність	350 мм
Межі вимірювання відстані по рейці	50 ÷ 400 м
Вага приладу у футлярі	5,2 кг
Вага триноги	3,4 кг
Вага повного комплекту	11,5 кг

До комплекту ПАБ-2АМ входять: бусоль, тринога, азимутальна насадка АНБ-1, футляр приладу, акумулятор із приладами для освітлення, перископ у футлярі, ЗІП, далекомірна рейка, документація.

Основними частинами бусолі (рис. 2.1) є: вертикальна вісь-шестірня з кульовою п'ятою 2; корпус установлювального черв'яка 6; орієнтир-бусоль 22; корпус відлікового черв'яка 29; монокуляр 10.

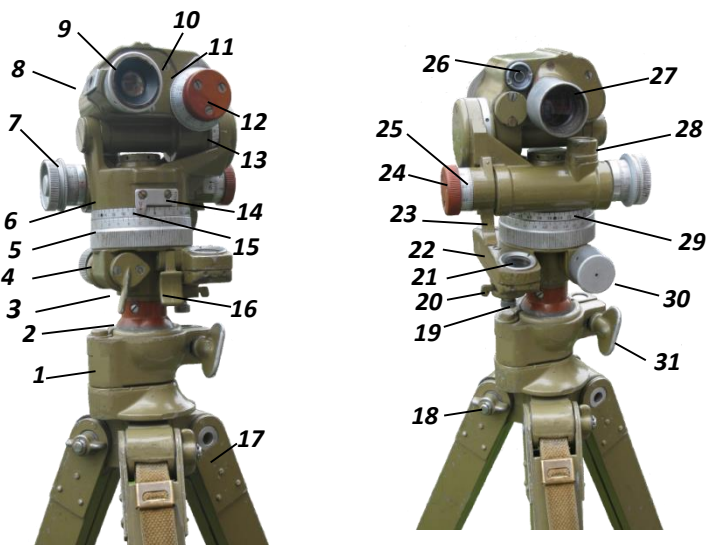


Рисунок 2.1 – Перископічна артилерійська бусоль:

1 – чаша триноги; 2– кульова п'ята вертикальної осі-шестірні; 3 – відводка установлювального черв'яка; 4 – корпус установлювального черв'яка; 5 – кутомірне кільце, 6 – корпус відлікового черв'яка; 7 – барабанчик кутомірної шкали; 8 – вікно освітлення кутомірної сітки; 9 – окуляр; 10 – монокуляр; 11 – шкала вертикальних кутів; 12 – маховичок вертикальної наводки; 13 – відлікова шайба; 14 – індекс «Б»; 15 – індекс «У»; 16 – важіль гальма кутомірного кільця; 17 – висувна ніжка; 18 – затискний гвинт ніжки; 19 – стопор магнітної стрілки; 20 – важілець запобіжника; 21 – вікно для спостереження магнітної стрілки; 22 – орієнтир-бусоль; 23 – важіль відлікового черв'яка; 24 – маховичок відлікового черв'яка; 25 – барабанчик бусольної шкали; 26 – патрон осушення; 27 – об'єktiv; 28 – кульовий рівень; 29 – бусольне кільце; 30 – маховичок установлювального черв'яка; 31 – затискний гвинт

Вертикальна вісь-шестірня з кульовою п'ятою, корпус установлювального черв'яка з основною шестірнею та орієнтир-бусоль становлять нижню частину бусолі, що після орієнтування приладу залишається нерухомою.

Корпус відлікового черв'яка з монокуляром становить верхню частину бусолі, що обертається під час роботи щодо нижньої частини на трубчастій осі основної шестірні.

Вертикальна вісь-шестірня поєднує всі частини бусолі. У нижній частині осі закріплена кульова п'ята, за допомогою якої бусоль закріплюють у затискній чаші триноги. Плавного обертання бусолі навколо вертикальної осі-шестірні досягають за допомогою обертання маховичка установлювального черв'яка. Для швидкого повороту бусолі від руки установлювальний черв'як вимикають методом натискання на важіль відводки.

Корпус відлікового черв'яка вільно надітий на трубчасту вісь основної шестірні та з'єднаний із шестірнею за допомогою черв'яка, змонтованого в корпусі. У верхній частині корпусу є кронштейни для встановлення монокуляра та приливки для кріплення оправу кульового рівня. Під час обертання відлікового черв'яка верхню частину бусолі повільно повертають навколо вертикальної осі.

Під час натискання на важіль відводки черв'як виходить із зачеплення з основною шестірнею, завдяки чому верхню частину бусолі можна швидко повернути на будь-який кут.

На нижню стовщену частину основної шестірні вільно надіте кутомірне кільце, а вище від нього закріплене стопорними гвинтами бусольне кільце.

Кутомірне кільце оснащено гальмом у вигляді гальмівного кільця. Під час натиснення на важіль гальмівного кільця гальмо вимикають і кутомірне кільце може бути повернене від руки на необхідний кут.

На бусольному й кутомірному кільцях нанесені шкали, кожна з яких має 60 поділок ціною 1-00. Парні поділки позначені цифрами 2, 4, 6 і тощо, що відповідає значенням 2-00, 4-00, 6-00 і тощо.

На бусольному кільці цифри збільшуються за ходом годинникової стрілки, на кутомірному кільці – у зворотному напрямку (проти ходу годинникової стрілки).

Відлік поділок здійснюють за допомогою індексів, нанесених на пластинці, закріпленій на верхній частині бусолі (на корпусі відлікового черв'яка). Індекс для бусольного кільця позначений буквою «Б», для кутомірного кільця – буквою «У».

Штрихи та цифри на бусольному кільці пофарбовані чорною фарбою, на кутомірному – червоною. Відлік за бусольним (кутомірним) кільцем складається з відліку великих поділок бусольного (кутомірного) кільця за індексом, відзначеним буквою «Б» («У»), та малих поділок бусольного (кутомірного) барабана, відлічуваних від тієї самої букви.

На правому кінці відлікового черв'яка (поруч із важелем відведення) закріплений бусольний барабан і маховичок відлікового черв'яка.

Навпроти шкали бусольного барабана на приливку відводка розміщений індекс, позначений літерою «Б», для відліку поділок на бусольному барабані.

На лівому кінці відлікового черв'яка встановлений кутомірний барабан, який можна обертати навіть у разі нерухомого черв'яка. Для цього необхідно утримувати маховичок відлікового черв'яка і, обертаючи барабан, установити будь-яку поділку його шкали проти індексу, позначеного літерою «У».

Шкали бусольного та кутомірного барабанів мають по 100 поділок ціною 0-01 з оцифровуванням через 0-10. Повне обертання барабана повертає верхню частину приладу на кут 1-00, тобто на одну поділку бусольного й кутомірного

кілець. Напрямок і колір оцифрування шкал бусольного та кутомірного барабанів погоджені з оцифруванням шкал бусольного й кутомірного кілець.

Приклад відліку показаний на рисунку 2.2.

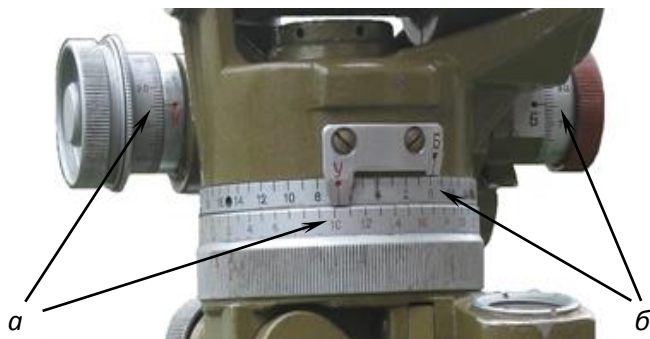


Рисунок 2.2 – Зчитування відліків за шкалами бусолі:

а) за кутомірною шкалою – 10-25;

б) за бусольною шкалою – 59-75

Орієнтир-бусоль призначена для орієнтування перископічної бусолі за магнітною стрілкою, являє собою продовговату коробку, приєднану знизу до приливка корпусу встановлювального черв'яка. Усередині коробки на вістря шпильки, укріпленої в центрі, на агатовому підп'ятнику встановлена магнітна стрілка, а проти кінців стрілки закріплені пластинки з індексами.

У кришці коробки розміщені два зашклені вікна для спостереження за суміщенням кінців стрілки з індексами під час орієнтування бусолі. Зверху на кришці нанесені букви «С» і «Ю», що відповідають північному й південному кінцям магнітної стрілки.

Гальмування магнітної стрілки та її вивільнення здійснюються за допомогою пластинчастої пружини та гвинта

гальма. Для звільнення стрілки необхідно викрутити гвинт гальма і вивести кінець важеля запобіжника з-під коробки.

Під час закручування гвинта гальма магнітну стрілку піднімають зі шпильки і притискають до упору.

Монокюляр являє собою зорову трубу, що має пряме зображення. Оптична система монокюляра (рис. 2.3) складається з об'єктива 1, двох призми 2, що обертають зображення, скляної пластинки з кутомірною сіткою та окуляра 4. Окуляр можна фокусувати обертанням діоптрійного кільця. На діоптрійному кільці нанесені поділки зі знаками плюс і мінус; установлення кільця на нульову поділку відповідає нормальному зору, на поділку зі знаком плюс – далекозорому, а на поділку зі знаком мінус – короткозорому.

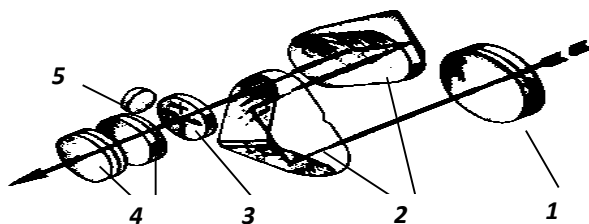


Рисунок 2.3 – Оптична схема монокюляра:

1 – об'єктив, 2 – призми, 3 – сітка, 4 – окуляр,
5 – захисне скло

Сітка монокюляра 3 встановлена у фокальній площині об'єктива та являє собою плоскопаралельну скляну пластинку, на поверхні якої нанесені (рис. 2.4) дві кутомірні шкали 1 і дві далекомірні шкали 2 (горизонтальна і вертикальна). Загальна величина кожної з кутомірних шкал дорівнює 0-80, ціна однієї малої поділки 0-05.

Далекомірні шкали призначені для вимірювання відстаней у межах від 50 до 400 м за допомогою двометрової рейки. Вони мають таку ціну поділок: 2 м – для вимірю-

вання відстані від 50 до 100 м; 5 м – для вимірювання відстані від 100 до 150 м; 10 м – для вимірювання відстані від 150 до 200 м; 20 м – для вимірювання відстані від 200 до 300 м; 50 м – для вимірювання відстані від 300 до 400 м.

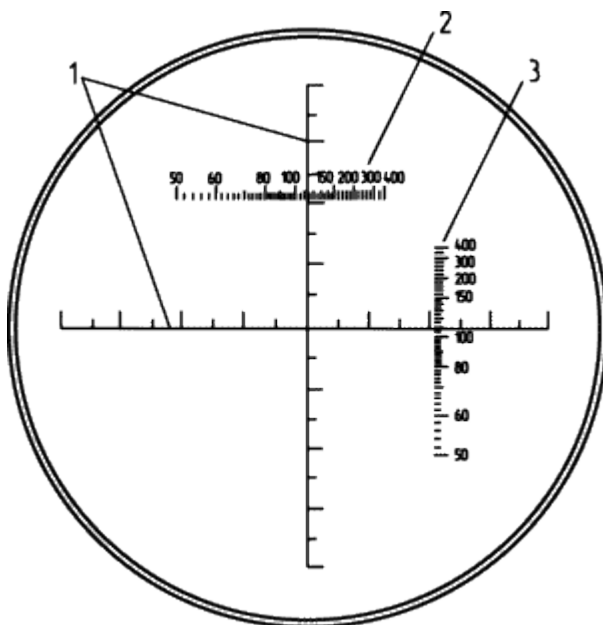


Рисунок 2.4 – Сітка монокуляра ПАБ:

- 1 – кутомірні шкали;
- 2 – горизонтальна далекомірна шкала;
- 3 – вертикальна далекомірна шкала

Під час роботи вночі сітку освітлюють через вікно, розміщене в корпусі монокуляра, проти якого встановлюють патрон із електричною лампочкою.

У корпусі монокуляра бусолі є патрон осушення 26 (рис. 2.1), призначений для поглинання вологи усередині монокуляра. Він заповнений силікагелем синього кольору. Під час виявлення через оглядове скло патрона осушення

зміни кольору вологовбирача до блідо-рожевого або брудно-білого патрон осушення необхідно замінити запасним.

Для грубого направлення візирної осі монокуляра на місцеві предмети на корпусі монокуляра є візирна канавка.

Для точного наведення монокуляра у вертикальній площині слугує механізм вертикального наведення, що складається з осі-шестірні та зчепленого з нею черв'яка з барабаном. Вісь-шестірня механізму вертикального наведення є одночасно горизонтальною віссю обертання монокуляра.

Кути нахилу, вимірювані за допомогою монокуляра, відраховують за шкалою відлікової шайби, закріпленої з правого боку монокуляра, і барабана вертикального наведення. На відліковій шайбі нанесені поділкі з ціною 1-00 за трьома поділками вгорі та внизу від нульового положення.

На конічній поверхні барабана нанесено 100 поділок ціною 0-01, оцифрованих через 0-10 двома рядами цифр. Повний оборот барабана переміщує оптичну вісь монокуляра вгору або вниз на 1-00, тобто на одну поділку відлікової шайби. Штрихи поділок і цифри відлікової шайби та барабана, зафарбовані червоною фарбою, слугують для відліку позитивних кутів, а зафарбовані чорною фарбою – для відліку негативних кутів. Крім того, цифри відповідно позначені знаками «+» і «-».

Відлік за шкалами механізму вертикального наведення чисельно дорівнює величині вимірюваного кута нахилу, складається з відліку великих поділок відлікової шайби та відліку малих поділок барабана вертикального наведення. Значення відліків беруть за відповідні покажчики, розміщені навпроти шкал.

Тринога призначена для встановлення бусолі в бойове положення. Вона складається з таких основних частин: головки тринози, затискної чашки і трьох розсувних ніжок. На одній із ніжок закріплений ремінь для перенесення тринози.

Під час перенесення триноги ніжки її складають і стягують ременем.

Освітлення. Для роботи в нічний час у комплекті бусолі є освітлення (рис. 2.5).

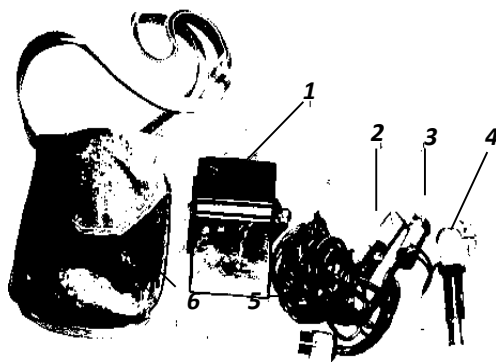


Рисунок 2.5 – Комплект освітлення:

1 – акумулятор; 2 – патрон освітлення сітки; 3 – патрон освітлення; 4 – віха; 5 – провід; 6 – сумка

Освітлення складається з акумуляторної батареї у футлярі та освітлювальних приладів. Як джерела живлення використовують дві акумуляторні батареї типу 2КНБ-2, з'єднані паралельно. Акумулятор напругою 2,5 В у футлярі міститься в одному з відділень брезентової сумки, в інше відділення укладають проводи та запасні лампочки в карболітовій коробці.

Для освітлення перехрестя сітки бусолі або азимутальної насадки передбачений патрон освітлення, який має кріплення типу «хвіст ластівки» 2. Патрон 3 переносної лампи призначений для освітлення шкал і магнітної стрілки. Для позначення місця стояння бусолі, призначена електрична віха 4, закріплена на монокулярі бусолі.

Для забезпечення вимірювання відстаней вночі в комплекті бусоли передбачений комплект освітлення марок далекомірної рейки. Він містить акумулятор, проводи з двома патронами для освітлювання марок і фішки для під'єднання до акумулятора.

Азимутальна насадка АН-1 призначена для визначення азимуту істинного напрямку з будь-якої точки на місцевості на будь-яку іншу довільно вибрану точку за результатами спостереження двох зірок сузір'я Малої Ведмедиці: α (Полярна зірка) і β (Кохаб) і для відмічання за Сонцем, Місяцем і зірками при кутах нахилу світила більш ніж 18° .

Азимутальна насадка (рис. 2.6) складається з таких основних частин: візира 1, кронштейна з хомутиком 8,9 і рівня 4.

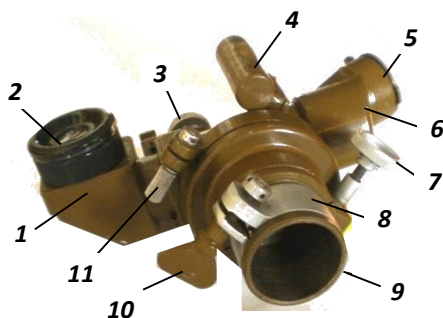


Рисунок 2.6 – Азимутальна насадка АН:

1 – візир; 2 – окуляр; 3 – маховичок повороту головки візира;
4 – рівень; 5 – додаткова призма; 6 – об'єктив; 7 – гвинт наведення візира; 8 – хомутик; 9 – кронштейн; 10 – гвинт затискання хомутика; 11 – гвинт

Азимутальна насадка АНБ-1 має такі характеристики: збільшення – 4^\times , поле зору – 9° , вага насадки – 0,75 кг.

Завдяки спеціальній призмі у візирі, що має поле зору 9° , можна одночасно розглядати Полярну зорю і зорю β Малої Ведмедиці з кутовою відстанню між ними близько 15° .

У фокальній площині об'єктива й окуляра встановлена скляна плоскопаралельна пластинка (рис. 2.7), на поверхні якої нанесені малий бісектор у вигляді шкали, квадрат із перетином і великий бісектор у вигляді двох паралельних ліній.

Малий бісектор сітки призначений для введення зображення Полярної зорі (α) сузір'я Малої Ведмедиці. Для обліку видимого переміщення Полярної зорі щодо Полюса світу шкала малого бісектора має 10 інтервалів, кожен із яких відповідає п'ятьом рокам. Відповідно до цього перший і останній штрихи шкали позначені цифрами 1950 і 2000.

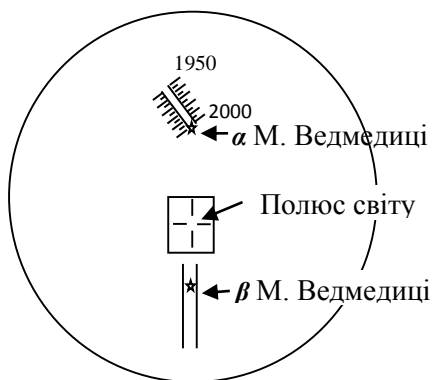


Рисунок 2.7 – Поле зору АНБ-1

Великий бісектор призначений для введення зображення зорі β сузір'я Малої Ведмедиці.

Перетин призначений для фіксування Полюса світу, а також для наведення на зірки та місцеві предмети.

Центральний квадрат призначений для введення зображення Сонця (Місяця) під час спостереження і позначання за ними.

Окуляр на різке зображення по зору спостерігача встановлюють обертанням діоптрійного кільця.

Світлофільтр знімний, використовують під час спостереження Сонця.

Система «призма-об'єктив-сітка» становить рухому частину візира; вона може обертатися навколо своєї осі, що проходить через центр перехрестя сітки, під час нерухомого окуляра. Можливість такого обертання необхідна для введення зірок α і β у свої бісектриси. Обертання голівки візира здійснюють за допомогою маховичка.

Із метою приблизного візування насадка оснащена механічним візором у вигляді цілика та мушки.

В окулярній частині візира є отвори для підсвічування сітки й напрямні – для кріплення патрона з лампочкою.

Кронштейн із хомутиком призначений для установлення й закріплення азимутальної насадки на патрубку монокуляра бусолі. Крім того, на кронштейні розміщений механізм вертикального наведення візира, що має затискний та навідний гвинти.

Під час точного (мікрометричного) обертання візира у вертикальній площині затискний гвинт повинен бути затисненим. Під час відтисненого затискного гвинта грубе наведення візира може бути здійснене ручним обертанням візира.

Рівень призначений для надання горизонтальній осі обертання візира горизонтального положення.

Перископ являє собою окрему оптичну насадку. Його використовують під час роботи з бусоллю із-за укриття. Перископ може бути встановлений вертикально, похило або горизонтально.

Футляри – бусоль і перископ зберігають та транспортують у металевих (дюралевих) або пластмасових футлярах. Футляри бусолі й перископа мають плечові ремені для перенесення.

Робота з бусоллю

Переведення приладу в бойове положення виконують у такій послідовності:

1. Установити триногу нерухомо за висотою так, щоб зручно було працювати з бусоллю. Для цього необхідно виконати таке:

– присісти на одне коліно, триногу покласти на стегно ноги та розстебнути ремінь, що стягує ніжки триноги;

– ослабити гвинти-затискачі й, висунувши ніжки триноги на потрібну довжину, закріпити гвинти-затискачі; розставити триногу, надійно вставити металеві башмаки ніжок у ґрунт, натиснувши ногою, та затягнути осі шарнірів гвинтами. Звернути увагу на те, що під час роботи на кам'янистому, мерзлому та твердому ґрунті необхідно попередньо зробити в ґрунті заглиблення для металевих башмаків. Якщо потрібно працювати в умовах, які не допускають розставлення триноги, то необхідно викрутити чашку триноги, обертаючи її проти ходу годинникової стрілки під час натисненого стопору, а потім викрутити чашку в дерево, пень або твердий ґрунт.

2. Відкрутити на один – два оберти затискний гвинт чашки триноги та відвести її відкидну частину всторону.

3. Відкрити футляр, дістати бусоль, установити її кульовою п'ятою в чашку триноги, поєднати половинки чашки та затиснути їх гвинтом.

4. Змінюючи положення кульової п'яти в чашці триноги, вивести бульбашку рівня на середину й надійно закріпити бусоль; під час затиснення гвинта необхідно стежити, щоб бульбашка рівня розміщувалася в центрі рівня.

5. Повісити футляр бусолі на триногу або встановити під триногу.

6. Навести бусоль на місцевість та обертанням діоптрійного кільця добитися різкого зображення місцевості та сітки приладу.

Якщо необхідно встановити бусоль точно над зазначеною точкою, то після попереднього розміщення триноги її встановлюють більш точно за допомогою нитяного виска.

Якщо роботу проводять із-за укриття, то на монокуляр бусолі встановлюють перископ та закріплюють його затискним гвинтом.

Під час роботи в нічний час вмикають освітлення. Для цього необхідно:

- підвісити на тринозі або встановити під неї сумку з акумулятором;

- зняти ковпак колодки акумуляторної батареї і витягти проводи з сумки та з'єднати штепсельне з'єднання з колодкою акумуляторної батареї;

- установити на корпусі монокуляра патрон лампи сітки, попередньо натиснувши на затвор патрона лампи сітки та зафіксувати затвор у пазах «ластівчин хвіст» та накладки; увімкнути лампу поворотом рукоятки. Для освітлення магнітної стрілки та шкал бусолі повернути рукоятку патрона переносної лампи;

- за необхідності взаємного візування приладів (зазвичай на вогневій позиції) на монокуляр бусолі встановлюють віху, закріплюють гвинтом-затискачем хомут віхи та вмикають лампу віхи поворотом рукоятки.

Переведення приладу в похідне положення здійснюють у такому порядку:

1. Закріпити магнітну стрілку, загвинтивши гвинт гальма та завівши запобіжний важілець під коробку орієнтир-бусолі.

2. Установити за бусольним кільцем і відліковою шайбою монокуляра нуль відліку.

3. Утримуючи бусоль, відкрутити на один-два оберти затискний гвинт чашки, відвести відкидну частину чашки вбік і зняти бусоль із триноги.

4. Укласти бусоль у футляр, насадивши її на штир футляра до упору.

5. Закрити футляр і застібнути застібку.

6. Спустити противагу (під час користування нитяним виском) до зіткнення зі схилом, зняти нитку з триноги і, щільно намотавши неї на шийку виска, укласти в патрон і закріпити в скобі футляра.

7. З'єднати та застопорити половинки чашки триноги, ослабити нижні затискні гвинти, скласти висувні ніжки, затиснути гвинти і скріпити ніжки ременем.

Якщо був надітий перископ, то його знімають та укладають у футляр, призначений для перископа.

Якщо користувалися азимутальною насадкою, то, знявши її з монокуляра, взяти насадку правою рукою кронштейном до себе та об'єктивною частиною вниз, опустити насадку у футляр бусолі ПАБ-2А, надіти її на патрубок, закріплений на передній стінці футляра, при цьому насунути її до упору та затиснути затискний гвинт хомутика насадки.

Якщо роботу виконували вночі, вимикають освітлення сітки та знімають патрон із монокуляра (з візира насадки), попередньо натиснувши на важілець затвора. Знімають віху (якщо вона була встановлена), скручують провід і від'єднують його від акумулятора; укладають комплект освітлення в сумку та знімають її з триноги.

Усі ці роботи виконують після стопоріння (перевірки стопоріння) магнітної стрілки.

Вимірювання кутів за допомогою бусолі здійснюють після приведення її в бойове положення за допомогою кутомірної сітки монокуляра або з використанням бусольних (кутомірних) шкал.

Вимірювання горизонтальних кутів із використанням бусольних шкал виконують у такому порядку:

– за допомогою відлікового черв'яка наводять вертикальний штрих сітки монокуляра на правий орієнтир і зчитують відлік за бусольним кільцем і барабаном;

– маховичком відлікового черв'яка переводять вертикальний штрих на лівий орієнтир і зчитують відлік за бусольними шкалами;

– розраховують кут між орієнтирами як різницю від відліку за правим і лівим орієнтирами. Якщо відлік за правим орієнтиром розміщений у I чверті, а за лівим – у IV, то кут між орієнтирами розраховують за формулою

$$\beta = (N_{np} + 60-00) - N_{лів.}, \quad (2.1)$$

де β – кут між орієнтирам;

N_{np} – відлік за правим орієнтиром;

$N_{лів}$ – відлік за лівим орієнтиром.

З метою вимірювання кутів із більш високою точністю повертають бусоль маховичком установчого черв'яка на кут 5-00 ÷ 10-00 і заново вимірюють кут. За кінцеве значення кута беруть його середнє значення з двох вимірів, якщо різниця між кутами не перевищує 0-02.

За необхідності вимірювання кутів між основним і декількома орієнтирами, роботу виконують у такій послідовності:

– повертаючи маховичок відлікового черв'яка, установлюють за бусольними шкалами відлік 0-00;

– маховичком установлювального черв'яка наводять вертикальну лінію сітки бусолі в основний орієнтир;

– маховичком відлікового черв'яка наводять послідовно на кожний орієнтир і зчитують відліки. Цей відлік і буде відповідати величині кута між основним орієнтиром та орієнтиром, на який визначають кут, виміряний за ходом годинникової стрілки.

Вимірювання горизонтальних кутів із використанням кутомірних шкал виконують у такому самому порядку, як і

за допомогою бусольних шкал, але зчитують відліки за кутомірними (червоними) шкалами, а кут розраховують як різницю між відліками за лівим і правим орієнтирами.

Вимірювання кутів місця цілі здійснюють у такій послідовності:

- перевіряють положення рівня приладу та за необхідності виправляють його;

- маховичком відлікового механізму в горизонтальній площині та маховичком вертикального наведення монокуляра за висотою наводять горизонтальну лінію сітки в ціль;

- зчитують кут місця цілі за відліковою шайбою монокуляра та барабана вертикальної наводки. Під час зчитування кута враховують: якщо ціль вища за горизонт, то кут зчитують за червоними шкалами, якщо нижча – то за чорними.

Перевищення цілі щодо орієнтира (розриву щодо цілі) може бути визначено за сіткою приладу (як у бінокля) або з використанням шкали вертикальних кутів.

Під час використання для вимірювання перевищень шкали вертикальних кутів вимірюють кут місця цілі кожної точки. Перевищення обчислюють як різницю між кутами.

Визначення магнітних азимутів виконують у такому порядку:

- переводять бусоль у бойове положення;

- звільняють магнітну стрілку, для чого відводять важіль орієнтир-бусолі та вивертають до упору гвинт аретира магнітної стрілки;

- натиснувши на відводку встановлювального черв'яка, повертають бусоль до встановлення північного кінця магнітної стрілки (приблизно) проти риски на корпусі орієнтир-бусолі;

- стають напроти північного кінця стрілки та, обертаючи рукоятку маховичка встановлювального механізму, розвертають бусоль так, щоб північний кінець магнітної

стрілки чітко сумістився з рискою індексу на корпусі орієнтир-бусолі;

– обертаючи маховичок відлікового механізму, наводять вертикальний штрих перехрестя сітки монокуляра на заданий орієнтир;

– зчитують відлік за бусольним кільцем і шкалою барабанчика з точністю до однієї поділки кутоміра; цей відлік і є азимутом магнітного напрямку, куди наводилося перехрестя сітки.

Для більш точного визначення магнітного азимута його вимірюють не менш ніж три рази, кожний раз змінюючи положення магнітної стрілки і потім суміщають її заново за допомогою маховичка встановлювального черв'яка. За дійсне значення магнітного азимута беруть середнє арифметичне із вимірювань, якщо максимальна різниця між вимірюваннями не перевищує 0-03. Якщо будь-яке з вимірювань відхилилося на більшу величину, то його виключають, а натомість проводять ще одне вимірювання.

Орієнтування бусолі. Орієнтування бусолі здійснюють зазвичай за дирекційними кутами в такій послідовності :

– переводять бусоль у бойове положення, тричі визначають магнітний азимут на орієнтир і розраховують середнє значення азимута;

– розраховують дирекційний кут напрямку за формулою

$$\alpha = Am_{cp} - \Delta Am, \quad (2.2)$$

де α – дирекційний кут орієнтирного напрямку;

Am_{cp} – середній азимут магнітний цього самого напрямку;

ΔAm – поправка бусолі;

– обертаючи маховичок відлікового механізму, добиваються встановлення за бусольними шкалами значення дирекційного кута орієнтирного напрямку;

– обертанням маховичка встановлювального механізму наводять вертикальний штрих сітки в орієнтир;

– застопорюють магнітну стрілку бусолі.

Якщо дирекційний кут орієнтирного напрямку з точки, де буде розміщена бусоль, визначений завчасно, то орієнтування бусолі виконують так:

– розставляють бусоль над точкою та центрують за допомогою виска;

– обертаючи маховичок відлікового механізму, добиваються встановлення за бусольними шкалами значення дирекційного кута орієнтирного напрямку;

– обертанням маховичка встановлювального механізму наводять вертикальний штрих сітки в орієнтир.

Після орієнтування бусолі положення маховичка встановлювального черв'яка залишається незмінним, а всі вимірювання (наведення на орієнтири, цілі) виконують маховичком відлікового черв'яка.

Вимірювання дирекційних кутів здійснюють після орієнтування бусолі за дирекційними кутами в такій послідовності:

– перевіряють орієнтування приладу;

– маховичком відлікового черв'яка наводять вертикальну лінію сітки приладу в орієнтир (ціль) і зчитують за бусольними шкалами значення дирекційного кута;

– збивають наведення, а потім заново наводять на ціль, але з протилежного боку щодо першого вимірювання, і зчитують дирекційний кут.

За дійсне значення дирекційного кута беруть його середнє арифметичне значення, якщо різниця між ними не перевищує 0-02.

Вимірювання відстаней за допомогою бусолі здійснюють за далекомірними шкалами монокуляра бусолі за допомогою далекомірної рейки (рис. 2.8).

Далекомірну рейку виставляють на точку, до якої потрібно виміряти відстань. Рейка може бути розміщеною вертикально або горизонтально, але обов'язково перпендикулярно до лінії візування з бусолі. Вимірювання відстані може здійснюватися за горизонтальною або за вертикальною шкалою.

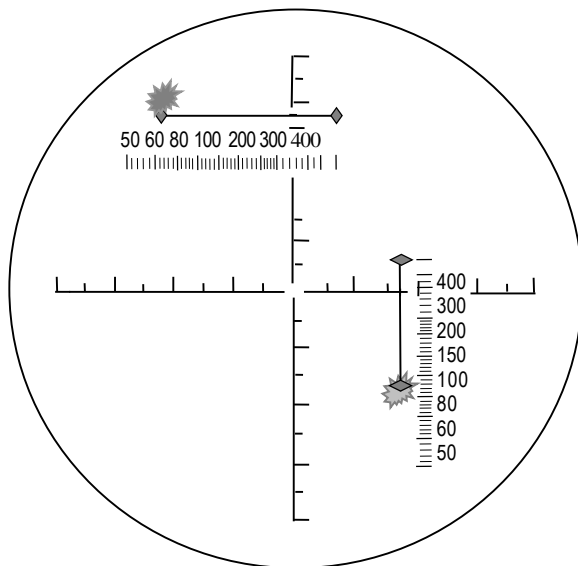


Рисунок 2.8 – Вимірювання відстані за допомогою бусолі

Вимірювання відстані за горизонтально розташованою рейкою виконують так:

– далекомірну рейку виставляють на точку, до якої потрібно виміряти відстань, перпендикулярно до лінії візування з бусолі;

– обертанням маховичка відлікового черв'яка та барабана механізму вертикального наведення встановлюють монокуляр бусолі так, щоб зображення рейки розміщувалося під горизонтальною шкалою;

– суміщають початковий штрих (він знаходиться правіше від штриха 400 і не має напису) далекомірної шкали з правою маркою рейки, а навпроти лівої марки зчитують відстань.

На рисунку 2.8 зображено відстань за горизонтально розміщеною рейкою 64 метри.

Якщо рейка знаходиться вертикально, то її зображення розміщують зліва від шкали, а верхній початковий штрих шкали суміщають з верхньою маркою. Відстань зчитують проти нижньої марки. На рисунку 2.8 відстань за вертикально розміщеною рейкою 88 метрів.

Орієнтування гармат за допомогою бусолі виконують у такому порядку:

– установлюють бусоль на відстані не ближче ніж 20 метрів від гармати та орієнтують за дирекційними кутами;

– обертанням відлікового черв'яка встановлюють за бусольними шкалами відлік, що дорівнює заданому дирекційному куту основного напрямку;

– натискають на важіль стопора кутомірного кільця та, обертаючи кільце, встановлюють навпроти покажчика **У** нульові значення;

– притримуючи маховичок відлікового черв'яка справа, повертають барабанчик точних відліків кутомірних шкал і встановлюють відлік 0;

– наводять відліковим маховичком перехрестя сітки в панораму гармати, зчитують відлік за кутомірними шкалами та передають його на гармату як кутомір для наведення в бусоль;

– на гарматі виставляють на панорамі одержаний кутомір і наводять перехрестя панорами в бусоль.

Визначення кутомірів за точками наведення здійснюють під час завчасної підготовки вогневої позиції. Роботу виконують у такому порядку:

- установлюють бусоль на точку стояння основної гармати та орієнтують її за дирекційними кутами;
- обертанням відлікового черв'яка, встановлюють за бусольними шкалами відлік, що дорівнює заданому дирекційному куту основного напрямку;
- натискають на важіль стопора кутомірного кільця та, обертаючи кільце, встановлюють навпроти покажчика $У$ значення 30-00;
- притримуючи маховичок відлікового черв'яка справа, повертають барабанчик точних відліків кутомірних шкал і встановлюють відлік 0;
- наводять відліковим маховичком перехрестя сітки у точку наводки і зчитують кутомір за точкою наводки та дирекційним кутом;
- розраховують кутомір за формулою

$$Кут_{осн.} = (\alpha_{он} - \alpha_{тн}) \pm 30-00; \quad (2.3)$$
- порівнюють розрахований та одержаний кутоміри за кутомірними шкалами. Вони не повинні відрізнятись більше ніж на 0-01.

2.2. Теодоліти

Призначення, ТТХ та будова теодолітів

Вперше (1552) термін *theodolite* (теодоліт) застосував англієць Леонард Діггс під час опису однієї з конструкцій кутомірного приладу. Перший теодоліт був побудований у 1730 р. англійським механіком Джоном Сіссоном.

За точністю теодоліти поділяють на високоточні, точні та технічні.

У назві теодоліта міститься загальна інформація про головні особливості будови приладу. У цих позначеннях: цифра перед буквою – номер моделі; «Т» – теодоліт; цифри «5», «10», «30» або інші – величина середньоквадратичної похибки вимірювання кутів у секундах.

У підрозділах РВ і А для проведення топогеодезичних вимірювань використовують теодоліти Т10В (рис. 2.9) і 2Т10ВП. Вони призначені для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, кутів нахилу, магнітних азимутів напрямків, а також для вимірювання відстаней за допомогою спеціальної далекомірної рейки.

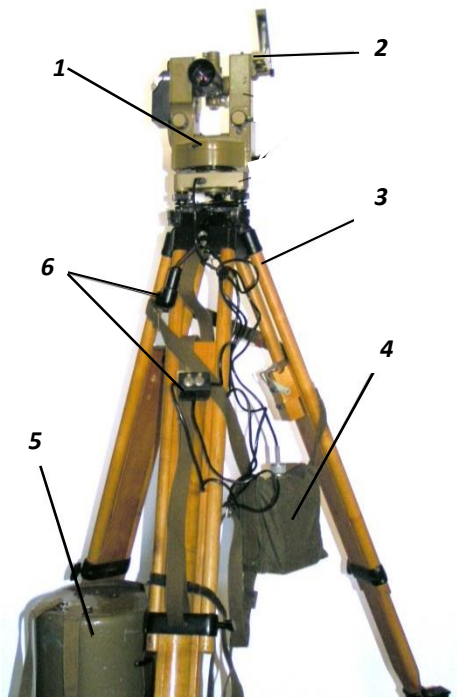


Рисунок 2.9 – Теодоліт:

- 1 – теодоліт; 2 – орієнтир-бусоль; 3 – штатив;
- 4 – акумулятор у футлярі; 5 – футляр теодоліта;
- 6 – трійник електроосвітлення

Вид теодоліта 2Т10ВП з боку окуляра та з боку об'єктива зорової труби показано на рисунках 2.10, 2.11.

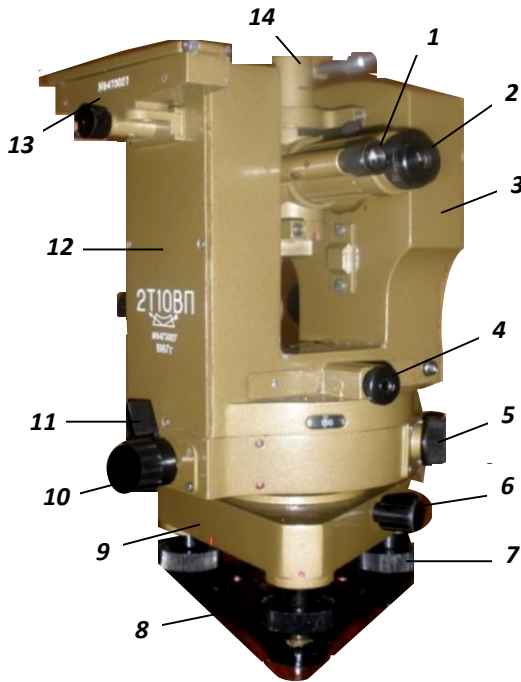


Рисунок 2.10 – Вид теодоліта 2Т10ВП з боку окуляра зорової труби:

- 1 – окуляр мікроскопа; 2 – окуляр зорової труби; 3 – права стійка; 4 – окуляр оптичного центрира; 5 – маховичок обертання горизонтального кола (лімба); 6 – затискний гвинт триніжка; 7 – підйомний гвинт; 8 – нижня основа триніжка; 9 – верхня основа триніжка; 10 – навідний гвинт теодоліта; 11 – затискний гвинт; 12 – ліва колонка; 13 – магнітна стрілка; 14 – гніздо для кріплення далекоміра ДДИ

Вертикальна вісь пустотіла, внутрішня порожнина її використовується для проходження променів оптичного центрира та розміщення його об'єктивної частини. Горизонтальне коло являє собою скляне кільце, на поверхні якого

нанесена кругова шкала з оцифруванням за ходом годинникової стрілки від 0 до 359°. Коло за необхідності можна повертати за допомогою маховичка 5 (рис. 2.10).

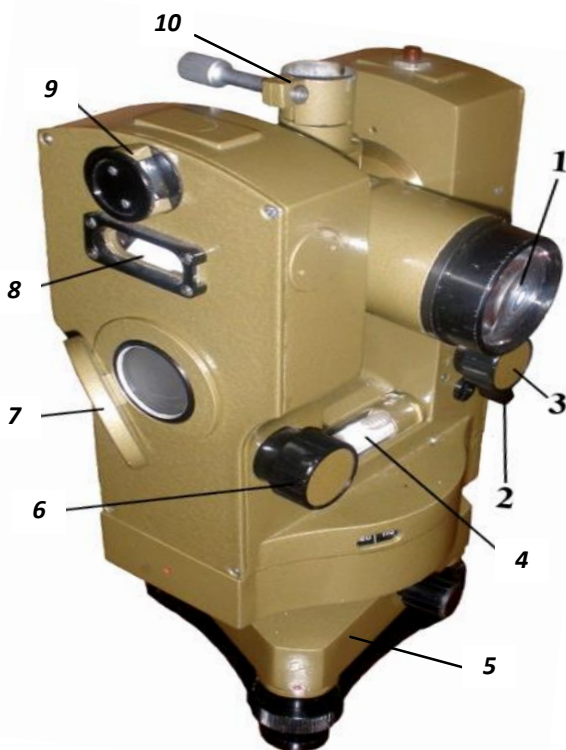


Рисунок 2.11 – Вид теодоліта 2Т10ВП з боку об’єктива зорової труби:

1 – об’єктив зорової труби; 2 – навідний маховичок зорової труби; 3 – затискний гвинт зорової труби; 4 – рівень горизонтального кола; 5 – триніжок; 6 – навідний гвинт горизонтального кола; 7 – дзеркало; 8 – вікно освітлення рівня; 9 – призма-лупа вертикального кола; 10 – стакан для кріплення далекоміра

Горизонтальна вісь установлена в стійках колонки та жорстко скріплена з корпусом зорової труби. Конструкція

встановлення горизонтальної осі забезпечує грубе (вільне) й точне наведення зорової труби. Точне наведення виконують маховичком 2 при застопореному положенні гвинта 3 (рис. 2.11).

Вертикальне коло жорстко закріплене на горизонтальній осі та оцифроване від 0 до 359°.

У лівому стояку колонки розміщений механізм наведення зорової труби у вертикальну площину.

Спостереження за положенням бульбашки рівня здійснюються через призму-лупу 9.

У нижній частині колонки встановлений рівень 4 з ціною поділки 30" для надання вертикальній осі теодоліта прямовисного положення.

Правий стояк колонки закритий накриттям, на якому закріплене дзеркало для освітлення відлікової системи та рамка із захисним склом рівня, з боків якої є пази для кріплення ліхтаря. У верхній частині лівого стояка встановлений кронштейн для кріплення орієнтир-бусолі.

Під час роботи колонку закріплюють за допомогою затискного гвинта; точне наведення зорової труби здійснюється за допомогою навідного (мікрометричного) гвинта. Зорова труба призначена для точного наведення на предмет.

В окулярі зорової труби закріплена сітка в оправі. Оправу можна переміщати за допомогою двох гвинтів у вертикальному та горизонтальному напрямках. По обидва боки зорової труби є оптичні візирі для попереднього наведення труби на місцевий предмет.

На зоровій трубі закріплюють стакан 10, на який встановлюють далекомір ДДИ.

Оптична система приладу забезпечує одночасне передавання зображення штрихів шкал горизонтального та вертикального кіл (рис. 2.12) у площину шкали поділок відлікового мікроскопа.

Шкала мікроскопа має 60 поділок, ціна однієї поділки 1'. У нижньому вікні /Г/ читають відлік за горизонтальним колом, а у верхньому /В/ – відлік за вертикальним колом.

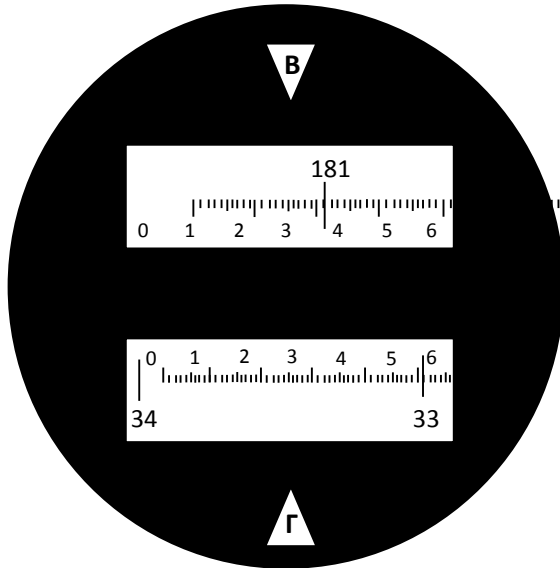


Рисунок 2.12 – Вигляд поля зору відлікового мікроскопа теодоліта :

відлік за горизонтальним колом – $33^{\circ}58,0'$

відлік за вертикальним колом – $181^{\circ}38,0'$

Для одержання чіткого зображення штрихів сітки зорової труби та предмета необхідно спочатку обертанням діоптрійного кільця добитися чіткого зображення штрихів сітки, а потім, обертаючи кремальєру, – різкого зображення предмета.

Триніжок 7, 8, 9 (рис. 2.10) слугує основою теодоліта. Його встановлюють на головці штатива та закріплюють становим гвинтом. Підймальні гвинти триніжка 7 опираються

на з'єднувальну/тригерну/пластину і слугують для надання вертикальній осі приладу прямовисного положення.

На корпусі триніжка є гніздо для штепсельної вилки освітлення приладу. Теодоліт у триніжку закріплюють за допомогою затискного гвинта.

Орієнтир-бусоль 13 слугує для визначення магнітних азимутів орієнтирних напрямків. Для роботи її закріплюють на кронштейні лівого стояка колонки, а в похідному положенні – на кронштейні основного футляра.

Окулярну насадку зорової труби та відлікового мікроскопа використовують для зручності наведення зорової труби та зняття відліку з мікроскопа при великих кутах нахилу зорової труби. Окулярні призми насадки змінюють напрямок оптичних променів зорової труби та мікроскопа на 60° .

Для спостереження Сонця окулярна призма зорової труби має світофільтр.

Комплект електрообладнання 4,6 (рис. 2.9) призначений для забезпечення роботи з теодолітом уночі. Він складається з ліхтаря, трійника, шнура з двома вилками, ручника та акумулятора типу 2ФКН9-1. Ліхтар закріплюють на правому стояку колонки. Штекер установлюють у штепсельне гніздо на колонці. Трійник установлюють у розетку акумулятора.

Штатив слугує для встановлення теодоліта над точкою місцевості – вершиною вимірюваного кута. Ніжки штатива шарнірно з'єднані з головкою штативу. Зміну висоти штатива забезпечуються висуванням ніжок, закріплених гвинтами. Наконечники ніжок заглиблюють у ґрунт натисканням на них. Ремінь призначений для перенесення штатива на плечі або за спиною.

Футляр призначений для зберігання і транспортування теодоліта в похідному положенні. У футлярі також розміщені додаткові прилади та приладдя.

У таблиці 2.1 наведені їх ТТХ.

Таблиця 2.1 – Тактико-технічні характеристики теодолітів

Найменування характеристики	Тип теодоліта	
	T10B	2T10BP
Серединна помилка вимірювання кута, хв, с	0,1'	0,1'
Збільшення зорової труби	25 [×]	27 [×]
Кут поля зору зорової труби	1°30'	1°30'
Ціна поділки шкали оптичного мікрометра, хв, с	1'	1'
Ціна поділки шкали круга	1°	1°
Маса теодоліта, кг:		
у бойовому положенні	9,7	9,9
у похідному положенні	30	30,5

Робота з теодолітом

Підготовка теодоліта до роботи

Підготовку теодоліта до роботи виконують у такому порядку:

1. Розстібають ремінь ніжок триноги, викручують гвинти стопоріння висувних ніжок, висувають їх на необхідну висоту та застопорюють гвинти. Установлюють триногу над вибраною точкою так, щоб стіл триноги був приблизно в горизонтальному положенні.

2. Відтиснувши фіксувальні пружини та повернувши замки футляра в напрямку, вказаному стрілкою, обережно знімають ковпак.

3. Відкручують гайки стояків до розвороту важелів кріплення, виймають теодоліт із футляра, встановлюють на штативі та злегка закріплюють становим гвинтом. Приближно центрують теодоліт над заданою точкою за допомогою нитяного виска або оптичного центрира.

4. За необхідності точного центрування над точкою

встановлюють підйомні гвинти триніжка в середнє положення і, спостерігаючи в окуляр оптичного центрира, обертанням підйомних гвинтів триніжка суміщають зображення точки місцевості з центром сітки центрира. Регулюванням довжини ніжок штатива виводять бульбашку рівня колонки теодоліта приблизно в середнє положення, послідовно повертаючи колонку навколо вертикальної осі так, щоб один кінець рівня розміщувався над ніжкою штатива, висоту якої регулюють. Потім установлюють рівень паралельно двом підйомним гвинтам триніжка і, обертючи їх у протилежні напрямки, виводять бульбашку рівня в середнє положення. Повертають теодоліт приблизно на 90° і третім гвинтом триніжка виводять бульбашку рівня в середнє положення. Якщо під час зображення точки змістилися з центра сітки оптичного центрира, переміщенням теодоліта по столу штатива досягають їх суміщення; закріплюють теодоліт становим гвинтом та знову перевіряють центрування та горизонтування приладу.

Під час роботи вночі закріплюють на теодоліті ліхтар, з'єднують теодоліт із акумулятором і повертають важіль відбивача в бік мікроскопа до чіткої видимості перехрестя сітки зорової труби.

Під час роботи в сонячний день на об'єктив зорової труби надівають бленду.

Залежно від взаємного розміщення вертикального круга теодоліта й окуляра зорової труби щодо спостерігача розрізняють два положення теодоліта: круг «праворуч» (КП), якщо вертикальний круг праворуч, і круг «ліворуч» (КЛ), якщо вертикальний круг ліворуч від окуляра зорової труби.

Вимірювання горизонтальних кутів

Під час виконання топогеодезичних робіт застосовують два способи вимірювання горизонтальних кутів: спосіб вимірювання окремого кута та спосіб кругових прийомів.

Спосіб вимірювання окремого кута застосовують під

час необхідності виміряти кути між двома напрямками. Роботу виконують двома напівприйомами в такій послідовності:

Перший напівприйм. Послабляють затискні гвинти колонки та зорової труби і на крузі «ПРАВОРУЧ» наводять, використовуючи оптичний візир, зорову трубу в лівий орієнтир. Закріплюють затискні гвинти колонки та зорової труби і навідними гвинтами труби й колонки точно суміщають перехрестя сітки з орієнтиром. Зчитують відлік за шкалами горизонтального круга (рис. 2.12) та записують у журнал вимірювань кутів (табл. 2.2).

Послабляють затискні гвинти колонки та зорової труби і наводять зорову трубу в правий орієнтир, зчитують відлік і записують у журнал.

Розраховують величину кута між орієнтирами в першому напівприйомі (на крузі «праворуч») як різницю між відліками за правим і лівим орієнтирами.

Другий напівприйм. Переводять зорову трубу через зеніт, установлюють її в положення коло «ЛІВОРУЧ», наводять у правий орієнтир і зчитують відлік.

Наводять зорову трубу в лівий орієнтир, зчитують відлік за горизонтальним колом і записують у журнал.

Розраховують величину кута між орієнтирами в другому напівприйомі (при колі «ЛІВОРУЧ») як різницю між відліками за правим і лівим орієнтирами. Якщо відлік за правим орієнтиром буде меншим ніж за лівим, то під час обчислення кута додають до відліку за правим орієнтиром 360° . Порівнюють величини розрахованих кутів між орієнтирами в першому та другому напівприйомах. Можливе розходження величини у двох напівприйомах не повинно перевищувати $0,5'$.

У разі виконання цієї умови за остаточне значення виміряного кута беруть середнє арифметичне зі значень, оде-

ржаних у напівприйомах. У нашому прикладі (табл. 2.2) середнє значення становить $78^{\circ}30,4'$.

Таблиця 2.2 – Журнал вимірювання горизонтальних кутів

Номер точки стояння	Номер спост. точки	Довжина лінії	Перший напів-прийом (КП)	Другий напів-прийом (КЛ)	Кути (напрямки) з напів-приймів	Середнє значення кутів(на-прямків)	Абрис
2	3		$103^{\circ}56,6'$	$283^{\circ}56,4'$	$78^{\circ}30,3'$	$78^{\circ}30,4'$	
	1		$25^{\circ}26,3'$	$205^{\circ}25,9'$	$78^{\circ}30,5'$		
5	1		$\frac{0^{\circ}07,6'}{0^{\circ}07,4'}$	$\frac{180^{\circ}07,3'}{180^{\circ}07,1'}$	$0^{\circ}00,0'$	$0^{\circ}00,0'$	
	2		$46^{\circ}15,3'$	$226^{\circ}15,1'$	$46^{\circ}07'7''$ $46^{\circ}07'8''$	$46^{\circ}07,8'$	
	3		$114^{\circ}26,4'$	$294^{\circ}26,0'$	$114^{\circ}18,8'$ $114^{\circ}18,7'$	$114^{\circ}18,8'$	
	4		$180^{\circ}26,9'$	$3^{\circ}26,8'$	$183^{\circ}19,3'$ $183^{\circ}19,5'$	$183^{\circ}19,4'$	
	1		$0^{\circ}07,8'$	$180^{\circ}07,5'$			

Спосіб кругових прийомів застосовують тоді, якщо з одної точки потрібно виміряти кути між декількома (трьома та більше) напрямками. Припустимо, що необхідно виміряти кути з точки 5 між напрямками на точки 1, 2, 3, 4 (див. абрис у табл. 2.2). Очевидно, що кути між двома напрямками 1 і 2, 2 і 3, 3 і 4 можуть бути розраховані, якщо будуть відомими відліки за кожним із цих напрямків.

Перший напівприйом. Ослаблюють затискні гвинти колонки й зорової труби та при колі «ПРАВОРУЧ» наводять зорову трубу в один із орієнтирів, напрямок для якого беруть за початковий (у нашому прикладі 1). Закріплюють колонку та зорову трубу й навідними гвинтами, здійснюють

наведення перехрестя зорової труби в початковий орієнтир. Рукояткою автономного обертання горизонтального кола встановлюють за горизонтальним кругом відлік, близький до 0° . За допомогою навідного гвинта колонки уточнюють наведення на орієнтир, знімають відлік за горизонтальним кругом та записують у журнал (табл. 2.2).

Ослаблюють затискні гвинти колонки й зорової труби та, повертаючи колонку за ходом годинникової стрілки, послідовно наводять зорову трубу теодоліта в кожну точку, зчитують за кожною точкою з горизонтального круга відліки і записують у журнал.

Роботу закінчують на першій точці. Повторне наведення на початкову точку називають замиканням горизонту, а розходження значень кутів не повинно перевищувати $0,5'$.

Другий напівприйм. Переводять зорову трубу через зеніт, установлюють її в положення коло «Ліворуч», наводять на початковий орієнтир, зчитують і записують відлік. Ослаблюють затискні гвинти колонки й зорової труби та, повертаючи колонку проти ходу годинникової стрілки, послідовно наводять зорову трубу теодоліта в кожну точку, починаючи першої справа: 4, 3, 2, 1. Зчитують за кожною точкою з горизонтального кола відліки та записують у журнал. Розрахунки проводять у такої послідовності:

1. Розраховують середні відліки за початковим напрямком до та після замикання горизонту як у першому, так і в другому напівприйомах. Одержані значення записують у верхній частині граф 4 і 5 над відліками за початковим напрямком ($0^\circ 07,6'$ і $180^\circ 07,3'$).

2. Беруть відлік на початкову точку таким, що дорівнює нулю, і розраховують відліки за кожним напрямком. Для цього від відліку за точкою (наприклад, за точкою 2 – $46^\circ 15,3'$) віднімають середній відлік за початковою точкою

($0^{\circ}07,6'$). Такі розрахунки проводять для положення теодоліта коло «Праворуч» і коло Ліворуч» та обидва значення записують у графу 6. Розраховують середнє значення за кожним напрямком і записують у графу 7. Отже, у графі 7 будуть записані кути між напрямком на першу точку та напрямком на іншу, наприклад, на 2, 3 або 4.

На цьому оброблення вимірювань закінчують. Якщо для конкретної практичної задачі потрібен кут між певними точками (наприклад, між 2 і 4), то від відліку за правою точкою віднімають відлік за лівою точкою (в нашому прикладі $183^{\circ}19,4' - 46^{\circ}07,8' = 137^{\circ}11,6'$).

Вимірювання кутів нахилу

Кутом нахилу називають гострий кут у вертикальній площині, що відраховують від площини горизонту з даної точки до напрямку на предмет.

Кут нахилу може бути позитивним, якщо предмет розміщений вище за площину горизонту, або негативним, якщо предмет є нижчим за площину горизонту.

Кути нахилу вимірюють одним напівприйомом під час одного положення вертикального кола: коло «Праворуч» або коло «Ліворуч» у такому порядку:

– ослаблюють затискні гвинти колонки й зорової труби, наводять зорову трубу на предмет та закріплюють затискними гвинтами;

– навідними гвинтами колонки та зорової труби точно суміщають середню горизонтальну лінію сітки із зображенням предмета;

– спостерігаючи в призму-лупу рівня вертикального кола, навідним гвинтом рівня вертикального кола суміщають кінці бульбашки рівня, зчитують і записують відлік за вертикальним колом (ВК);

– обчислюють величину кута нахилу ε :

якщо коло «ПРАВОРУЧ»:

$\varepsilon = O_{КП}$, якщо предмет вищий за горизонт ($O_{КП}$ від 0° до

90°);

$\varepsilon = O_{\text{КП}} - 360^\circ$, якщо предмет нижчий за горизонт ($O_{\text{КП}}$ від 270° до 360°);

якщо коло «ЛІВОРУЧ»:

$$\varepsilon = 180^\circ - O_{\text{КЛ}}$$

де $O_{\text{КП}}$ – відлік за вертикальним колом за умови коло «Праворуч»;

$O_{\text{КЛ}}$ – відлік за вертикальним колом за умови коло «Ліворуч».

Кути для зведення довжин ліній до горизонту достатньо виміряти з точністю до 10'.

Вимірювання відстаней за допомогою теодоліта

Відстані за допомогою теодоліта можуть бути виміряні спеціальною далекомірною рейкою довжиною 3 м, шириною 7–8 см і товщиною 3 см (рис. 2.13). Лицьовий бік рейки розбивають на відрізки, як показано на рисунку 2.13.

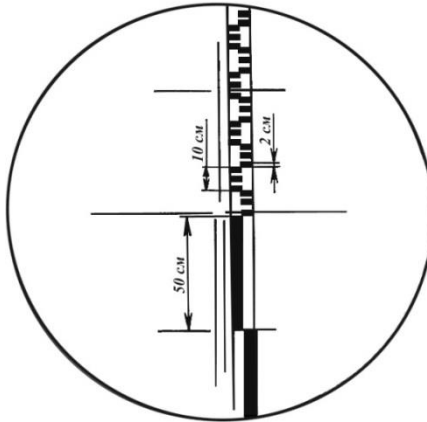


Рисунок 2.13 – Вимірювання відстані за допомогою далекомірної рейки

Для вимірювання відстані встановлюють теодоліт на одному, а рейку – на другому кінці лінії, довжину якої вимі-

рюють. Верхню або нижню горизонтальну лінію сітки зорової труби суміщають із початком метрової або півметрової поділки (залежно від довжини лінії) та підраховують кількість поділок, що вмістилися між двома далекомірними нитками.

Коефіцієнт далекоміра дорівнює 100, тобто 50 см на рейці дорівнює 50 м на місцевості, 10 см на рейці – 10 м на місцевості, 2 см на рейці – 2 м на місцевості. На рисунку 2.5 відстань дорівнює 103 м ($1 \cdot 50 + 5 \cdot 10 + 1 \cdot 2 + 0,5 \cdot 2 = 103$ м).

За допомогою теодоліта можна вимірювати відстані від 50 до 300 м. Точність вимірювання відстаней характеризується відносною похибкою $1:300 \div 1:400$.

Під час вимірювання за допомогою теодоліта ліній, що мають кути нахилу більше ніж 5° , виміряні відстані приводять до горизонту методом введення поправки ΔD .

Величину поправки визначають за таблицею або розраховують за формулою

$$\Delta D_\varepsilon = D_H \cdot \sin \varepsilon, \quad (2.4)$$

де ΔD_ε – поправка на відстань за нахилом лінії до горизонту;

D_H – відстань, виміряна за допомогою теодоліта;

ε – кут нахилу візирної лінії.

Поправку ΔD_ε завжди віднімають від виміряної відстані.

2. 3. Артилерійські гірокомпаси

2.3.1. Загальні відомості про гірокомпаси

Артилерійський гірокомпас призначений для визначення азимутів орієнтирних напрямків. Принцип роботи гірокомпаса ґрунтується на використанні властивості важкого, розташованого на Землі гіроскопа (гіромаятника), що обертається, здійснювати періодичні коливання щодо площини меридіана, який проходить через нього.

Для з'ясування причини виникнення цих коливань розглянемо основні положення теорії гіроскопа.

Гіроскопом називається тіло (ротор), що швидко обертається і маса якого рівномірно розподілена щодо його осі обертання, і вісь обертання може змінювати своє положення в просторі. Найпростішим прикладом гіроскопа може слугувати «вовчок». Природним гіроскопом велетенських розмірів є також наша планета Земля.

Гіроскоп, що має три ступені свободи обертання навколо трьох взаємно перпендикулярних осей, що перетинаються в одній точці, яка збігається з центром тяжіння гіроскопа, називається **вільним** (рис. 2.14).

У підшипниках осей такого гіроскопа тертя повинне бути мінімальним і не повинне істотно впливати на його роботу.

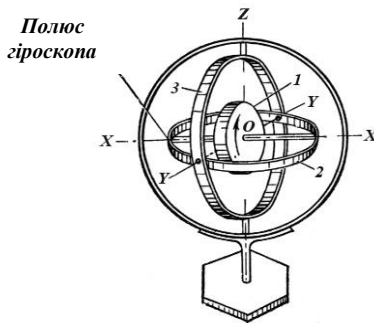


Рисунок 2.14 – Вільний гіроскоп у кардановому підвісі:

1 – диск-ротор; 2 – внутрішнє карданове

Масивний диск-ротор (1) вільно підвішений у двох карданових кільцях – внутрішньому (2) та зовнішньому (3). Разом із внутрішнім кардановим кільцем гіроскоп може обертатися навколо осі YY і водночас із внутрішніми та зовнішніми кільцями – навколо осі ZZ .

Вісь обертання ротора XX називають головною віссю гіроскопа, або просто віссю гіроскопа. Той кінець головної осі гіроскопа, з боку якого обертання ротора відбувається проти ходу годинникової стрілки, називають полюсом гіроскопа.

Осі YY і ZZ називають осями карданового підвісу. Точку перетину осей вільного гіроскопа називають центром гіроскопа, або точкою підвісу.

Вільний гіроскоп має властивості стабілізації та прецесії.

Властивість *стабілізації* полягає в тому, що головна вісь вільного гіроскопа намагається зберегти незмінним своє початкове положення у світовому просторі. Якщо, наприклад, направити полюс гіроскопу на одну із зірок, то з плином певного часу ми будемо спостерігати переміщення осі гіроскопа стосовно місцевих (земних) орієнтирів, що обумовлено обертанням Землі щодо незмінного напрямку осі гіроскопа.

Відомо, що внаслідок обертання Землі навколо своєї осі площина меридіана обертається навколо лінії виска з кутовою швидкістю, пропорційною синусу широти місця, а площина горизонту – навколо напрямку північ-південь з кутовою швидкістю, пропорційною косинусу широти. Спостерігаючи далі за віссю гіроскопа, ми будемо бачити також відхилення її щодо площини істинного горизонту.

Для пояснення цього положення розглянемо поведінку головної обертової осі вільного гіроскопа, встановленого на Землі.

Припустимо, що ми спостерігаємо Землю з боку Полярної зорі (рис. 2.15). Гіроскоп установлений на екваторі (I), головна вісь його зорієнтована в напрямку схід-захід, а полюс гіроскопа A спрямований на схід.

Через деякий проміжок часу Земля повернеться на деякий кут β , і гіроскоп набуде положення II , за якого його

полюс A підніметься над горизонтом цієї точки на кут, що дорівнює куту повернення Землі.

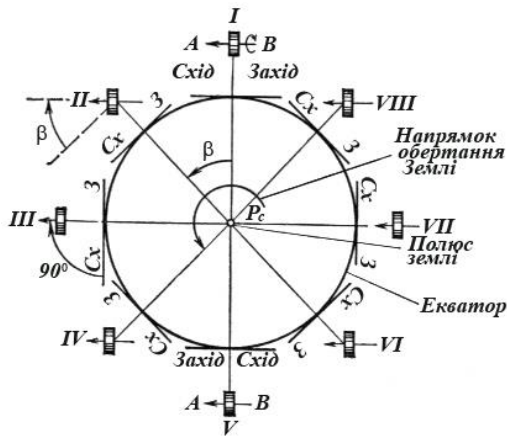


Рисунок 2.15 – Видимий рух головної осі гіроскопа, встановленого на екваторі відносно площини горизонту

У положенні III цей кут становитиме 90^0 , тобто вісь гіроскопа буде перпендикулярною до площини горизонту.

У положенні V полюс гіроскопа A повернеться навколо площини горизонту на 180^0 і змінить свій напрямок на протилежний, тобто буде спрямований на захід.

Через деякий проміжок часу Земля повернеться на деякий кут β , і гіроскоп набуде положення II , за якого його полюс A підніметься над горизонтом цієї точки на кут, що дорівнює куту повернення Землі. У положенні III цей кут становитиме 90^0 , тобто вісь гіроскопа буде перпендикулярною до площини горизонту. У положенні V полюс гіроскопа A повернеться навколо площини горизонту на 180^0 і змінить свій напрямок на протилежний, тобто буде спрямований на захід.

Видимого зміщення осі гіроскопа, розміщеного на екваторі щодо площини меридіана не буде, оскільки кутова швидкість обертання площини меридіана на екваторі дорівнює нулю ($\sin 0^\circ = 0$). Не буде його й у тому разі, якщо вісь гіроскопа спрямувати вздовж меридіана, оскільки при цьому вісь гіроскопа буде паралельною осі обертання Землі.

Якщо гіроскоп установити на полюсі Землі (тобто в точці P_c) так, щоб його головна вісь була горизонтальною, то внаслідок обертання площини меридіана вісь гіроскопа буде поступово відхилятися від початкового напрямку, залишаючись при цьому в площині горизонту, оскільки вона на полюсі Землі нерухома. При цьому буде відбуватися відхилення полюса гіроскопа за ходом годинникової стрілки, тобто в бік, протилежний напрямку обертання Землі.

Якщо гіроскоп установити на проміжній широті так, щоб його головна вісь була горизонтальною, а полюс спрямувати на північ, то з плином певного часу полюс гіроскопа буде відхилятися на схід від меридіана та одночасно підніматися над площиною горизонту. Якщо ж полюс попередньо спрямувати на південь, то з обертанням Землі він буде також відхилятися на схід, але при цьому опускатися над площиною горизонту.

Властивість *прецесії* полягає в тому, що під впливом зовнішньої сили або двох сил, прикладених до осі гіроскопа, ця вісь відхиляється в площині, перпендикулярній до площини прикладання сили. Такий рух називають прецесійним.

Водночас напрямком прецесії буде збігатися з напрямком сили F , якщо її повернути на 90° у напрямку обертання ротора гіроскопа (рис. 2.16).

Прецесійний рух продовжується до того часу, поки діє зовнішня сила. Кутова швидкість прецесійного руху прямо залежність від величини зовнішньої сили та відстані від

центру гіроскопа до точки прикладання сили і зворотно пропорційна до маси гіроскопа й кутовій швидкості обертання ротора.

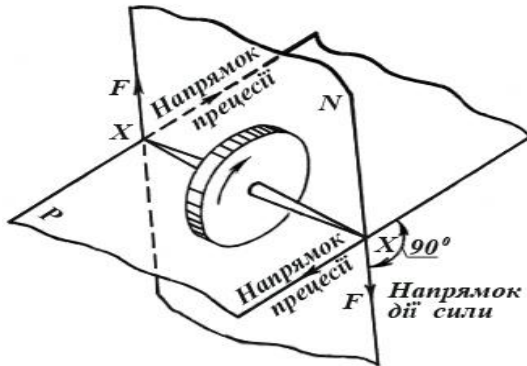


Рисунок 2.16 – Напрямок прецесії головної осі гіроскопа

Триступеневий гіроскоп, центр тяжіння якого зміщений щодо точки підвісу, називають *важким (маятниковим)* (рис.2.17).

На обертову вісь маятникового гіроскопа (гіромаятника), встановленого на Землі, постійно діє сила, що повертає вісь гіроскопа в площину меридіана.

Прецесійні коливання осі такого гіроскопа нагадують коливання магнітної стрілки щодо магнітного меридіана. Тому за аналогією з магнітним компасом прилад, робота якого ґрунтується на властивостях гіромаятника, називають *гірокомпасом*. Принципову схему гіромаятника показано на рисунку 2.17.

Гіромотор підвішений у точці O до нерухокої опори, встановленої на поверхні Землі. Ротор гіроскопа обертається навколо осі XX' . Вісь ZZ' проходить через точку O , а

вісь YY' перпендикулярна до осі XX' . Центр тяжіння C системи розміщений нижче від точки підвісу O . У такому гіроскопі відсутній ступінь свободи щодо осі YY' , але увесь гіромаятник може здійснювати коливання навколо осі YY' , що проходить через точку підвісу паралельно осі YY' .

Розглянемо дію такого обертового гіроскопа на Землі (рис. 2.18).

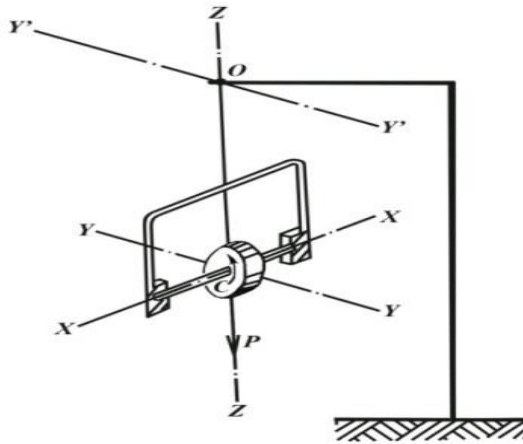


Рисунок 2.17 – Принципова схема маятникового гіроскопа

Нехай у початковий момент часу вісь гіроскопа горизонтальна та розміщена в площині екватора, а полюс гіроскопа спрямований на схід (рис. 2.18, положення I). На цей момент лінія, що проходить через точку підвісу O та центр тяжіння гіроскопа, збігається з вертикаллю місця, тобто реакція підвісу Q та сила тяжіння P перебувають на одній прямій і спрямовані в протилежні боки, тобто не утворюють кінетичного моменту.

Унаслідок добового обертання Земля через деякий проміжок часу повернеться на визначений кут.

Вісь гіроскопа за властивістю стабілізації залишається паралельною своєму початковому положенню та набуде положення *II*.

У цьому разі *P* і *Q* утворюють момент стосовно головної осі гіроскопа, що викликає її прецесію осі навколо вертикалі; при цьому полюс гіроскопа за властивістю прецесії буде повертатися на нас, тобто на північ.

Під час подальшого добового обертання Землі полюс буде підніматися над площиною горизонту. Величина моменту двох сил і швидкість повертання осі навколо вертикалі будуть збільшуватися та досягнуть свого максимального значення, якщо вісь гіроскопа стане в площину меридіану (положення *III*). У цьому положенні полюс *A* гіроскопа буде максимально піднятим над горизонтом, а протилежний кінець осі – максимально знижений.

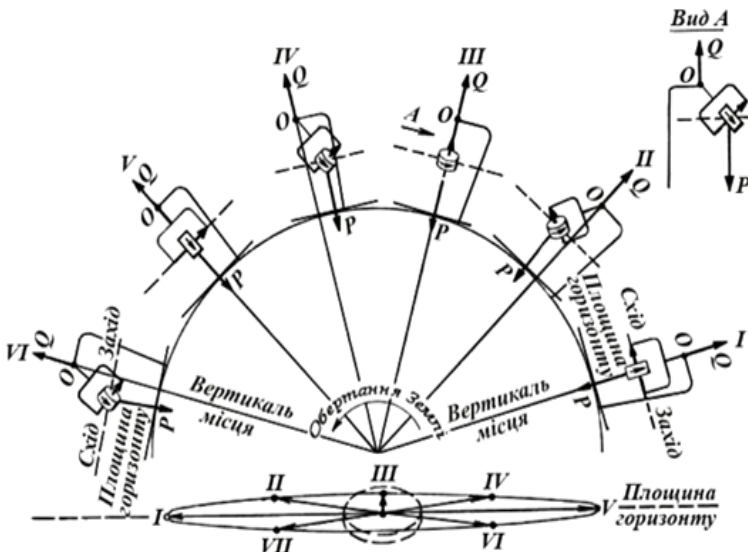


Рисунок 2.18 – Дія важкого гіроскопа на земній кулі

Під час подальшого обертання Землі вісь гіроскопа вийде із площини меридіана та набуде положення *IV*, при цьому полюс гіроскопа буде прецесувати на захід.

У подальшому в результаті обертання Землі вісь гіроскопа буде наближатися до площини горизонту і вочевидь настане такий момент, коли вона збіжиться з площиною горизонту (положення *V*). У цьому положенні момент двох сил буде дорівнювати нулю і прецесія припиниться.

Через деякий час відповідно до властивості стабілізації гіроскопа його вісь набуде положення *VI*. У ньому полюс гіроскопа вже буде зниженим під площину горизонту та вісь гіроскопа згідно із властивістю прецесії почне прецесувати в протилежний бік. При цьому полюс гіроскопа буде ще більше знижуватися під площину горизонту, описуючи еліпс, і повернеться в положення *I*, де, як і в положенні *V*, на деякий час зупиниться.

Точки, за яких спостерігач припиняє рух за азимутом (зупиняє) головну вісь гіроскопа, і напрямок руху полюса змінюється на зворотний, називають *точками реверсії*.

Отже, головна вісь маятничового гіроскопа буде здійснювати періодичні коливання стосовно площини меридіана. Траєкторія руху полюса ідеального маятничового гіроскопа є еліпсом, симетрично розміщеним щодо лінії меридіана. Оскільки Земля безперервно обертається навколо своєї осі, то і полюс гіроскопа також безперервно буде описувати дуже витягнений еліпс, мала вісь якого в 30–50 разів менша за велику. Такий рух полюса гіроскопа спостерігач буде сприймати як коливання за азимутом щодо площини істинного меридіана.

Для ідеального гіроскопа (під час відсутності тертя в підвісі та підшипниках) коливання будуть не згасаючими, і середнє положення полюса гіроскопа буде співпадати з площиною істинного меридіана, що проходить через цю точку.

Для реального гіроскопа внаслідок дій моментів тертя, залишкового дисбалансу ротора та інших причин коливання полюса головної осі ротора гіроскопа будуть затухаючими і загалом несиметричними щодо лінії меридіана.

Термін часу одного повного коливання гіромаятника (від першої точки реверсії до третьої) називають **періодом коливання T** , що залежить від конструктивних даних гіроскопа та широти місця його установлення. Період коливання визначають за формулою

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\overline{H}}{Pl\overline{\omega}_3 \cos B}}, \quad (2.5)$$

де \overline{H} – величина кінетичного моменту ротора гіроскопа;

P – маса гіроскопа;

l – відстань від центра гіроскопа до точки прикладання сили;

$\overline{\omega}$ – кутова швидкість добового обертання Землі;

B – географічна широта місця.

Аналіз формули (2.5) свідчить, що для цього конкретного гіроскопа період коливання залежить лише від широти місця, оскільки решта величин (\overline{H} , P , l , $\overline{\omega}$), що входять у формулу, практично постійні. Якщо відомий період коливання T_1 гіроскопа на широті B_1 , то період коливань T_2 цього ж гіроскопа на широті B_2 можна визначити за формулою

$$T_2 = T_1 \sqrt{\frac{\cos B_1}{\cos B_2}}. \quad (2.6)$$

Якщо, наприклад, період коливань T_1 головної осі гіроскопа на широті $B_1 = 59^\circ$ дорівнює 8 хв, то на широті $B_2 = 69^\circ$ період коливань T_2 буде дорівнювати

$$T_2 = 8 \sqrt{\frac{\cos 59^\circ}{\cos 69^\circ}} \approx 9,7 \text{ хв}, \quad (2.7)$$

тобто на 1,7 хв більше, ніж на широті 59^0 .

Отже, в міру віддалення від екватора період коливань гіромаятника збільшується. На полюсі ($B = 90^0$) він буде дорівнювати нескінченності, оскільки $\cos 90^0 = 0$. На широтах більших ніж 70^0 різко знижується і точність визначення азимутів. У зв'язку з цим використовувати гірокомпас на широтах більших ніж 70^0 не рекомендують.

2.3.2. Артилерійський гірокомпас 1Г25-1

Комплект артилерійського гірокомпаса 1Г25-1 призначений для визначення азимута повздовжньої осі об'єкта під час роботи гірокомпаса на нерухомій щодо Землі основі [15].

Технічні дані гірокомпаса:

Серединна помилка визначення азимута, под. кут.	0-00,55
Гранична помилка визначення азимута, под. кут.	не $>0-02,2$
Час визначення азимута	не >10 хв
Період прецесійних коливань чутливого елемента	не $>6,5$ хв
Напруга живлення на вході блока живлення	$27\text{ В} \pm 10\%$
Струм навантаження в робочому режимі	не >15 А
Струм у пусковому режимі	не >30 А
Зміна напруги впродовж 1-го прийому	не $> \pm 0,5\text{В}$
Робота в діапазоні географічних широт	від 00^0 до $\pm 70^0$
Робота в інтервалі температур	від -50^0 до $+50^0\text{C}$
Межові розходження азимутів візуального та електричного каналів	не $>0-01,5$
Вага комплекту гірокомпаса 1Г25-1	не >80 кг

До комплекту гірокомпаса 1Г25-1 (рис. 2.19), входять: власне гірокомпас 1; установлювальний столик 6; пристрій амортизаційно-фіксувальний (ПАФ) 7; блок перетворення інформації та керування (БПК) 3; блок керування (БК) 4; блок живлення (БЖ) 5; з'єднувальні кабелі; ящик укладаль-

ний для ЗП; комплект запасних частин; комплект інструменту та приладдя; призма контрольного елемента 2; формуляр; журнали гіроскопічних спостережень. Основними частинами гірокомпаса є гіровузол 7,11 і візирна головка 1 (рис. 2.20).

Основними частинами гіровузла є (рис. 2.21) чутливий елемент (ЧЕ) 24, слідкувальний корпус (СК) 14, трегер 10, привід слідкувальної системи 6, механізми автоматичного

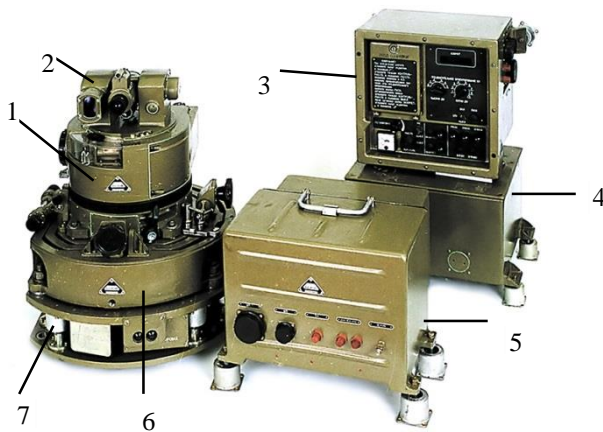


Рисунок 2.19 – Комплект гірокомпаса 1Г25-1:
 1 – гірокомпас; 2 – призма контрольного елемента;
 3 – блок перетворення інформації та керування;
 4 – блок керування; 5 – блок живлення; 6 – установлювальний столик; 7 – ПАФ

та ручного аретування, системи струмопроводів і комутації електричних кіл.

Будова гірокомпаса

Чутливий елемент складається з корпусу 24, гірокамери з гіромотором 20 та основи для закріплення нижнього кінця торсіона 9.

У верхній частині корпусу ЧЕ закріплене дзеркало, що є елементом слідкувальної системи.

Чутливий елемент підвішений на торсіоні, закріпленому в трубці. Трубка закріплена на повзуні 29 каретки, що розміщена у верхній частині слідкувального корпусу 14.

Торсіон являє собою тонку стрічку перерізом 0,27 x 0,002 7 мм із молібденоренійового сплаву з навантаженням на розрив 3 кгс при вазі ЧЕ 1,2 кгс.

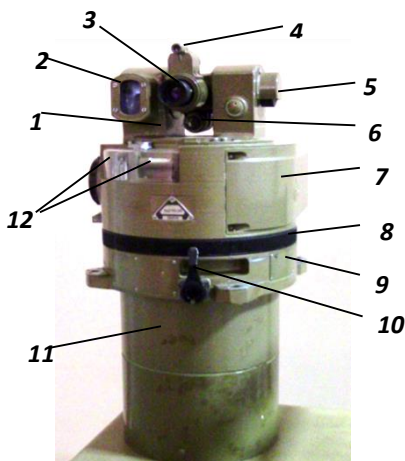


Рисунок 2.20 – Гірокомпас 1Г25-1:

- 1 – візирна головка; 2 – екран; 3 – окуляр зорової труби;
- 4 – оптичний візир; 5 – маховичок різкості білку; 6 – маховичок вимикання марки; 7 – верхній корпус гіровузла;
- 8 – кільце підшипника; 9 – трегер; 10 – важіль механізму захоплювача; 11 – нижній корпус гіровузла; 12 – рівні

Пружина врівноважує вагу чутливого елемента та частини пересувної каретки.

Слідкувальний корпус 14 може обертатися в підшипниках щодо рухомої та нерухомої частин зовнішнього корпусу приладу.

Конструкція гірокомпаса передбачає визначення істинного азимута методом фіксації двох точок реверсії прецесійних коливань і подальшого розрахування положення ди-

намірної рівноваги прецесійних коливань чутливого елемента, що відповідає істинному азимуту заданого напрямку з урахуванням поправки гірокомпаса.

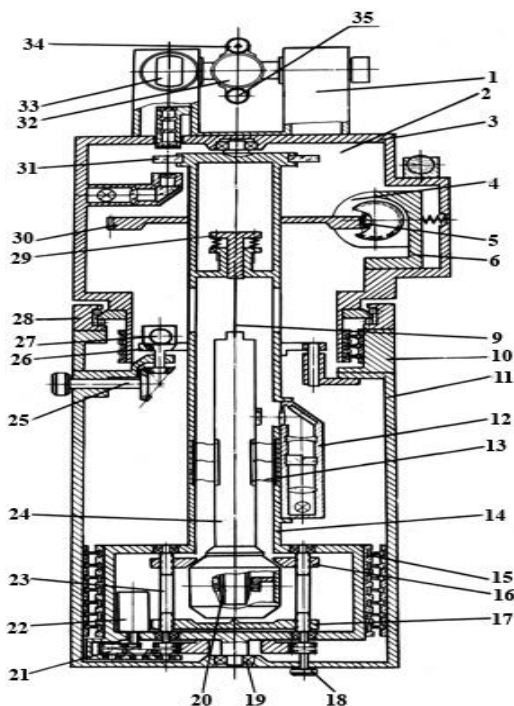


Рисунок 2.21 – Принципова схема гірокомпаса 1Г25-1:

- 1 – візирна головка; 2 – гіровузол; 3 – рухома частина;
- 4 – 13- розрядний перетворювач; 5 – черв'як; 6 – привід слідкувальної системи; 9 – торсіон; 10 – трегер; 11 – нижній корпус; 12 – датчик кута; 13 – струмопідвід; 14 – слідкувальний корпус; 15 – контактні кільця; 16,17 – стопорні кільця; 18 – маховик аварійного аретування; 19 – підшипник; 20 – гіромотор; 21 – редуктор; 22 – двигун; 23 – гвинт; 24 – чутливий елемент; 25 – вісь редуктора; 26 – редуктор механізму захоплення; 27 – контактні кільця; 28 – кільце підшипника; 29 – каретка; 30 – шестіря; 31 – лімб; 32 – зорова труба; 33 – екран; 34 – вимикач освітлення сітки; 34 – візир; 35 – вимикач освітлення марки

На слідкувальному корпусі розміщені аретувальний механізм, датчик кута слідкувальної системи 12, контактні кільця 15 для передавання електроживлення з нерухомої частини зовнішнього корпусу, кривозубе колесо 30, лімба 31 та екрани, що захищають чутливий елемент від впливу зовнішніх магнітних полів.

Оцифрування шкали лімба виконано за ходом годинникової стрілки через кожні 5 поділок кутоміра.

Передбачена можливість зняття показань гірокомпаса як з електричного, так і з візуального каналів.

Об'єктом регулювання є слідкувальний корпус 14, якому надає обертання виконавчий двигун через редуктор сигналом із датчика кута слідкувальної системи.

Датчик кута слідкувальної системи призначений для перетворення кута розгалуження між СК і ЧЕ в електричний сигнал.

У корпусі датчика слідкувальної системи (рис. 2.22) закріплені об'єктиви 2 і 4, конденсатор 3, фоторезистори 5 і 11, дзеркало 1, призми 6 і 10, розподільна призма 7, лампа освітлення 7.

Під час погодженого положення ЧЕ і СК на виході ДКСС сигнал дорівнює нулю, тобто електрична мостова схема, двома плечима якої є фоторезистори 5 і 11, збалансована.

Під час повороту ЧЕ утворюється кут розгалуження між ЧЕ і СК, унаслідок чого відбувається перерозподілення світлових потоків, що надходять на фоторезистори.

Перерозподілення світлових потоків викликає розбалансування мосту, і на його діагоналі виникає сигнал ϕ , пропорційний зміщенню променя, тобто куту розгалуження між ЧЕ та СК. Цей сигнал після посилення надходить на обмотку управління виконавчого двигуна Д (рис. 2.23), який через редуктор Z розвертає СК у погоджене положення з ЧЕ, тобто відпрацьовує кут розгалуження.

Для збільшення динамічної характеристики в слідкувальній системі застосований негативний зворотний зв'язок із прискорення.

Сигнал, пропорційний швидкості руху СК, від тахогенератора ТГ, з виконавчим двигуном надходить через елементи зворотного зв'язку на один із входів суматора С, на інший вхід суматора подається сигнал від ДКСС.

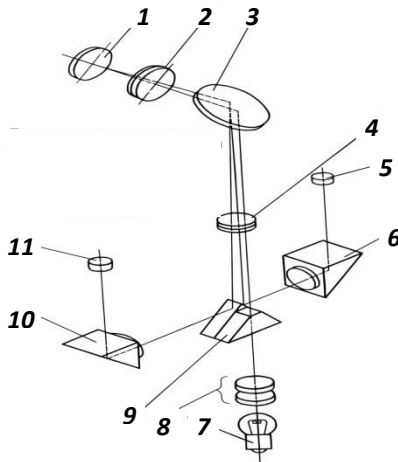


Рисунок 2.22 – Датчик кута слідкувальної системи:

- 1 – дзеркало ЧЕ; 2, 4 – об'єктиви; 3 – дзеркало;
- 5, 11 – фоторезистори; 6, 10 – призма; 7 – лампа;
- 8 – конденсатор; 9 – розподільна призма

Елементи схеми ЗЗ забезпечують необхідні фазові співвідношення між сигналом на виході ДКСС і сигналом зворотного зв'язку. Сумарний сигнал із суматора надходить на вхід підсилювача П, який посилює його до величини, що необхідної для роботи двигуна Д.

Для зняття інформації щодо положення ЧЕ по електричному каналу на валу черв'яка 5 (рис. 2.21) приводу слідкувальної системи б встановлено 13-розрядний перетворювач

4, сигнали з якого надходять до блоку перетворення інформації та керування.

На слідкувальному корпусі гіровузла розміщені контактні кільця 15 для передавання напруг живлення та сигналів керування, а також механізм аретування, що аретує ЧЕ після закінчення роботи гірокомпаса.

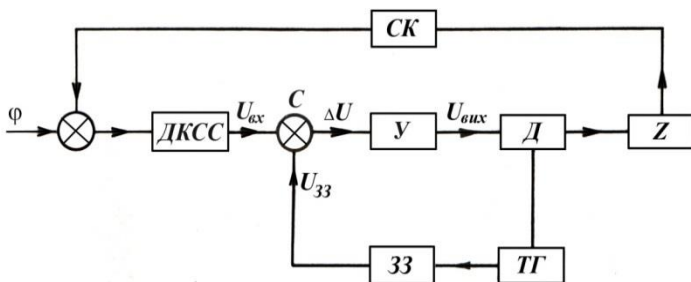


Рисунок 2.23 – Структурна схема слідкувальної системи:

СК – слідкувальний корпус; ДКСС – датчик кута; У – підсилювач;
Д – двигун; ТГ – тахогенератор; ЗЗ – схема зворотного зв'язку

Корпус гіровузла складається з двох частин. Нерухому частину 11 міцно закріплюють на трегері 10, а верхня (рухома частина гірокомпаса 3) із закріпленою на ній візирною голівкою 1 може обертатися в підшипнику 28 відносно трегера.

На рухомій частині 3 корпусу закріплюють привід слідкувальної системи, корпус освітлення лімба з конденсатором, візирну голівку 1, рівні для горизонтування гірокомпаса та контактні кільця для передавання електроживлення з контактів трегера.

Привід слідкувальної системи 6 (рис. 2.21) складається з виконавчого електродвигуна та редуктора.

Черв'як редуктора перебуває в зачепленні з шестірнею 30 слідкувального корпусу і з'єднаний із валіком 13-рядного перетворювача 4.

Корпус приводу слідкувальної системи разом із електродвигуном і черв'яком 5 підвішений на осях у стояку. Черв'як притискується до шестірні слідкувального корпусу пружиною.

Грубе наведення зорової труби в горизонтальній площині здійснюють електродвигуном під час натискання кнопок «ВЛЕВО», «ВПРАВО» на БПК і за попереднього встановлення важеля 10 (рис. 2.20) у положення У. При цьому слідкувальний корпус жорстко з'єднується з трегером 10 (рис. 2.21), а рухома частина гірокомпаса з візирною голівкою обертається електродвигуном у підшипнику 28 трегера.

Точне наведення зорової труби здійснюють за допомогою тих самих кнопок під час увімкненого тумблера МС. За допомогою ручки «РЕГУЛІРОВКА» проводять зміну швидкості обертання рухомої частини гірокомпаса.

За допомогою редуктора 26 здійснюється стопоріння слідкувального корпусу та рухомої частини 3 зовнішнього корпусу відносно трегера.

Під час обертання слідкувального корпусу рухома частину та візирну голівку міцно з'єднують із трегером хомутиком 26 за допомогою редуктора 25 механізму захоплювача.

Аретувальний механізм (рис. 2.21) складається з електродвигуна 22 з редуктором 21, стопорних кілець 16 і 17, двох гвинтів 23 та шестірні.

Шестірня редуктора перебуває в зачепленні з шестірнею, що обертає шестерні, закріплені на гвинтах. Через редуктор обертання електродвигуна обертання передається на гвинти, що переміщують стопорні кільця аретувального механізму в протилежні боки. Під час зустрічного руху кілець відбувається затиснення гірокамери ЧЕ.

Зусилля затискання ЧЕ регулюють гайкою редуктора, що притискує пружину. На момент, якщо зусилля затис-

кання ЧЕ перевищує задане значення, стає до ладу запобіжна зубчаста муфта. Під дією надлишкового моменту колесо циліндричне прямозубе, продовжуючи обертатися щодо муфти 9, з'єднаної з валом 10, піднімається вгору та через стрижень, планку і пружину 3 тисне на кнопку мікрровимикача 2, що подає сигнал на блок керування для зупинення електродвигуна 1.

Під час розаретування ЧЕ, якщо основи розходяться до визначеного положення, гвинт тисне на кнопку мікрровимикача, що подає сигнал на блок керування для зупинення електродвигуна.

Для аретування ЧЕ гірокомпаса в разі виходу з ладу автоматичного аретира є *аварійний аретир*. Під час обертання маховичка 18 обертальний момент передається на шестерню, що входить у зачеплення з шестернями гвинтів 23. Під час обертання гвинтів 23 основи 16 і 17, зближуються, затискують ЧЕ і забезпечують аретування гірокомпаса.

Візирна головка 1 являє собою литий корпус із двома стояками. У лівій головці розміщений екран 33, що дозволяє знімати відліки з лімба, а між стояками – зорова труба 32, призначена для прив'язки до КЕ та візування на місцеві предмети.

У лівому стояку розміщена проекційна відлікова система, а в правому – механізми стопоріння й точного вертикального наведення зорової труби, а також маховичок для регулювання різкості зображення перехрестя відблиску. Під час точного вертикального наведення зорової труби горизонтальну вісь необхідно застопорити. Стопоріння здійснюють по повертанню маховичка за годинниковою стрілкою до упору.

Зорова труба (рис. 2.24) призначена для прив'язки до контрольного елемента (КЕ) та візування на предмети.

Вона міцно закріплена на горизонтальній осі, разом із якою може повертатися від «+» 1-00 до «-» 2-50.

У корпусі 11 зорової труби розміщено об'єktiv 13 в оправі, повзун 12 із лінзами в оправі 10, корпус 5 окуляра з призмою-сіткою та лінзами 6.

Повзун водночас із лінзами в оправі 10 пересувається в корпусі 11 за допомогою маховичка на правому стояку ві-

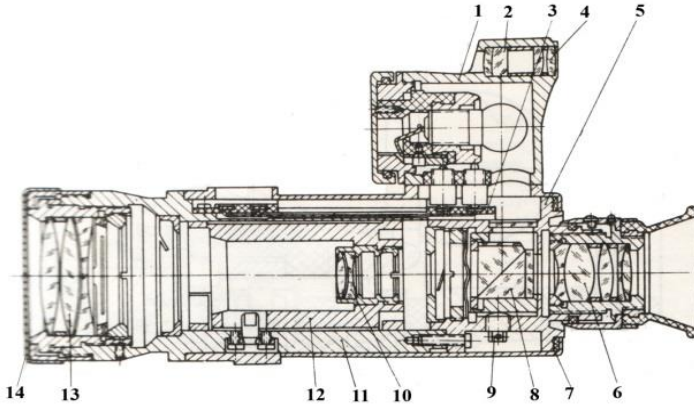


Рисунок 2.24 – Зорова труба:

- 1 – освітлення; 2 – сітка з покривним склом; 3 – колодка;
- 4 – візир; 5 – корпус; 6 – лінзи окуляра; 7 – ковпачок;
- 8 – призма-сітка; 9 – гвинт; 10 – лінзи в оправі; 11 – корпус;
- 12 – повзун; 13 – об'єktiv; 14 – ковпачок

зирної головки, що забезпечує наведення на різкість зображення перехрестя відблиску.

Візир 4 слугує для грубого наведення труби на предмети. Для підведення напруги живлення до лампи освітлення 1 на корпусі окуляра встановлена колодка 3.

Для забезпечення можливості взаємного візування з іншими оптичними приладами на трубі встановлена марка 35 (рис. 2.21); матове скло марки освітлюється лампою у патроні.

Проекційна відлікова система, розміщена в лівій колонці корпусу візирної головки (рис. 2.25), має мікрооб'єktiv

8, блок дзеркал *10* в оправі й сітку *9* в оправі та чотирилінзову лупу *1*.

Зображення лімба за допомогою мікрооб'єктива та блока дзеркал передають на сітку та розглядають через лупу (рис. 2.25б). Отже, візуально знімають відліки в точках реверсії.

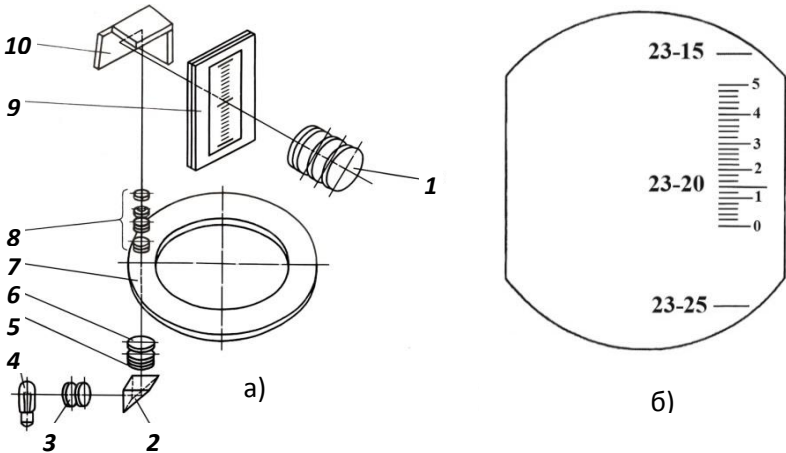


Рисунок 2.25 – а) Відлікова система:

1 – лупа; 2 – призма; 3 – лінзи конденсора;
 4 – лампа освітлення; 5 – світлофільтр; 6 – лінза; 7 – лімба;
 8 – об'єкти; 9 – сітка; 10 – призма; б) поле спостереження відлікової системи: відлік дорівнює 23-21,4

Установлювальний столик 6 (див. рис. 2.19) призначений для закріплення та горизонтування гірокомпаса на об'єкті. Установлювальний столик складається з трьох кілець. Зовнішнє кільце кріплять до об'єкта. На внутрішнє кільце болтами кріплять гірокомпас.

Під час горизонтування кільця гірокомпаса одне щодо одного повертаються за допомогою двох редукторів із маховичками. Дзеркало в оправі, закріпленій на внутрішньому

кільці, є контрольним елементом столика. Для установлення призми, за допомогою якої здійснюють прив'язку зорової труби до дзеркала КЕ, призначена напрямна на оправі дзеркала.

Пристрій амортизаційно-фіксувальний (ПАФ) призначений для зменшення механічних перевантажень, що діють на гірокомпас та установлювальний столик під час руху об'єкта. На пульті ПАФ розміщені сигнальні лампи «ТРАНСПОРТИРОВКА» і «РАБОТА».

Блок перетворення інформації та керування (рис. 2.26) виконує такі функції:

– перетворення даної інформації 13-розрядного коду й циклічного коду (коду Грея) у двійковий код із подальшим переведенням у поділки кутоміра та індикацією на світловому табло;

– автоматичне обертання СК гірокомпаса під час початкового орієнтування в задане положення;

– автоматичне розаретування та аретування гірокомпаса;

– вмикання комплекту, контроль напруги живлення, індикацію режимів роботи гіромотора, керування пристроєм обертання СК, керування та індикацію положення механізму гірокомпаса.

– фіксацію точок реверсії ЧЕ гірокомпаса та розрахування азимута заданого напрямку з урахуванням формулярної поправки гірокомпаса та видаванням цього азимута на табло індикацій.

На передній панелі БПК розташовані:

– перемикач «КОНТРОЛЬ-ВЫКЛ-РАБОТА» 10 для вмикання комплекту на потрібний режим;

– вольтметр 11 для контролю напруги живлення, що надходить до гірокомпаса;

– кнопки «ВЛЕВО», «ВПРАВО» 4, ручка «РЕГУЛИРОВАКА», тумблер МС (мала швидкість) 9 для розвертання ві-

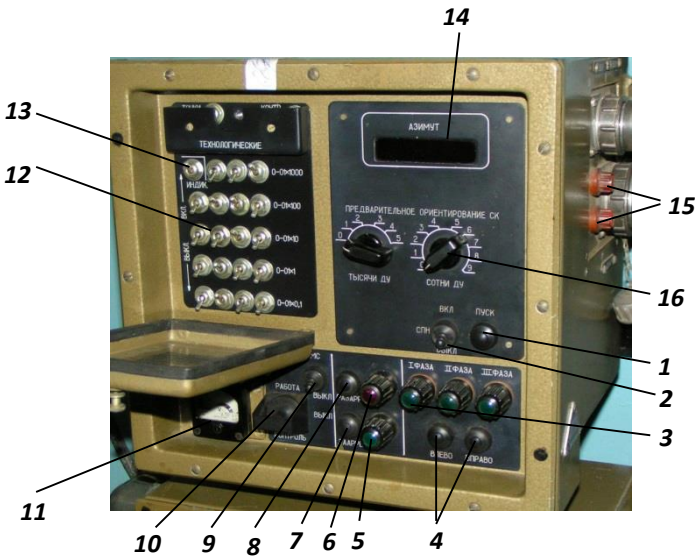


Рисунок 2.26 – Блок перетворення інформації та керування:

- 1 – кнопка «ПУСК»;
- 2 – тумблер «СПН»;
- 3 – лампи фази, II, III;
- 4 – кнопки «ВПРАВО», «ВЛЕВО»;
- 5 – лампа «РАЗАРРЕТ»;
- 6 – лампа «ЗААРРЕТ»;
- 7 – кнопка «РАЗАРРЕТ»;
- 8 – кнопка «ЗААРРЕТ»;
- 9 – тумблер «МС»;
- 10 – тумблер «РАБОТА – ВЫКЛ – КОНТРОЛЬ»;
- 11 – вольтметр;
- 12 – перемикачі вводу формулярної поправки;
- 13 – тумблер індикації;
- 14 – табло індикації;
- 15 – запобіжники;
- 16 – перемикачі попереднього орієнтування

зирної головки при прив'язці зорової труби за відблиском контрольного елемента або наведенні на орієнтир (під час вивірення 1Г25-1) та регулюванні швидкості розвертання візирної головки;

– кнопки та лампи «РАЗАРРЕТ», «ЗААРРЕТ» 5,6,7,8 для керування та контролю (індикації) режимів роботи механізму аретування гірокомпаса;

– лампи ФАЗ I, II, III (3) для захисту кіл живлення гідромотора від перевантажень за струмом та контролю (індикації) його режимів роботи;

– перемикачі «ТЯСЯЧИ ДУ», «СОТНИ ДУ» 2 для набору значення кута попереднього орієнтування СК гірокомпаса;

– кнопка «ПУСК» 1 для подавання команди на роботу автоматичного каналу визначення істинного азимута;

– світлове табло з транспарантом «АЗИМУТ» 14 для показання азимута (після вмикання транспаранта), визначеного в автоматичному режимі роботи гірокомпаса;

– під кришкою «ВВОД ПОПРАВКИ» розміщені 18 тумблерів для введення значення формулярної поправки гірокомпаса або об'єкта по електричному каналу, а також кришка з надписом «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ». На боковій стороні корпусу БПК закріплена панель з колодками рознімів для під'єднання кабелів комплекту та двома запобіжниками 2А, 5А 15.

Блок керування призначений для відпрацювання команд керування, поданих з БПК. Він складається з пристрою комунікації режиму роботи гіромотора; пристрою розвертання слідкувального корпусу; пристрою комунікації електричних ланцюгів аретувального механізму гірокомпаса; пристрою автоматичного вмикання схеми фіксації точок реверсії; посилювача слідкувальної системи.

Блок живлення призначений для забезпечення гірокомпаса, БК, БПК такими напругами: трифазною напругою 36 В 400 Гц для живлення гідромотора; двофазною напругою 36 В 400 Гц та 30 В 400 Гц для живлення слідкувальної системи; постійною напругою 4 В 400 Гц для живлення лампи освітлення слідкувальної системи; постійною стабілізованою напругою $5 \pm 0,5$ В для живлення БПК; постійною напругою 6 ± 1 В для живлення світлового табло БПК.

Блок живлення складається з корпусу та кришки. На боковій стінці БЖ розміщені: два різні для під'єднання кабелів; два запобіжники 10А; шпилька «ЗЕМЛЯ», з'єднана з корпусом блока.

III призначений для усунення дрібних несправностей оператором під час роботи з комплектом та його технічного обслуговування.

Вказівки щодо експлуатації гірокомпаса 1Г25-1

Під час експлуатації гірокомпаса необхідно враховувати таке:

- прилади, що входять до складу комплекту гірокомпаса, чутливі до різких ударів та струсів. Їх необхідно особливо берегти від потрапляння пилу, бруду, вологи;

- прилади необхідно тримати в чистоті. Зовнішні поверхні оптичних деталей протирати м'якою серветкою без сильного натискання. Не потрібно загвинчувати та відгвинчувати маховички до краю;

- у процесі одного прийому під час прецесійних коливань ЧЕ напруга живлення не повинна змінюватися більше, ніж на 0,5 В;

- черговий прийом починати не раніше ніж через 15 хвилин після закінчення попереднього під час нормальних та низьких температур та не раніше ніж через 30 хвилин в умовах підвищених температур (від + 35 °С до + 50 °С). У виняткових ситуаціях можна проводити підряд не більше ніж 3 прийоми із подальшою перервою не менше ніж 30 хвилин;

- під час роботи гірокомпаса в процесі одного прийому необхідно проводити перевірку прив'язки КЕ, а між прийомами – перевірку рівнів;

- під час транспортування та зберігання на гірокомпас та БПК варто надягати чохла;

- під час живлення комплекту гірокомпаса від акумулятора напруга живлення повинна бути не меншою ніж 24,3 В;

– важіль механізму захоплювача на гірокомпасі повинен бути встановлений у такому положенні: в похідному положенні – в У (у правому крайньому); під час визначення азимута – у Г (лівому крайньому).

Заходи безпеки. Суворе додержання вимог та правил експлуатації сприяє безвідмовній роботі приладів упродовж гарантійного терміну. Під час експлуатації приладів необхідно додержуватися основних правил:

– не допускати до роботи людей, які не вивчили будову приладів та правила експлуатації;

– не вмикати тумблер «КОНТРОЛЬ-РАБОТА» на БПК – у положення «РАБОТА» без контролю напруги за вольтметром;

– вимикати електричні прилади під час перерв у роботі.

З метою попередження ураження струмом персоналу, який обслуговує прилад, необхідно виконувати такі правила:

– не замінювати несправні лампи та запобіжники за умов увімкненого живлення;

– не подавати напруги до під'єднання кабелів до приладів, не вмикати кабелі за умов увімкненого живлення;

– не залишати перемикачі в інших положеннях, крім «ВЫКЛ», після завершення роботи;

– не починати роботи з кабелями, що мають механічні пошкодження.

У разі виходу з ладу автоматичного аретувального механізму або зняття живлення з БЖ гірокомпаса до повного розаретування ЧЕ (не горить лампа «ЗААРПЕТ» на БПК) відстикувати рознім III кабелю 798 КС-1 від гірокомпаса, провести зааретування ЧЕ за допомогою обертання маховичка аварійного аретира, обертаючи його за ходом годинникової стрілки (якщо спостерігати з боку маховичка). Після зааретування гірокомпаса аварійним аретиром для на-

дання схемі сигналізації аретувального механізму початкового стану, під'єднати рознім III кабелю 798 КС-1 до гірокомпаса (одночасно горять лампи «ЗААРРЕТ» і «РАЗАРРЕТ») та натиснути кнопку «ЗААРРЕТ» на БПК, тоді лампа «РАЗАРРЕТ» вимикається.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

– рух об'єкта та штовхання під час розаретованого ЧЕ гірокомпаса, тому що це може призвести до обриву торсіона;

– вмикати гірокомпас під час напруги живлення менше ніж 24,3 В та більш ніж 29,7 В;

– замінювати лампи I, II, III ФАЗ БПК лампами, номінал яких відрізняється від визначених у технічній документації на прилад (3,5 В 0,26 А), тому що це може призвести до перепалювання гнучких струмопроводів і виходу гірокомпаса з ладу;

– використовувати інші номінали напруги;

– під'єднувати та вимикати кабелі під час увімкненого живлення;

– розвертати візирну головку вручну; знімати кришку з надписом «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ», розміщену під кришкою «ВВОД ПОПРАВКИ»;

– натискати кнопки «ВПРАВО» та «ВЛЕВО», у разі розаретованого положення ЧЕ або після натискання кнопки «ПУСК»;

– проводити прийом визначення азимута в разі ввімкненого положення тумблера МС на БПК.

Визначення дирекційного кута поздовжньої осі машини за допомогою гірокомпаса 1Г25-1

Роботи на гірокомпасі проводять лише після повного зупинення машини, вимкнення базового двигуна об'єкта та двигуна станції електроживлення в такому порядку:

1. Визначають приблизний (із точністю до $\pm 1-00$) азимут поздовжньої осі машини.

2. Знімають чохла з гірокомпаса та БПК. Перевіряють початкове положення органів керування:

– **на БПК**: перемикач «КОНТРОЛЬ-ВЫКЛ-РАБОТА» – в положенні – «ВЫК»; тумблери «МС», «СПН» – у положенні «ВЫКЛ»; перемикачі попереднього орієнтування – в нульових положеннях;

– **на гірокомпасі**: важіль механізму захоплювача – в положення **У** (вправо до упору);

– **на ПАФ** – горить лампа «ТРАНСПОРТИРОВКА»;

– **на установлювальному столику** – встановлена призма контрольного елемента (якщо вона не встановлена, то дістати її з ящика ЗП і встановити в напрямних).

3. Перемикач «КОНТРОЛЬ-ВЫКЛ-РАБОТА» встановлюють у положення «КОНТРОЛЬ». Загоряється лампа «АР-РЕТИР»; перевіряють за вольтметром напругу живлення $U = 24,3 \text{ В} - 29,7 \text{ В}$; якщо $U < 24 \text{ В}$, але не менш ніж 22 В , то вмикають тумблер СПН.

4. Переводять перемикач «КОНТРОЛЬ-ВЫКЛ-РАБОТА» в положення «РАБОТА»: загоряються лампи ФАЗ I, II, III, потім притухають і світяться як напіврозжарені; перемикачами попереднього орієнтування виставляють відлік

$$O = Anp - \delta_{\phi}, \quad (2.8)$$

де Anp – приблизний азимут поздовжньої осі об'єкта;

δ_{ϕ} – формулярна поправка електричного каналу гірокомпаса.

5. Відстопорюють кільця установлювального столика та перевіряють прив'язку контрольного елемента до перехрестя сітки.

6. Важіль механізму захоплення встановлюють у положення **Г** (вліво до упору).

7. Після загоряння на ПАФ лампи «РАБОТА» відгори-зонтувати гірокомпас та натиснути на БПК кнопку ПУСК.

Автоматично розвернеться СК (відбувається швидкий рух шкали лімба, потім її зупинення). На світловому табло БПК висвічується відлік, що дорівнює приблизному азимуту поздовжньої осі машини з похибкою $\pm 2-00$.

Одночасно за командою з БПК автоматично розаретується ЧЕ – гасне лампа «ЗААРРЕТ» та загоряється лампа «РАЗАРРЕТ». На екрані відбувається плавний рух шкали лімба відносно ноніусної шкали.

8. Після загоряння лампи «РАЗАРРЕТ» необхідно спостерігати за рухом шкали на екрані. На момент зупинення шкали (точка реверсії) зняти відлік N_1 з екрана візуального каналу та записати його в бланк (табл. 2.3). Величину напруги в момент точки реверсії зняти зі шкали вольтметра і також записати в бланк.

Із настанням другої точки реверсії знімають відлік N_2 з екрана візуального каналу, напругу живлення за вольтметром та записують усе в бланк, а потім зчитують азимут електричного каналу з табло індикації.

Після другої точки реверсії автоматично зааретується гірокомпас: на БПК гасне лампа «РАЗАРРЕТ» та вмикається лампа «ЗААРРЕТ»; на ПАФ гасне лампа «РАБОТА» і вмикається «ТРАНСПОРТИРОВКА».

Після загоряння на БПК лампи «ЗААРРЕТ», на ПАФ «ТРАНСПОРТИРОВКА», тумблер «РАБОТА-КОНТРОЛЬ» поставити в положення «ВЫКЛ».

Розрахувати азимут за формулами, наведеними в бланку.

При цьому, якщо один із відліків N_1 , N_2 розміщений у першій чверті, а другий – у четвертій, то розрахунок виконують за формулою

$$N_{сер} = \frac{1}{2} (N_1 + N_2 \pm 60-00). \quad (2.9)$$

Знак «+», якщо $N_1 + N_2 < 60-00$; знак «-», якщо $N_1 + N_2 > 60-00$.

Таблиця 2.3 – Бланк запису відліків та розрахування азимута
 Дата _____ Прийом _____ Спостерігач _____
 Час вимкнення _____ Умови роботи _____

Візуальний канал

N_i	Відлік	Ув
N_1		
N_2		
$N_1 + N_2$		
$N_{cp} = \frac{1}{2} (N_1 + N_2)$		
$\delta_{форм.}$		
$A_{ict_{в.к}} (A_{et_{в.к}})$		
γ		
α		

Електричний канал

A_i	Відліки
A_{ti}	
$\Delta\delta_i$	
$A_{ict_{ел.к}} (A_{et_{ел.к}})$	
γ	
α	

Розходження азимутів візуального та електричного каналів не повинно перевищувати 0-1,5. Під час виконання цієї умови розраховують дирекційний кут за формулою

$$\alpha = A_{ict} - (\pm \gamma), \quad (2.10)$$

де γ – зближення меридіанів для цієї точки.

У **похідне положення** гірокомпас переводять у такому порядку:

- усі органи керування на БПК установлюють у початкове положення;
- важіль механізму захоплювача встановлюють у положення **У**;
- рухомі кільця установлювального столика виводять на рівень нерухомого та застопорюють установлювальний столик;
- відстопорюють зорову трубу, укладають її на візирну головку та закривають об'єktiv кришкою;
- за необхідності, знімають призму контрольного елемента й укладають її у ящик для ЗП;
- надівають на БПК та гірокомпас чохла.

2.3.3. Артилерійський гірокомпас 1Г17

Призначення, ТТХ і комплект гірокомпаса 1Г17

Гірокомпас 1Г17 призначений для визначення істинних азимутів орієнтирних напрямків. Кутомірну частину гірокомпаса можуть використовувати для вимірювання горизонтальних кутів і визначення магнітних азимутів напрямків [16].

Технічні дані гірокомпаса 1Г17:

Серединна похибка визначення азимута	30'
Час визначення азимута, хв: за 2 точками реверсії за 3 точками реверсії	12 16
Робота в діапазоні географічних широт	від 0° до $\pm 70^{\circ}$
Робота в інтервалі температур, $^{\circ}\text{C}$	± 50
Вага комплекту гірокомпаса, кг	135
Вага власне гірокомпаса, кг	24

Загальна будова гірокомпаса 1Г17:

Складовими частинами гірокомпаса (рис. 2.27) є гіровузол 8 та кутомірна частина 5.

Гіровузол призначений для визначення напрямку істинного меридіана. Він складається (рис. 2.28) з чутливого елемента 16, слідкувального корпусу 20, слідкувальної системи, механізмів автоматичного 13 і ручного 11 аретування, системи струмовідводів і комутації електричних кіл.

Чутливий елемент являє собою циліндричний корпус, у нижній частині якого закріплено гіродвигун 15. За допомогою торсіона 1 він підвішується до слідкувального корпусу 12 і створює гіроскопічну систему маятникового типу.

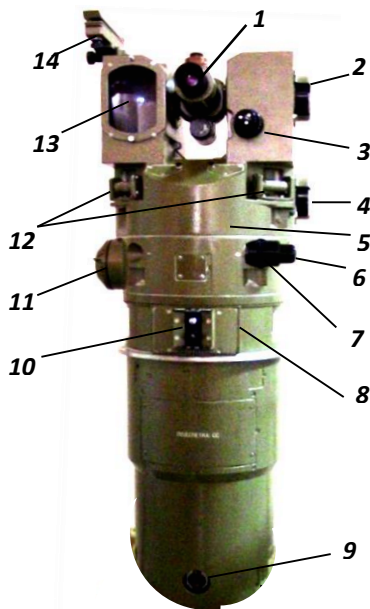


Рисунок 2.27 – Гірокомпас 1Г17:

1 – зорова труба; 2 – маховичок наведення різкості зорової труби;
 3 – стопор зорової труби; 4 – маховичок мікрометра; 5 – кутомірна частина; 6 – навідний гвинт кутомірної частини; 7 – затискний гвинт; 8 – гіровузол; 9 – отвір для окулярної трубки оптичного центрира; 10 – пульт керування слідкувальної системи; 11 – ковпак освітлення проекційного пристрою; 12 – рівні; 13 – екран; 14 – магнітна стрілка

На корпусі ЧЕ закріплюють дзеркало 4. Дзеркало 4 являє собою елемент слідкувальної системи.

Слідкувальний корпус 20 призначений для усунення закручування торсіона під час прецесійних коливань ЧЕ та передавання інформації щодо його положення у відлікову систему. На слідкувальному корпусі закріпленій лімб, де нанесена шкала з ціною однієї поділки 20'. Оцифрування шкали виконано за ходом годинникової стрілки.

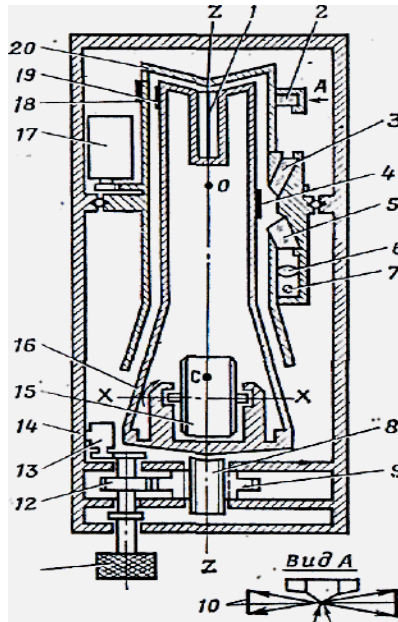


Рисунок 2.28 – Принципова схема гірокомпаса ІГ17:

- 1 – торсіон; 2 – роздільна призма; 3,5 – призми; 4 – дзеркало;
 6 – лінза; 7 – лампа; 8 – аретир; 9 – нарізна втулка; 10 – фотоопір;
 11 – маховичок; 12–шестірня;13–двигун автоматичного аретування;
 14 – зовнішній корпус; 15 – гіромотор; 16 – чутливий елемент;
 17 – двигун із редуктором; 18, 19 – автоколімаційні дзеркала чутливого елемента й слідкувального корпусу;
 20 – слідкувальний корпус

Розворот СК за ЧЕ відбувається за допомогою двигуна 17 через редуктор. Вмикання двигуна та напрямок розвороту СК визначають сигналом, виробленим слідкувальною системою під час розгалуження ЧЕ і СК. Крім того, розворот СК може відбуватися методом подання живлення безпосередньо на двигун під час вмикання вимикача *СС*, розміщеного на пульті керування гіровузла 10 (рис. 2.27).

Комплект гірокомпаса 1Г17 показано на рисунку 2.29.

Слідкувальна система призначена для вироблення керівного сигналу, поданого на двигун розвороту СК, під час розгалуження ЧЕ і СК. Вона складається з датчика кута розгалуження, вмонтованого на СК, дзеркала 4 ЧЕ, джерела світла 7 і двох фотоопорів (фотодатчиків) 10 (рис. 2.28).

Принцип дії слідкувальної системи аналогічний гірокомпасу 1Г25-1. Під час узгодженого положення ЧЕ і СК світловий потік, що рухається від джерела світла 7, потрапляє на дзеркало ЧЕ 4, відбивається від нього і потрапляє на призму 2. За допомогою ребер призми 2 він розподіляється на дві рівні частини, що потім потрапляють на фотоопори. У цьому разі сигналу розгалуження немає і двигун для розвороту СК не вмикають.

Під час розвороту ЧЕ, а разом із ним дзеркала ЧЕ, виникає перерозподіл світлових потоків, що викликають сигнал розгалуження певного знака. Цей сигнал після посилення надходить на керувальну обмотку двигуна 17, що через редуктор розвертає СК у погоджене положення.

Механізм автоматичного аретування ЧЕ закріплений у нижній частині гіровузла. Він призначений для закріплення ЧЕ в похідному положенні та складається з двигуна 13 із редуктором 12, шестірні 9 та аретира 8 (рис. 2.28).

Сигнал на ввімкнення двигуна подається з пульта керування поворотом перемикача в положення «РАБОТА» (для розаретування) і в положення «ВІКЛ.» (для аретування).

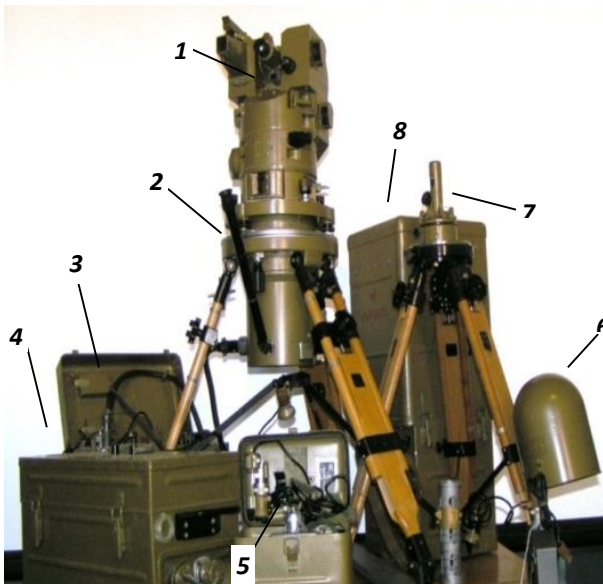


Рисунок 2.29 – Комплект гірокомпаса 1Г17:

1 – власне гірокомпас; 2 – штатив гірокомпаса; 3 – пульт керування; 4 – акумуляторна батарея 12САМ – 28; 5 – комплект освітлення до електровіхи; 6 – чохол електровіхи; 7 – електровіха на штативі; 8 – укладальний ящик гірокомпаса

Обертання від двигуна *13* через редуктор подається на шестірню, під час розвороту якої починається обертання нарізної втулки й аретир переміщується вгору або вниз. Під час аретування за допомогою нарізної втулки аретир переміщується вгору й ЧЕ опиняється затисненим, а під час розаретування – вниз і ЧЕ стає вільним.

Для аварійних випадків, якщо зааретування ЧЕ неможливе, передбачений механізм ручного аретування *11*. Під час аретування ЧЕ маховик ручного аретира обертають за ходом годинникової стрілки, а для розаретування – проти ходу годинникової стрілки.

Якщо ЧЕ зааретований, то на пульті керування блока живлення гірокомпаса горить сигнальна лампа «АРРЕТИР». У механізмі аретування розміщене блокування, призначене для того, щоб було неможливо відімкнути кабель живлення гірокомпаса до того часу, поки ЧЕ не буде належно зааретованим.

Крім того, блокування не дає можливості розаретувати ЧЕ до того часу, поки до приладу не буде під'єднаний кабель живлення від пульта керування.

Кутомірна частина являє собою корпус із двома стояками, між якими розміщена зорова труба. Вона призначена для фіксації точок реверсії ЧЕ методом зняття відліків за лімбом за допомогою проєкційного пристрою (каналу). Крім того, вона може бути використана для вимірювання горизонтальних кутів на місцевості. У лівому стояку кутомірної частини розміщена частина проєкційного пристрою відлікової системи й лупа (екран) 13 (рис 2.27). Проєкційний пристрій освітлений за допомогою лампи, закритої ковпачком 11.

У верхній частині стояка закріплений кронштейн для установлення орієнтир-бусолі 14.

У правому стояку розміщені механізми вертикального наведення зорової труби 3, фокусування зорової труби 2 та оптичний мікрометр 4. Механізм вертикального наведення зорової труби має гвинт-затискач і гвинт наведення.

У середині корпусу розміщений оптичний місток, за допомогою якого зображення штрихів протилежних частин лімба передаються до проєкційного пристрою.

Штатив гірокомпаса (рис. 2.30) призначений для встановлення та горизонтування гірокомпаса над заданою точкою місцевості.

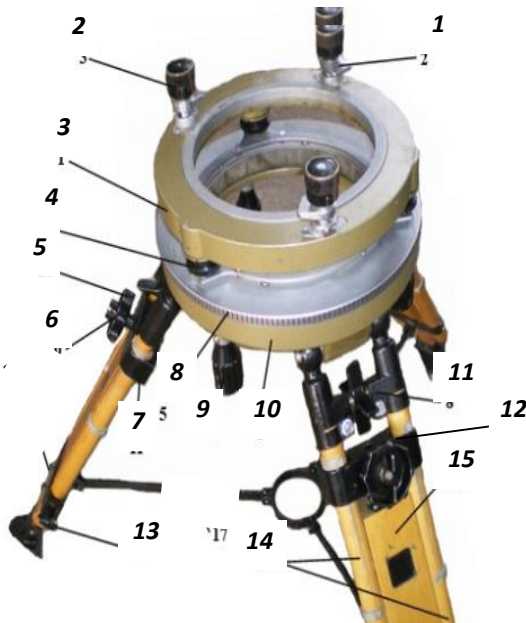


Рисунок 2.30 – Штатив гірокомпаса:

- 1 – затискач; 2 – маховичок; 3 – столик; 4 – гвинт підйомний;
- 5 – маховичок редуктора; 6 – гвинт становий; 7 – корпус;
- 8 – основа; 9 – маховичок; 10 – корпус; 11 – маховичок вибору люфта;
- 12 – баранчик-гайка; 13 – затискний гвинт; 14 – штирі;
- 15 – висувна ніжка

Він складається з головки та трьох шарнірно з'єднаних із нею ніжок. Для плавного руху ніжок використовують редуктор 6, але необхідно міцно закріпити корпус редуктора на напрямних ніжках 14 за допомогою баранчика-гайки 12 і маховичка 11.

Пульт керування гірокомпасом (рис. 2.31) призначений для перетворювання постійного струму напругою 27 В у змінний струм напругою 36 В 400 Гц для живлення гіродвигуна та елементів слідкувальної системи а також

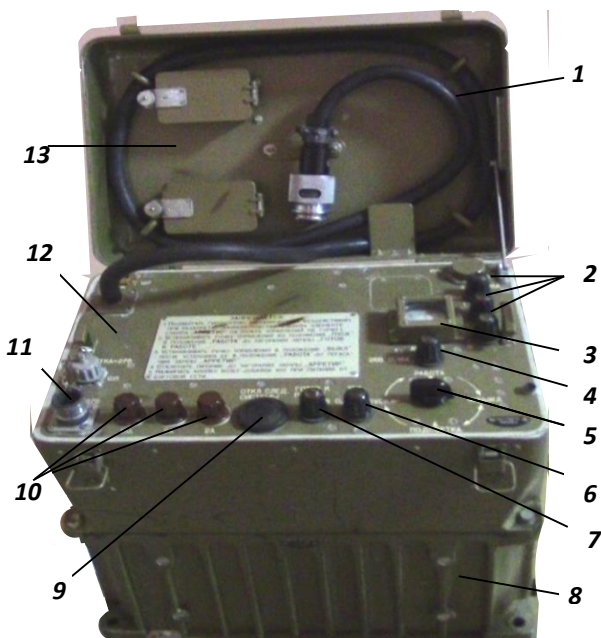


Рисунок 2.31 – Пульт керування гірокомпасом:
 1 – кабель; 2 – лампи ФАЗ I,II,III; 3 – вольтметр;
 4 – лампа «АРРЕТИР»; 5 – перемикач роду робіт;
 6 – сигнальна лампа вмикання вольтдодатка; 7 – лампа «ГОНОВ К РАБОТЕ»; 8 – блок живлення; 9 – кнопка вимикання СС; 10 – запобіжники; 11 – блок керування; 12 – роз'єм; 13 – кришка пульту керування

у змінній однофазний, напругою 6 В для живлення лампи освітлення СС, а також для керування роботою гірокомпаса.

Пульт керування складається з блока живлення 8 і блока керування 11.

Блок живлення складається з трифазного перетворювача струму типу ПТ-125Ц, що перетворює постійний струм у змінний трифазний.

Блок керування складається з посилювача слідкувальної системи, пристроїв комутації та захисту від зворотної полярності й токових перевантажень, елементів індикації режимів роботи гірокомпаса, схеми зупинення *СС* на зазначеному відрізку часу в точках реверсії.

Під час установлення перемикача роду робіт в положення «ПОДСВЕТКА» напруга 27 В подається на освітлення проєкційного каналу, марки, сітки зорової труби.

Під час установлення перемикача в положення «ПУСК» починається запуск перетворювача і трифазова напруга 36 В 400 Гц через лампи ФАЗ I, II, III надходить до гіродвигуна.

Під час установлення перемикача в положення «РАБОТА» подається напруга на двигун аретира й відбувається розаретування ЧЕ. Після зааретування вмикається підсилювач слідкувальної системи.

За допомогою вольтметра 3 контролюють наявність і величину напруги живлення, підведеного до пульта. Запобіжник 15А 10 захищає пульт керування від перевантажень постійного струму. Запобіжники 2А використовують для захисту мереж освітлення кутомірної частини.

Лампи ФАЗ I, II, III використовують як індикатори й запобіжники струмопідводів у разі перевантажень, що виникають у гіровузлі.

Лампа «ГОТОВ К РАБОТЕ» загоряється після розгону гіромотора, після чого перемикач роду робіт можна переводити в положення «РАБОТА».

Зорова труба призначена для спрямування приладу на предмети. Вона складається з об'єктива, лінзи, що забезпечує фокусування труби, та окуляра з сіткою. Сітка зорової труби також освітлена. Для грубого наведення зорової труби на предмет вона обладнана оптичним візиром. Для забезпечення можливості взаємного візування з іншими оптичними приладами на зоровій трубі встановлена марка.

Кутомірну частину закріплюють за допомогою гвинта-затискача 7. За допомогою рівнів 12 вертикальна вісь гірокомпаса встановлена у прямовисне положення (рис. 2.28).

Акумуляторна батарея 12САМ-28 4 (рис. 2.27) призначена для живлення пульта керування. Номінальна напруга батареї 24 В, ємність 28 А/год.

Футляр акумулятора утеплений, має обігрівач із терморегулятором. Обігрівач вмикають тумблером «ПОДОГРЕВ». Терморегулятор автоматично вимикає обігрів, якщо температура в середині футляра перевищує +35 °С, і вмикає, якщо температура знизиться до +3 °С.

На одній із бокових стінок футляра змонтована колодка штепсельного розніму для підведення струму підзарядки акумуляторної батареї та струму обігріву. Крім того, ще є стійки для намотування з'єднувального кабелю, стійки для кріплення обійми з'єднувального кабелю, тумблер «АКУМУЛЯТОР».

Зниження напруги на контактах батареї не повинне бути меншим ніж 22 вольти.

Електрична віха призначена для фіксування на місцевості орієнтирного напрямку (рис. 2.27). Вона складається з власної електровіхи та штатива. У нічний час підсвічується за допомогою акумулятора 5 АК – 8.

Електровіха має візирний конус, вішку, оптичний висок і два рівні. Штатив складається зі столика та трьох висувних ніжок, шарнірно закріплених до столика.

Переведення гірокомпаса 1Г17 у робоче положення

Підготовку гірокомпаса до роботи здійснюють у такому порядку:

1. Розставляють штатив над точкою місцевості так, щоб одна з його ніжок була спрямована на орієнтир, азимут напрямку на який потрібно визначити, і грубо горизонтують головку штатива. Якщо гірокомпас

необхідно відцентрувати над заданою точкою, штатив установлюють так, щоб центр отвору головки штатива розміщувався над цією точкою.

2. Виймають гірокомпас із укладального ящика, установлюють його на головці штатива пультом керування гіровузла на південь і закріплюють затискачами унизу штатива.

3. Установлюють пульт керування гірокомпаса ліворуч від штатива стосовно визначуваного напрямку та поряд із ним – акумуляторну батарею. Відкривають кришку пульта керування і перевіряють вихідне положення перемикача роду робіт на пульті керування, вимикачів гірокомпаса та акумуляторної батареї, що повинні бути встановлені, перемикач роду робіт на пульті керування – у положення «ВЫКЛ.», вимикач «СС-ПДВ» на гірокомпасі – у положення СС, вимикачі «ПОДОГРЕВ і АКУМУЛЯТОР» на акумуляторній батареї – у положення «ВЫКЛ».

4. Під'єднують кабель акумуляторної батареї до блока живлення і, упевнившись, що показники вольтметра на блоці живлення не нижче ніж 22 В, під'єднують кабель блока живлення до розніму гіровузла, повинна загорітися лампа «АРРЕТИР».

5. Перемикач роду робіт на пульті керування переводять у положення «ПОДСВЕТКА» і перевіряють, чи освітлений екран відлікового пристрою, чи горять лампи марки та освітлення сітки зорової труби.

6. Вмикають живлення гіромотора переведенням перемикача роду робіт на панелі пульта керування в положення «ПУСК», повинні загорітися три сигнальні лампи ФАЗ I, II, III.

7. Розвертають кутомірну частину гірокомпаса так, щоб зорова труба розмістилася над пультом керування гіровузла, і стопорять її в цьому положенні. Закріплюють на кут-

мірній частині орієнтир-бусоль і після розаретування магнітної стрілки, розвертають прилад сумісно з головкою штатива в таке положення, щоб кінці магнітної стрілки бусолі збіглися з відповідними індексами. Вмиканням перемикача «ВПРАВО-ВЛЕВО» на пульті керування гідровузла розвертають СК із лімбом до встановлення на відліковому пристрої відліку 90 ± 1^0 , чим забезпечують орієнтування полюса гірокомпаса на північ.

8. Горизонтують (якщо необхідно) та центрують гірокомпас над заданою точкою, для цього закріплюють на гіровузлі окулярну трубку та обертанням підйомних гвинтів штатива суміщають перехрестя сітки оптичного виска із зображенням точки на місцевості. Потім звільняють кутомірну частину та її обертанням визначають за рівнем, яку з трьох ніжок штатива необхідно вкоротити або подовжити.

Установлюють вісь одного з циліндричних рівнів перпендикулярно до лінії, що з'єднує точки стояння двох інших ніжок, відпускають гвинт-затискач першої ніжки та обертанням маховичка редуктора виводять бульбашку рівня на середину. Поворотом кутомірної частини установлюють вісь циліндричного рівня паралельно лінії, що з'єднує два підйомних гвинти, і обертанням цих гвинтів у протилежні боки виводять бульбашку рівня на середину. Обертанням третього гвинта виводять на середину бульбашку другого рівня.

Потім пересуванням гірокомпаса сумісно з опорною платою на головці штатива суміщають зображення перехрестя сітки оптичного виска із зображенням точки місцевості.

Після цього знов перевіряють горизонтування гірокомпаса за рівнями і в разі необхідності повторюють операції з горизонтування та центрування. Повторне горизонтування здійснюють підйомними гвинтами головної частини штатива.

Визначення істинного азимута орієнтирного напрямку

У гірокомпасі 1Г17 (1Г17-1) горизонтальний круг закріплений на слідкувальному корпусі та обертається разом із ним, повторюючи рух ЧЕ.

Відлік в точках реверсії визначають щодо фіксованого положення зорової труби на орієнтир.

Роботу щодо визначення істинного азимута орієнтирного напрямку виконують у такій послідовності:

1. Готують гірокомпас до роботи.

2. Переконавшись, що лампи ФАЗ I, II, III погасли та загорілася лампа «ГОТОВ К РАБОТЕ», перемикач роду робіт на панелі пульта керування переводять у положення «РАБОТА», знову загоряються лампи фаз, які показують, що живлення надходить на гіромотор, відбувається автоматичне розаретування ЧЕ. Через 10–15 с погасне лампа «АРРЕТИР», це сигналізує про те, що гірокомпас розаретований, а плавне переміщення штрихів лімба, що спостерігають на екрані, свідчить про нормальну роботу гірокомпаса.

3. Перевіряють і в разі потреби уточнюють збіг вертикального штриха сітки зорової труби із зображенням орієнтира.

4. Знімають з екрана відлікового пристрою відлік за першою точкою реверсії N_1 (рис. 2.32) в момент зміни напрямку руху штрихів лімба і записують його в журнал спостереження (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Бланк запису відліків та розрахування азимута

Дата _____ Спостерігач _____

Час вмикання _____ Напрямок: Ор. 2 – тригопункт

Позначення	Час спостер. хв, с	Відлік	U, B
N_1	22.30	92°16'30"	24,0
N_2	26.35	105°41'14"	23,8
$N_1 + N_2$		197°57'44"	

$N_{сер}$	98°58'52"
δ_{ϕ}	270°32'28"
A	9°31'20"
Δ	-0°00'04"
A + Δ	9°31'16"

$N_{сер} = (N_1 + N_2) / 2$	98°58'52"	
-----------------------------	-----------	--

Г	-1°20'10"
А	10°51'26"

Позна-чення	Час спостереж. хв, с	Відлік	U, В
N_3	30.00	92°16'14"	24.0
N_1	26.35	92°16'30"	23.9
$N_3 - N_1$		-0°00'16"	
$N_{сер} = \frac{1}{4} (N_3 - N_1)$		-0°00'04"	

Щоб не пропустити момент точки реверсії, можна скористатися кнопкою «ОТКЛ. СЛЕД. СИСТЕМЫ» на пульті керування, для цього в момент точки реверсії потрібно натиснути кнопку та відпустити її, тоді вимкнеться живлення слідкувальної системи (**СС**), і лімба стане нерухомим; поворотом маховичка оптичного мікрометра сумістити штрихи лівого та правого зображень лімба, зняти відлік N_1 та записати в журнал спостережень. Через 10 с живлення **СС** увімкнеться автоматично.

5. Зчитують відлік за лімбом гірокомпаса за другою точкою реверсії N_2 . Спостереження починають не пізніше ніж через 3 хвилини після попередньої точки реверсії.

6. Вимикають живлення гірокомпаса, для цього перемикач роду робіт на пульті керування ставлять у положення «ВЫКЛ», через 10–15 секунд відбудеться аретування ЧЕ. На панелі пульта керування погаснуть лампи ФАЗ I, II, III і повинна загорітися лампа «АРРЕТИР».

Азимут орієнтирного напрямку (A) обчислюють за формулою

$$A = N_{сер} + \delta_{\phi}, \quad (2.11)$$

де $N_{сер} = (N_1 + N_2) / 2$,

δ_ϕ – поправка гірокомпаса, визначена завчасно і записана у формуляр.

Якщо в ході прецесійних коливань ЧЕ шкала лімба, що спостерігається у відліковому пристрої, переходить через 0° , то обчислення $N_{сер}$ необхідно проводити за такими формулами:

$$\text{якщо } N_1 + N_2 < 360^\circ, \quad N_{сер} = \frac{N_1 + N_2 + 360^\circ}{2}, \quad (2.12)$$

$$\text{якщо } N_1 + N_2 > 360^\circ, \quad N_{сер} = \frac{N_1 + N_2 - 360^\circ}{2}. \quad (2.13)$$

Перехід від азимута орієнтирного напрямку до дирекційного кута (α) цього напрямку здійснюють за формулою:

$$\alpha = A - \gamma,$$

де γ – зближення меридіанів, розраховане за геодезичними координатами точки стояння гірокомпаса.

За наявності часу для контролю роботи приладу та підвищення надійності результатів спостереження знімають відлік за третьою точкою реверсії N_3 і обчислюють Δ – поправку, що уточнює положення рівноваги прецесійних коливань ЧЕ,

$$\Delta = \frac{1}{4}(N_3 - N_1) \quad (2.14)$$

Поправку Δ вводять з урахуванням її знака.

Вимірювання горизонтальних кутів

Горизонтальний кут вимірюють двома напівприйомами при крузі «праворуч» і при крузі «ліворуч». При крузі «ліворуч» (КЛ) лупа відлікового пристрою розміщена ліворуч щодо лінії візування, а при крузі «праворуч» (КП) – праворуч. Порядок роботи під час вимірювання горизонтальних кутів такий самий, як і з теодолітом Т10В.

Відлік під час вимірювання кутів і спостереження точок реверсії знімають з екрана відлікового пристрою. Загальний вид поля зору екрана показаний на рисунку 2.32.

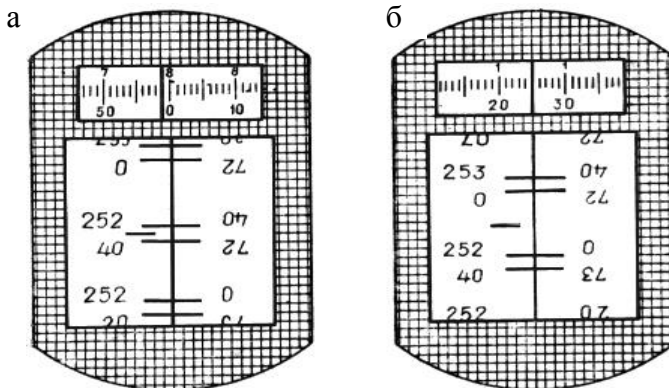


Рисунок 2.32 – Поле зору відлікового пристрою 1Г17

У нижньому (великому) вікні ліворуч знаходиться індекс та пряме зображення поділок лімба, а праворуч – перевернуте зображення діаметрально протилежних поділок, що відрізняється на 180^0 . У великому вікні відраховують градуси та десятки хвилин. У верхньому (малому) вікні знаходяться поділки шкали мікрометра й нерухома вертикальна риска (індекс). Шкала малого вікна має зверху оцифровування хвилин, а знизу – секунд.

Відлік під час вимірювання кутів знімають у такому порядку:

1. Обертанням маховичка мікрометра суміщають зображення найближчих штрихів лівих і правих поділок лімба і за лівими штрихами нижче від індексу відраховують кількість градусів і десятків хвилин, кратних $20'$ ($252^040'$).

2. Додатково підраховують кількість десятків хвилин, що дорівнює кількості інтервалів, розміщених між лівими та правими штрихами, оцифровування яких відрізняється на 180^0 , беручи величину одного інтервалу за $10'$. У нашому

прикладі у позиції *a* додаткових десятків хвилин немає. У позиції *b* – один десяток.

3. Підраховують кількість одиниць хвилин, кількість десятків та одиниць секунд по верхньому вікну навпроти індексу (в позиції *a* – 7'59", *b* – 1'25").

Повний відлік відповідно дорівнює 252°47'59" і 252°51'22".

Переведення гірокомпаса в похідне положення

Для переведення гірокомпаса в похідне положення необхідно:

- перемикач роду роботи поставити в положення «ВЫКЛ», через деякий час повинна загорітися сигнальна лампа «АРРЕТИР»;

- після загоряння лампочки «АРРЕТИР» на пульті керування від'єднати кабель живлення АКБ і закріпити його на коробці АКБ;

- від'єднати кабель від гірокомпаса та закріпити на кришці блока пульта керування, зняти орієнтир-бусоль, оптичний центрир та встановити їх на місце кріплення в кришці футляра;

- відпустити гвинт-затискач, розвернути кутомірну частину так, щоб фіксатор застопорився;

- відпустити гвинти гірокомпаса, зняти його й поставити у футляр, закріпити кришкою футляра (під час зняття обов'язково надіти кришку на окуляр і рознім гіроблока);

- зібрати штатив, положити в чохол і занести комплект гірокомпаса в приміщення.

2.3.4. Артилерійський гірокомпас 1Г40

Загальна будова та принцип вимірювання азимута гірокомпасом 1Г40

Артилерійський гірокомпас 1Г40 призначений для визначення істинного азимута поздовжньої осі машини під час

роботи гірокомпаса на нерухомій відносно Землі основі [17].

Комплект гірокомпаса 1Г40 (рис. 2.33) складається з: гіроблока 1, блока перетворення інформації та керування 3, пульта керування 2, установлювальної платформи 5, блока розгону та стабілізації 4, комплекту кабелів.

Гірокомпас працює в режимах РО та РСО. Режим РО застосовують тоді, якщо є можливість визначити приблизний азимут поздовжньої осі машини з похибкою не більше ніж 5° (0-83). Якщо немає можливості застосовувати режим РО, то використовують режим РСО. Додатково з гірокомпасом передбачений режим КЕ – режим прив'язки автоколіматора до дзеркала контрольного елемента, який використовують під час технічного обслуговування. Тривалість режиму КЕ – 60 секунд. Гірокомпас має магнітну підвіску, а не торсійну. Гірокомпас не має візуального каналу.

Гіроблок 1 – призначений для формування та видавання у БПК сигналів, що несуть інформацію про азимут контрольного елемента.

БПК – блок перетворення інформації та керування, призначений для одержання команд із пульта керування (ПК), формування та видавання до гіровузла донесень, формування сигналів керування роботою гіроблока, перетворення аналогових сигналів, що надходять із кодового датчика кутів і ротора датчика моментів ГБ, у цифрові та видавання їх на ПК, розподілення на вузли та блоки комплекту напруги живлення, що надходять із блока живлення, блока розгону та стабілізації і джерела постійного струму 22–30 В відповідно до команд, що надходять, і для введення похибки.

Пульт керування – призначений для керування роботою ГК, приймання індикації донесень та кодової інформації, орієнтування та введення режиму роботи.

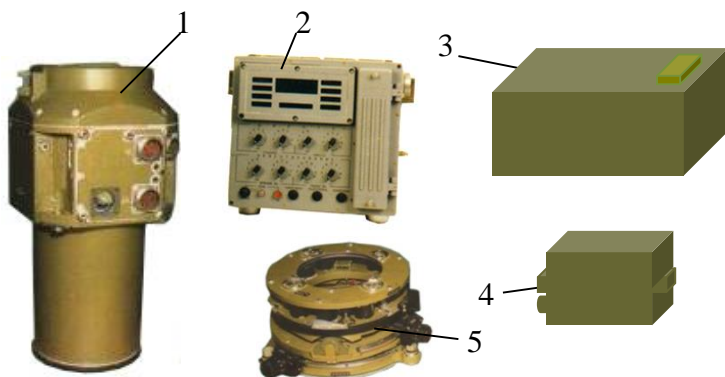


Рисунок 2.33 – Комплект гірокомпаса 1Г40:
1 – гіроблок; 2 – пульт керування; 3 – блок перетворення інформації та керування; 4 – блок розгону та стабілізації;
5 – установлювальна платформа

Установлювальна платформа – призначена для установлення та горизонтування гіроблока, а також пониження перевантажень, що діють на гіроблок під час транспортування в складі об’єкта.

Блок розгону та стабілізації призначений для форсованого розгону ротора гіромотора до його номінальної швидкості обертання та для подальшого автоматичного стабілізування його значення, а також для забезпечення гірокомпаса напругою змінного струму 23×400 Гц, 36×400 Гц.

Комплект кабелів призначений для забезпечення електричного зв’язку між блоками ГК і складається з шести кабелів.

Принцип вимірювання азимута гірокомпасом 1Г40 полягає в тому, що маятниковий чутливий елемент, розміщений у положенні підвісу, в магнітному полі не прецесує до

площини меридіана, а витримується узгодженим із положенням фотоелектричного автоколіматора. Цей метод визначення азимута, застосовуваний у гірокомпасі 1Г40, називають компенсаційним, оскільки напрямний момент гіровузла, компенсується однаковими за величиною та протилежними за напрямом моментами, створеними датчиком моментів.

Електричний сигнал, що надходить на датчик моментів, пропорційний куту відхилення головної осі гірокомпаса від площини меридіана, який і є азимутом візирної осі автоколіматора.

У гірокомпасі 1Г40 автоколіматор міцно з'єднаний із ротором (і з'єднаний із ним відліковим лімбаом) кодового датчика кута, статор якого (а також відліковий індекс), міцно зв'язаний із корпусом гіроблока. Нуль « θ » відлікової системи зв'язаний із нормаллю до контрольного елемента. Положення автоколіматора щодо «нуля» відлікової системи кодового датчика кута, означає, що положення головної осі гірокомпаса стосовно «нуля» характеризується кутом N_{op} . Отже азимут (A) нормалі до контрольного елемента визначають за формулою

$$A = N_{op} + N_{vid} + N_{\phi.n.}, \quad (2.15)$$

де N_{op} – відлік, що характеризує положення АК щодо «нуля» КДК;

N_{vid} . – відлік, що характеризує кут відхилення візира осі АК від меридіана;

$N_{\phi.n.}$. – відлік, що характеризує постійну похибку приладу.

Визначення азимута за допомогою гірокомпаса 1Г40 В основному режимі (РО)

1. Перевіряють вихідне положення органів керування:

– на установлювальній платформі: (рис. 2.34)

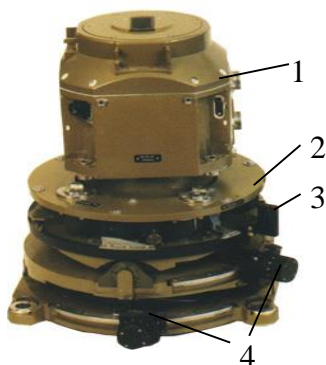


Рисунок 2.34 – Гіроблок на платформі:
1 – гіроблок; 2 – установлювальна платформа;
3 – перемикач «ПОХОД-РАБОТА»;
4 – маховички горизонтування

перемикач «ПОХОД-РАБОТА» в положенні «ПОХОД»;
маховички горизонтування – в середньому положенні та за-
стопорені;

– на пульті керування (рис. 2.35):

тумблер «СЕТЬ» – в положенні «ВЫКЛ»; перемикачі
«ШИРОТА» та «ОРИЕНТИРОВАНИЕ» – в нульових поло-
женнях; під кришкою «КОНТРОЛЬ»: «ИНФОРМАЦИЯ» – в
положенні АЗ, «РЕЖИМ» – в положенні – РО.

2. Вмикають тумблер «СЕТЬ»: на табло індикації висві-
тлюються транспаранти «РАБОТА», «ЗААРЕТИРО-
ВАНО», та вільне значення азимута.

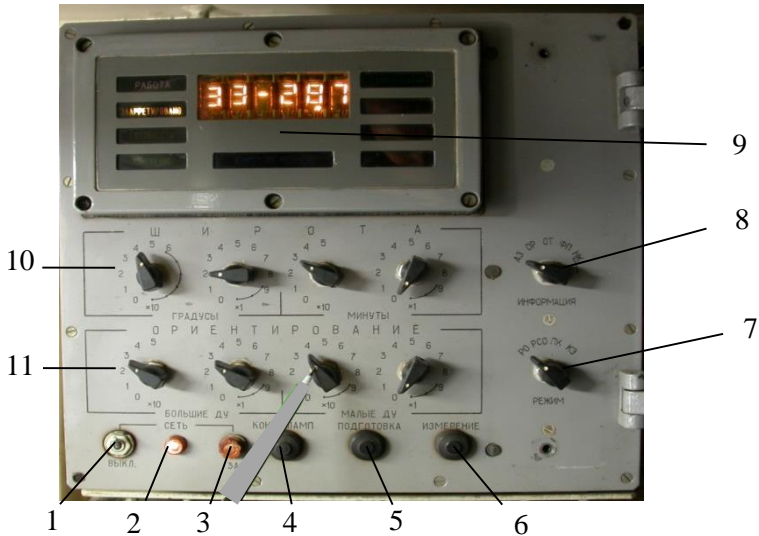


Рисунок 2.35 – Пульта керування ІГ40:

- 1 – тумблер «СЕТЬ»; 2 – лампа «СЕТЬ»; 3 – запобіжник;
- 4 – кнопка «КОНТР. ЛАМП»; 5 – кнопка «ПОДГОТОВКА»;
- 6 – кнопка «ИЗМЕРЕНИЕ»; 7 – перемикач «РЕЖИМ»;
- 8 – перемикачі «ИНФОРМАЦИЯ»; 9 – табло індикації;
- 10 – перемикачі «ШИРОТА»; 11 – перемикачі «ОРИЕНТИРОВАНИЕ»

3. Натискають кнопку «КОНТРОЛЬ ЛАМП»: на табло індикації загоряються і моргають транспаранти «РАБОТА», «ЗААРРЕТИРОВАНО», «ГОТОВНОСТЬ», «ИЗМЕРЕНИЕ», «ИЗМЕРЕНИЕ ОКОНЧЕНО», «САМООР.», «НЕ НОРМАТ. ОР», «ОТКАЗ ПИТАНИЯ», «ОТКАЗ»; на транспаранті «АЗИМУТ» послідовно висвічуються цифри від 0 до 9.

4. Перевіряють введення формулярної похибки, для чого відкривають кришку «КОНТРОЛЬ» і встановлюють перемикач «ИНФОРМАЦИЯ» у положення ФП: на табло

індикації висвічується значення сумарної формулярної похибки гірокомпаса; якщо це значення не відповідає значенню похибки, записаної у формулярі на командирську машину, то тумблерами на блоці перетворення інформації та керування набирають величину поправки.

5. Установлюють перемикач «ИНФОРМАЦИЯ» в положення АЗ.

6. Визначають за картою широту точки стояння та встановлюють її перемикачами «ШИРОТА».

7. Перемикачами «ОРИЕНТИРОВАНИЕ» виставляють азимут поздовжньої осі командирської машини з похибкою не більше ніж $\pm 0-83(5^\circ)$.

8. Рукоятку «ПОХОД-РАБОТА» встановлюють у положення «РАБОТА».

9. Натискають кнопку «ПОДГОТОВКА».

10. Маховичками горизонтування на встановлювальній платформі горизонтують гірокомпас.

11. За висвічуванням транспаранта «ГОТОВНОСТЬ» натискають кнопку «ИЗМЕРЕНИЕ»: гасне транспарант «ЗААРРЕТИРОВАНО» та висвічується транспарант «ИЗМЕРЕНИЕ»; після закінчення вимірювання на табло індикації азимута висвічується значення істинного азимута поздовжньої осі об'єкта і транспарант «ИЗМЕРЕНИЕ ОКОНЧЕНО».

12. Записують значення азимута А, на пульті керування вимикають тумблер «СЕТЬ» і закривають кришку «КОНТРОЛЬ»; на установлювальній платформі виставляють маховички горизонтування в середнє положення та застопорюють, а перемикач «ПОХОД – РАБОТА» – в положення «ПОХОД»;

13. До дирекційного кута переходять за формулою

$$\alpha = A - \gamma. \quad (2.16)$$

Особливості роботи в режимі РСО

Роботу в режимі РСО застосовують тоді, якщо немає можливості визначити азимут для попереднього орієнтування з похибкою не більше ніж $\pm 0-83$.

Роботу із визначення азимута проводять у тому самому порядку, як і в режимі РО, але перемикач «РЕЖИМ» установлюють у положення РСО, а перемикачі «ОРИЕНТИРОВАННИЕ» залишають у нульових положеннях.

У тому разі, якщо є можливість визначити приблизно азимут поздовжньої осі об'єкта (наприклад, за допомогою компаса), то для скорочення часу визначення азимута, перемикачами «ОРИЕНТИРОВАННИЕ» доцільно виставити відлік $Q = Anp - (10-00)$.

2.3.5. Гіроскопічна насадка 1Г51У «Чиж»

Призначення та можливості гіроскопічної насадки

Гіроскопічна насадка 1Г51У «Чиж» призначена для визначення орієнтирних напрямків і розв'язання геодезичних задач [6].

Технічні дані насадки 1Г51У «Чиж»:

Середньоквадратична похибка визначення азимута	4' • sec B
Час визначення азимута: із попереднім орієнтуванням	3'
без попереднього орієнтування	4'30"
Вага в похідному положенні, кг	24
Вага в бойовому положенні, кг	15
Вага гіронасадки, кг	3
Кількість робочих пусків на одній зарядці акумуляторної батареї	30

Комплект гіроскопічної насадки 1Г51У (рис. 2.36) (далі – комплект 1Г51У, або комплект) складається з точних при-

ладів, що вимагають дбайливого ставлення під час експлуатації. На всіх її етапах ці прилади потрібно оберігати від потрапляння пилу, бруду та вологи.

Під час визначення геодезичних азимутів (далі в тексті – азимутів) орієнтирних напрямків комплект 1Г51У використовують разом із приладом орієнтування (ПО) – бусоллю ПАБ-2А або далекоміром 1Д11М.

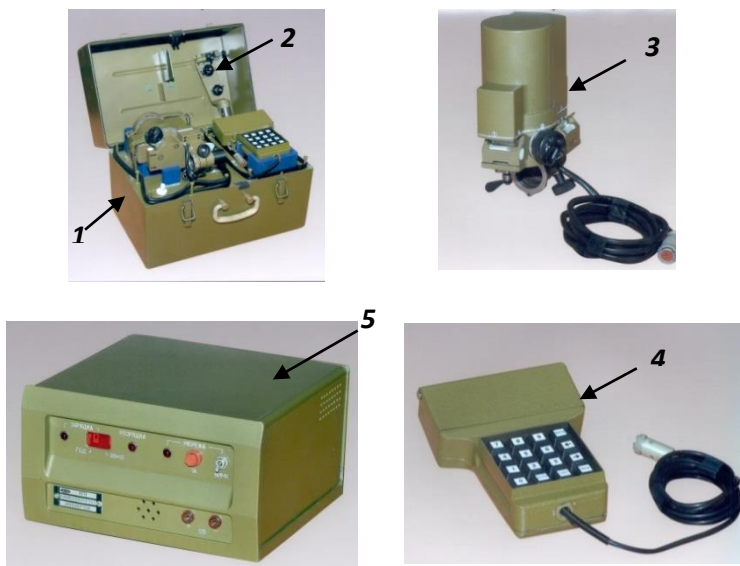


Рисунок 2.36 – Комплект 1Г51У:

- 1 – гіроскопічна насадка (ГН) в укладальному ящику;
- 2 – кронштейн; 3 – гіронасадка; 4 – блок керування (БК);
- 5 – блок електроніки та живлення (БЕЖ).

Частина носимого комплексу складається з таких приладів (рис. 2.36): гіроскопічної насадки 3, блока електроніки та живлення 5, блока керування 4 та акумулятора 5, розмі-

щених і зафіксованих відповідними притискачами в укладальному ящику 1 та на його кришці. Блок електроніки та живлення встановлений на кришці футляра стаціонарно.

У разі використання комплекту 1Г51У для роботи з далекоміром 1Д11 у футлярі БЕЖ на стійках власними установлювальними гвинтами кріпиться кронштейн перехідний 2 для кріплення ГН на далекомірі.

Перед початком експлуатації комплекту 1Г51У і приладу орієнтування необхідно визначити спільну приладову поправку системи 1Г51У та ПО. Значення приладової поправки зберігається в пам'яті БЕЖ комплекту 1Г51У та автоматично враховується під час визначення азимута.

Розгортання комплекту 1Г51У здійснюють після розгортання, орієнтування й горизонтування приладу орієнтування, а за необхідності – і його центрування.

Для встановлення та горизонтування ГН на корпусі далекоміра використовують перехідний кронштейн. Його закріплюють на корпусі далекоміра перед установленням ГН.

Під час роботи з комплектом 1Г51У ряд операцій виконують в автоматичному режимі, а іншу частину – оператор здійснює вручну.

Режими роботи комплекту поділяють на основні режими та підрежими.

Основні режими роботи:

1. Визначення азимута (дирекційного кута) з попереднім орієнтуванням.
2. Визначення азимута (дирекційного кута) без попереднього орієнтування.
3. Визначення приладової поправки.
4. Розв'язання геодезичних задач.
5. Службовий режим.

Номери режимів та підрежимів, їх назва та позначення на пульті керування наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Назви та позначення режимів і підрежимів

№ пор.	№ пор.	Найменування режиму (підрежиму)	Позначення режиму (підрежиму)
1	2	3	4
1		Визначення азимута (дирекційного кута) з попереднім орієнтуванням	1. АЗМ З ПОП ОР
2		Визначення азимута (дирекційного кута) без попереднього орієнтування	2. АЗМ БЕЗ ПОП ОР
3		Визначення приладової поправки	3. ВИЗН ПОПРАВКИ
	1	Вимірювання поправки	1. ВИМІРЮВАННЯ
	2	Коригування поправок	2. КОРИГУВАННЯ
	3	Обчислення значення приладової поправки та СКП	3. ОБЧИСЛЕННЯ
4		Розв'язання геодезичних задач	РОЗВ'ЯЗ. ГЕОД. ЗАДАЧ
	1	Визначення зближення меридіанів за координатами	1. ВИЗН. ЗБЛИЖ. МЕР.
	2	Пряма геодезична задача	2. ПГЗ
	3	Обернена геодезична задача	3. ОГЗ
	4	Обернена засічка за дирекційними кутами орієнтованим приладом	4. ОБ. ЗАС. ОР. ПРИЛ.
	5	Обернена засічка за дирекційними кутами неорієнтованим приладом	5. ОБ. ЗАС. НЕОР. ПРИЛ.
	6	Перетворення координат і визначення поправки в дирекційний кут	6. ПЕРЕХІД ЗОНА – ЗОНА
	7	Пряма засічка за вимірними кутами	7. ПРЯМ. ЗАС. ВИМ. КУТ.
5		СЛУЖБОВИЙ РЕЖИМ	5. СЛУЖБ. РЕЖИМ
	1	Введення та коригування приладової поправки	1. ПОПРАВКА
	2	Перегляд останніх шести результатів вимірювання азимутів (дирекц. кутів)	2. ОСТ. РЕЗУЛЬТАТИ
	3	Перегляд кількості циклів (способів) вимірювання азимутів (дирекц. кутів) при одному заряді акумулятора	3. КІЛЬКІСТЬ ЦИКЛІВ

Під час підготовки до роботи комплекту після вмикання тумблера «ПИТАНИЕ-ВЫКЛ.» на панелі «БЕЖ», на табло блока керування висвічуються два перші повідомлення головного меню (рис. 2.37):

Символ ∇ в кінці рядка позначає активний рядок. Для входження в той чи інший режим або в меню його підрежимів, потрібно натиснути клавішу «ВВОД», якщо символ ∇ знаходиться в тому самому рядку, що й позначення назви вибраного режиму (підрежиму).

Натисканням клавіші «зам» здійснюють переміщення символу ∇ до наступного рядка з позначенням режиму з автоматичним перегортанням повідомлень до того часу, поки позначення вибраного режиму не з'явиться на табло разом із символом ∇.

Передбачений також швидкий спосіб входження до того чи іншого режиму головного меню. Він полягає у натисканні клавіші з цифрою від 1 до 5, що відповідає номеру режиму.

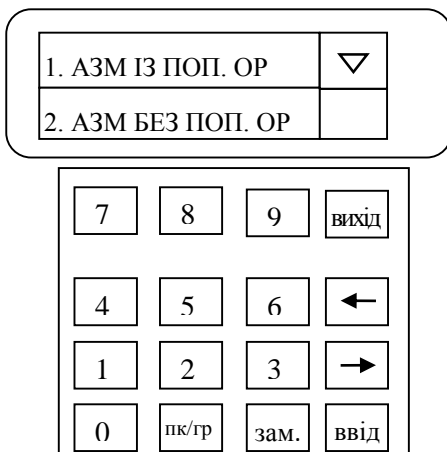


Рисунок 2.37 – Пульт керування гіронасадки

Якщо натиснути клавішу з цифрою 1 або 2, розпочнеться робота в головному режимі 1 або 2 і на табло з'явиться повідомлення:

ШИРОТА = $\pm XX^{\circ}XX'XX''$ ∇.

ДОВГОТА = $XXX^{\circ}XX'XX''$.

Якщо натиснути клавішу з цифрою 3, 4, або 5, програма ввійде в меню відповідних підрежимів і на табло висвітлиться повідомлення:

у режимі 3:

1. ВИМІРЮВАННЯ ∇.

2. КОРИГУВАННЯ;

у режимі 4:

1. ВИЗН. ЗБЛИЖ. МЕР. ∇.

2. ПРЯМА ГЕОД. ЗАДАЧА;

у режимі 5:

1. ПОПРАВКА ∇.

2. ОСТ. РЕЗУЛЬТАТИ.

Після появи цих повідомлень для швидкого входження в потрібний підрежим варто натиснути клавішу з цифрою від 1 до 8, що відповідає номеру підрежиму.

Визначення дирекційного кута орієнтирного напрямку

Для визначення азимута (дирекційного кута) системою комплексу 1Г51У та ПО використовують режими 1 і 2.

Режим 1 виконують за наявності попереднього орієнтування в площину меридіана осі місця закріплення ГН із відхиленням, що повинне бути не більшим ніж $|\pm 6^{\circ}|$ (1-00).

Виконують такі операції:

– визначають значення гіроскопічних азимутів осі місця закріплення ГН під час північного та південного орієнтування. Потім корпус ПО разом із ГН оператор розвертає на кут 180° навколо вертикальної осі ПО за годинниковою стрілкою;

– перевіряють точність попереднього орієнтування корпусу ПО під час виконання вимірювань і виведення відповідної інформації на табло БК в автоматичному режимі;

– прив’язують зорову трубу ПО до орієнтира, знімають відлік та вводять його значення до оперативної пам’яті з клавіатури БК;

– розраховують значення азимута осі закріплення ГН під час початкового орієнтування та дирекційного кута напрямку в автоматичному режимі.

Якщо під час виконання режиму 1 після першого (північного) вимірювання не виконана умова $A_1 \leq |\pm 1-00,00|$, подальші вимірювання виконують у режимі 2.

Режим 2 виконують за відсутності попереднього орієнтування ПО та ГН.

Виконують такі операції:

– проводять вимірювання у разі довільного початкового орієнтування осі місця закріплення ГН, а також під час орієнтування ГН, що відрізняються від початкового положення на кути 90° , 180° , 270° (усі повороти здійснює оператор за годинниковою стрілкою);

– прив’язують зорову трубу ПО до орієнтира, знімають відлік та вводять його значення в оперативну пам’ять із клавіатури БК;

– розраховують значення азимута осі закріплення ГН за умов довільного початкового орієнтування та дирекційного кута напрямку в автоматичному режимі.

Підготовка гіроскопічної насадки 1Г51У до роботи

А) Установлення та монтаж комплекту 1Г51У на бусолі ПАБ-2А

Установлення та монтаж комплекту 1Г51У на бусолі ПАБ-2А (рис. 2.38) проводять після розгортання, горизонтування за рівнем, орієнтування бусолі згідно з експлуатаційно-технічною документацією на бусоль.

Під час роботи та наявності попереднього орієнтування на шкалах відлікової системи бусолі встановлюють нульові відліки відповідно до орієнтування монокуляра бусолі в площину меридіана.

За відсутності попереднього орієнтування монокуляр має довільне орієнтування щодо площини меридіана, а нульові відліки на шкалах відлікової системи установлюють відповідно до першого положення монокуляра.



Рисунок 2.38 – Монтаж комплекту 1Г51У на тринозі з бусоллю ПАБ-2А:

1 – блок електроніки та живлення; 2 – блок керування; 3 – тринога; 4 – бусоль ПАБ-2А; 5 – насадка 1Г51У

Під час монтажу комплекту 1Г51У на бусолі необхідно:

- розмістити футляр БЕЖ у зручному місці поруч із триногою та відкрити кришку футляра;
- відкрити притискач, зняти БК із кришки футляра БЕЖ і за допомогою пружини відповідно закріпити його на тринозі бусолі;
- посадковим місцем попередньо закріпити ГН на об'єктиві монокуляра бусолі за допомогою прапорця затискного;
- розмістити кабелі БК та ГН у пазах гумового вкладиша футляра БЕЖ і закрити кришку футляра БЕЖ.

Попереднє горизонтування ГН на бусолі:

1. Відпустити прапорець затискний на корпусі ГН;
2. Розворотом корпусу ГН на посадковому місці ПО попередньо відгоризонтувати ГН у поперечній площині з допустимим відхиленням ± 1 поділки рівня.

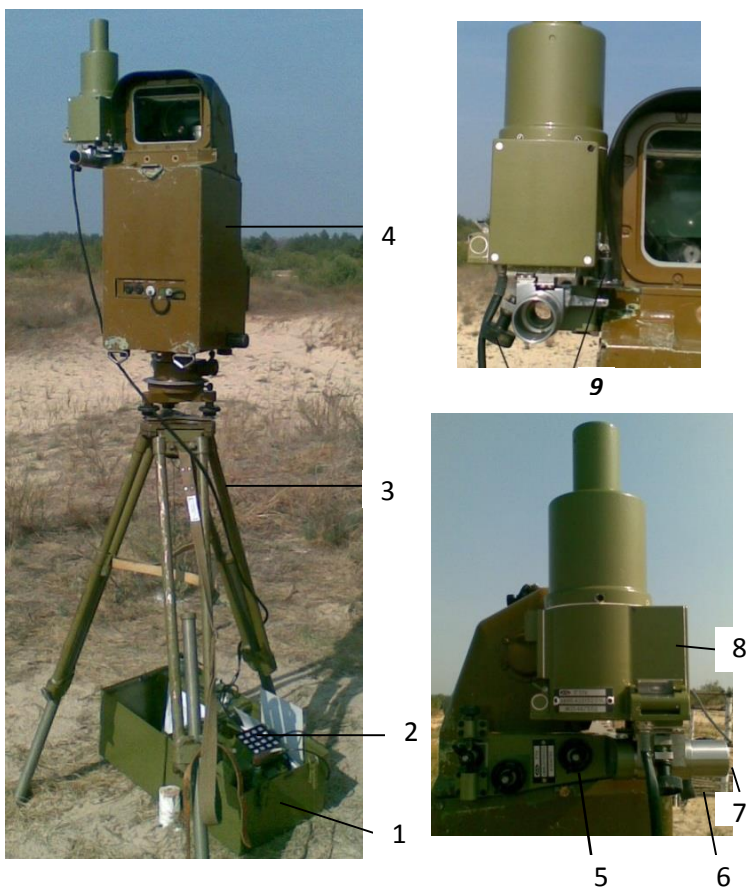
Остаточне горизонтування ГН на бусолі:

1. За допомогою піднімального гвинта відгоризонтувати ГН у поперечній площині з допустимим відхиленням $\pm 0,5$ поділки поперечного рівня;
2. Зафіксувати ГН за допомогою прапорця затискного, а потім остаточно – за допомогою маховичка затискного;
3. Відгоризонтувати ГН у поздовжній площині обертанням маховичка вертикального наведення монокуляра з допустимим відхиленням $\pm 0,5$ поділки поздовжнього рівня.

Примітка. Операції з горизонтування можуть виконувати в процесі розгону ГМ одразу після введення оператором вхідних даних.

4. Зорієнтувати остаточно монокуляр бусолі та виставити на шкалах відлікової системи нульові відліки.

**Б) Установлення та монтаж комплекту 1Г51У
на далекомірі 1Д11М (рис. 2.39)**



**Рисунок 2.39 – Розміщення та монтаж комплекту
1Г51У на далекомірі 1Д11М:**

- 1 – блок електроніки та живлення; 2 – блок керування; 3 – три-нога; 4 – далекомір 1Д11М; 5 – кронштейн перехідний;
6 – гвинт кріплення; 7 – посадкове місце; 8 – гіроскопічна насадка, 9 – гвинт поперечного горизонтування

Установлення та монтаж комплекту 1Г51У на далекомірі 1Д11М виконують після розгортання, центрування, горизонтування, орієнтування далекоміра згідно з експлуатаційною документацією на далекомір.

Під час роботи та наявності попереднього орієнтування на шкалах кутомірного пристрою далекоміра установлюють нульові відліки відповідно до орієнтування зорової труби далекоміра в площину меридіана.

За умови відсутності попереднього орієнтування зорова труба має довільне орієнтування щодо площини меридіана, а нульові відліки на шкалах кутомірного пристрою встановлюють відповідно до першого орієнтування.

Під час монтажу комплекту 1Г51У на далекомірі необхідно:

- розмістити футляр БЕЖ у зручному місці поруч із триногою та відкрити кришку;

- відкрити кронштейн перехідний від футляра БЕЖ, вийняти кронштейн і встановити його на корпусі далекоміра з використанням трьох гвинтів, які загвинчуються в нарізні втулки на корпусі далекоміра;

- зняти з кришки футляра БЕЖ блок керування і за допомогою пружинної скоби закріпити його на тринозі та відкрити щиток табло БК;

- вийняти гіроскопічну насадку із футляра БЕЖ та установити на посадкове місце кронштейна. За допомогою прапорця затискного попередньо закріпити ГН на посадковому місці кронштейна;

- розмістити кабелі блока керування та насадки гіроскопічної в пазах гумового вкладиша футляра БЕЖ.

Визначення дирекційного кута комплектом 1Г51У

А) У режимі 1 із попереднім орієнтуванням:

1. Перевести тумблер «ПИТАНИЕ-ВЫКЛ» на панелі БЕЖ у положення «ПИТАНИЕ» й закрити кришку футляра БЕЖ. На табло БК з'явиться повідомлення:

1. АЗМ. ПОП. ОР ∇.

2. АЗМ. БЕЗ. ПОП. ОР.

Символ ∇ на табло є підказкою для оператора та означає, що для переходу до виконання наступної операції або вибору пункту меню необхідно натиснути клавішу «ввод», а для переходу до наступного пункту меню натиснути клавішу «Зам».

2. Ввести код режиму 1, натиснувши клавішу «ВВОД» на клавіатурі БК, на табло висвітяться повідомлення:

ШИРОТА = +XXX°XX'XX" ∇.

ДОВГОТА = XXX°XX'XX".

Подальші дії оператора залежать від того, яку інформацію про координати місця стояння ПО він має:

– якщо відомі географічні координати, операції проводять за п. 3 (дивись нижче) з визначенням в автоматичному режимі значення зближення меридіанів;

– якщо відомі повні прямокутні координати, операції проводять за п. 4. з визначенням в автоматичному режимі значення широти та зближення меридіанів;

– якщо відомі значення широти та зближення меридіанів, операції проводять за п. 5.

3. Визначення зближення меридіанів за географічними координатами:

– виправляють (за необхідності) значення широти, виведене на табло БК.

Для виправлення інформації на табло БК необхідно натисканням клавіші «→» на клавіатурі БК підвести курсор до цифри, що потребує заміни, натиснути на клавішу з потрібною цифрою, повторювати цю операцію до закінчення виправлень. Зміну знака виконують натисканням клавіші «←±», якщо курсор розміщений на знаку. Після закінчення виправлень натиснути клавішу «ВВОД».

Якщо виправлення робити не потрібно, варто натиснути клавішу «ВВОД», на табло БК висвітяться повідомлення:

ШИРОТА = +XXX°XX'XX" ∇.
ДОВГОТА = XXX°XX'XX",

– виправити (в разі необхідності) значення довготи, виведене на табло БК, згідно з п. 3.

Якщо виправлення роботи не потрібно, необхідно натиснути клавішу «ВВОД», на табло БК висвітяться повідомлення:

ШИРОТА = +XXX°XX'XX" ∇.
ЗБЛИЖ. МЕР = +00-XX,XX;

де інформація «ЗБЛИЖ. МЕР.» розрахована за значенням географічних координат широти та довготи.

4. Визначення значення широти та зближення меридіанів за повними прямокутними координатами.

Якщо географічні координати місця стояння ПО невідомі, значення широти та зближення меридіанів визначають за повними прямокутними координатами.

Для визначення необхідно:

– після проведення операцій за п. 2 натиснути клавішу «Зам», на табло БК висвітяться повідомлення:

X = +XXXXXXXX м ∇.
Y = XXXXXXXXXXX м;

– виправити (в разі необхідності) значення X згідно з п. 3.

Якщо виправлення роботи не потрібно, необхідно натиснути клавішу «ВВОД», на табло БК висвітяться повідомлення:

X = +XXXXXXXX м ∇.
Y = XXXXXXXXXXX м;

– виправити (в разі необхідності) значення Y згідно з п. 3.

Якщо виправлення роботи не потрібно, варто натиснути клавішу «ВВОД», на табло БК висвітяться повідомлення:

ШИРОТА = +XXX°XX'XX" ∇.
ЗБЛИЖ. МЕР. = +00-XX,XX;

де інформація «ШИРОТА» і «ЗБЛИЖ. МЕР.» розраховані за значеннями повних прямокутних координат.

5. Якщо відомі значення широти та зближення меридіанів місця стояння ПО, необхідно:

– після проведення операцій за п. 2 двічі натиснути клавішу «Зам», на табло БК висвітяться повідомлення:

ШИРОТА = + XXX°XX'XX" ∇.

ЗБЛИЖ. МЕР. = + 00-XX,XX;

– виправити (в разі необхідності) значення широти, виведене на табло БК, згідно з п. 3.

Якщо виправлення робити не потрібно, варто натиснути клавішу «ВВОД», на табло БК висвітяться повідомлення:

ШИРОТА = + XXX°XX'XX"

ЗБЛИЖ. МЕР. = + 00-XX,XX, ∇;

– виправити (в разі необхідності) значення зближення меридіанів, виведене на табло БК, згідно з п. 3.

Якщо виправлення робити не потрібно, необхідно натиснути клавішу «ВВОД», на табло висвітяться:

ШИРОТА = + XXX°XX'XX" ∇.

ЗБЛИЖ. МЕР. = + 00-XX,XX;

6. Після натискання клавіші «ВВОД» на табло БК висвітяться повідомлення:

РОЗГІН ГМ ∇.

Через 60 с після вмикання розгону ГМ (вмикання розгону відбувається автоматично після закінчення автоматичного режиму самоконтролю комплекту та введенням оператором коду режиму 1 чи 2) на табло БК висвітиться повідомлення:

ПОЧАТИ ВИМІР. ∇.

Інформація «НАЧАТЬ ИЗМЕР.» у цьому разі повідомляє про закінчення розгону гіромотора та виходу системи його живлення на номінальний режим.

Примітка. Повідомлення «РАЗГОН ГМ» може не висвітлюватися через затримування виконання попередніх операцій.

7. Визначення азимута:

Натиснути клавішу «ВВОД» на клавіатурі БК, на табло з'явиться повідомлення:

УВАГА! ВИМІР. 2.

Увага! За наявності на табло БК повідомлення «Внимание! Измер.» будь-які збурення ГН або ПО неприпустимі.

Під час розрахунків вимірювань у першому положенні корпусу ГН в автоматичному режимі відбувається перевірка попереднього орієнтування корпусу ГН у площину меридіана порівнянням значення азимута, розрахованого за результатами вимірювання 1, з контрольним нормативом $A_1 \leq |\pm 1-00,00|$. Якщо умова $A_1 \leq |\pm 1-00,00|$ виконана на табло БК висвітлиться повідомлення:

РОЗВЕРНУТИ ПРИЛАД ∇
на 30-00.

Увага! Під час виконання режимів визначення азимута (дирекційного кута) розвороти корпусу приладу орієнтування разом із гіронасадкою потрібно виконувати лише за ходом годинникової стрілки. Невиконання цієї умови призведе до помилки визначення азимутів (дирекційних кутів).

Розвернути корпус ПО з ГН на кут 30-00 (180°) за шкалою відлікової системи ПО за годинниковою стрілкою, натиснути клавішу «ВВОД», на табло висвітлиться повідомлення:

ПЕРЕВІРТЕ ГОРИЗОНТ ∇;

– відгоризонтувати ГН (за необхідності) у двох взаємно перпендикулярних площинах за рівнями ГН з допустимим відхиленням $\pm 0,5$ поділки рівня;

– натиснути клавішу «ВВОД», на табло БК висвітлиться повідомлення:

УВАГА! ВИМІР. 2. ∇;

– після закінчення вимірювання в другому положенні ГН та розрахунків в автоматичному режимі на табло БК висвітиться повідомлення:

АЗИМУТ ГН
XX – XX,XX ∇,

та відбудеться автоматичне вимикання живлення гіромотора.

8. Визначити дирекційний кут у такому порядку:

– натиснути клавішу «ВВОД», на табло БК висвітиться повідомлення:

ВІДЛІК НА ЦІЛЬ
XX-XX,XX ∇;

– ввести значення відліку на орієнтир. Для цього необхідно ввести потрібну цифру з клавіатури БК до позиції «Х», після введення цифри курсор перейде до іншої позиції, поки на табло БК не висвітиться повідомлення:

ВІДЛІК НА ЦІЛЬ
XX – XX,XX ∇;

– натиснути клавішу «ВВОД», на табло БК висвітиться повідомлення:

ДИРЕКЦІЙНИЙ КУТ
XX – XX,XX ∇;

– тумблер «ПИТАНИЕ ВЫКЛ.» на панелі БЕЖ установити в положення «ВЫКЛ» – табло погасне.

Б) Визначення дирекційного кута в режимі 2 без попереднього орієнтування

Після встановлення бусолі та розгортання гіронасадки ввести (якщо відомі) географічні координати чи повні прямокутні координати, або широту і зближення меридіанів місця стояння ПО.

Далі виконати такі операції:

– провести операції за п. 6, 7, тоді перевірку умови $A_1 \leq \pm |1-00|$ в автоматичному режимі не виконують;

– після закінчення операцій на табло БК висвітиться повідомлення:

РОЗВЕРНІТЬ ПРИЛАД

на 15-00,00 ∇;

– розвернути корпус ПО з ГН на кут 15-00 (90°) за шкалою відлікової системи ПО за годинниковою стрілкою, натиснути клавішу «ВВОД», на табло висвітиться повідомлення:

ПЕРЕВІРТЕ ГОРИЗОНТ ∇;

– відгоризонтувати ГН (за необхідності) у двох взаємно перпендикулярних площинах за рівнями ГН з допустимим відхиленням $\pm 0,5$ поділки рівня;

– натиснути клавішу «ВВОД», на табло БК висвітиться повідомлення:

УВАГА! ВИМІР. 2. ∇;

– у такому самому порядку провести вивірювання за кутами 30-00 та 45-00 щодо початкового напрямку, горизонтуючи після кожного повороту насадку;

– після закінчення 4-го вимірювання на табло індикації висвітиться повідомлення:

АЗИМУТ ГН

XX – XX,XX ∇,

і відбудеться автоматичне вимикання живлення гіромотора.

Визначення дирекційного кута на орієнтир здійснюють у такому самому порядку, як і під час роботи в режимі 1 «АЗМ. ПОП. ОР.»

В) Робота з гіронасадкою в режимі 1 у разі невиконання умови $A_1 \leq |\pm 01-00,00|$ /:

– якщо під час роботи в режимі 1 «АЗМ. З ПОП. ОР.» умова $A_1 \leq |\pm 01-00,00|$ не виконана, на табло БК висвітяться повідомлення:

НЕНОРМА ОР.

ПРОДОВЖИТИ? ТАК/НІ ∇,

з курсором у позиції «ТАК». Це повідомлення є індикацією неправильного орієнтування корпусу ГН у площину меридіана;

– якщо оператор вирішує продовжити визначення азимута, то необхідно натиснути клавішу «ВВОД», якщо курсор перебуває в позиції «ТАК», на табло БК висвітиться повідомлення:

УВАГА! ВИМІР. 1.

Подальші операції виконують у режимі 2 «АЗМ. БЕЗ ПОП. ОР».

Якщо оператор вирішує припинити роботу, необхідно перевести курсор у позицію «НІ», натиснувши клавішу «←→», натиснути клавішу «ВВОД», на табло БК висвітяться повідомлення:

1. АЗМ. З ПОП. ОР ∇.
2. АЗМ. БЕЗ ПОП. ОР.

Тумблер «ПИТАНИЕ – ВЫКЛ.» на панелі БЕЖ перевести в положення «ВЫКЛ.», табло погасне.

Робота з комплектом 1Г51У під час розв’язання геодезичних задач

Підготовку приладу для розв’язання геодезичних задач здійснюють у такому порядку:

– установлюють тумблер «ПИТАНИЕ ВЫКЛ.» на панелі БЕЖ у положення «ПИТАНИЕ» та закривають кришку футляра БЕЖ, на табло блока керування висвітяться перші два повідомлення головного меню:

1. АЗМ. ІЗ ПОП. ОР ∇.
2. АЗМ. БЕЗ ПОП. ОР;

– переводять символ ∇ натисканням клавіші «Зам» до четвертого рядка головного меню з повідомленням:

«4 РОЗВЯЗ. ГЕОД. ЗАДАЧ»

і натискають клавішу «ВВОД» або відразу натискають клавішу «4». На табло висвітяться перші два повідомлення меню підрежимів режиму 4:

1. ВИЗН. ЗБЛИЖ. МЕР. ∇.
2. ПРЯМА ГЕОД. ЗАДАЧА;

– входять у режим «Розв’язання необхідної геодезичної задачі», натиснувши клавішу з цифрою, відповідною номеру задачі (підрежиму) згідно із таблицею 3.

Розв’язання задачі

«Визначення зближення меридіанів»

A) Визначення зближення меридіанів за географічними координатами:

– натиснути клавішу «ВВОД», на табло висвітяться повідомлення:

$$\text{ШИРОТА} = \pm XX^{\circ} XX' XX'' \quad \nabla.$$

$$\text{ДОВГОТА} = XXX^{\circ} XX' XX''.$$

Примітка. На всіх перших повідомленнях підрежимів у режимі 4 «Розв’язання геодезичних задач» з’являються останні (введені під час попереднього проведення даного режиму) числові значення вхідних параметрів або нулі, якщо введення параметрів раніше не виконували;

– коригують (за необхідності) значення широти та натискають клавішу «ВВОД» (або одразу натискають цю клавішу, якщо коригування не потрібне), на табло висвітиться повідомлення із введеним значенням широти:

$$\text{ШИРОТА} = \pm XX^{\circ} XX' XX''.$$

$$\text{ДОВГОТА} = XXX^{\circ} XX' XX'' \quad \nabla;$$

– коригують (за необхідності) значення довготи та натискають клавішу «ВВОД». На табло висвітиться повідомлення з результатом розрахунку зближення меридіанів:

ЗБЛИЖЕННЯ МЕРИДІАНІВ

$$00-XX,X. \quad \nabla$$

Примітка. За бажанням, оператор може змінити форму виведення даних із поділок кутоміра на градусну міру натисканням клавіші «пк/гр». Повторне натискання цієї клавіші приведе до виведення даних знов у поділках кутоміра;

– для закінчення розрахунків перейти в меню режиму 4, натиснувши клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення:

$$1. \text{ ВИЗН. ЗБЛИЖ. МЕР.} \quad \nabla.$$

$$2. \text{ ПРЯМА ГЕОД. ЗАДАЧА.}$$

**Б) Визначення зближення меридіанів за
прямокутними координатами:**

– переводять символ ∇ натисканням клавіші «Зам» до четвертого рядка головного меню з повідомленням:

«4 РОЗВ'ЯЗ. ГЕОД. ЗАДАЧ»

і натискають клавішу «ВВОД» або відразу натискають клавішу «4»; на табло висвітяться перші два повідомлення меню підрежимів режиму 4:

1. ВИЗН. ЗБЛИЖ. МЕР. ∇ .
2. ПРЯМА ГЕОД. ЗАДАЧА;

– натискають клавішу «Зам», на табло висвітяться повідомлення:

$X = +XXXXXXXX$ м ∇ .
 $Y = XXXXXXXXXXX$ м;

– коригують (за необхідності) значення координат X та Y і натискають клавішу «ВВОД». На табло висвітиться повідомлення:

ЗБЛИЖЕННЯ МЕРИДІАНІВ
00-XX,X ∇ .

Розв'язання задачі

«Пряма геодезична задача»

Для цього встановити тумблер «ПИТАНИЕ ВЫКЛ.» на панелі БЕЖ в положення «ПИТАНИЕ» та закрити кришку футляра БЕЖ, на табло блока керування висвітяться перші два повідомлення головного меню:

1. АЗМ. З ПОП. ОР ∇ .
2. АЗМ. БЕЗ ПОП. ОР;

– перевести символ ∇ натисканням клавіші «Зам» до четвертого рядка головного меню з повідомленням:

«4 РОЗВ'ЯЗ. ГЕОД. ЗАДАЧ»

і натискають клавішу «ВВОД» або відразу натискають клавішу «4». На табло висвітяться перші два повідомлення меню підрежимів режиму 4:

1. ВИЗН. ЗБЛИЖ. МЕР. ∇ .
2. ПРЯМА ГЕОД. ЗАДАЧА;

– увійти в підрежим «Розв’язання прямої геодезичної задачі» установити значок ∇, натискаючи клавішу «ЗАМ», напроти рядка «2 ПРЯМА ГЕОД. ЗАДАЧА» та натиснути клавішу «ВВОД», або натиснути відразу клавішу «2», на табло висвітяться повідомлення:

$$\begin{aligned} X_a &= \pmXXXXXXXX \quad \nabla. \\ Y_a &= XXXXXXXXX; \end{aligned}$$

– ввести значення координати X початкової точки й натиснути «ВВОД». На табло висвітиться:

$$\begin{aligned} X_a &= \pmXXXXXXXX. \\ Y_a &= XXXXXXXXX \quad \nabla; \end{aligned}$$

– координата X висвітиться відповідно до введеного значення;

– відкоригувати (за необхідності) значення координати Y_a початкової точки, натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням координати Y_a :

$$\begin{aligned} Y_a &= XXXXXXXXX. \\ h_a &= \pmXXXX \quad \nabla \end{aligned}$$

та рядок для введення висоти початкової точки;

– ввести (за необхідності) значення висоти початкової точки h_a , натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням висоти h_a :

$$\begin{aligned} h_a &= \pmXXXX, \\ \alpha &= XX-XX,X \quad \nabla \end{aligned}$$

та рядок для введення дирекційного кута;

– ввести значення дирекційного кута α з початкової точки на точку, координати якої визначають. Натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням α та рядок для введення дальності:

$$\begin{aligned} \alpha &= XX-XX,X, \\ D &= XXXXX \quad \nabla; \end{aligned}$$

– ввести значення дальності та натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться значення введеної дальності та рядок для введення кута міста цілі:

$$D = \text{XXXXX}.$$

$$M = \pm\text{XX-XX} \quad \nabla;$$

– ввести значення кута місця цілі та натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення з першими результатами обчислень:

$$\text{РЕЗ. } X_b = \pm\text{XXXXXXXX},X.$$

$$Y_b = \text{XXXXXXXX},X \quad \nabla;$$

– натиснути клавішу «ВВОД» і одержати такі результати:

$$\text{РЕЗ. } Y_b = \text{XXXXXXXX},X,$$

$$hb = \pm\text{XXXX},X \quad \nabla.$$

Примітка: у режимі «4» перегляд повідомлень із результатами розв'язання тієї чи іншої задачі в прямому напрямку здійснюють клавішею «ВВОД», у зворотному – клавішею «Зам».

– натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення:

1. ВИЗН. ЗБЛИЖ. МЕР. ∇

2. ПРЯМА ГЕОД. ЗАДАЧА,

тобто програма переходить до меню режиму 4.

Розв'язання задачі

«Обернена геодезична задача»

Щоб розв'язати обернену геодезичну задачу необхідно:

– встановити тумблер «ПИТАНИЕ ВЫКЛ.» на панелі БЕЖ у положення «ПИТАНИЕ» і натиснути клавішу 4, а потім 3. На табло висвітяться:

$$X_a = \pm\text{XXXXXXXX} \quad \nabla.$$

$$Y_a = \text{XXXXXXXX};$$

– ввести значення координати X точок А – X_a , натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням координати X_a :

$$X_a = \pm\text{XXXXXXXX}.$$

$$Y_a = \text{XXXXXXXX} \quad \nabla;$$

– ввести значення координати Y точок А – Y_a та натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням координати Y_a та рядок для введення висоти точки А:

$$Y_a = \text{XXXXXXXX},$$

$$h_a = \pm\text{XXXX} \quad \nabla;$$

– ввести значення висоти точки А та натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням висоти точки А та рядок для введення координати Хв:

$$h_a = \pm\text{XXXX},$$

$$X_B = \pm\text{XXXXXXXX} \quad \nabla;$$

– ввести значення координати Х точок В – Хв, натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням координати Хв та рядок для введення координати Ув:

$$X_B = \pm\text{XXXXXXXX},$$

$$Y_B = \text{XXXXXXXX} \quad \nabla;$$

– ввести значення координати Y точок В – Yв і натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням координати Yв та рядок для введення висоти точки В:

$$Y_B = \text{XXXXXXXX},$$

$$h_b = \pm\text{XXXX} \quad \nabla;$$

– ввести значення висоти точки В і натиснути клавішу «ВВОД»; на табло висвітяться повідомлення із першими результатами обчислень α і Д:

$$\text{PEЗ. } \alpha = \text{XX-XX},\text{X.}$$

$$D = \text{XXXXX},\text{X} \quad \nabla;$$

– натиснути клавішу «ВВОД» і зчитати кут місця:

$$\text{PEЗ. } D = \text{XXXXX},\text{X.}$$

$$M = \pm\text{XX-XX} \quad \nabla;$$

– для переходу до меню режиму 4 натиснути клавішу «ВВОД».

Розв’язання задачі
«Обернена засічка за дирекційними кутами
орієнтованих приладів»

Для цього:

– увійти в режим розв’язання геодезичних задач і натиснути клавішу «4», на табло висвітяться повідомлення:

$$\begin{aligned} X_a &= \pmXXXXXXXX \quad \nabla. \\ Y_a &= XXXXXXXXXXX ; \end{aligned}$$

– ввести значення координати X точок A – X_a, натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням координати X_a та рядок для введення координати Y_a:

$$\begin{aligned} X_a &= \pmXXXXXXXX. \\ Y_a &= XXXXXXXXXXX \quad \nabla; \end{aligned}$$

– ввести значення координати Y точок A – Y_a та натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення з введеним значенням координати Y_a та рядок для введення висоти точки A:

$$\begin{aligned} Y_a &= XXXXXXXX, \\ h_a &= \pmXXXX \quad \nabla ; \end{aligned}$$

– ввести значення висоти точки A та натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення з введеним значенням висоти точки A та рядок для введення дирекційного кута на точку A:

$$\begin{aligned} h_a &= \pmXXXX, \\ \alpha_a &= XX-XX,X \quad \nabla; \end{aligned}$$

– ввести значення дирекційного кута α_a з точки A на точку, координати якої визначають. Натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням α_a рядок для введення кута місця точки A (M_a):

$$\begin{aligned} \alpha_a &= XX-XX,X. \\ M_a &= \pm XX-XX \quad \nabla; \end{aligned}$$

– ввести значення кута M_a й натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням M_a, рядок для введення координати X_b:

$$\begin{aligned} M_a &= \pm XX-XX. \\ X_b &= \pm XXXXXXXX \quad \nabla; \end{aligned}$$

– ввести значення координати X точок B – X_b, натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення

із введеним значенням координати X_B та рядок для введення координати Y_B :

$X_B = \pmXXXXXXXX$.

$Y_B = XXXXXXXX \quad \nabla$;

– ввести значення координати Y точки B – Y_B та натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням координати Y_B та рядок для введення висоти точки B :

$Y_B = XXXXXXXX$,

$h_B = \pmXXXX \quad \nabla$;

– ввести значення дирекційного кута α_B з точки B на точку, координати якої визначають, і натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням α_B та рядок для вводу кута місця точки B (M_B):

$\alpha_B = XX-XX,X$.

$M_B = \pm XX-XX \quad \nabla$;

– ввести значення кута M_A і натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням M_B . Знову натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення:

ТРЕТЯ ТОЧКА?

ТАК/НІ $\quad \nabla$.

Курсор буде перебувати в позиції НІ;

– якщо оператор бажає розв’язувати задачу за двома точками, він повинен натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення з результатами обчислень, м:

РЕЗ. $X = \pmXXXXXXXX,X$.

$Y = XXXXXXXX,X \quad \nabla$;

– якщо оператор бажає розв’язувати задачу за трьома точками, він повинен перевести курсор у позицію «ТАК», натиснувши клавіші «←» і «ВВОД».

– на табло висвітяться рядки для введення координат, а потім дирекційного кута та кута місця за точкою C . Ввести в аналогічному порядку всі дані за точкою C і натиснути клавішу «ВВОД»;

– на табло висвітяться повідомлення з першими результатами обчислень (розбіжність у метрах), якщо розбіжність не перевищує 25 м:

$$\begin{aligned} \text{РЕЗ. } \Delta X &= \pm XXX, X. \\ \Delta Y &= \pm XXX, X \quad \nabla. \end{aligned}$$

Якщо розбіжність більша ніж 25 м, то на табло висвітяться повідомлення:

УВАГА!

ВЕЛИКА РОЗБІЖНІСТЬ ∇ ;

– натисканням клавіші «ВВОД» виводять результати розрахунків на табло індикації:

$$\begin{aligned} \text{РЕЗ. } \Delta Y &= \pm XXX, X. \\ X &= \pm XXXXXXX, X \quad \nabla; \end{aligned}$$

– натискаючи клавішу «ВВОД», читають на табло повідомлення з результатами подальших обчислень координати U і висоти цілі h , м.

– вимикають за необхідності прилад або переходять до другого режиму.

Розв'язання задачі

«Обернена засічка за горизонтальними кутами неорієнтованим приладом»

Для цього необхідно:

– увійти в режим розв'язання геодезичних задач і натиснути клавішу «4», на табло висвітяться повідомлення:

$$\begin{aligned} 1. \text{ АЗМ. З ПОП. ОР} & \quad \nabla. \\ 2. \text{ АЗМ. БЕЗ ПОП ОР;} & \end{aligned}$$

– натиснути клавішу «5», на табло висвітяться повідомлення:

$$\begin{aligned} X_a &= \pm XXXXXXX \quad \nabla. \\ Y_a &= XXXXXXX; \end{aligned}$$

– вводять прямокутні координати, висоти та кути місць точок A, B, C .

– з появою на табло індикації рядків для кутів β_1 та β_2 , ввести значення кутів між орієнтирами та натиснути клавішу «ВВОД»;

– на табло висвітяться повідомлення з першими результатами обчислень (розбіжність у метрах), якщо розбіжність не перевищує 25 м:

$$\begin{aligned} \text{РЕЗ. } \Delta X &= \pm XXXX, X. \\ \Delta Y &= \pm XXXX, X \quad \nabla. \end{aligned}$$

Якщо розбіжність більша ніж 25 м, то на табло висвітяться повідомлення:

УВАГА!
ВЕЛИКА РОЗБІЖНІСТЬ ∇ ;

– натисканням клавіші «ВВОД» вивести результати розрахунків на табло індикації:

$$\begin{aligned} \text{РЕЗ. } \Delta Y &= \pm XXXX, X. \\ X &= \pm XXXXXXXX, X \quad \nabla. \end{aligned}$$

– натискуючи клавішу «ВВОД», зчитати з табло повідомлення з результатами подальших обчислень координати Y і висоти точки h , м;

– вимкнути за необхідності прилад або перейти до іншого режиму.

Розв’язання задачі

«Перетворення координат і визначення поправки до дирекційного кута під час переходу з однієї координатної зони в іншу»

Для цього необхідно:

– увійти в режим «4» і натиснути клавішу «6» – на табло висвітяться повідомлення:

$$\begin{aligned} X_a &= \pm XXXXXXXX \quad \nabla. \\ Y_a &= XXXXXXXX; \end{aligned}$$

– ввести значення координати X точки A (X_a) і натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням X_a та рядок для введення координати Y_a :

$$\begin{aligned} X_a &= \pm XXXXXXXX. \\ Y_a &= XXXXXXXX \quad \nabla; \end{aligned}$$

– ввести значення координати Y точки A (Y_a), натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення

із введеним значенням $У_a$ та рядок для введення координати X точки B :

$$У_a = \text{XXXXXXXXX}$$

$$X_b = \pm\text{XXXXXXXXX} \quad \nabla;$$

– ввести значення координати X точки B (X_b), натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням X_b та рядок для введення координати $У$ точки B :

$$X_b = \pm\text{XXXXXXXXX}$$

$$У_b = \text{XXXXXXXXX} \quad \nabla;$$

– ввести значення координати $У$ точки B ($У_b$) і натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення з результатами обчислень:

$$\text{РЕЗ. } X_a = \pm\text{XXXXXXXXX}$$

$$У_a = \text{XXXXXXXXX} \quad \nabla;$$

– натиснути клавішу «ВВОД», на табло висвітиться таке повідомлення:

$$\text{РЕЗ. } X_b = \pm\text{XXXXXXXXX},$$

$$\Delta\alpha = \pm 00\text{-XX},X \quad \nabla.$$

Розв'язання задачі

«Пряма засічка за вимірними кутами»

Для цього необхідно:

– увійти до режиму «4» та натиснути клавішу «7», на табло висвітяться повідомлення:

$$X_a = \pm\text{XXXXXXXXX} \quad \nabla.$$

$$У_a = \text{XXXXXXXXX};$$

– ввести значення координати X точки A (X_a) та натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням X_a та рядок для введення координати $У_a$:

$$X_a = \pm\text{XXXXXXXXX}$$

$$У_a = \text{XXXXXXXXX} \quad \nabla;$$

– ввести значення координати $У$ точки A ($У_a$) та натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням координати $У_a$ та рядок для введення висоти точки A :

$$y_a = \text{XXXXXXXX},$$

$$h_a = \pm \text{XXXX} \quad \nabla;$$

– ввести значення висоти точки А та натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням висоти точки А та рядок для введення координати Х точки В:

$$h_b = \pm \text{XXXX},$$

$$x_b = \pm \text{XXXXXXXX} \quad \nabla;$$

– ввести значення координати Х точки В (x_b) і натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням x_b та рядок для введення координати УВ:

$$x_b = \pm \text{XXXXXXXX},$$

$$y_b = \text{XXXXXXXX} \quad \nabla;$$

– ввести значення координати У точки В (y_b) та натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням координати Ув та рядок для введення висоти точки В:

$$y_b = \text{XXXXXXXX},$$

$$h_b = \pm \text{XXXX} \quad \nabla;$$

– ввести значення висоти точки В та натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням висоти точки В та рядок для введення горизонтального кута « α » між напрямками з точки А на точки Р і В:

$$h_b = \pm \text{XXXX},$$

$$\alpha = \text{XX-XX},\text{X} \quad \nabla;$$

– ввести значення кута α і натиснути клавішу «ВВОД». На табло висвітяться повідомлення із введеним значенням α та рядок для введення горизонтального кута β між напрямками з точки В на точки Р і А:

$$\alpha = \text{XX-XX},\text{X},$$

$$\beta = \text{XX-XX},\text{X} \quad \nabla;$$

– ввести значення горизонтального кута β між напрямками з точки В на точки Р і А, натиснути клавішу «ВВОД».

На табло висвітляться повідомлення із результатами обчислень координат точки Р:

$$X_p = \pmXXXXXXXX.$$

$$Y_p = XXXXXXXX \quad \nabla;$$

– вимкнути прилад.

Переведення комплекту ІГ51У з робочого положення в похідне під час роботи з бусоллю ПАБ-2А:

– зняти БК з триноги й закрити щиток індикаторної панелі БК;

– відкрити кришку футляра БЕЖ та закріпити БК і його кабель на кришці футляра БЕЖ;

– зняти ГН із об'єктива монокуляра бусолі;

– установити та закріпити ГН та її кабель у футлярі БЕЖ;

– закрити кришку футляра БЕЖ.

Переведення комплекту ІГ51У з бойового положення в похідне під час роботи з далекоміром ІД11М:

– зняти БК з триноги й закрити щиток індикаторної панелі БК;

– відкрити кришку футляра БЕЖ та закріпити БК та його кабель на кришці футляра БЕЖ;

– зняти ГН із посадкового місця кронштейна;

– установити та закріпити ГН та її кабель у футлярі БЕЖ;

– відкрутити гвинти кріплення кронштейна на далекомірі й зняти кронштейн із далекоміра;

– установити та закріпити кронштейн у футлярі БЕЖ і закрити кришку футляра.

Переведення комплекту ІГ51У в похідне положення під час роботи в режимах «Розв'язання геодезичних задач» і «Службовий режим»:

– закрити щиток індикаторної панелі БК;

– закріпити БК і його кабель на кришці футляра БЕЖ;

– закрити кришку футляра БЕЖ.

2.4. Квантовий топографічний далекомір КТД-1

Квантовий топографічний далекомір призначений для вимірювання відстаней, горизонтальних, вертикальних кутів і визначення магнітних азимутів [14].

Основні тактико-технічні характеристики КТД-1

Середня похибка визначення відстаней	1,2 м
Межі вимірювання відстаней: мінімальна	125 м
максимальна	10 000 м
Час на приведення в бойове положення	4,5 хв
Збільшення зорової труби	10 ^x
Межі вимірювання кутів: горизонтальних	±360°
вертикальних	±18°
Серединна помилка виміру кутів: горизонтальних	15"
вертикальних	30"
Мінімальна кількість вимірювань відстаней без підзарядки АКБ: від 10 до 30 °С	500
при мінус 10 °С	200
при мінус 40 °С	100
Вага далекоміра в робочому положенні	23 кг
Вага комплекту в упаковці	34 кг

До комплекту далекоміра (рис. 2.40) входять: приймач-передавач із кутомірною частиною; штатив; орієнтир-бусоль; АКБ; укладальний ящик із чохлам; комплект ЗП; технічна документація.

Приймач-передавач призначений для вимірювання відстаней до цілей, кутомірна частина призначена для вимірювання горизонтальних кутів і кутів нахилу.

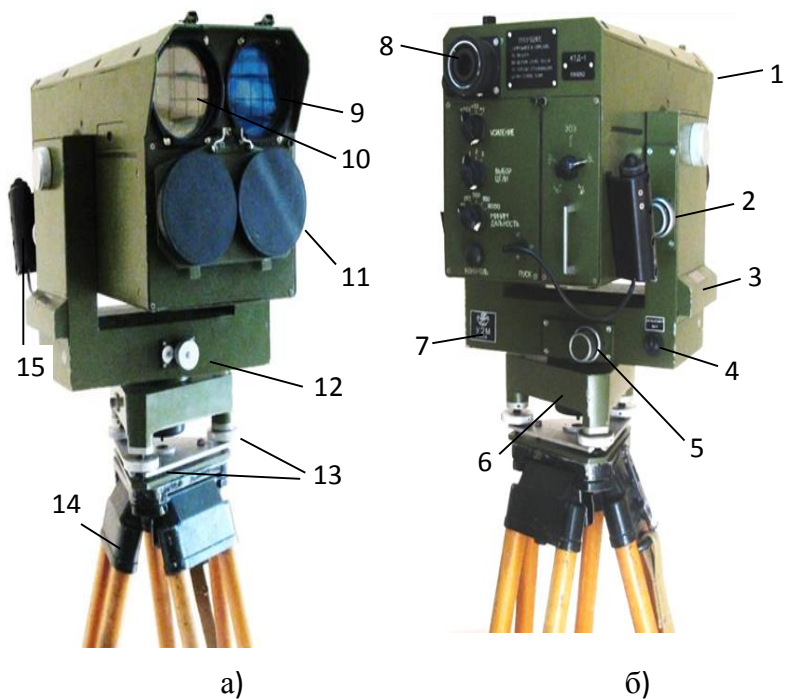


Рисунок 2.40 – Квантовий топографічний далекомір КТД-1:

а) вигляд з боку об'єктива; б) вигляд з боку окуляра.

1 – приймач-передавач; 2 – маховичок вертикального наведення; 3 – рівень; 4 – тумблер «ДАЛЬНОМЕР»; 5 – маховичок горизонтального наведення; 6 – триніжок; 7 – кутомірна частина; 8 – окуляр; 9 – об'єктив оптичного візора; 10 – об'єктив оптичного квантового генератора; 11 – кришки об'єктивів; 12 – маховик трибки; 13 – підйомні гвинти; 14 – штатив; 15 – кнопка «ПУСК»

Принцип дії далекоміра заснований на вимірюванні інтервалу часу проходження світлового імпульсу від оптичного квантового генератора до предмета (цілі) та у зворотному напрямку.

Відстань до предметів визначають як половину добутку швидкості світла на інтервалі часу проходження світлового імпульсу. Виміряна відстань у метрах висвічується впродовж 4 секунд на світловому табло індикації в полі зору далекоміра (рис. 2.41). Через 1 с після висвічування цифр можна здійснювати наступний пуск далекоміра.

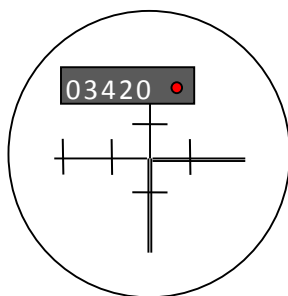


Рисунок 2.41 – Поле зору далекоміра.
Виміряна відстань 3 420 м

Систему стробування застосовують у разі, якщо на шляху проходження променя до орієнтира розміщено ряд місцевих предметів, що мають глибину. Система стробування вимикає входи вимірювання часових інтервалів на заданий час після випромінювання імпульсу.

Усі імпульси, відбиті від предметів, розміщених на відстані меншій, ніж установлено перемикачем 7 «МИНИМ. ДАЛЬНОСТЬ» (95, 280, 500, 950, 3250) 7 (рис. 2.42), далекомір не сприймає.

Систему селекції використовують у разі, якщо на шляху проходження променя до орієнтира розміщений один або два чітко розпізнаних місцевих предмети, що не мають глибини (гілка дерева, дріт, сітка огорожі). Система селекції (перемикач «ВЫБОР ЦЕЛИ» 8) дозволяє пропускати один або

два відбитих імпульси від предметів, що частково загорожують орієнтир (рис. 2.42). Система селекції спрацьовує, якщо між орієнтиром та предметом відстань не менша ніж 50 м.

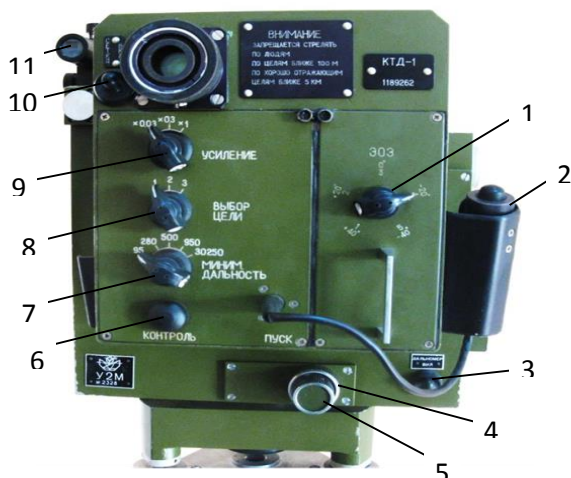


Рисунок 2.42 – Органи керування КТД-1:

1 – перемикач-термометр; 2 – кнопка «ПУСК»; 3 – тумблер «ДАЛЬНОМЕР»; 4 – затискний гвинт; 5 – маховичок горизонтального наведення; 6 – кнопка «КОНТРОЛЬ»; 7 – перемикач установлення мінімальної відстані; 8 – перемикач «ВЫБОР ЦЕЛИ»; 9 – перемикач «УСИЛЕНИЕ»; 10 – «ТУМБЛЕР СЕТКА»; 11 – магнітна стрілка

Кутомірна частина далекоміра забезпечує вимірювання горизонтальних кутів та кутів нахилу. Вона має вертикальну вісь із горизонтальним кругом, горизонтальну вісь із вертикальним кругом, рівень, трибку, триніжок із тригером, колонку (аліададу) зі стояками та відліковим мікроскопом.

У полі зору відлікового мікроскопа (рис. 2.43) бачимо дві шкали.

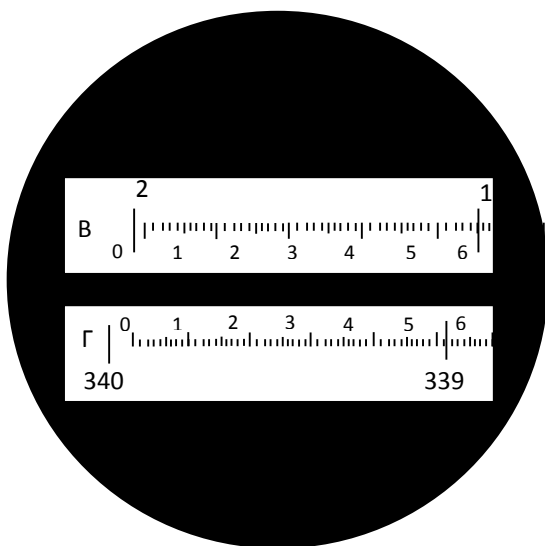


Рисунок 2.43 – Поле зору відлікового мікроскопа КТД-1

За верхньою шкалою В зчитують відліки за вертикальним кругом (кути нахилу), за нижньою Г – за горизонтальним кругом. Для зняття відліку необхідно зчитати за шкалою лімба правіше нульової поділки шкали мікрометра, а кількість хвилин та їх частки – за шкалою мікрометра від нуля до поділки шкали лімба зі зчитаними градусами.

Батарея акумуляторів призначена для живлення далекоміра постійним струмом напругою (27 ± 10) % вольтів. Вона має сім послідовно з'єднаних нікель-кадмієвих батарей ЗНКНБ-1.5, розміщених у металевому корпусі.

Заходи безпеки під час роботи з далекоміром

У далекомірі КТД-1 використовують лазер, який випромінює могутній монохроматичний світловий імпульс малої тривалості, з малою кутовою розбіжністю. Випроміню-

вання далекоміра під час прямого попадання в очі може викликати часткову, а іноді й повну втрату зору. Пряме випромінювання далекоміра небезпечне на відстані 4,5 км вдень і до 7 км вночі.

Для попередження ураження особового складу під час роботи з КТД-1 необхідно виконувати такі правила:

- не наводити далекомір на людей;
- вимірювання відстаней до точок, де розміщені люди, здійснювати по щитах-відбивачах, розташованих на висоті не нижче 3 м від поверхні землі;
- військовослужбовці повинні носити захисні окуляри зі скла СЗС-25, які необхідно регулярно перевіряти на ефективність захисту, а перед використанням – на відсутність видимих пошкоджень;
- особовий склад, який перебуває в районі виконання топогеодезичних робіт, повинен розміщуватися не ближче ніж 5 м від створу далекомір – віха;
- між номером із віхою та далекомірником повинен бути встановлений радіозв'язок, а під час неможливості – встановлені сигнали для зв'язку.

Заборонено проводити вимірювання далекоміром у приміщенні.

Перевід КТД-1 у бойове положення:

1. Установити штатив за допомогою механічного виска над точкою так, щоб головка штатива була приблизно горизонтальною.

2. Установити далекомір на штатив і закріпити його становим гвинтом.

3. Провести огляд приладу й перевірити вихідне положення тумблерів і перемикачів: «ДАЛЬНОМЕР», «УГЛОМЕР», «СЕТКА» – в нижньому положенні; «УСИЛЕНИЕ», «ВЫБОР ЦЕЛИ» – в положенні 1; «МИНИМ. ДАЛЬНОСТЬ» – у положенні 95.

4. Під'єднати до далекоміра кабель із кнопкою «ПУСК».

5. Перевірити напругу АКБ, $U \geq 24,5$ В.
6. Під'єднати до далекоміра АКБ за допомогою кабелю живлення.
7. Установити перемикач ЭОЗ у положення відповідно до температури повітря.
8. Увімкнути тумблер «ДАЛЬНОМЕР». У правому верхньому куті поля зору окуляра загоряється червона лампочка, що сигналізує про достатню напругу живлення АКБ.
9. Натиснути кнопку «КОНТРОЛЬ» і, спостерігаючи в окуляр, натиснути та швидко відпустити кнопку «ПУСК», відпустити кнопку «КОНТРОЛЬ». На цифровому індикаторі в окулярі далекоміра висвічується число $95+10$ %.
10. Вимкнути тумблер «ДАЛЬНОМЕР».
11. Відкрити об'єктиви приймача-передавача та перевірити їх чистоту.
12. Відгоризонтувати прилад за рівнем за допомогою підйомних гвинтів із точністю до однієї поділки шкали рівня.

Для економії АКБ тумблери «ДАЛЬНОМЕР» та «УГЛОМЕР» вмикають безпосередньо перед вимірюванням відстаней і після зняття цифрових даних відразу вмикають.

Вимірювання відстаней

Відстань вимірюють двома напівприйомами.

Перший напівприйм:

– відкривають об'єктиви приймача-передавача й наводять перехрестя сітки нитей далекоміра на предмет, відстань до якого необхідно виміряти; під час вимірювання відстаней уночі необхідно увімкнути тумблер «СЕТКА» та за допомогою обертання ручки «ЯРКОСТЬ» установити необхідне освітлення сітки;

– вмикають тумблер «ДАЛЬНОМЕР»;

– упевнившись, що в полі зору окуляра далекоміра горить червона точка а на лінії візування немає людей, натискають кнопку «ПУСК»;

– знімають відлік за шкалою відстані, що відповідає вимірюваній відстані, і записують його до журналу.

Другий напівприйм:

– уточнюють наведення перехрестя сітки нитей далекоміра на предмет;

– натискають і відпускають кнопку «ПУСК»;

– знімають відлік із цифрового індикатора та вимикають тумблер «ДАЛЬНОМЕР».

Розходження в значеннях відстаней, одержаних у двох напівприйомах, не повинні перевищувати ± 3 м. Якщо розходження перевищує допустиме значення, то уточнюють наведення й вимірювання повторюють заново. Під час допустимого розходження за кінцеве значення беруть середнє арифметичне.

Якщо в процесі вимірювання відстаней на табло замість цифр висвічуються чорні точки, необхідно перевірити установлення перемикачів «ВЫБОР ЦЕЛИ» і «МИНИМ. ДАЛЬНОСТЬ», та наведення перехрестя сітки ниток на предмет, відстань до якого вимірюють, збільшити посилення методом переведення перемикача «УСИЛЕНИЕ» в положення $\times 03$ або $\times 1$. Але необхідно знати, що під час вимірювання відстаней до 500 м перемикач «УСИЛЕНИЕ» повинен розміщуватися в положенні $\times 003$, від 500 м до 4 км – у положенні $\times 03$, більше 4 км – у положенні $\times 1$.

Під час використання системи стробування передчасно визначають відстань до перешкоди, встановлюють перемикач «МИНИМ. ДАЛЬНОСТЬ» на значення, більші за відстані перешкоди, і після цього вимірюють необхідну відстань. Під час використання системи селектування перемикач «ВЫБОР ЦЕЛИ» встановлюють у положення 2, коли на шляху поширення променя є

одна перешкода, а якщо ми маємо дві перешкоди, то в положення 3. Під час вимірювання довжини ліній, кут нахилу яких перевищує 2° під час прив'язки на геодезичній основі та 5° під час прив'язки за картою, виміряні відстані приводять до горизонту.

Вимірювання горизонтальних кутів

Горизонтальні кути вимірюють двома напівприйомами.

Перший напівприйм:

– наводять перехрестя сітки ниток приладу в ліву точку;

– вмикають тумблер «УГЛОМЕР», знімають відлік за горизонтальним кругом (Г) та вимикають тумблер «УГЛОМЕР»;

– наводять перехрещення сітки ниток у праву точку, вмикають тумблер «УГЛОМЕР», зчитують відлік за горизонтальним кругом.

Другий напівприйм:

– відводять стопор маховичка трибки і обертанням маховика трибки, спостерігаючи у відліковий мікроскоп, змінюють відлік за горизонтальним кругом приблизно на 90° ;

– за допомогою маховика горизонтального наведення уточнюють наведення перехрестя сітки далекоміра в праву точку;

– вмикають тумблер «УГЛОМЕР» і знімають відлік за горизонтальним кругом;

– вимикають тумблер «УГЛОМЕР», наводять далекомір у ліву точку, вмикають тумблер «УГЛОМЕР», знімають відлік за горизонтальним кругом і вимикають тумблер «УГЛОМЕР».

Розраховують величину виміряного кута в обох напівприйомах, для чого із відліку за правою точкою віднімають

відлік за лівою точкою. Розходження не повинно перевищувати 1'. Якщо ця умова виконується, розраховують як середнє арифметичне з двох напівприймів.

Кути нахилу вимірюють одним прийомом у такій послідовності:

- перевіряють горизонтування приладу;
- наводять перехрещення сітки в точку (орієнтир);
- вмикають тумблер освітлювання лімбів «УГЛОМЕР», зчитують відлік за вертикальним кругом і вимикають освітлення лімбів;

- розраховують кут нахилу за формулою

$$\varepsilon = BK - MO, \quad (2.17)$$

де BK – відлік за вертикальним кругом;

MO – місце нуля далекоміра (у формулярі приладу).

Кути нахилу для приведення до горизонту виміряних відстаней вимірюють із точністю до 10'.

2.5. Автономна апаратура топогеодезичної прив'язки

2.5.1. Загальні відомості про автономну апаратуру топогеодезичної прив'язки

Автономну апаратуру топогеодезичної прив'язки використовують у ракетних військах і артилерії. Її встановлюють як на колісних машинах УАЗ-452, ГАЗ-66, ЗИЛ-131, БТР 60ПБ, так і на гусеничних командирських машинах, пересувних засобах артилерійської розвідки (МТЛБУ, БМП-1).

Автономна апаратура топогеодезичної прив'язки призначена для:

- визначення координат вогневих та стартових позицій, постів і пунктів засобів артилерійської розвідки;
- передавання дирекційних кутів орієнтирних напрямків;
- водіння колон, особливо на місцевості бідної на орі-

ентири та в умовах обмеженої видимості.

Крім того, апаратура топоприв'язки, що має у своєму складі курсопрокладач КП-4, забезпечує нанесення на карту непозначених колонних шляхів і доріг.

До складу апаратури топоприв'язки входять:

- гірокурсопоказчик, призначений для вимірювання кутів повороту машини під час руху;
- шляхова система або датчик шляху, призначений для вимірювання приросту шляху;
- курсопрокладач або розрахунковий пристрій, що автоматично відпрацьовує змінні координати місцезнаходження машини;
- система синхронного передавання кутів повороту машини, вимірювана гірокурсовказівником;
- джерела електроживлення, прилади електроустаткування, запасні частини та інструменти.

Крім того, в машині, що має автономну апаратуру топоприв'язки, повинен бути візирний пристрій для вимірювання кута між поздовжньою віссю машини та орієнтирним напрямком у разі визначення дирекційного кута поздовжньої осі машини або під час передавання орієнтування.

Машини, що мають апаратуру топоприв'язки, можуть бути оснащені гірокомпасом, перископічною артилерійською бусоллю та далекоміром ДСП-30, що застосовують для визначення дирекційного кута поздовжньої осі машини.

Робота автономної апаратури топоприв'язки щодо визначення координат елементів бойового порядку заснована на безперервному послідовному розв'язанні прямої геодезичної задачі.

Під час підготовки апаратури топоприв'язки на початковій точці за допомогою кутомірних та далекомірних приладів визначають прямокутні координати точки стояння машини x_a та y_a . За умови готовності апаратури до роботи починають рух до точки, координати якої потрібно визначити.

Рух здійснюють зазвичай не за прямою лінією, частіше він являє собою криву лінію. Якщо маршрут умовно розподілити на нескінченно велику кількість малих відрізків довжиною ΔS , кривизною кожного з них можна знехтувати через їх малість, то прирощення координат за кожним відрізком Δx_i та Δy_i можна обчислити за формулою

$$\begin{aligned}\Delta x_i &= \Delta S_i \times \cos \alpha_i, \\ \Delta y_i &= \Delta S_i \times \sin \alpha_i,\end{aligned}\quad (2.18)$$

де α_i – дирекційний кут напрямку руху по i -му відрізку.

У такому разі, координати машини в будь-якій точці маршруту можна обчислити як суму приросту координат за всіма відрізками з координатами початкової точки:

$$\begin{aligned}x_n &= x_a + \sum \Delta S_i \times \cos \alpha_i, \\ y_n &= y_a + \sum \Delta S_i \times \sin \alpha_i.\end{aligned}\quad (2.19)$$

Ці формули становлять математичну основу роботи апаратури топогеодезичної прив'язки. Усі обчислення виконують за допомогою курсопрокладача автоматично.

2.5.2. Апаратура топоприв'язки 1Т121-1

Апаратура топоприв'язки 1Т121-1 встановлена в командирських машинах управління вогнем комплексів 1В12-1 (КМУ 1В15-1, 1В14-1, 1В13-1), комплексів 1В17-1 (1В110-1).

До складу апаратури топоприв'язки 1Т121-1 входять: гірокурсопоказчик 1Г13М, шляхова система, курсопрокладач КП-4, коробка комутаційна, комплект з'єднувальних кабелів, запас інструментів і приладдя та документація [18].

Гірокурсказівник 1Г13М

Гіроскопічний вказівник (рис. 2.44) являє собою малогабаритний гіроскопічний прилад, призначений для відпрацювання зміни кута повороту машини та видавання ін-

формації у вигляді електричного сигналу в курсопрокладач. Він має три самостійних прилади: гіроазимут, пульт управління та перетворювач струму.

Пульт управління призначений для вмикання та вимикання гіроазимута й перетворювача струму, а також для перевірки та налаштування гіроазимута.

Перетворювач струму призначений для перетворення постійного струму з напругою 27 В від акумулятора або генератора в трифазний змінний струм напругою 36 В 400 Гц, необхідний для живлення гіромоторів і синхронного передавання.

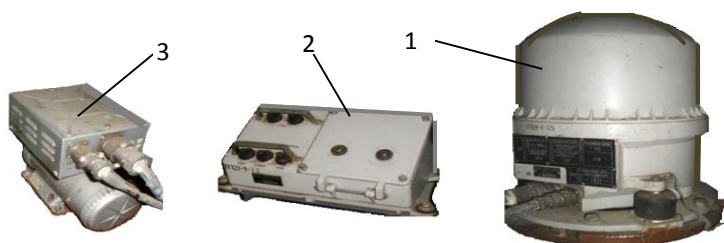


Рисунок 2.44 – Гіроскопічний курсовказівник 1Г13М:
1 – гіроазимут; 2 – пульт управління; 3 – перетворювач струму ПТ-200ц

Гіроазимут забезпечує безперервне вимірювання кутів повороту машини та вироблення електричних сигналів, що відповідають величині та напрямкам цих кутів.

Основні вузли та системи гіроазимута (рис. 2.45):

- курсовий гіроскоп 3;
- система азимутальної корекції;
- система горизонтальної корекції;
- датчик курсу 1;
- додатковий кардановий підвіс із гіроскопічним демпфером 6;
- механізм аретування (стопоріння);

- система обігріву;
- корпус із амортизаторами.

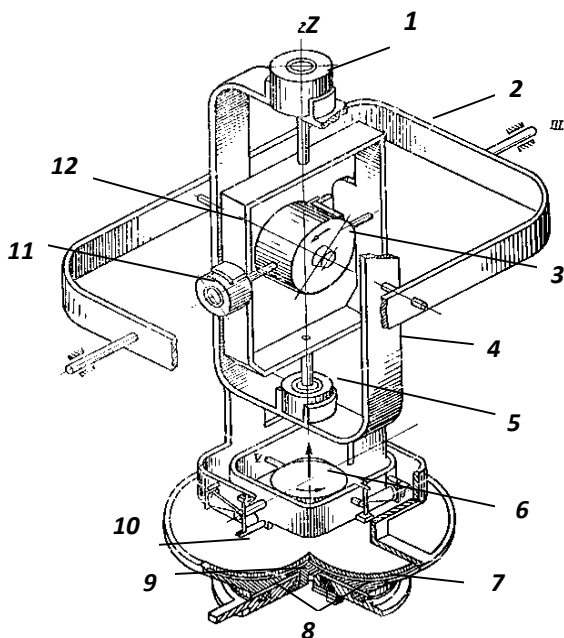


Рисунок 2.45 – Кінематична схема гіроазимута:

- 1 – датчик курсу; 2 – зовнішня рама додаткового карданового підвісу;
- 3 – курсовий гіроскоп; 4 – внутрішня рама додаткового карданового підвісу; 5 – мотор горизонтальної корекції; 6 – демпферний гіроскоп;
- 7 – якір аретира; 8 – електромагніт; 9 – пружина; 10 – колодка аретира;
- 11 – мотор азимутальної корекції; 12 – рама гіровузла курсового гіроскопа

Курсовий гіроскоп призначений для фіксування напрямку, щодо якого вимірюють кути повороту машини (тягача). Він являє собою триступеневий вільний гіроскоп. Ротор гіроскопа виконаний як ротор електричного трифазного асинхронного двигуна. Частота обертів ротора 20 000–22 000 обертів за 1 хвилину.

Система азимутальної корекції призначена для утримання головної осі гіроскопа в незмінному положенні стосовно площини меридіана. Цього досягають за допомогою виконання азимутальним корекційним мотором електромагнітного моменту, викликаного прецесією гіроскопа навколо вертикальної осі, тобто за напрямком.

Основні фактори що спричиняють відхилення головної осі гіроскопа стосовно площини меридіана:

– вертикальна складова обертання Землі навколо своєї осі;

– залишкова неврівноваженість маси гіроскопа під час виготовлення (дебаланс);

– тертя в підшипниках горизонтальної осі, що виникає під час періодичного коливання курсового гіроскопа відносно цієї осі.

Система азимутальної корекції передбачає роздільну компенсацію відхилень, спричинених цими чинниками. Вертикальна складова обертання Землі компенсується подаванням на обмотку корекційного мотора *II* напруги, встановлюваної регульовальним потенціометром «УСТА-НОВКА ШИРОТЫ».

Відхилення осі гіроскопа у зв'язку з дебалансом компенсується подачею напруги на керівну обмотку корекційного мотора напруги за допомогою потенціометра «ЕЛ. БАЛАНСИРОВАНИЕ». Величину напруги, що подається на потенціометр, підбирають у процесі вивірян.

Для компенсації відхилень у підшипниках горизонтальної осі на керівну обмотку корекційного мотора поперемінно подається напруга, регульована двома потенціометрами «ПОПРАВКА НА ТРЕНИЕ».

Датчик курсу I призначений для вироблення електричних сигналів, що відповідають кутам повороту машини. Він являє собою сельсин-датчик із грубим і точним каналами ви-

мірювань. Електричні сигнали, сформовані сельсин-датчиком, передаються на сельсин-приймач, розміщений у курсопрокладачі, та приводять до поворотів виконувальних елементів курсопрокладача і шкали «КУРС» на кути, що відповідають кутам повороту машини.

Додатковий кардановий підвіс призначений для утримання вертикальної осі курсового гіроскопа у вертикальному положенні навіть під час похилого положення машини.

Центр ваги зовнішнього карданового підвісу зміщений униз, за допомогою цього досягають установлення вертикальної осі приладу в прямовисне положення.

Для виключення розхитування зовнішнього карданового підвісу в нижній його частині встановлений другий гіроскоп із вертикальним розміщенням головної осі (гіроскопічний демпфер) б, що стабілізує прямовисне положення вертикальної осі. Під час прямовисного положення вертикальної осі кути повороту машини будуть вимірювати в горизонтальній площині, що й необхідно для точного вимірювання дирекційного кута.

Механізм аретування, або стопора призначений для міцного з'єднання зовнішньої рамки додаткового карданового підвісу з корпусом усього приладу під час руху топоприв'язника з необертвовим ротором. Керування цим механізмом здійснюється подачею або зняттям струму на електромагніт 8 за допомогою перемикача «РАБОТА-СТОПОР» на пульті керування.

Система обігріву призначена для забезпечення необхідного температурного режиму всередині корпусу гіроазимута. Вона складається з двох паралельно ввімкнених нагрівачів і двох біметалевих термовимикачів. Термовимикачі забезпечують автоматичне відмикання обігрівання в разі досягнення температури всередині корпусу від $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ до

+65 С°. Струм на систему обігрівання подається під час вмикання вимикача «ОБІГРІВ» на пульті керування.

Шляхова система

У наявних типах автономної апаратури топоприв'язки можуть установити шляхову систему, електромеханічний або механічний датчики шляху.

Шляхова система зазвичай складається з двох датчиків швидкості: електронного (доплерівського) та електромеханічного. Блок-схема такої системи показана на рисунка 2.46.

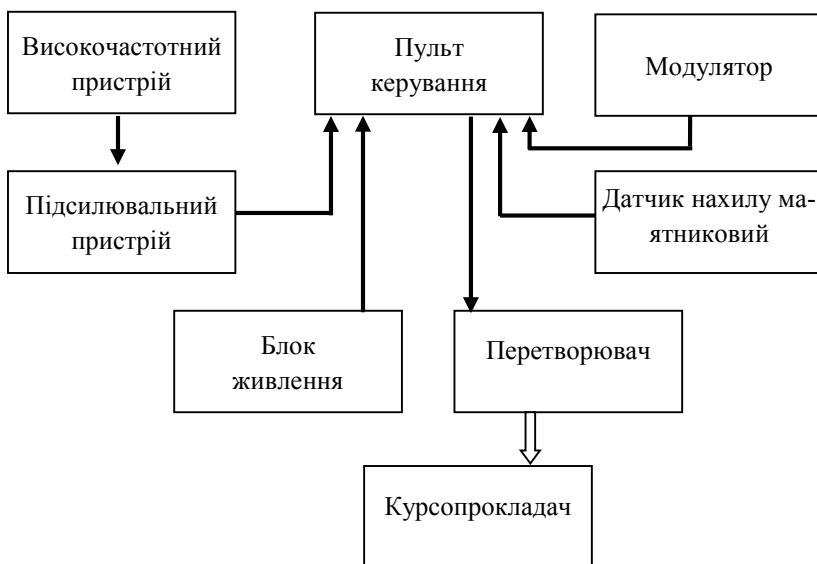


Рисунок 2.46 – Блок-схема шляхової системи

Доплерівський датчик швидкості являє собою радіотехнічний пристрій, що забезпечує визначення шляху без зв'язку з ходовою частиною машини. Принцип роботи датчика заснований на застосовуванні ефекту Доплера, що полягає в зміні частоти радіосигналу під час відносного переміщення джерела та приймача випромінювання.

Високочастотний пристрій виробляє високочастотні електромагнітні імпульси та спрямовує їх вузьким пучком униз до землі та вперед за ходом руху машини. Частина відображеної від землі енергії приймає приймальна антена. Частота прийнятого сигналу f_1 , буде відрізнятись від частоти сигналу, спрямованого до землі f_0 , на величину, пропорційну швидкості руху машини $F_D = f_1 - f_0$ (частота Доплера). Ця частота виділяється, підсилюється в підсилювальному пристрої, перетворюється на послідовність імпульсів із частотою F_D і надходить на вимірювач частоти та на схему електронної комутації. На цю саму схему передається і поправка (в імпульсному вигляді) на швидкість руху машини ΔNv .

Необхідність уведення цієї поправки обумовлена тим, що під час руху машини з різною швидкістю виникають спотворення частоти Доплера. Поправка визначається і вводиться автоматично.

Сигнал доплерівської частоти з урахуванням поправки на швидкість руху машини надходить на пульт керування схеми обліку рельєфу місцевості. На цю саму схему надходить інформація від маятникового датчика нахилу про величину кута нахилу поздовжньої осі машини, що відповідає крутизні спуску або підйому. Датчик нахилу являє собою трансформатор, що обертається, з вихідної обмотки якого знімається напруга, пропорційна куту нахилу машини. У схемі обліку рельєфу місцевості ця напруга перетворюється на часовий інтервал, а потім – у послідовність імпульсів, яку віднімають від послідовності імпульсів доплерівської частоти. Скоригована саме таким чином доплерівська частота буде відповідати горизонтальній складовій швидкості руху.

Перетворювач, на який надходить послідовність імпульсів, перетворює їх у кут повороту вихідного вала, пов'язаний із курсопрокладачем.

Крім того, перетворювач виконує такі функції:

– змінює напрямок уведення імпульсів частоти Доплера під час руху заднім ходом;

– автоматично перемикає введення шляху від електро-механічного датчика швидкості під час руху зі швидкістю менше ніж 3 км/год.

Електромеханічний датчик швидкості в апаратурі топоприв'язки 1Т121-1 використовують:

– під час руху на низькій швидкості, (менше ніж 3 км/год вмикається автоматично);

– під час руху болотяною місцевістю, якщо в зону випромінювання доплерівського датчика потрапляють грудки землі та виникають похибки у вимірюванні пройденого шляху;

– під час руху лісом, якщо дерева та кущі ближчі ніж за 5 метрів від дороги;

– під час виходу з ладу доплерівського датчика швидкості.

У деяких типах топогеодезичної апаратури, де не передбачений доплерівський датчик, електромеханічний датчик швидкості використовують як основний. До складу електромеханічного датчика швидкості входять модулятор і перетворювач.

Модулятор являє собою генератор електричних сигналів, ротор якого пов'язаний гнучким валом із приводом переднього моста автомобіля або з ведучою шестірнею гусеничного шасі. Під час руху машини обертається ротор модулятора, а в статорі виникають електричні сигнали, кількість яких пропорційна швидкості руху. Ці сигнали через пульт керування передаються до перетворювача.

Механічний датчик швидкості побудований за принципом автомобільного спідометра. Він являє собою кінематичний ланцюг, що передає обертання за допомогою гнучкого вала від переднього привода автомобіля (ведучої шестерні гусеничного шасі) безпосередньо до курсопрокладача.

У цьому разі пройдений машиною шлях визначається залежністю

$$S = 2\pi R n_{об.}, \quad (2.20)$$

де R – радіус колеса або ведучої шестірні;

$n_{об.}$ – кількість обертань колеса або ведучої шестірні.

Для точного вимірювання шляху необхідно, щоб радіус колеса точно відповідав розрахунковій величині. Крім того, необхідно враховувати, що механічний датчик швидкості не має схеми врахування рельєфу місцевості й вимірює похилий шлях, а не зведений до горизонту. Це призводить до похибок у визначенні координат на місцевості.

Курсопрокладач (рис. 2.47 а) являє собою електромеханічний розрахунковий пристрій. На рисунку 2.47 б показана його функціональна схема.

Він призначений для безперервного автоматичного розв'язання прямої геодезичної задачі та для викреслювання маршруту руху машини (топоприв'язника) на карті.

Курсопрокладач має такі механізми та вузли: механізм коригування шляху; вузол уведення дирекційного кута позовжньої осі машини; вузол знаходження приросту координат; механізм перемикання масштабів; механізм викреслювання маршруту руху, лічильники X , Y та пройденого шляху.

Механізм коригування шляху призначений для коригування шляху, що вводять у курсопрокладач. Шлях, виміряний датчиком шляху, надходить на конус, а знімається з ролика цього механізму.

Положення ролика на поверхні конуса можна змінити повертанням ручки «КОРРЕКТУРА ПУТИ (КП)». Тоді змінюється передавальне відношення в системі конус-ролик на величину, що відповідає коефіцієнту коригування шляху.

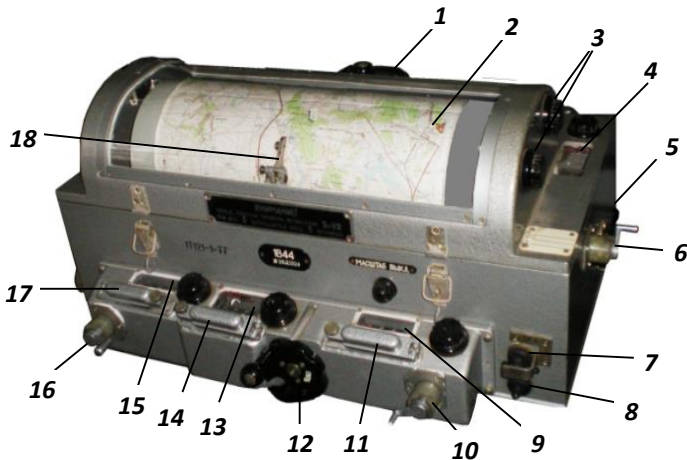


Рисунок 2.47а – Курсопрокладач:

- 1 – рукоятка «КУРС – РАБОТА»; 2 – барабан; 3 – лампи освітлення;
 4 – шкала «КУРС»; 5 – рукоятка «КУРС – КОНТРОЛЬ»;
 6 – рукоятка повороту барабана; 7 – тумблер «У2»; 8 – тумблер освітлення;
 9 – лічильник «Х»; 10,16 – рукоятки ручного введення координат;
 11,17 – кришки штовхачів введення координат; 12 – рукоятка ручного введення шляху;
 13 – лічильник пройденого (введеного) шляху; 14 – кришка штовхачів установлення шляху; 15 – лічильник «У»; 18 – записуючий пристрій

Величину цього коефіцієнта встановлюють за шкалою коригування шляху.

Вузол введення дирекційного кута поздовжньої осі машини слугує для встановлення початкового значення дирекційного кута й автоматичного додавання вимірних кутів повороту машини з початковими значеннями. Він складається з сельсин-приймача (СП), посилювача (У2), виконавчого двигуна, шкал курсу та двох маховичків для встановлення курсу вручну: «КУРС – РОБОТА» й «КУРС – КОНТРОЛЬ».

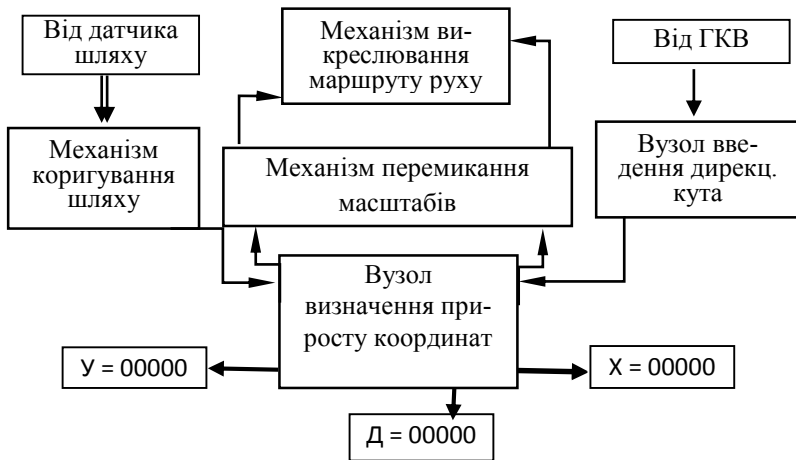


Рисунок 2.47б – Функціональна схема курсопрокладача

Вузол визначення приросту координат (рис. 2.48) являє собою будівельно-фрикційний механізм, призначений для формування функцій

$$\begin{aligned} \Delta X &= (1-\kappa) S \cos \alpha i \\ \Delta Y &= (1-\kappa) D \sin \alpha i. \end{aligned} \quad (2.21)$$

Конус цього механізму повертається на кут, пропорційний приросту шляху. До конуса I підтиснені два ролики $4, 18$, один із яких переміщується за твірною конуса на величину, пропорційну $\cos \alpha$, а інший – пропорційно $\sin \alpha$. У результаті вихідні осі роликів повертаються на кути, пропорційні приросту координат ΔX і ΔY відповідно. Ці осі через диференціали (D) пов'язані з лічильниками координат X і Y та з механізмом викреслювання маршруту руху.

Лічильники X і Y (рис. 2.47 а) слугують для встановлення початкових координат і для безперервного автоматичного додавання приросту координат до початкових.

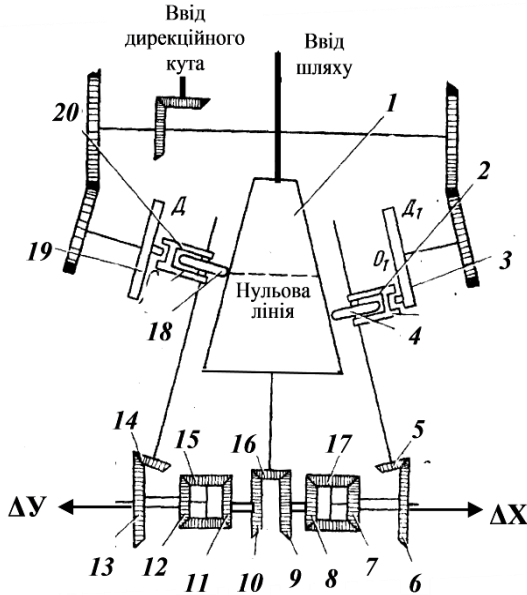


Рисунок 2.48 – Вузол визначення приростів координат:

- 1 – головний конус; 2, 20 – каретки; 3, 19 – водила; 4, 18 – ролики;
 5, 14 – шестерні; 6, 7, 8, 9, 17 – шестерні косинусного диференціалу;
 10, 11, 12, 13, 15 шестерні синусного диференціалу; 16 – шестірня

Механізм перемикання масштабів M_x і M_y призначений для встановлення масштабу карти, на якій накреслюють маршрут руху топоприв'язника, і для вимкнення механізму накреслювання маршруту руху (цим забезпечується можливість роботи механізму на картах масштабу 1:50 000, 1:100 000 і 1:200 000).

Механізм накреслювання маршруту руху призначений для нанесення маршруту руху топоприв'язника на карті. Він складається з барабана, на якому закріплена карта, ходового гвинта й каретки із записувальним пристроєм. Під час роботи апаратури барабан або планшет із картою повертається на кут, пропорційний приросту координати X , а ходовий

гвинт, повертаючись, переміщує каретку із записувальним пристроєм залежно від зміни координати $У$. У результаті на карті накреслюється пройдений топоприв'язником шлях.

Робота з апаратурою топоприв'язки 1Г121-1

Підготовка апаратури топоприв'язки до роботи передбачає:

- визначення дирекційного кута поздовжньої осі машини;
- визначення прямокутних координат точки стояння машини;
- вмикання гірокурсопоказчика;
- підготовка курсопрокладача до роботи.

Дирекційний кут поздовжньої осі машини може бути визначений так:

- за допомогою гірокомпаса;
- за допомогою бусолі;
- за завчасно визначеним дирекційним кутом на орієнтир.

Під час визначення дирекційного кута поздовжньої осі за допомогою гірокомпаса, встановленого на об'єкті (1Г25, 1Г40), вмикають гірокомпас і визначають істинний азимут поздовжньої осі машини. До дирекційного кута переходять, віднявши від азимута зближення меридіанів для даної точки (див. розділ 3).

Під час визначення дирекційного кута за допомогою бусолі або гірокомпаса 1Г17 прилад устанавлюють на відстані 30–50 метрів від машини та визначають дирекційний кут на візир машини ($\alpha_{np-виз.}$). Із машини за допомогою візира визначають кут між поздовжньою віссю машини та напрямком на прилад за ходом годинникової стрілки ($\beta_{np.}$). Дирекційний кут поздовжньої осі обчислюють за формулою

$$\alpha_{oci} = (\alpha_{np.виз} \pm 30-00) - \beta_{np.} \quad (2.22)$$

Для визначення дирекційного кута поздовжньої осі машини за напрямком на орієнтир необхідно завчасно підготувати початкову точку, закріпити точку кілочком, вибрати орієнтир на відстані не менше ніж 1 000 м, і визначити дирекційний кут на орієнтир. Серединна похибка визначення дирекційного кута не повинна перевищувати 0-01.

Під час визначення дирекційного кута поздовжньої осі машини її встановлюють над кілочком, щоб зміщення візира від кілка не перевищувало одного метра. Готують до роботи візир і визначають кут між поздовжньою віссю машини та напрямком на орієнтир (β_{op}). Дирекційний кут поздовжньої осі машини визначають за формулою

$$\alpha_{осі} = \alpha_{op} - \beta_{op}. \quad (2.23)$$

Прямокутні координати точки стояння машини (початкову точку) визначають зазвичай полярним способом від контурних точок карти або точок геодезичних мереж. Для цього з машини за допомогою візира визначають кут на контурну точку ($\beta_{км}$) і розраховують дирекційний кут із контурної точки на машину:

$$\alpha_{км-маш.} = (\alpha_{осі} + \beta_{км}) \pm 30-00. \quad (2.24)$$

Відстань до контурної точки визначають за допомогою далекоміра.

Перетворення полярних координат у прямокутні здійснюють під час підготовки курсопрокладача до роботи.

У тому разі, якщо машина розміщена в безпосередній близькості від контурної точки (не далі ніж 10 метрів), то за координати початкової точки (стояння машини) беруть координати контурної точки.

Вмикання апаратури топоприв'язки

Перед вмиканням апаратури знімають чохла з приладів цієї апаратури, проводять зовнішній огляд приладів і перевіряють, чи перебувають вимикачі та перемикачі в

початковому положенні. Для ввімкнення навігаційної апаратури необхідно перевірити напругу акумуляторних батарей, запустити двигун машини, перевірити роботу генератора, ввімкнути гірокурсопоказчик і курсопрокладач.

Вмикання гірокурсопоказчика проводять із пульта керування ГАК, для цього необхідно:

- увімкнути тумблери «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ» і «КОНТРОЛЬ»;

- тумблер «РАБОТА-СТОПОР» перевести в положення «РАБОТА», чується клацання, і загоряється зелена лампочка на пульті керування;

- увімкнути тумблер «ГИРОСКОП», починається розгін гіроскопів;

- за температури повітря нижче ніж 0°C увімкнути вимикач «ОБОГРЕВ», при цьому на пульті загоряється біла сигнальна лампочка.

Для вмикання курсопрокладача необхідно:

- увімкнути вимикач «ОСВЕЩЕНИЕ»;

- подати напругу на синхронну передачу, для цього необхідно увімкнути вимикач У2 «УСИЛЕНИЕ»;

- заправити карту на барабан і рукоятками повороту барабана за допомогою переміщення вивести записувальний пристрій на контурну точку;

- установлюють маховичком «КУРС-КОНТРОЛЬ» дирекційний кут із контурної точки на машину, на лічильнику шляху – 0000, а на лічильниках X і Y – координати контурної точки;

- рукояткою «МАСШТАБ» установити масштаб відповідно до масштабу карти;

- за допомогою маховичка ручного введення шляху ввести відстань із машини до контурної точки;

- увімкнути тумблер У2 (тумблер У2 заборонено вми-

кати раніше ніж за 3 хв після вмикання тумблера «ГІРОСКОП»;

– за 5 хвилин до початку руху вмикають датчик шляху: тумблери «СЕТЬ» – у положення «ВКЛ», «ДДС-МДС» – у положення вибраного датчика, «РЕЛЬЕФ» – у положення «ВКЛ», якщо кути нахилу на маршруті руху більші ніж 5°;

– на лічильнику шляху встановлюють нульові значення, на шкалі «КУРС» маховичком «КУРС-РАБОТА» – дирекційний кут поздовжньої осі машини та вмикають рукоятку «ПУТЬ».

Після проходження 15 хвилин з моменту вмикання тумблера «ГІРОСКОП», можна розпочинати роботу з топоприв'язки.

Вмикання апаратури топоприв'язки 1Т121-1

Прилади навігаційної апаратури можна вимикати як на місці, так і під час руху.

Для вимикання приладів на місці необхідно:

а) на пульті керування ГАК вимкнути вимикач «ГІРОСКОП», перемикач «РАБОТА-СТОПОР» перевести в положення «СТОПОР», вимкнути вимикач «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ», перемикач «КОНТРОЛЬ» поставити в положення «ОТКЛ», вимкнути вимикач «ОБОГРЕВ» (якщо він був увімкнутим);

б) на курсопрокладачі вимкнути тумблери У2 та освітлення, рукоятку «ПУТЬ» поставити в положення «ВЫКЛ»;

в) на пульті керування шляхової системи перемикач «ДДС-ВЫКЛ» установити в положення «ВЫКЛ».

Вимкнення апаратури топоприв'язки під час руху виконують у тому самому порядку, що й на стоянці, але перемикач «РАБОТА-СТОПОР на пульті керування гіроазимута в положенні «РАБОТА» на 15 хвилин після вимикання тумблера «ГІРОСКОП». Через 15 хвилин його встановлюють у положення «СТОПОР».

2.5.3. Апаратура топоприв'язки 1Т128

Апаратуру топоприв'язки 1Т128 (рис. 2.49) установлюють на командирських машинах управління вогнем артилерії комплексу 1В12М: машини 1В15М, 1В14М та 1В13М.

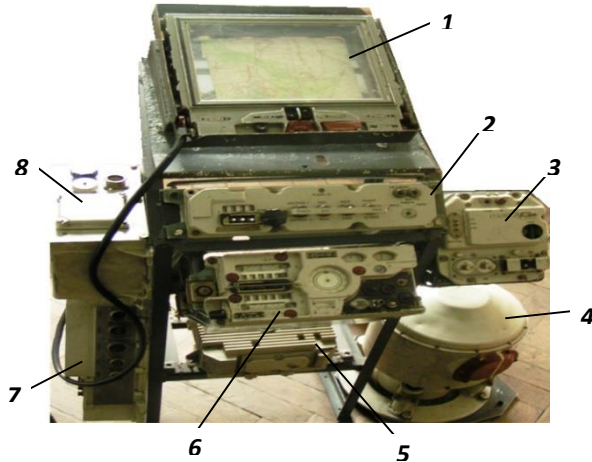


Рисунок 2.49 – Апаратура топоприв'язки 1Т128:
1 – планшет; 2 – блок керування шляховою системою; 3 – пульт керування системою ГККП; 4 – ГККП; 5 – блок живлення; 6 – координатор; 7 – коробка комутаційна; 8 – пристрій підсилювання

Вона виконує такі самі завдання, що й апаратура топоприв'язки 1Т121-1, але не накреслює на карті пройдений машиною шлях, що пов'язано з особливістю її конструкції [19].

Система гірокурсоркренопоказчика має такий склад: гірокурсоркренопоказчик (ГККП) 4, пульт керування 3 та перетворювач струму ПТ-200Ц.

Особливістю ГККП є те, що він, крім вимірювання кутів повороту машини, вимірює крен машини.

Ці дані передаються до шляхової системи, що виміряє пройдений шлях із урахуванням рельєфу місцевості. Тому в складі шляхової системи немає маятникового датчика крену. До складу шляхової системи входять: високо частотний пристрій, пристрій підсилювання 8, блок керування 2, модулятор, блок живлення 5.

Принцип роботи шляхової системи апаратури 1Т128 аналогічний принципу роботи шляхової системи апаратури 1Т121-1.

Блок керування шляхової системи дозволяє:

- здійснювати вибір датчика;
- примусово вводити відстань (шлях) як у режимі «швидко», так і в режимі «повільно»;
- проводити контроль роботи датчика, не рухаючись на місцевості.

Координатор (рис. 2.50) під час роботи апаратури безперервно розв'язує пряму геодезичну задачу та відпрацьовує зміну координати місцезнаходження машини. Крім того, за допомогою координатора розв'язують пряму та обернену геодезичні задачі.

Планшет призначений для відпрацювання на карті місцезнаходження машини. Місцезнаходження зазначають перехрестям двох ниток.

Підготовка апаратури топоприв'язки 1Т128 до роботи передбачає такі дії: визначення дирекційного кута поздовжньої осі машини, визначення координат точки стояння, вмикання апаратури топоприв'язки та підготовку її до роботи.

Визначення дирекційного кута поздовжньої осі машини та координат точки стояння здійснюють у такому самому порядку, як і для апаратури 1Т121-1.

Вмикання апаратури топоприв'язки виконують так:

1. Перевіряють положення органів керування:

– *на координаторі* (рис. 2.50) тумблери «СИСТЕМА» 10 у положенні – «ВЫКЛ», «РАБОТА-КОНТРОЛЬ» 6 у положенні «РАБОТА», «ВВОД ПОПРАВOK» 9 – у будь-якому положенні;

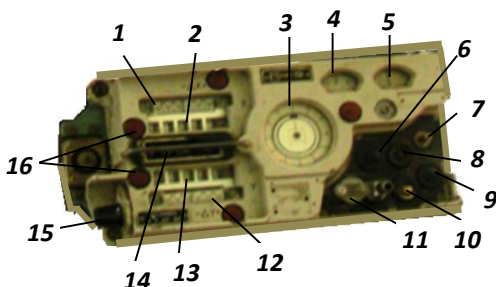


Рисунок 2.50 – Координатор:

- 1 – шкала ΔX ; 2 – лічильник X ; 3 – шкала «КУРС-ГО»;
- 4 – шкала «КУРС-ТО»; 5 – шкала коректури шляху; 6 – тумблер «РАБОТА-КОНТРОЛЬ»; 7 – маховичок «УСТ. КОРРЕКТУРИ»;
- 8 – кнопка «ЗАПУСК»; 9 – тумблер «ВВОД ПОПРАВOK»;
- 10 – тумблер «СИСТЕМА»; 11 – рукоятка «КУРС»; 12 – шкала $\Delta У$;
- 13 – лічильник $У$; 14 – рукоятки під'єднання цифр;
- 15 – маховичок установлення цифр; 16 – лампи освітлення

– *на пульті керування шляхової системи* (рис. 2.51): перемикачі «ВВОД-РОБОТА-СБРОС» 9 – у положення «РАБОТА», «РЕЛЬЕФ-ОТКЛ-ОСТАН.» 7 – у положення «ОТКЛ», «ДДСН-ДДСК» 6 – у положення «ДДСК», «МДС-ДДС-ВОДА» 5 – у положенні «ДДС»;

– *на пульті керування ГККВ* (рис. 2.52): тумблери «РК-ВЫКЛ» 3 в положення «ВЫКЛ», ГКУ – 27В 2 → ГКУ, «АП-ВЫКЛ» 3 → АП;

– *на планшеті* (рис. 2.53): тумблери «ВКЛЮЧЕНИЕ Х,У» 5 – у положення «ОТКЛ», «ЗНАК ПОПРАВOK» 4 – у будь-якому положенні, перемикач «МАСШТАБ» 6 – у будь-якому положенні.

2. Визначають дирекційний кут поздовжньої осі машини, прямокутні координати контурної точки та дирекційний кут і відстань до неї.

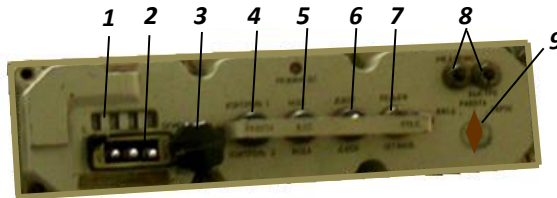


Рисунок 2.51 – Пульти керування шляхової системи:

- 1 – лічильник пройденого шляху; 2 – рукоятки під'єднання цифр;
- 3 – маховичок установки цифр; 4 – тумблер «КОНТРОЛЬ 1-РАБОТА-КОНТРОЛЬ 2»;
- 5 – тумблер «МДС-ДДС-ВОДА»;
- 6 – тумблер «ДДСК-ДДСН»; 7 – тумблер «РЕЛЬЕФ-ОТКЛ-ОСТА-НОВ»;
- 8 – кнопки введення відстані; 9 – перемикач «ВВОД-РАБОТА-СБРОС»

3. Подають команду на вмикання базового двигуна, генератора та вмикають тумблер «СИСТЕМА» 10 (рис. 2.50) у положення «ВКЛ».

4. Заправляють карту на планшет і рукоятками «УСТАНОВКА X» 1 (рис. 2.53) та «УСТАНОВКА У» 8 виставляють ниті на контурну точку.

5. На лічильниках X і У координатора (рис. 2.50) установлюють координати контурної точки, а на лічильнику пройденого шляху (рис. 2.51) – 0000.

6. На шкалі «КУРС» установлюють дирекційний кут із контурної точки на машину ($\alpha_{кт. маш.}$).

7. На планшеті тумблер «ВКЛЮЧЕНИЕ X,У» 5 (рис. 2.53) ставлять у положення ВКЛ., а перемикач масштабів 6 – відповідно до масштабу карти.

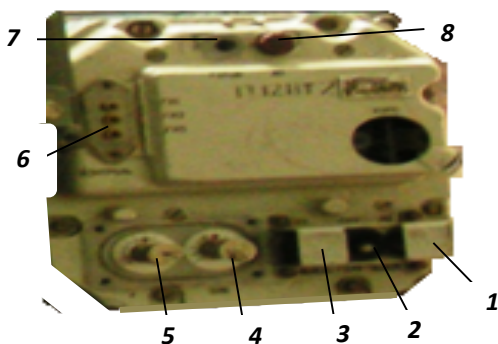


Рисунок 2.52 – Пульт управління ГККВ:

1 – тумблер АП-ВИКЛ; 2 – тумблер ГКУ -27В; 3 – тумблер РК-ВИКЛ;
4 – потенціометр ЕЛБ; 5 – потенціометр ШИРОТА; 6 – гнізда перевірки напруги; 7 – сигнальна лампа; 8 – запобіжник

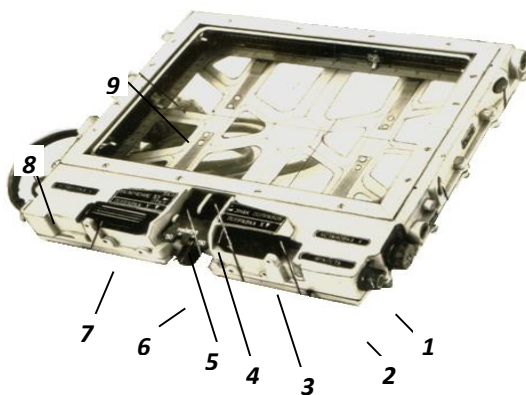


Рисунок 2.53 – Планшет:

1 – рукоятка УСТАНОВКА X; 2 – потенціометр ЯРКОСТЬ;
3 – кнопка ПОПРАВКА X; 4 – перемикач ЗНАК ПОПРАВКОК (±);
5 – тумблер ВКЛЮЧЕНИЕ X,Y; 6 – перемикач масштабів;
7 – кнопка ПОПРАВКА Y; 8 – кнопка ПОПРАВКА Z; 9 – рукоятка УСТАНОВКА Y

8. Перемикач «ВВОД-РАБОТА-СБРОС» 9 (рис. 2.51) ставлять у положення «ВВОД» і кнопками «БІСТРО» «МЕДЛЕННО» вводять відстань до контурної точки.

Примітка. Якщо машина розміщена на точці, координати якої відомі, то на лічильниках X і Y координатора встановлюють координати цієї точки, суміщають перекрестя з точкою стояння, а пункти 5–7 не виконують.

9. Перемикач «ВВОД-РАБОТА-СБРОС» установити в положення «РАБОТА».

10. Перевірити встановлення потенціометрів (рис. 2.52) «ШИРОТА (φ)» 5 і ЭЛБ 4.

11. За шкалами «КУРС» ГО 3 і ТО 4 (рис. 2.50) установити значення дирекційного кута поздовжньої осі машини та через 13 хвилин за $T_v > 0^\circ\text{C}$, а через 15 за $T_v < 0^\circ$ можна виконувати роботи з топоприв'язки.

Вимикання апаратури топоприв'язки 1Т128

Вимикання апаратури здійснюють на місці або під час руху за допомогою переведення тумблера «СИСТЕМА» 10 на координаторі в положення «ВІКЛ».

2.6. Візирні пристрої командирських машин управління й топоприв'язників

За візирний пристрій для командирських машин управління 1В18, 1В19 і топоприв'язника використовують візир панорамного типу ВОП, а в командирських машинах управління 1В13-1 і 1В13М – візир ПВ-1, що одночасно призначений і для орієнтування гармат.

Усі візирні пристрої кріпляться за допомогою спеціального кронштейна так, щоб нульовими поділками на кутомірному кільці та барабані оптична вісь візира була паралельна поздовжній осі машини. Відлік візиром за орієнтиром є величина між поздовжньою віссю машини та напрямком на орієнтир за ходом годинникової стрілки (β).

Для визначення дирекційного кута на орієнтир (за наявності дирекційного кута поздовжньої осі машини (α_{oci}) необхідно:

- відкрити кришку візира, розстопорити його та відгоризонтувати;
- навести перехрестя в орієнтир і за шкалами, оцифрованими за ходом годинникової стрілки, зняти кут β_{op} ;
- розрахувати дирекційний кут за формулою

$$\alpha_{op} = \alpha_{oci} + \beta_{op} \quad (2.25)$$

Висновки до розділу 2

У цьому розділі наведені прилади та апаратура, що використовують артилерійські підрозділи під час проведення топогеодезичної прив'язки позицій, пунктів і постів, а саме: перископічна артилерійська бусоль; теодоліти; артилерійські гірокомпаси 1Г25-1, 1Г17, 1Г40; гіроскопічна насадка 1Г51У «Чиж»; квантовий топографічний далекомір КТД-1; автономна апаратура топогеодезичної прив'язки 1Т121-1 та 1Т128.

Розкрито їх призначення, будову, порядок розгортання і роботи за різних умов обстановки.

Своєчасність та висока точність визначення координат і дирекційних кутів повною мірою залежать від правильного вибору виду топоприв'язки, застосування якісних приладів та апаратури, ґрунтового знання будови приладів і методів роботи особового складу, уміння швидко готувати прилади до роботи, якісного проведення перевірки точності роботи апаратури, її налаштування та регулювання.

Офіцер-артилерист повинен знати будову приладів та апаратури, їх можливості, уміти самому працювати й навчити підлеглих умінно здійснювати топогеодезичну прив'язку елементів бойового порядку артилерійських підрозділів.

Командири артилерійських підрозділів повинні постійно вдосконалювати свої знання щодо приладів та апаратури топогеодезичної прив'язки, набувати практичних навичок у роботі з ними.

Навчальний тренінг

Основні терміни та поняття

Перископічна артилерійська бусоль, орієнтир-бусоль, монокуляр, азимутальна насадка, дирекційний кут, теодоліти, артилерійський гірокомпас, прецесійний рух, період коливання, артилерійські гірокомпаси ІГ25-1, ІГ17, ІГ40, чутливий елемент, гіроскопічна насадка ІГ51У «Чиж», квантовий топографічний далекомір КТД-1, апаратура топоприв'язки ІТ121-1, апаратура топоприв'язки ІТ128.

Питання для повторення та самоконтролю

1. *Призначення перископічної артилерійської бусолі ПАБ-2А та її комплектність.*
2. *Тактико-технічні характеристики ПАБ-2А.*
3. *Освітлення бусолі.*
4. *Призначення азимутальної насадки.*
5. *Порядок вимірювання кутів за допомогою бусолі.*
6. *Порядок вимірювання дальності за допомогою бусолі.*
7. *Призначення теодолітів.*
8. *Тактико-технічні характеристики теодолітів.*
9. *Загальна будова теодоліта.*
10. *Порядок підготовки теодоліта до роботи.*
11. *Порядок вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів за допомогою теодоліта.*
12. *Порядок вимірювання відстаней за допомогою теодоліта.*
13. *Вільний гіроскоп і його властивості.*
14. *Важкий гіроскоп.*

15. *Періоди коливання, визначення.*
16. *Гірокомпас ІГ25-1 (призначення, характеристики, комплектність).*
17. *Загальна будова гірокомпаса ІГ25-1.*
18. *Основні правила експлуатації гірокомпаса ІГ25-1.*
19. *Характеристики гірокомпаса ІГ17.*
20. *Загальна будова гірокомпаса ІГ17.*
21. *Порядок вимірювання горизонтальних кутів.*
22. *Загальна будова та принцип вимірювання азимута гірокомпасом ІГ40.*
23. *Призначення та технічні можливості гіроскопічної насадки ІГ51У «Чиж».*
24. *Призначення далекоміра КТД-1.*
25. *Основні тактико-технічні характеристики КТД-1 та його комплектність.*
26. *Загальна будова квантового далекоміра.*
27. *Принцип дії далекоміра.*
28. *Сутність системи стробування.*
29. *Сутність системи селекції.*
30. *Основні заходи безпеки під час роботи з КТД-1.*
31. *Порядок переведення далекоміра в бойове положення.*
32. *Порядок вимірювання відстаней далекоміром.*
33. *Порядок вимірювання горизонтальних кутів за допомогою далекоміра.*
34. *Призначення апаратури топогеодезичної прив'язки.*
35. *Сутність роботи автономної апаратури топогеодезичної прив'язки.*
36. *Склад апаратури топоприв'язки ІТ121-1.*
37. *Призначення гіроазимута.*
38. *Призначення курсопрокладника.*
39. *Порядок підготовки апаратури топоприв'язки до роботи.*

40. *Порядок визначення координат точки стояння машини.*

41. *Порядок вмикання апаратури топоприв'язки.*

42. *Порядок вимикання апаратури топоприв'язки.*

43. *Особливості конструкції та роботи апаратури топоприв'язки ІТ128.*

44. *Порядок підготовки апаратури топоприв'язки ІТ128 до роботи.*

Завдання для самопідготовки

1. *Накреслити оптичну схему монокуляра ПАБ-2А.*

2. *Накреслити принципову схему гірокомпаса ІГ25-1.*

3. *Накреслити принципову схему гірокомпаса ІГ17.*

Теми для написання рефератів

1. *Порівняльний аналіз сучасних приладів та апаратури ТГП у передових країнах світу і шляхи подальшого їх розвитку.*

2. *Перспективні прилади та апаратура для проведення ТГП.*

РОЗДІЛ 3

ПРИЛАДИ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ. ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

3.1. Прилади для геодезичних обчислень

Під час топогеодезичної прив'язки позицій, пунктів і постів виконують значний обсяг обчислювальних робіт.

У ході обчислень, незважаючи на різновиди способів топогеодезичних робіт, найчастіше доводиться розв'язувати типові задачі за основними формулами геодезії. Розрахунки, що проводять за основними формулами геодезії, називаються *основними елементами геодезичних обчислень*. Під час геодезичних обчислень використовують:

- обчислювач топогеодезичний модернізований (ОТМ);
- номограму інструментального ходу (НІХ);
- електроні клавішні обчислювальні машинки (ЕКОМ);
- комп'ютери, ноутбуки та різноманітні програми для обчислень;
- різні таблиці: для визначення прирощень координат, розв'язування зворотної геодезичної задачі, визначення зближення меридіанів, перерахування координат із зони в зону [5, 8, 9].

Обчислювач топографічний модернізований (ОТМ) призначений для розв'язання артилерійських і топогеодезичних задач за результатами польових вимірювань в артилерійській системі кутових вимірів. За допомогою обчислювача СТМ можна проводити розрахунки з точністю до 0,001 величин, що визначають.

Обчислювач є приладом, побудованим за принципом логарифмічної лінійки. Він складається (рис. 3.1) із:

- основного нерухомого круга, що міцно скріплений із нерухомою віссю;
- внутрішнього рухомого круга (РК);
- прозорого відлікового движка з радіальним індексом.

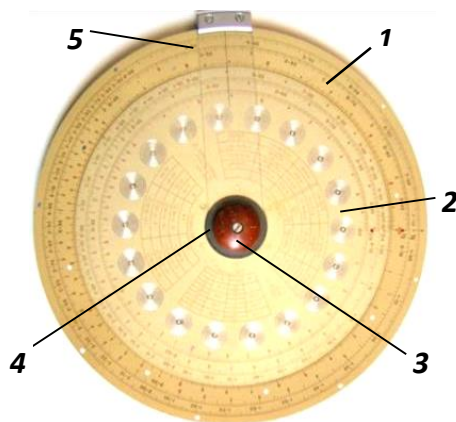


Рисунок 3.1 – Обчислювач ОТМ:

1 – основний нерухомий круг; 2 – рухомий круг;
3 – шайба; 4 – гвинт; 5 – движок з радіальним індексом

На лицьовій (робочій) стороні кругів нанесені у вигляді концентричних кіл по три логарифмічні шкали.

Оцифровування шкал збільшується за ходом годинникової стрілки від загального нульового радіуса, позначеного червоною крапкою.

На основному нерухомому крузі нанесені шкали:

- шкала 1 (нумерація від краю діаметра до центру) – шкала тангенсів кутів від 0-95,3 до 7-50 відповідно до зміни тангенсів цих кутів від 0,1 до 1,0;
- шкала 2 – шкала тангенсів кутів від 0-09,6 до 0-95,3 відповідно до зміни тангенсів цих кутів від 0,01 до 0,1;
- шкала 3 – шкала чисел від 1 до 10.

На рухомому крузі нанесені шкали:

- шкала 4 – шкала синусів кутів від 0-95,7 до 15-00 відповідно до зміни синусів цих кутів від 0,1 до 1,0;
- шкала 5 – шкала синусів кутів від 0-09,6 до 0-95,7 відповідно до зміни синусів цих кутів від 0,01 до 0,1;
- шкала 6 – шкала чисел від 1 до 10.

На рухомому крузі нанесено три допоміжні таблиці, що використовують під час проведення геодезичних обчислень.

Порядок виконання розрахунків за допомогою обчислювача розглянемо на конкретних прикладах під час розв'язання геодезичних задач.

Номограма інструментального ходу (НІХ) призначена для оброблення результатів польових вимірювань під час проведення топогеодезичної прив'язки за картою за допомогою приладів.

До комплекту номограми інструментального ходу входять: планшет-номограма з лінійкою дальності та номограмою для визначення відстані, пластинка зі стислою інструкцією й таблицею для приведення похилої відстані до горизонту, прозора лінійка з рисою, футляр із плечовим ремнем. Маса комплекту – 1,7 кг.

Принцип будови номограми (рис. 3.2) ґрунтується на розв'язанні прямої та оберненої геодезичних задач і прямої засічки графічним способом.

Планшет-номограма являє собою алюмінієву пластинку з нанесеною сіткою для визначення приростів координат і шкалою дирекційних кутів у поділках кутоміра.

Сітка приростів координат і шкала дирекційних кутів, нанесених для одної чверті, дозволяють здійснювати обчислення для будь-якої чверті. Оцифрування шкали дирекційних кутів за чвертями має різноманітний колір:

1-ша чверть – оцифрування від 0 до 15-00 за ходом годинникової стрілки, починаючи від осі Δx , білого кольору;

2-га чверть – оцифрування від 15-00 до 30-00 проти ходу годинникової стрілки, починаючи від осі Δy , червоного кольору;

3-тя чверть – оцифрування від 30-00 до 45-00 за ходом годинникової стрілки, починаючи від осі Δx , жовтого кольору;

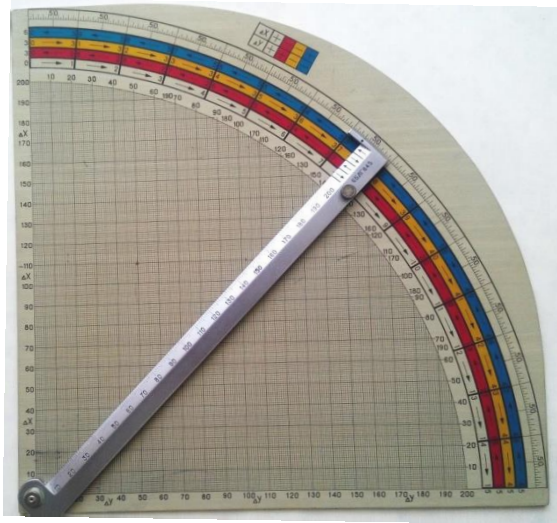


Рисунок 3.2 – Планшет-номограма з лінійкою дальності

4-та чверть – оцифрування від 45-00 до 60-00 проти ходу годинникової стрілки, починаючи від осі Δy , синього кольору.

Допоміжна таблиця для визначення приростів координат, забарвлена відповідно до кольору чвертей, дозволяє легко визначати знаки приростів координат Δx і Δy .

Шкали дирекційних кутів оцифровані з ціною великої поділки 1-00, малого 0-05. Сітка приростів координат нанесена через 1 мм та оцифрована через 10 м від 0 до 200. На місці початку координат на осі закріплена лінійка дальності.

Шкала лінійки має ціну поділки 1 мм та оцифрування через 10 м від 0 до 200. Якщо відстань перевищує шкалу, то її зменшують у K разів, а приріст потім збільшують у K разів.

На зворотній стороні планшета-номограми нанесена номограма для визначення відстаней за паралактичним кутом та короткою базою, розгорнутою під прямим кутом до відстані, яку визначають (рис. 3.3).

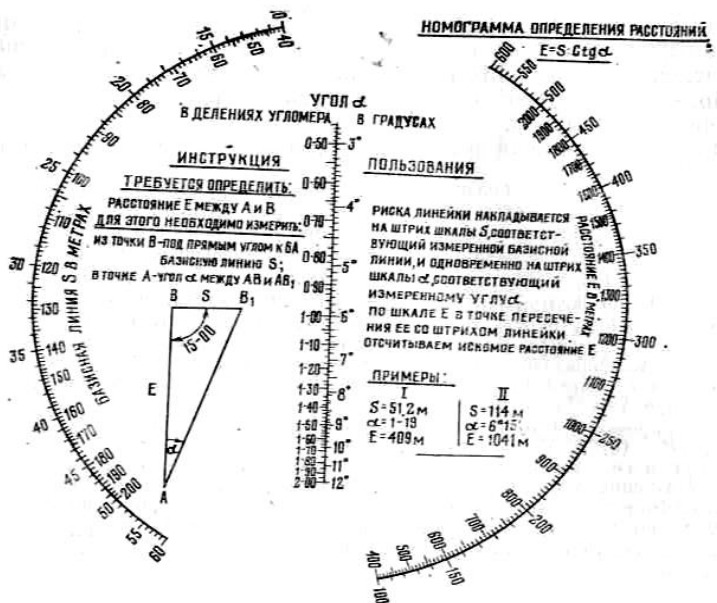


Рисунок 3.3 – Номограма визначення відстаней

Номограма визначення відстаней побудована на колі радіусом 100 мм та його вертикальному діаметрі. На лівому секторі кола нанесена шкала базисної лінії S у метрах.

На вертикальному діаметрі знаходиться шкала паралактичних кутів, нанесена в градусах і поділках кутоміра: зліва від 0-45 до 2-00, справа від 2°45' до 12°.

На правому секторі кола нанесена шкала відстаней E в метрах. Для зручності користування шкали S і E нанесені у

двох масштабах: на внутрішніх сторонах кола – база S від 40 м до 200 м для відстаней від 400 м до 2 000 м; на зовнішній стороні кола – база S від 10 до 60 м для відстаней від 100 м до 600 м.

На додатковій пластинці нанесені допоміжні дані:

- порядок виконання контролю обчислень;
- схема обчислення прямої засічки;
- стисла інструкція щодо виконання обчислень;
- таблиця для приведення похилих відстаней до горизонту.

НІХ дозволяє здійснювати оброблення результатів польових вимірювань із серединною похибкою, що дорівнює 0,2 % відстані ($E_{x,y} = 0,2 \% D$).

Порядок здійснення оброблення результатів польових вимірювань буде розглянуто в розділі «Основні елементи геодезичних обчислень».

Електронні клавійні обчислювальні машини (ЕКОМ) застосовують для оброблення результатів польових вимірювань під час топогеодезичної прив'язки ЕКОМ мають тригонометричні функції \sin , \cos , tg і $arctg$, т. п. – інженерні калькулятори.

На сьогодні є багато типів ЕКОМ, які можливо застосовувати для проведення розрахунків. Ефективність роботи на ЕКОМ залежить від:

- системи куткових вимірювань, застосовувані в калькуляторі;
- порядку вводу величин у разі знаходження тригонометричних функцій;
- можливості калькулятора щодо порядку обчислення введеної інформації.

Використання сучасних калькуляторів дозволяє здійснювати розрахунки під час введення кутів у градусах (позначення DEG) або в радіанах (позначення RAD). В артилерії

прийнято вимірювати кути в поділках кутоміра. Кут у поділках кутоміра вводять у калькулятор, відділяючи великі поділки від малих комою. Наприклад, кут у поділках кутоміра 0-65 вводять 0,65; кут 11-45 – вводять 11,45.

Під час переходу від поділок кутоміра до градусів кут у поділках кутоміра множать на 6, а під час одержання результату в градусах його ділять на шість і одержують результат у поділках кутоміра.

Приклад 2. *Перевести кут у поділках кутоміра 8-73 в градусну міру.*

Розв’язання: набрати 8,73, натиснути клавіші

$$\boxed{\times} \boxed{6} \boxed{=}$$

і зчитати на індикаторі 52,38, це і буде кут у градусах і частках градуса.

Приклад 3. *Після розрахування дирекційного кута отримали значення кута в градусах 78,389.*

Розв’язання: Для переведення кута в поділки кутоміра необхідно натиснути

$$\boxed{\div} \boxed{6} \boxed{=}$$

і зчитати з табло індикації кут у поділках кутоміра: 13,0648 = 13-06,5.

Перехід від кута в поділках кутоміра до кута в радіанах здійснюють за формулою

$$\alpha(\text{рад}) = \frac{\alpha(\text{п.к.}) \times \pi}{30}, \quad (3.1)$$

а від кута вимірюного в радіанах до кута в поділках кутоміру за формулою

$$\alpha(\text{п. к}) = \frac{\alpha(\text{рад.}) \times 30}{\pi}. \quad (3.2)$$

Приклад 4. *Розрахувати кут у радіанах, якщо в поділках кутоміра він має величину 17-32.*

Розв'язання: набрати кут у поділках кутоміра 17,32, натиснути клавіші

\div 30 \times π $=$

і зчитати на індикаторі величину кута в радіанах 1,813 75.

Приклад 5. Розрахувати кут у поділках кутоміра, якщо в радіанах він має величину 2,357 5.

Розв'язання: набрати кут у радіанах 2,357 5, натиснути

\div π \times 30 $=$

і зчитати на індикаторі значення кута в поділках кутоміра 22,512 4 = 22-51.

У тому разі, якщо в калькуляторі не передбачена клавіша з числом π , то набирають величину числа $\pi = 3,141 6$.

ЕКОМ розрізняють порядком визначення тригонометричних функцій. В інженерних калькуляторах більш ранніх випусків для пошуку функції спочатку потрібно набрати величину аргументу, а потім зазначити назву функції. *Наприклад, визначити косинус кута 74° . На калькуляторі набрати 74, натиснути клавішу $\boxed{\text{COS}}$ і на індикаторі зчитати 0,275 6.*

На таких калькуляторах під час оброблення результатів вимірів насамперед знаходять величини функцій, а потім виконують дії, пов'язані з додаванням, відніманням, множенням.

На пізніших випусках інженерних калькуляторів під час $\boxed{)}$ шуку $\boxed{=}$ нкцій спочатку вказують назву функції, а потім – величину аргументу, від якого потрібно знайти функцію. *Наприклад, визначення косинуса кута в 74° необхідно виконувати в такому порядку: натиснути $\boxed{\text{COS}}$, на індикаторі висвітиться «cos», набрати 74 і натиснути клавіші*
На та

На табло індикації висвітиться 0,2756. Крім того, такі калькулятори за наявності клавіш із круглими дужками, дозволяють установлювати послідовність обчислень.

Порядок обчислень розглянемо на конкретних приладах під час вивчення розділу «Основні елементи геодезичних обчислень». Позначення операцій під час виконання обчислень такі: α – набрати кут α ; D – набрати дальність; 5 – натиснути клавішу 5; $=$ – натиснути клавішу «рівно».

Артилерійські круги АК-3 і АК-4 (рис. 3.4)

За допомогою артилерійського круга можна вирішувати такі завдання:

- вимірювати кути та будувати напрямки за заданими кутами на карті (планшеті, аерознімку);
- визначати прямокутні координати та наносити точки за прямокутними координатами;
- визначати значення синусів і тангенсів кутів (АК-3);
- готувати топографічні дані для стрільби та цілепоказання у разі зосередження та масування вогню артилерії.

У комплект АК-3 і АК-4 також входить масштабна-прицільна лінійка МПЛ-50. Круг АК-3 (4) (рис. 3.4) має вигляд целулоїдної пластинки з нанесеними на ній шкалами, лініями й сітками.

По зовнішньому зрізу круга АК-3 нанесена кутомірна шкала з подвійною нумерацією червоний і чорний кольори. Шкала червоного кольору оцифрована за ходом годинникової стрілки (шкала дирекційних кутів), а чорного кольору – проти ходу годинникової стрілки (кутомірна шкала). Надписи величини кутів шкал виконані через 1-00. Кожна велика поділка кутоміра поділена на 10 частин, тобто кожна мала поділка круга відповідає 10 малим поділкам кутоміра.

По зовнішньому зрізу круга АК-4 нанесена кутомірна шкала з оцифровуванням за ходом годинникової стрілки.

Середня помилка вимірювання кута артилерійським кругом складає $0-03 (10')$.

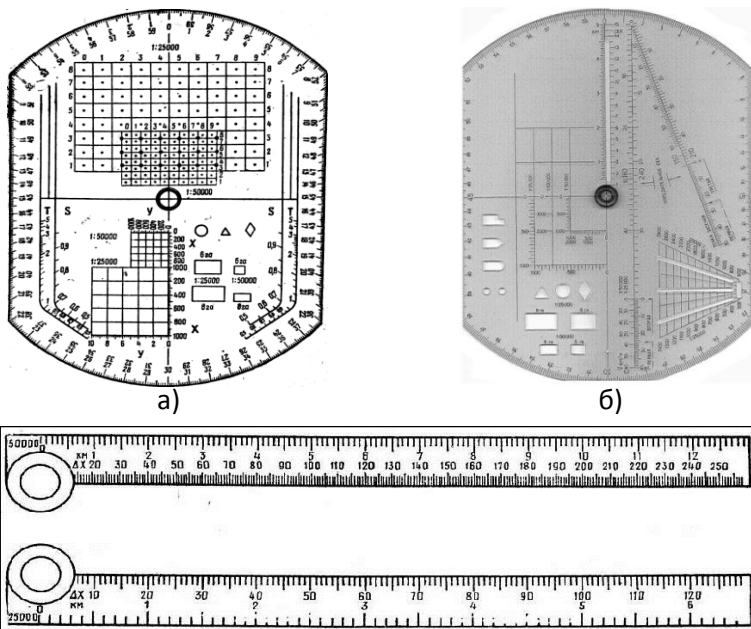


Рисунок 3.4 – Артилерійські круги АК-3(а) і АК-4 (б) з МПЛ-50 (в)

На верхній частині круга АК-3 нанесені шість ліній червоного кольору для полегшення орієнтування круга та дві сітки масштабів 1:25 000 і 1:50 000 для цілепоказання в разі зосередження й масування вогню.

На нижній частині круга нанесені дві координатні мірки масштабів 1:25 000 і 1:50 000 для визначення координат точок і для нанесення точок за заданими координатами, шкали синусів, позначені буквою S , і шкали тангенсів, позначені

буквою *T*. Крім того, в цій частині круга зроблені трафаретні вирізи деяких умовних знаків і ділянок на 6 і 8 га для відповідних масштабів.

На артилерійському крузі АК-4 немає сіток для цілепоказання, але є графіки для планування загороджувального вогню та підготовки даних щодо рухомих цілей.

Вимірювання кутів за допомогою АК-3(4) здійснюють у такому порядку:

1. Якщо напрямки на точки, між якими потрібно виміряти кут, на карті (планшеті) накреслені, то накладають круг центром на точку – вершину кута і, сумістивши нульову поділку круга з одним із напрямків, читають величину кута за шкалою круга в місці перетину її з напрямком на другу точку. Інтерполяцію між поділками шкали проводять окомірно.

2. У разі, коли напрямки на точки, між якими потрібно виміряти кут, не накреслені, то:

– з'єднують круг із лінійкою та накладають центр круга на точку, кут якої вимірюють;

– суміщають робочий зріз лінійки з однією з точок та, утримуючи лінійку в цьому положенні, повертають круг, підводячи нульову поділку його шкали до зрізу лінійки;

– не збиваючи встановлений круг, методом повертання лінійки суміщають її зріз із другою точкою і зчитують за шкалою круга по зрізу лінійки величину виміряного кута.

Для побудови заданого напрямку на карті (планшеті) за вимірним (заданим) кутом накладають круг так, щоб центр його співпав із точкою, при якій будують кут, а нульове значення шкали круга сумістилося із заданим напрямком, накресленим на карті.

Навпроти поділки шкали круга, що відповідає величині заданого кута, наносять точку, яку потім з'єднують прямою лінією з вершиною кута.

Для визначення дирекційного кута заданого напрямку на карті (планшеті):

– накласти круг, з'єднаний із лінійкою, центром на точку, з якої визначають кут;

– користуючись паралельними лініями, нанесеними на крузі, встановити лінію 30-00 паралельно вертикальним лініям координатної сітки (нульова поділлка на північ);

– утримуючи круг в установленому положенні, сумістити робочий зріз лінійки з точкою, за якою визначають кут, і за шкалою круга, нанесеною за ходом годинної стрілки (цифри червоного кольору), прочитати проти зрізу лінійки величину дирекційного кута.

Побудову на карті (планшеті) напрямку за заданим дирекційним кутом проводять у такому порядку:

– накладають круг центром на точку, для якої необхідно накреслити заданий напрямок, і установлюють діаметр 0-00 –30-00 паралельно лініям координатної сітки нульовою поділлкою на північ;

– проти поділки шкали, що відповідає заданому дирекційному куту (цифрованої за ходом годинникової стрілки), наносять на карту (планшет) точку та з'єднують її прямою лінією з початковою точкою.

Поперечний масштаб

Поперечний масштаб – спеціальний графік на металевій пластині (рис. 3.5). Побудова його заснована на пропорційності відрізків паралельних ліній, що перетинають сторони кута. Поперечний масштаб для карти 1:50 000 має великі поділки по 2 см (відповідає 1 км), малі поділки по 2 мм (100 м) і 0,2 мм від нижньої горизонтальної лінії. Відлік відстані за поперечним масштабом складається з суми відліку на основі графіку й відліку відрізка між нульовою вертикальною лінією та нахиленою лінією.

Довжину відрізків на карті вимірюють так:

– суміщають ніжки циркуля з кінцями вимірюваного відрізка;

– не змінюючи положення ніжок циркуля, встановлюють ніжки за нижньою горизонтальною лінією так, щоб права ніжка знаходилася на одній із вертикальних ліній, а ліва – в межах ділянки масштабу з нахиленими лініями;

– переміщують циркуль угору – праву ніжку за вертикальною лінією, а ліву – до того часу, поки вона не потрапить на перетинання однієї з нахилених ліній із горизонтальною, водночас обидві ніжки циркуля повинні бути на одній горизонтальній лінії;

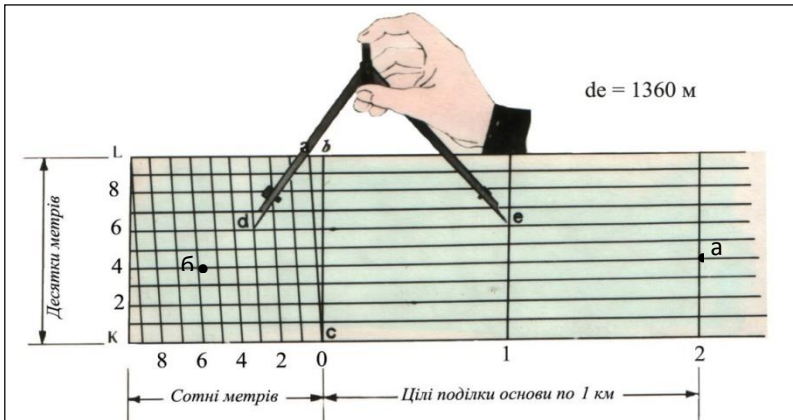


Рисунок 3.5 – Поперечний масштаб

– визначають величину вимірюваного відрізка: число кілометрів указує цифра вертикальної лінії, на якій знаходиться права ніжка циркуля, сотні метрів – цифра нахиленої лінії, на якій знаходиться ліва ніжка, число десятків метрів – цифра горизонтальної лінії, на якій знаходяться обидві ніжки циркуля. На рис. 3.5 відстань 1 360 м (1 км + 300 м + + 60 м).

Відкладання відстаней на карті за допомогою циркуля-вимірювача та поперечного масштабу виконують у певному

порядку. Розглянемо порядок відкладання відстані 2 640 м у масштабі 1:50 000

– знаходимо на нижній лінії на ділянці «сотні метрів» цифру 6, піднімаємося по ній вгору до перетинання її з горизонтальною лінією десятків метрів (4) та встановлюємо ліву ніжку циркуля;

– праву ніжку циркуля встановлюємо на вертикальну лінію кількості кілометрів по горизонтальній лінії десятків метрів.

На рисунку 3.5 відрізок 2 640 м значений буквами a і b .

Нанесення точок на карту (рис. 3.6) за їх прямокутними координатами розглянемо на прикладі: $X_A = 45\ 670$, $Y_A = 83\ 780$. Роботу виконують у такому порядку:

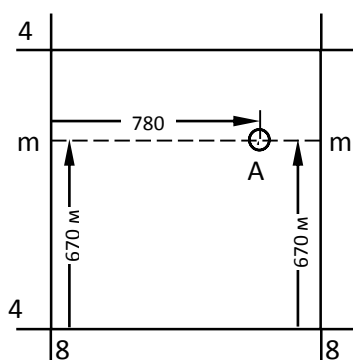


Рисунок 3.6 – Нанесення точок на карту за допомогою циркуля та поперечного масштабу

– за першими двома цифрами X та Y знаходимо квадрат, у якому знаходиться точка A – (4 583);

– по вертикальній лінії 83 від горизонтальної лінії 45 за допомогою циркуля-вимірювача та поперечного масштабу відкладаємо метри за координатою X – 670 (точка m);

– по сусідній вертикальній лінії – 84 відкладаємо від лінії 45 такий самий відрізок 670 м (точка m');

– з’єднуємо одержані точки по лініях 83 і 84 допоміжною лінією;

– на допоміжній лінії відкладаємо від лінії 83 метри за координатою $Y - 780$ м.

Одержана точка (А) і буде відповідати вказаним координатам.

Визначення координат точок (рис. 3.7), нанесених на карту, за допомогою циркуля-вимірювача та поперечного масштабу здійснюють у такому порядку:

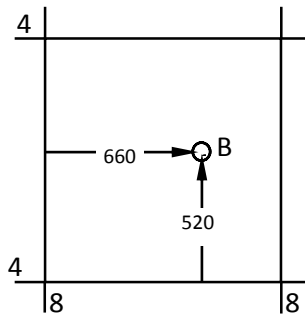


Рисунок 3.7 – Визначення координат точок за картою

– циркулем-вимірювачем і поперечним масштабом вимірюють відрізок від точки до нижньої лінії координатної сітки карти за перпендикуляром та приписують їх до двозначних чисел горизонтальної лінії кілометрової сітки карти;

– так само вимірюють відрізок від точки до лівої вертикальної лінії кілометрової сітки карти та приписують їх до двозначних чисел вертикальної лінії кілометрової сітки карти. $X_B = 42\ 520$, $Y_B = 85\ 660$.

Під час визначення координат за картою 1:200 000 також застосовують поперечний масштаб 1:50 000, але вимі-

ряні відрізки в метрах від точки до координатної сітки множать на 4 і додають до двозначних чисел координатної сітки.

Хордокутомір призначений для вимірювання й побудови кутів на карті (планшеті). Середня похибка вимірювання кутів хордокутоміром становить 0-01–0-02. Він являє собою металеву пластинку, на одній стороні якої нанесений власне хордокутомір у вигляді графіка хорд для кутів у поділках кутоміра (рис. 3.8).

Хордокутомір побудований за принципом поперечного масштабу при радіусі, що відповідає довжині хорди кута 10-00 і дорівнює 120 мм.

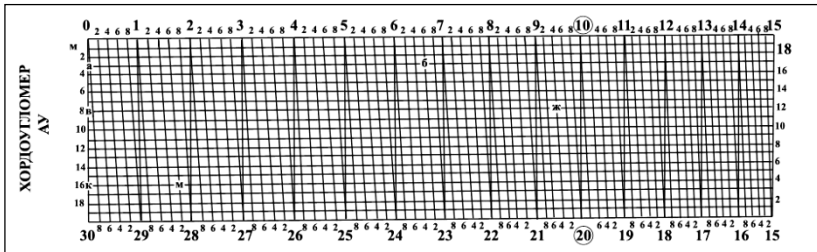


Рисунок 3.8 – Хордокутомір

По верхній горизонтальній лінії графіка відкладені хорди, що відповідають кутам через 0-20 від 0 до 15-00. Ліворуч по вертикальній лінії графіка нанесені цифри 2, 4, 6 і т. ін. до 18, що відповідає 0-02, 0-04, 0-06 тощо.

Побудову тупого кута від 15-00 до 30-00 роблять за допомогою побудови відповідного додаткового до 30-00 кута. Для знаходження хорд гострих кутів, додаткових до 30-00, поділки нижньої горизонтальної лінії графіка пронумеровані справа наліво від 15-00 до 30-00, а поділки правої вертикальної лінії графіка – знизу нагору цифрами 2, 4, 6 тощо.

Для роботи з хордокутоміром використовують циркуль-вимірювач.

Вимірювання кутів за допомогою хордокутоміра
(рис. 3.9) проводять у такому порядку:

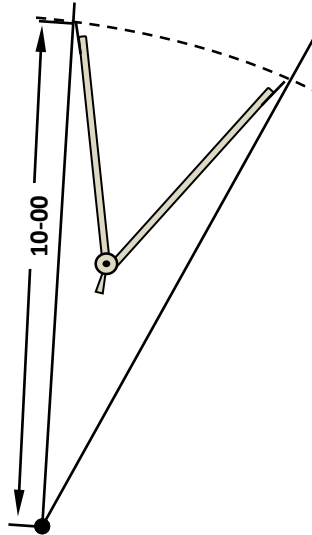


Рисунок 3.9 – Вимірювання кута циркулем-вимірювачем та хордокутоміром

Через головні точки умовних знаків вихідного пункту і місцевого предмета, на який визначають кут, проводять на карті тонкі прямі лінії довжиною не менше ніж 15 см. З точки, з якої вимірюють кут, циркулем-вимірювачем роблять відмітки на лініях (проводять за допомогою циркуля дугу радіусом, що дорівнює хорді кута 10-00 на хордокутомірі), що утворили гострий кут. Величину радіуса беруть із хордокутоміра циркулем так, щоб одна ніжка циркуля знаходилася в початковій точці верхньої горизонтальної лінії графіка, а інша – на поділці цієї лінії, позначеної колом із цифрою 10.

Потім вимірюють хорду – відстань між відмітками. Не змінюючи розхилу циркуля-вимірювача, ліву його голку пересувають по крайній лівій вертикальній лінії шкали хордокутоміра до того часу, поки права голка не співпаде з будь-яким перетином нахиленої та горизонтальної ліній. У такому положенні знімають відлік за хордокутоміром.

Якщо кут менший ніж 15° (90°), то за верхньою шкалою хордокутоміра підраховують великі поділки та десятки малих поділок кутотоміра, а за лівою вертикальною шкалою – одиниці поділок кутотоміра.

Якщо кут більший ніж 15° , то вимірюють доповнення до 30° , а відліки знімають за нижньою горизонтальною та правою вертикальною шкалах.

Для вимірювання тупого кута необхідно одну зі сторін кута продовжити та виміряти додатковий до 30° гострий кут.

При цьому відлік за хордокутоміром знімають, користуючись нижнім і правим рядами цифр графіка.

Середня помилка вимірювання кута хордокутоміром становить $0-01 - 0-02$.

Побудову напрямків за заданими кутами за допомогою хордокутоміра проводять у такому порядку:

– з точки, де повинна знаходитися вершина заданого кута, як із центру проводять дугу радіусом, що дорівнює хорді кута 10° , взятого з хордокутоміра.

– на хордокутомірі беруть циркулем величину хорди, що відповідає заданому куту; одержаним радіусом із точки пересічення прокресленої дуги з напрямком сторони кута роблять на дузі позначку, а потім одержану точку з'єднують прямою лінією з вершиною кута.

Вимірювання дирекційних кутів здійснюють так:

– якщо величина дирекційного кута в межах від 0 до $7-50$, то кут вимірюють від лінії, проведеної паралельно північному напрямку вертикальної лінії координатної сітки

карти; під час вимірювання кута за хордокутоміром ліву ніжку циркуля встановлюють на 0, а за правою зчитують величину кута;

– при величині кута в межах від 7-50 до 15-00 його вимірюють від лінії паралельної горизонтальної сітки карти, причому під час зчитування дирекційного кута праву ніжку встановлюють на 15-00 за верхньою шкалою, а за лівою ніжкою зчитують дирекційний кут;

– якщо величина дирекційного кута в межах від 15-00 до 22-50, то його вимірюють від лінії паралельної горизонтальної сітки карти, причому під час зчитування дирекційного кута праву ніжку встановлюють на 15-00 за нижньою шкалою, а за лівою ніжкою зчитують дирекційний кут (значення малих поділок зчитують за вертикальною шкалою праворуч);

– при величині кута від 22-50 до 30-00 його вимірюють від лінії, проведеної паралельно південному напрямку вертикальної лінії кілометрової сітки карти, а при вимірюванні кута за хордокутоміром ліву ніжку встановлюють на 30-00, а за правою ніжкою на нижній шкалі та праворуч зчитують дирекційний кут;

– якщо дирекційний кут у межах від 30-00 до 37-50, то його вимірюють від південного напрямку, а потім додають 30-00;

– при величині кута в межах від 37-50 до 45-00 його вимірюють від лінії, проведеної на захід паралельно горизонтальній лінії координатної сітки карти, праву ніжку циркуля встановлюють на 15-00 за верхньою шкалою, навпроти лівої зчитують кут і додають 30-00;

– якщо дирекційний кут у межах від 45-00 до 52-50, то його вимірюють від лінії, проведеної на захід паралельно горизонтальній лінії координатної сітки карти, праву ніжку встановлюють на хордокутомірі на 15-00, а за лівою ніжкою зчитують кут і додають до нього 30-00;

– при величині кута від 52-50 до 60-00 його вимірюють від лінії, проведеної паралельно північному напрямку вертикальної лінії кілометрової сітки карти, а при вимірюванні кута за хордо кутоміром ліву ніжку встановлюють на 30-00, а за правою ніжкою на нижній шкалі та праворуч зчитують кут і додають до нього 30-00.

Аналогічно до урахування чверті, в якій знаходиться кут, здійснюють побудову напрямків за заданими дирекційними кутами.

Під час роботи з хордокутоміром і поперечним масштабом необхідно виконувати такі вимоги:

– доторкатися циркулем до графіків обережно, щоб не зіпсувати голки циркуля й лінії графіків;

– установлювати циркуль на графіках перпендикулярно до площини пластинки;

– стежити за циркулем, щоб голки ніжок циркуля мали однакову довжину й були гострими;

– зберігати хордокутомір у чистоті та оберігати його від прогинання й подряпин.

3.2. Основні елементи геодезичних обчислень

Топогеодезична прив'язка пов'язана з громіздкими та складними обчисленнями, що складаються з окремих елементів, що називають *основними елементами геодезичних обчислень*.

Основними елементами геодезичних обчислень є:

– перехід від дирекційного кута одного напрямку до дирекційного кута другого напрямку, що визначається з цієї ж точки;

– визначення величини горизонтального кута за дирекційними кутами напрямків, що утворюють цей кут;

– розв'язання прямої та зворотної геодезичної задачі на площині;

– розв'язання трикутника;

- визначення величини зближення меридіанів;
- перехід від істинного або магнітного азимута до дирекційного кута;
- визначення висот точок (перевищень);
- перетворення плоских прямокутних координат точок із зони в зону;
- визначення поправки в дирекційний кут за перехід у суміжну зону.

3.2.1. Перехід від дирекційного кута одного напрямку до дирекційного кута другого напрямку

Від дирекційного кута одного напрямку до дирекційного кута другого напрямку (рис. 3.10), що виходять з однієї точки, переходять під час обчислень теодолітних (бусольних) ходів, прямих і зворотних засічок, визначення дирекційного кута поздовжньої осі машини (топоприв'язника), а також під час виконання графічних креслень і вимірювань на карті (планшеті).

Так, із точки P (рис. 3.10) відомий дирекційний кут напрямку на точку $B(\alpha_{PB})$ і на цій самій точці P виміряні два кути між точками Q_1 та Q_2 . Потрібно визначити дирекційні кути α_{PA} та α_{PC} з точки P на точки A і C , які називають відповідно лівим і правим щодо бісектриси виміряного кута.

З рисунка 3.10 випливає, що дирекційний кут правого напрямку можна обчислити за формулою

$$(\alpha_{PC}) = (\alpha_{PB}) + Q_2, \quad (3.3)$$

а дирекційний кут лівого напрямку за формулою

$$(\alpha_{PA}) = (\alpha_{PB}) - Q_1. \quad (3.4)$$

На цій основі можна сформулювати такі правила обчислення дирекційних кутів:

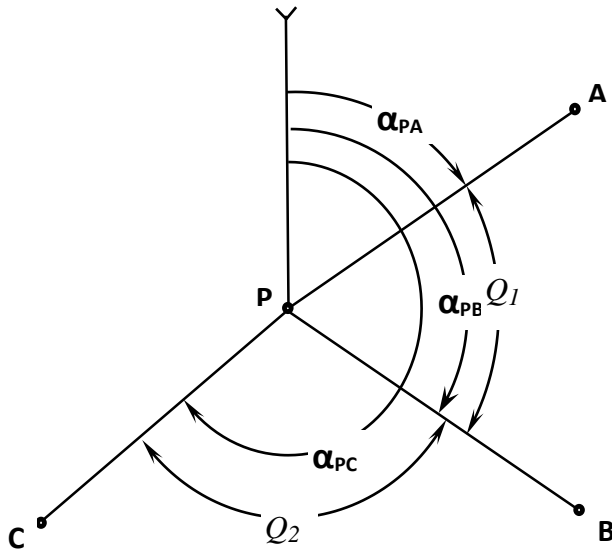


Рисунок 3.10 – Перехід від дирекційного кута одного напрямку до дирекційного кута іншого напрямку

1. Дирекційний кут правого напрямку дорівнює дирекційному куту лівого напрямку плюс горизонтальний кут між ними. Якщо одержана сума буде більшою ніж 360^0 (60-00), то від неї віднімають 360^0 (60-00).

2. Дирекційний кут лівого напрямку дорівнює дирекційному куту правого напрямку мінус горизонтальний кут між ними. Якщо вихідний дирекційний кут менший, ніж значення горизонтального кута, то до нього додають 360^0 (60-00).

Правила визначення дирекційних кутів розглянемо на прикладах:

Приклад 6. *Визначити дирекційні кути α_{PA} і α_{PC} , (рис. 3.10), якщо відомий дирекційний кут $\alpha_{PB} = 23-35$ та виміряні кути $Q_1 = 13-20$; $Q_2 = 16-05$.*

Розв'язання:

$$(\alpha_{PA}) = (\alpha_{PB}) - Q_1 = 23-35 - 13-20 = 10-15;$$

$$(\alpha_{PC}) = (\alpha_{PB}) + Q_2 = 23-35 + 16-05 = 39-40.$$

Приклад 7. *Визначити дирекційні кути α_{PA} і α_{PC} , якщо відомий дирекційний кут $\alpha_{PB} = 140^\circ 16' 00''$ та виміряні кути $Q_1 = 79^\circ 12' 00''$; $Q_2 = 96^\circ 18' 05''$.*

Розв'язання:

$$(\alpha_{PA}) = 140^\circ 16' 00'' - 79^\circ 12' 00'' = 61^\circ 04'';$$

$$(\alpha_{PC}) = 140^\circ 16' 00'' + 96^\circ 18' 05'' = 236^\circ 34' 05''.$$

Розглянуті правила можна замінити одним, якщо вимірювати горизонтальні кути за ходом годинникової стрілки від напрямку, дирекційний кут якого відомий, до напрямку, що визначається. У цьому разі дирекційний кут напрямку, що визначається, буде дорівнювати дирекційному куту відомого (вихідного) напрямку плюс виміряний горизонтальний кут.

Правила та формули визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків можна використовувати також для обчислення істинних або магнітних азимутів цих напрямків як у градусній мірі, так і в поділках кутоміра.

Визначення величини горизонтального кута за дирекційними кутами напрямків, що становлять цей кут виконують під час визначення прямої, зворотної та комбінованої засічок; під час визначення кутомірів для орієнтування гармат або основних відліків для орієнтування приладів, а також для проведення контролю орієнтування методом визначення дирекційних кутів двох орієнтирних напрямків різними способами або різними приладами.

Розглянемо порядок визначення величини горизонтального кута за дирекційними кутами орієнтирних напрямків, що становлять цей кут.

Так, із точки P , (рис. 3.10), визначені дирекційні кути напрямків на точки A , B і C , тобто α_{PA} , α_{PB} , α_{PC} . Потрібно розрахувати горизонтальні кути Q_1 , Q_2 , Q_3 .

З рисунка видно, що дирекційний кут α_{PB} більший, ніж дирекційний кут α_{PA} на величину горизонтального кута Q_1 , унаслідок чого $Q_1 = \alpha_{PB} - \alpha_{PA}$. Аналогічно $Q_2 = \alpha_{PC} - \alpha_{PB}$; $Q_3 = \alpha_{PA} - \alpha_{PC}$.

На основі одержаних залежностей можна сформулювати правило визначення величини горизонтального кута.

Горизонтальний кут між двома напрямками дорівнює різниці кутів правого й лівого напрямків, що утворюють цей кут.

$$Q_i = \alpha_{np} - \alpha_{лів}. \quad (3.5)$$

Правий і лівий напрямки оцінюють щодо бісектриси кута.

Якщо значення дирекційного кута правого напрямку буде меншим, ніж значення дирекційного кута лівого напрямку, то до першого додають 360^0 (60-00).

Правила визначення горизонтальних кутів розглянемо на таких прикладах:

Приклад 8. *Визначити горизонтальні кути Q_1 , Q_2 , Q_3 , (рис. 3.10), між орієнтирними напрямками з точки P на точки A , B , C , якщо дирекційні кути їх дорівнюють: $\alpha_{PA} = 11-77$, $\alpha_{PB} = 23-89$, $\alpha_{PC} = 41-50$.*

Розв'язання:

$$Q_1 = \alpha_{PB} - \alpha_{PA} = 23-89 - 11-77 = 12-12;$$

$$Q_2 = \alpha_{PC} - \alpha_{PB} = 41-50 - 23-89 = 17-61;$$

$$Q_3 = \alpha_{PA} - \alpha_{PC} = (11-77 + 60-00) - 41-50 = 30-27.$$

Приклад 9. *Визначити горизонтальні кути Q_1, Q_2, Q_3 , (рис. 3.10), між орієнтирними напрямками з точки P на точки A, B, C , якщо дирекційні кути їх дорівнюють: $\alpha_{PA} = 60^\circ 58'$, $\alpha_{PB} = 140^\circ 55'$, $\alpha_{PC} = 235^\circ 33'30''$.*

Розв'язання:

$$Q_1 = \alpha_{PB} - \alpha_{PA} = 140^\circ 55' - 60^\circ 58' = 79^\circ 57';$$

$$Q_2 = \alpha_{PC} - \alpha_{PB} = 235^\circ 33'30'' - 140^\circ 55' = 94^\circ 38'30'';$$

$$Q_3 = \alpha_{PA} - \alpha_{PC} = (60^\circ 58' + 360^\circ) - 235^\circ 33'30'' = 185^\circ 24'30''.$$

У цьому разі сума визначених кутів повинна дорівнювати теоретично сумі, тобто 360^0 , в чому легко перекона-тися, якщо скласти їх значення: $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 79^\circ 57' + 94^\circ 38'30'' + 185^\circ 24'30'' = 360^0$.

У практиці виконання польових робіт вимірювання кутів між орієнтирами здійснюють від відомого напрямку за ходом годинникової стрілки (рис. 3.11).

Дирекційний кут напрямку, що визначається, дорівнює дирекційному куту відомого (вихідного) напрямку плюс горизонтальний кут, відрахований за ходом годинникової стрілки від відомого напрямку до напрямку, що визначається:

$$\alpha_{PB} = \alpha_{PA} + Q_1, \quad (3.6)$$

$$\alpha_{PC} = \alpha_{PA} + Q_2. \quad (3.7)$$

Якщо одержаний дирекційний кут перевищує 360° ($60-00$), то його зменшують на цю величину.

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

$$Q_1 = \alpha_{PB} - \alpha_{PA}; \quad (3.8)$$

$$Q_2 = \alpha_{PC} - \alpha_{PA}. \quad (3.9)$$

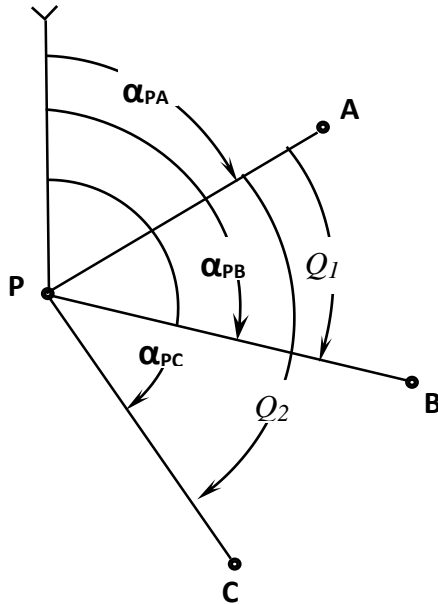


Рисунок 3.11 – Перехід від дирекційного кута одного напрямку до дирекційного кута іншого напрямку

Якщо під час обчислення горизонтального кута дирекційний кут, що віднімається перевищує зменшуваний дирекційний кут, то до останнього додають 360° (60-00).

3.2.2. Пряма геодезична задача

Прямою геодезичною задачею на площині називається спосіб визначення координат точки за відомими прямокутними координатами заданої (вихідної) точки, відстані між ними та дирекційним кутом із заданої точки на точку, координати якої визначають.

На рисунку 3.12 координатні осі OX і OY з початком координат у точці O . Через точки A і B проведемо лінії, пара-

лельні осям координат. Точку перетину ліній, однієї, що паралельна осі абсцис (проходить через точку А), та іншої лінії, паралельної осі ординат (проходить через точку В), позначимо С.

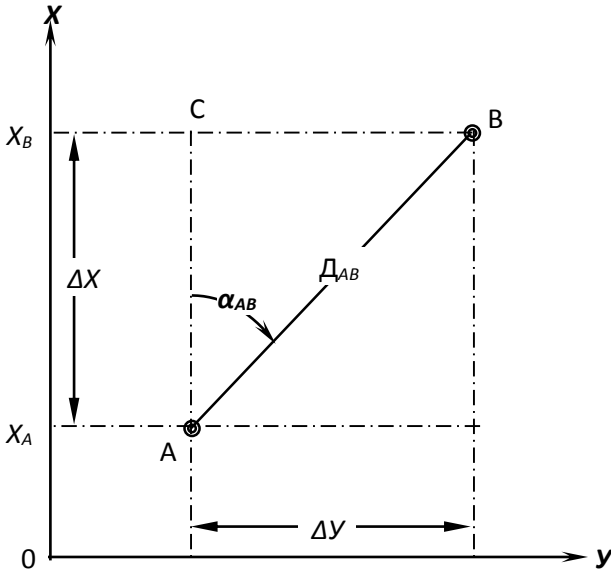


Рисунок 3.12 – Пряма та обернена геодезичні задачі на площині

Координати точки А (X_A і Y_A) відомі, а координати точки В (X_B і Y_B) – визначаються.

Проекції прямої АВ на осі координат позначимо відповідно ΔX та ΔY . Ці проекції є катетами прямокутного трикутника АСВ. Катет АС = $X_B - X_A$. Катет СВ = $Y_B - Y_A$.

Величини ΔX та ΔY називають приростами координат, тоді

$$X_B = X_A + \Delta X; \quad Y_B = Y_A + \Delta Y. \quad (3.10)$$

Із прямокутного трикутника АСВ знаходимо прирости координат

$$\Delta X = D_{AB} \cos \alpha_{AB}; \quad \Delta Y = D_{AB} \sin \alpha_{AB}. \quad (3.11)$$

Склавши алгебраїчно прирости координат із координатами точки A , одержимо координати точки B :

$$X_B = X_A + D_{AB} \cos \alpha_{AB}; \quad Y_B = Y_A + D_{AB} \sin \alpha_{AB}. \quad (3.12)$$

Наведені формули є математичним виразом прямої геодезичної задачі.

Пряма геодезична задача на площині може бути розв'язана в тому разі, коли дирекційний кут α_{AB} (рис. 3.12). Розташований у першій чверті, тобто має значення від 0° до 90° .

Залежно від розташування точки, що визначається, щодо заданої, напрямком між ними може знаходитися в різних чвертях кола (рис. 3.13).

Для розв'язання прямої геодезичної задачі в другій, третій і четвертій чвертях необхідно від дирекційного кута напрямку перейти до значення гострого кута в першій чверті – R . Румб (R) це гострий кут, що вимірюють від осі абсцис, змінюється від 0 до $15-00$.

Правило приведення заданого дирекційного кута до гострого кута залежно від координатної чверті показано на рисунку 3.13:

I чверть – $R_1 = \alpha_1$;

II чверть – $R_2 = 30-00 - \alpha_2$;

III чверть – $R_3 = \alpha_3 - 30-00$;

IV чверть – $R_4 = 60-00 - \alpha_4$.

Пряму геодезичну задачу можна розв'язати графічним або аналітичним методом.

Вибір методу та засобів для розв'язання прямої геодезичної задачі залежить від виду топогеодезичної прив'язки та потрібної точності визначення координат.

Розв'язання прямої геодезичної задачі графічним методом може бути виконане на карті (аерознімку), планшеті або на приладі управління вогнем. Під час аналітичного розв'язання прямої геодезичної задачі приростів координат

ΔX і ΔY можна визначити за допомогою інженерних мікрокалькуляторів, обчислювачів ОТМ, і номограми інструментального ходу (НІХ).

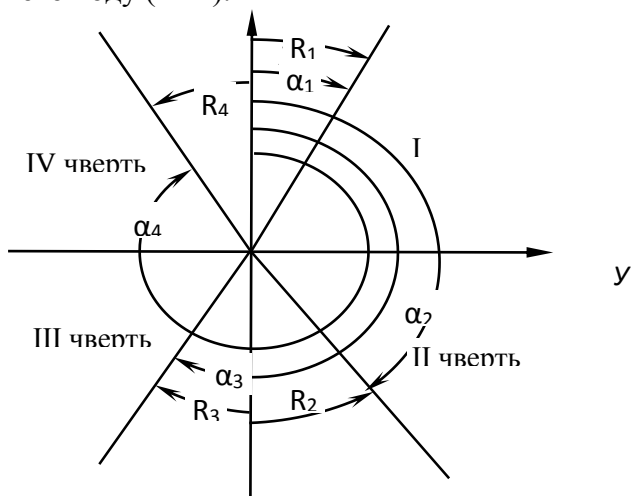


Рисунок 3.13 – Залежність кута R від положення точки на площині

Розв'язання прямої геодезичної задачі за допомогою обчислювача

Обчислення приростів координат (окремий випадок розв'язання прямої геодезичної задачі) здійснюють за допомогою обчислювача, користуючись допоміжною таблицею 1, зображеною на його внутрішньому крузі.

Згідно з цією таблицею значення приростів координат ΔX та ΔY будуть одержані за формулами, наведеними в таблиці 3.1.

Для виконання множення:

- суміщають нульовий радіус рухомого круга з відліком, що відповідає значенню D (шкала 3);
- установлюють індекс движка на значення відповідного кута (згідно з таблицею 1) за шкалою синусів 4 (якщо

кут у межах від 0-95,7 до 15-00,0) або за шкалою синусів 5 (якщо кут у межах від 0-09,6 до 0-95,7);

– знімають навпроти індексу движка за шкалою чисел 3 відлік, що відповідає значенню приростів координат.

Для визначення порядку числа в прирості координат використовують таке правило:

– якщо кут у межах від 0-95,7 до 15-00, то $0,1Д < |\Delta Y|$ (або $|\Delta X| < Д$;

– якщо кут від 0-09,6 до 0-95,7, то $0,01Д < |\Delta Y|$ (або $|\Delta X| < 0,1Д$;

– якщо кут від 0-00,0 до 0-09,6, то $0,001Д < |\Delta Y|$ (або $|\Delta X| < 0,01Д$.

Таблиця 3.1 – Формули для обчислення ПГЗ на ОТМ

Чверть	ΔX	ΔY
I	$+ Д \cdot \sin (15-00 - \alpha)$	$+ Д \cdot \sin \alpha$
II	$- Д \cdot \sin (\alpha - 15-00)$	$+ Д \cdot \sin (30-00 - \alpha)$
III	$- Д \cdot \sin (45-00 - \alpha)$	$- Д \cdot \sin (\alpha - 30-00)$
IV	$+ Д \cdot \sin (\alpha - 45-00)$	$- Д \cdot \sin (60-00 - \alpha)$

Додають прирости координат зі своїми знаками (табл. 3.1) до відповідних координат точки A та одержують координати точки B .

Приклад 10. Визначити прямокутні координати вогневої позиції, якщо з контурної точки визначили $\alpha_{en} = 18-47$, $Д = 242$ м. Координати контурної точки $X = 12\ 560$, $Y = 67\ 380$.

Розв’язання:

1. По $\alpha_{en} = 18-47$ визначити, що ВП знаходиться у II чверті.

2. Згідно з таблицею 3.1 визначити прирости координат за такими формулами:

$$\Delta X = -Д \cdot \sin (\alpha - 15-00); \Delta Y = +Д \cdot \sin (30-00 - \alpha);$$

$$\Delta X = -242 \cdot \sin (18-47 - 15-00) = -242 \cdot \sin (3-47) = -86 \text{ м};$$

$$\Delta Y = +Д \cdot \sin (30-00 - 18-47) = +242 \cdot \sin (11-53) = +226 \text{ м}.$$

3. Визначити прямокутні координати вогневої позиції:

$$X_{\text{вп}} = X_{\text{км}} + \Delta X = 12\,560 + (-86) = 12\,474,$$

$$Y_{\text{вп}} = Y_{\text{км}} + \Delta Y = 67\,380 + 226 = 67\,606.$$

Розв'язання прямої геодезичної задачі за допомогою НІХ розглянемо на конкретному прикладі.

Приклад 11. Розрахувати координати другої точки ходу, якщо з першої точки на другу визначили $\alpha_{1-2} = 34-75$, $D_{1-2} = 170$ м. Координати першої точки $X_1 = 33\,218$, $Y_1 = 56\,305$.

Розв'язання:

1. Установити лінійку дальності за жовтою шкалою на кут (34) та перемістити за напрямом стрілки на величину малих поділок кутоміра (75) крайньої верхньої шкали.

2. По зрізу лінійки дальності навпроти відстані 170 м поставити крапку. Спроектувати крапку вліво на шкалу ΔX і зчитати значення $\Delta X = 149$ м. Спроектувати крапку вниз на шкалу ΔY і зчитати значення $\Delta Y = 81$ м.

3. За таблицею визначення знаків приростів координат за кольором шкали, за якою встановлювали дирекційний кут, визначити знаки приростів координат:

ΔX – має знак «-». Отже, $\Delta X = -149$ м;

ΔY – має знак «-». Тому, $\Delta Y = -81$ м.

4. Додати прирости координат $\Delta X = -149$ м і $\Delta Y = 81$ до координат першої точки $X_1 = 33\,218$, $Y_1 = 56\,305$ та одержати координати другої точки: $X_2 = 33\,069$, $Y_2 = 56\,224$.

Розв'язання прямої геодезичної задачі за допомогою інженерного калькулятора здійснюють за формулами 3.12. Порядок роботи на калькуляторі залежить від типу калькулятора. Для калькуляторів у яких для обчислення функцій синуса й косинуса необхідно набрати спочатку величину кута, а потім указати функцію, пряму геодезичну задачу розв'язують у такій послідовності:

– вмикають калькулятор і перевіряють у якій кутовій мірі він працює: *Dec* – у градусах, *Rad* – у радіанах;

– набирають значення дирекційного кута з точки *A* на точку *B*, наприклад, $\alpha_{AB} = 28-46$ – натискають клавіші

– натискають клавіші

та одержують на табло індикації величину α_{AB} у градусах (у цьому прикладі 170,76),

– натискають клавішу і одержують значення $\cos \alpha_{AB} = -0,987\ 02$;

– натискають клавішу і набирають відстань D_{AB} , наприклад, 892 м, натискають клавішу та одержують приріст координат $\Delta X = -880,4$;

– натискають клавішу і набирають значення координати *X* точки *A*, наприклад, $X_A = 56\ 440$;

– натискають клавішу і зчитують значення координати *X* точки *B* ($X_B = 57\ 320,4$).

Розрахування координати *U* точки *B* виконують у такій послідовності: набирають значення дирекційного кута 28-46, натискають клавіші

,

набирають відстань 892, натискають клавішу , набирають значення координати *U* точки *B* (наприклад 33 705) і натискають клавішу – на табло висвітлиться значення координати *U* точки *B* ($U_B = 33\ 848,2$).

У тому разі, коли калькулятор працює тільки в радіанах, то перехід від кута в поділках кутoměра до кута в радіанах виконують так: набирають значення дирекційного кута, а потім натискають клавіші

\div $\boxed{30}$ $\boxed{\times}$ $\boxed{\pi}$ $\boxed{=}$.

Надані обчислення здійснюють у такому самому порядку, як і розглянуто раніше.

Розв'язання прямої геодезичної задачі на калькуляторах, у яких для визначення тригонометричних функцій спочатку натискають назву функції (*sin*, *cos*, *tg* тощо), а потім вводять значення кута, також здійснюють за формулами 3.12 у такому порядку:

1. Перевіряють, у якій кутовій мірі працює калькулятор.

2. Розраховують координату X_B : набирають значення координати X_A і натискають клавішу $\boxed{+}$; набирають значення відстані й натискають клавішу $\boxed{\times}$; натискають клавішу $\boxed{\cos}$, у дужках набирають значення дирекційного кута α_{AB} і натискають клавіші $\boxed{)}$ $\boxed{=}$ – на табло індикації висвітлиться значення координати X_B .

3. Розраховують координату Y_B : набирають значення координати Y_A й натискають клавішу $\boxed{+}$; набирають значення відстані й натискають клавішу $\boxed{\times}$; натискають клавішу $\boxed{\sin}$, у дужках набирають значення дирекційного кута α_{AB} і натискають клавіші $\boxed{)}$ $\boxed{=}$ на табло індикації висвітлиться значення координати Y_B .

Приклад 12. *Розрахувати координати точки B, якщо з точки A на точку B визначили: $\alpha_{AB} = 47-32$, $D_{AB} = 1\ 340$ м. Координати точки A: $X_A = 66\ 520$, $Y_A = 17\ 365$.*

Розв'язання:

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 6 & 6 & 5 & 2 & 0 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 1 & 3 & 4 & 0 \\ \hline \end{array} \times \cos \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 4 & 7 & , & 3 & 2 \\ \hline \end{array}$$

X_A D_{AB} α_{AB}

$$\times \begin{array}{|c|c|} \hline 6 & 1 \\ \hline \end{array} = \text{Зчитати } X_B \quad X_B = 67\ 035$$

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 7 & 3 & 6 & 5 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 1 & 3 & 4 & 0 \\ \hline \end{array} \times \sin \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 4 & 7 & , & 3 & 2 \\ \hline \end{array}$$

Y_A D_{AB} α_{AB}

$$\times \begin{array}{|c|c|} \hline 6 & 1 \\ \hline \end{array} = \text{Зчитати } Y_B \quad Y_B = 18\ 602$$

3.2.3. Обернена геодезична задача

Оберненою геодезичною задачею на площині називається визначення дирекційного кута (α_{AB}) з однієї точки на іншу та відстані (D_{AB}) між ними за відомими прямокутними координатами цих точок (рис. 3.12).

У прямокутному трикутнику ACB катети AC і CB відповідають приростам координат: $AC = \Delta X = X_B - X_A$; $CB = \Delta Y = Y_B - Y_A$. Отже, в прямокутному трикутнику ACB відомі обидва катети, за якими можна визначити всю решту елементів: гострий кут CAB , що дорівнює дирекційному куту (α_{AB}), і гіпотенуза $AB = D_{AB}$.

За умови розташування точок A і B в першій чверті кут CAB утворює дирекційний кут α_{AB} і його знаходять за формулою

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\Delta Y}{\Delta X}. \quad (3.13)$$

Але ця формула дійсна лише для першої чверті. В останніх чвертях дирекційний кут знаходять через кут R , що прилягає до вертикальної лінії координат (рис. 3.13). Кут R знаходять за формулою

$$R = \text{arc tg} \frac{\Delta Y}{\Delta X}. \quad (3.14)$$

До дирекційного кута переходять згідно з таблицею 3.2.

Таблиця 3.2 – Перехід від кута R до дирекційного кута

Знаки приростів координат		Чверть	Формули для обчислень
ΔX	ΔY		
+	+	I	$\alpha = R$
-	+	II	$\alpha = -R + 30-00$
-	-	III	$\alpha = R + 30-00$
+	-	IV	$\alpha = -R + 60-00$

Відстань між точками визначають за формулами:

$$D_{AB} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}, \quad (3.15)$$

$$\text{або } D_{AB} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}. \quad (3.16)$$

Розв'язання оберненої геодезичної задачі за допомогою обчислювача

У зв'язку з тим, що на обчислювачі шкала тангенсів має максимальний кут 7-50, визначення дирекційного кута під час розв'язання задачі за допомогою СТМ здійснюють за формулою

$$r = \operatorname{arctg} \frac{b}{a}, \quad (3.17)$$

де r – кут між віссю координат (X або Y) і напрямком AB ;

b – менший із приростів координат ΔX або ΔY ;

a – більший із приростів координат ΔX або ΔY .

До дирекційного кута переходять за формулами таблиці 3.3 (на обчислювачі табл. 3.2).

Відстань визначають за формулою

$$D_{AB} = \frac{b}{\sin r} = \frac{a}{\sin(15-r)}. \quad (3.18)$$

Порядок розв'язання оберненої геодезичної задачі на обчислювачі ОТМ розглянемо на конкретному прикладі.

Приклад 13. *Визначити дирекційний кут і відстань з ВП на ціль, якщо координати ВП: $X = 44\ 560$, $Y = 53\ 705$, а цілі $X = 42\ 280$, $Y = 41\ 350$.*

Розв'язання:

1. Обчислюють прирости координат ΔX і ΔY як різницю між координатами цілі та ВП:

$$\begin{array}{r} X_{ц} = 42\ 280 \\ X_{ВП} = 44\ 560 \\ \hline \Delta X = -2\ 280 \end{array} \qquad \begin{array}{r} Y_{ц} = 43\ 350 \\ Y_{ВП} = 53\ 705 \\ \hline \Delta Y = -10\ 355. \end{array}$$

2. На обчислювачі індекс движка суміщають із меншим приростом координат (за модулем) $v = 2\ 280$ за шкалою 3 та підводять під індекс величину більшого приросту $a = 10\ 355$ за шкалою 6.

3. Переводять індекс движка на нульовий радіус рухомого круга і за шкалою 1 або 2 зчитують величину r :

– якщо відношення приростів координат $0,1 < v/a < 1$, то зчитують зі шкали 1;

– якщо відношення приростів координат $0,01 < v/a < 0,1$, то зчитують зі шкали 2;

– якщо відношення приростів координат $0,001 < v/a < 0,01$, то зчитують зі шкали 2 і зменшують у 10 разів.

У нашому прикладі $r = 2-07$.

4. За таблицею 3.3 визначають формулу для розрахування дирекційного кута: $|\Delta X| < |\Delta Y|$, $-\Delta X / -\Delta Y - \alpha = 45 - r = 45 - 2-07 = 42-93$.

5. Установлюють індекс движка навпроти значення меншого приросту координат за шкалою 3, рухомим кругом підводять під індекс значення r за шкалою 4 або 5, переводять індекс движка на нульовий радіус рухомого круга й за шкалою 3 зчитують відстань між точками D .

У нашому прикладі $D = 0000$ м.

Під час визначення відстані враховують, що відстань більша, ніж приріст, але менша, ніж сума приростів $a < D < |a + v|$.

Розв'язання оберненої геодезичної задачі на номограмі інструментального ходу

Виконують у такій послідовності:

- визначають прирости координат ΔX та ΔY (наприклад, 114 і 108);
- обчислюють на номограмі величину ΔX та проводять горизонтальну лінію (рис. 3.14);
- обчислюють на номограмі величину ΔY та проводять вертикальну лінію;

Таблиця 3.3 – Формули для переходу від кута r до кута α

$\Delta X < \Delta Y$	α	$\Delta X > \Delta Y$	α
$+\Delta X$	$15 - r$	$+\Delta Y$	r
$+\Delta Y$		$+\Delta X$	
$-\Delta X$	$15 + r$	$+\Delta Y$	$30 - r$
$+\Delta Y$		$-\Delta X$	
$-\Delta X$	$45 - r$	$-\Delta Y$	$30 + r$
$-\Delta Y$		$-\Delta X$	
$+\Delta X$	$45 + r$	$-\Delta Y$	$60 - r$
$-\Delta Y$		$+\Delta X$	

– установлюють зріз лінійки на перетинання ліній і зчитують відстань;

– за допоміжною таблицею за знаками приростів координат визначають сектор, за яким зчитують дирекційний кут α – в нашому прикладі $\alpha = 7-30$.

***Примітка:** в тому разі, якщо прирости координат більші, ніж 200 м, їх обидва зменшують у «n» разів, а відстань збільшують на таку саму величину.*

Розв'язання оберненої геодезичної задачі за допомогою інженерного калькулятора

Під час розв'язання задачі на інженерному калькуляторі застосовують формули 3.13 та 3.15, або 3.16.

На калькуляторі, у якого для визначення тригонометричної функції потрібно набрати величину кута, а потім натиснути клавішу виду функції, обчислення здійснюють у такому порядку:

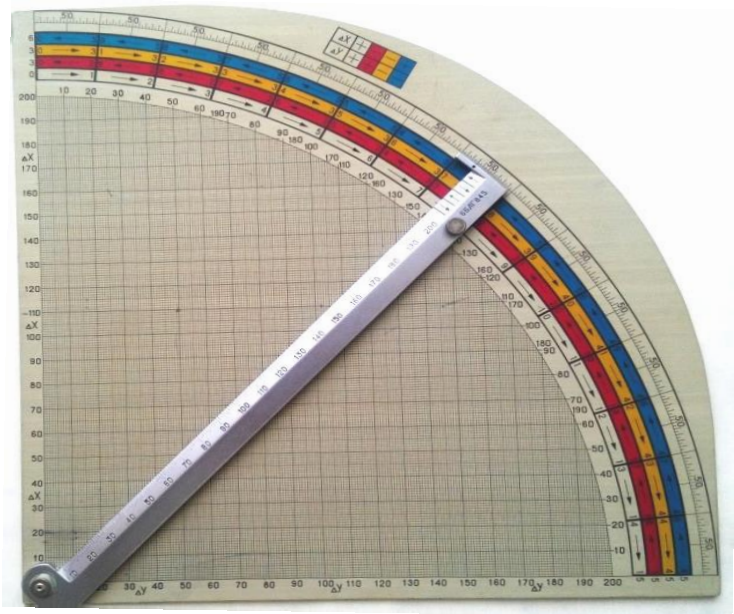


Рисунок 3.14 – Розв’язання ОГЗ на НІХ

– набирають значення координати X точки В, натискають клавішу $\boxed{-}$ набирають значення координати X точки А, натискають клавішу $\boxed{=}$ і на табло індикації висвітлиться значення ΔX ;

– натискають клавішу $\boxed{x \rightarrow m}$ – ΔX буде зберігатися в пам’яті калькулятора;

– набирають значення координати Y точки В, натискають клавішу $\boxed{-}$ набирають значення координати Y точки А, натискають клавішу $\boxed{=}$ і на табло індикації висвітлиться значення ΔY ;

– натискають клавіші $\boxed{\div}$ \boxed{MR} , на табло індикації з’явиться значення ΔX ;

– натискають клавіші $\boxed{=}$ $\boxed{2ndF}$ $\boxed{tg^{-1}}$; на табло індикації висвітлиться значення кута R , у градусах або в радіанах.

Якщо кут висвітився в градусах (на табло індикації значок *DEC*), то для переходу до поділок кутоміра значення кута в градусах ділять на 6: $\boxed{\div}$ $\boxed{6}$ $\boxed{=}$. На табло індикації з'явиться значення кута R у поділках кутоміра. Великі поділки кутоміра будуть відділені комою.

У разі, коли кут висвітиться в радіанах (на табло індикації значок *Rad*), то для переведення в поділки кутоміра, його ділять на π і множать на 30: $\boxed{\div}$ $\boxed{\pi}$ $\boxed{\times}$ $\boxed{30}$ $\boxed{=}$. На табло індикації з'явиться значення кута R у поділках кутоміра.

До дирекційного кута переходять відповідно до таблиці 3.2:

– якщо ΔX і ΔY мають знаки «+», то кут відповідає I чверті, а $\alpha = R$;

– якщо ΔX має знак «-», а ΔY «+», то кут відповідає II чверті, R буде мати від'ємне значення, а $\alpha = -R + 30-00$ (на калькуляторі натискають $\boxed{+}$ $\boxed{3}$ $\boxed{0}$ $\boxed{=}$ і зчитують α_{AB});

– якщо ΔX і ΔY мають знаки «-», то кут відповідає III чверті, а $\alpha = R + 30-00$ (на калькуляторі натискають клавіші $\boxed{+}$ $\boxed{3}$ $\boxed{0}$ $\boxed{=}$ і зчитують α_{AB});

– якщо ΔX має знак «+», а ΔY «-», то кут відповідає IV чверті, R буде мати від'ємне значення, а $\alpha = -R + 60-00$ (на калькуляторі натискають $\boxed{+}$ $\boxed{6}$ $\boxed{0}$ $\boxed{=}$ і зчитують α_{AB}).

Розрахування відстані здійснюють у такому порядку:

– набирають значення ΔX і натискають $\boxed{x^2}$ $\boxed{+}$;

– набирають значення ΔY , натискають $\boxed{x^2}$ $\boxed{=}$ $\boxed{\sqrt{\quad}}$ і зчитують D_{AB} .

Приклад 14. *Визначити дирекційний кут і відстань зі спостережного пункту на орієнтир, якщо $X_{ор} = 15\ 670$; $Y_{ор} = 42\ 255$; $X_{сп} = 13\ 920$, $Y_{сп} = 43\ 080$.*

Розв'язання:

1. *Розрахувати дирекційний кут:*

$$\begin{aligned}
 & 1 \ 5 \ 6 \ 7 \ 0 \ - \ 1 \ 3 \ 9 \ \square \ 0 \ = \ 1.750 \ x \rightarrow M \\
 & 4 \ 2 \ 2 \ 5 \ 5 \ - \ 4 \ 3 \ 0 \ 8 \ 0 \ = \ 825 \\
 & \div \ MR \ 1.750 \ = \ - \ 2ndF \ tg^{-1} \ -25.24 \\
 & \div \ 6 \ = \ -4.2066 \ + \ 6 \ 0 \ = \ 55.79
 \end{aligned}$$

2. Розрахувати відстань:

$$1 \ 7 \ 5 \ 0 \ x^2 \ + \ 8 \ 2 \ 5 \ x^2 \ = \ \sqrt{\quad} \ 1.935$$

Відповіді: $\alpha_{AB} = 55.79$, $D_{AB} = 1\ 935$ м.

У тому разі, якщо калькулятор працює в радіанах, то після одержання кута R у радіанах, його ділять на π , а потім множать на 30 і за допомогою таблиці 3.2 переходять до дирекційного кута.

На калькуляторах, що дозволяють вводити формули, розв'язання виконують у такому порядку:

$$\begin{aligned}
 & \text{SHIFT} \ tg^{-1} \ tg^{-1}(\ (\ Y_B \ - \ Y_A \) \) \ \div \\
 & (\ X_B \ - \ X_A \) \) \ = \ R^\circ \ \div \ 6 \ =
 \end{aligned}$$

Визначивши R у поділках кутоміра, за допомогою таблиці 3.2 визначають дирекційний кут.

Відстань обчислюють у такому самому порядку, як було розглянуто в прикладі.

3.2.4. Розв'язання трикутників

Із розв'язанням трикутника пов'язані всі види засічок. *Розв'язати трикутник* – це значить визначити невідомі значення кутових і лінійних елементів. Для розв'язання трикутника необхідно знати значення трьох будь-яких його елементів. На практиці топогеодезичних робіт прив'язку елементів бойового порядку зводять зазвичай до розв'язання трикутника за двома кутами та однією стороною.

Так, у трикутнику ABP (рис. 3.15) відомі кути $\angle A$, $\angle B$ та довжина сторони AB (d_{AB}). Потрібно визначити кут $\angle P$ та довжину сторін AP і BP . Кут $\angle P$ знаходять як доповнення до 180° суми кутів $\angle A$ і $\angle B$:

$$\angle P = 180^\circ - (\angle A + \angle B). \quad (3.19)$$

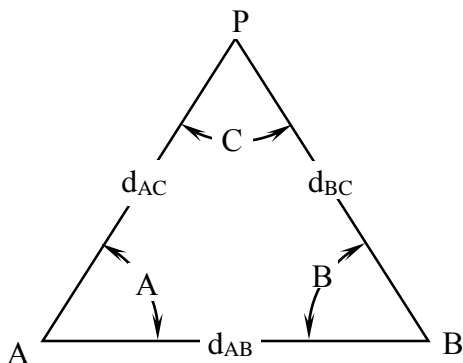


Рисунок 3.15 – Елементи трикутника

Довжини сторін AP і BP визначають на основі теореми синусів: у трикутнику відношення довжини будь-якої сторони до синуса протилежного їй кута є величина постійна.

Тому для трикутника ABC можна записати співвідношення:

$$\frac{d_{AP}}{\sin B} = \frac{d_{AB}}{\sin C} = \frac{d_{BP}}{\sin A} \quad (3.20)$$

З умов задачі довжина сторони AB та кут $\angle C$ – відомі, тому відношення $AB/\sin C$ є вхідним для розв'язання косокутного трикутника. На основі теореми синусів можна написати відношення:

$$d_{AP} = \frac{d_{AB}}{\sin C} \sin B, \quad d_{BP} = \frac{d_{AB}}{\sin C} \sin A. \quad (3.21)$$

Одержані формули дозволяють розв'язувати трикутник за допомогою обчислювальних приладів (ЕОМ, СТМ і тощо).

Приклад 15. Визначити відстані AC і BC , якщо відстань $AB = 560$ м, а кути $A = 10-75$, $B = 11-42$.

Розв'язання:

1. Обчислити кут P (за формулою. 3.19)

$$P = 30-00 - (10-75 + 11-42) = 7-83.$$

2. За формулами 3.21 обчислити відстані:

а) на обчислювачі ОТМ :

– індекс движка встановити на величину $d_{AB} = 560$ м за шкалою 3;

– обертанням рухомого круга підвести під індекс движка значення кута C за шкалою синусів (шкала 4);

– перевести движок та встановити індекс на значення кута B за шкалою 4 й за шкалою 3 зчитувати відстань $d_{AP} = 713$ м;

– перевести движок та встановити індекс на значення кута A за шкалою 4 та за шкалою 3 зчитати відстань $d_{BP} = 691$ м;

б) на інженерному калькуляторі, на якому для визначення тригонометричної функції потрібно набрати величину кута, а потім натиснути клавішу виду функції:

– набрати значення кута P і натиснути клавіші

$$\boxed{\times} \boxed{6} \boxed{=} \boxed{\sin} ;$$

– набрати значення кута B і натиснути клавіші

$$\boxed{\times} \boxed{6} \boxed{=} \boxed{\sin} \boxed{\times} \boxed{d_{AB}} \boxed{=} \boxed{\div} \boxed{MR} \boxed{=} \boxed{d_{AP}} ;$$

– набрати значення кута A і натиснути клавіші

$$\boxed{\times} \boxed{6} \boxed{=} \boxed{\sin} \boxed{\times} \boxed{d_{AB}} \boxed{=} \boxed{\div} \boxed{MR} \boxed{=} \boxed{d_{BP}} ;$$

в) на інженерному калькуляторі, на якому можна вводити формули, розв'язування виконують у такому порядку:

– набрати значення відстані AB і натиснути клавіші

$$\boxed{\times} \boxed{\sin} \boxed{} \boxed{\times} \boxed{6} \boxed{)} \boxed{\div} \boxed{\sin} \boxed{P} \boxed{\times} \boxed{6} \boxed{)} \boxed{=} \boxed{d_{AP}}$$

$$\boxed{\times} \boxed{\sin} \boxed{\alpha} \boxed{\times} \boxed{6} \boxed{)} \boxed{\div} \boxed{\sin} \boxed{P} \boxed{\times} \boxed{6} \boxed{)} \boxed{=} \boxed{d_{BP}}$$

Відповіді: $d_{AC} = 712,6$ м, $d_{BC} = 691,3$ м.

**Розв'язання трикутника за двома сторонами
та кутом між ними**

На рисунку 3.16 і прикладі наведена методика розрахування відстані AB та кутів A і B за відомими сторонами PA , PB і кутом між цими сторонами P .

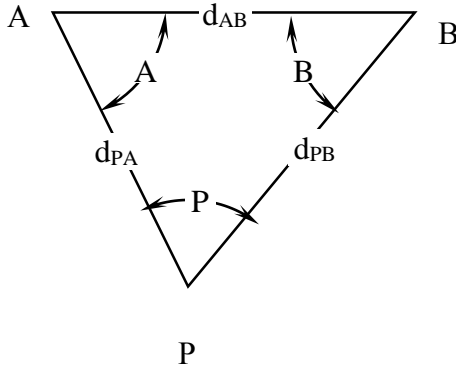


Рисунок 3.16 – Схема трикутника

Приклад 16. Визначити кути A та B та довжину сторони AB , якщо дано: кут P та довжини сторін AP і BP .

Розв'язання:

1. Визначають напівсуму кутів A та B за формулою

$$\frac{A + B}{2} = 90^\circ - \frac{P}{2}. \quad (3.22)$$

2. Визначають величину N за формулою

$$N = \frac{BP - AP}{BP + AP}. \quad (3.23)$$

3. Визначають напіврізницю кутів A та B за формулою

$$\frac{A - B}{2} = \arctg\left(N \cdot \text{ctg} \frac{P}{2}\right). \quad (3.24)$$

4. Обчислюють кути A та B за формулами:

$$A = \frac{A+B}{2} + \frac{A-B}{2}, \quad B = \frac{A+B}{2} - \frac{A-B}{2}. \quad (3.25)$$

5. Обчислюють довжину сторони AB за формулою

$$d_{AB} = d_{PB} \frac{\sin P}{\sin A}, \quad \text{або} \quad d_{AB} = d_{PA} \frac{\sin P}{\sin B}. \quad (3.26)$$

Розв'язання прямокутних трикутників

Із розв'язанням прямокутних трикутників стикаються під час визначення відстані за допомогою короткої бази, під час визначення перевищень точок, приведення похилих відстаней до горизонту під час роботи в гірській місцевості.

Визначення відстані за допомогою короткої бази

Для визначення відстані за допомогою короткої бази з вогневої позиції розгортають коротку базу, перпендикулярно до напрямку на контурну точку (рис. 3.17). З точки A короткої бази вимірюють кут β та розраховують кут при контурній точці γ

$$\gamma = 15-00 - \beta. \quad (3.27)$$

Відстань розраховують за формулою

$$D = \frac{B}{tg \gamma}. \quad (3.28)$$

На обчислювачі розрахунки виконують у такому порядку:

- індекс движка встановлюють на значення кута γ за шкалою 1 або 2 (залежно від величини кута);
- обертаючи рухомий круг, підводять його під індекс движка значення бази B за шкалою б;
- переводять індекс движка на нульовий радіус основного (нерухомого) круга й за шкалою в зчитують відстань.

Якщо значення γ встановлювали за шкалою 1, то $B < D < 10B$, якщо значення γ встановлювали за шкалою 2, то $10B < D < 100B$.

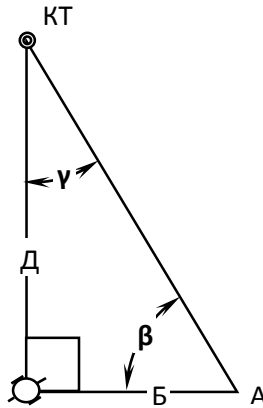


Рисунок 3.17 – Схема визначення відстані за короткою базою

Приклад 17. Визначити відстань $Д$, якщо $Б = 46$ м, $\gamma = 0-89$.

Розв’язання:

На інженерному калькуляторі, у якого для визначення тригонометричної функції потрібно набрати величину кута, а потім натиснути клавішу типу функції:

$$\boxed{\gamma} \boxed{\times} \boxed{Б} \boxed{=} \boxed{\text{tg}} \boxed{x \rightarrow M} \boxed{Б} \boxed{\div} \boxed{\text{MR}} \boxed{=} \boxed{Д = 492.129}$$

На інженерному калькуляторі, що дозволяє вводити формули:

$$\boxed{Б} \boxed{\div} \boxed{\text{tg}} \boxed{\gamma} \boxed{\times} \boxed{Б} \boxed{)} \boxed{=} \boxed{Д = 492.129}$$

За допомогою номограми для визначення відстаней (рис. 3.3): установлюють індекс прозорої лінійки на відлік 46 м за шкалою лівої дуги окружності (базисна лінія) та одночасно на відлік 0-89 за шкалою. Відстань зчитують за

індексом лінійки в точці перетину її з правою дугою окружності $D = 492$ м. Відповідь: $D = 492$ м.

Приведення відстані похилої до горизонту (рис. 3.18).

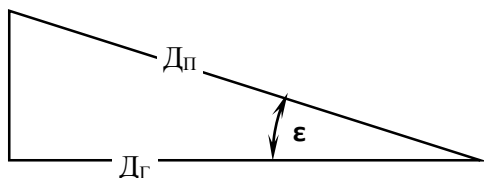


Рисунок 3.18 – Приведення відстані похилої до горизонту

Приведення відстані похилої до горизонту здійснюють за формулою

$$D_{\Gamma} = D_{\Pi} \times \cos \varepsilon \quad (3.29)$$

або

$$D_{\Gamma} = D_{\Pi} \times \sin(15 - \varepsilon), \quad (3.30)$$

де D_{Γ} – відстань горизонтальна;

D_{Π} – відстань похила;

ε – кут місця.

Розрахунки на обчислювачі виконують за формулою 3.30 у такому порядку:

– нульовий радіус рухомого круга встановлюють навпроти відстані похилої (D_{Π}) за шкалою 3 основного круга;

– індекс движка встановлюють навпроти значення кута 15

– ε за шкалою 4 рухомого круга й за шкалою 3 основного круга зчитують відстань.

Приклад 18. Визначити відстань горизонтальну D_{Γ} , якщо $D_{\Pi} = 456$ м., $\varepsilon = 0-78$.

Розв’язання:

На інженерному калькуляторі для визначення тригонометричної функції потрібно набрати величину кута, а потім натиснути клавішу типу функції, обчислення проводять за формулою 3.29

$$\boxed{\varepsilon} \boxed{\times} \boxed{6} \boxed{=} \boxed{\cos} \boxed{\times} \boxed{D_{\Pi}} \boxed{=} \boxed{D_{\Gamma} = 454,5}$$

На інженерному калькуляторі, що дозволяє вводити формули:

$$\boxed{D_{\Pi}} \boxed{\times} \boxed{\cos} \boxed{\varepsilon} \boxed{\times} \boxed{6} \boxed{)} \boxed{=} \boxed{D_{\Gamma} = 454,5}$$

Відповідь $D_{\Gamma} = 454,5$ м.

Визначення перевищень

Абсолютні висоти точок на рівнинній і горбистій місцевості, якщо крутість схилу в районі точки не перевищує 6° , визначають за картою.

У гірських районах, якщо крутість схилу більша ніж за 6° то висоту визначають за допомогою приладів від пункту геодезичної мережі або контурної точки, розташованої на схилі, крутість якого не перевищує 6° .

При цьому висоту точки (рис. 3.19) визначають за формулою:

$$h_B = h_A + \Delta h, \quad (3.31)$$

де h_B – висота точки, яку визначають;

h_A – висота вихідної (контурної) точки;

Δh – перевищення точки, що прив'язується, щодо вихідної (контурної).

Величину Δh визначають за формулою:

$$\Delta h = D_{\Gamma} \cdot \operatorname{tg} \varepsilon; \quad (3.32)$$

$$\text{або } \Delta h = D_{\Pi} \cdot \sin \varepsilon, \quad (3.33)$$

де D_{Γ} – відстань горизонтальна;

D_{Π} – відстань похила;

ε – кут місця точки, висоту якої визначають.

Формулою 3.32 користуються під час визначення відстані D за картою, засічками (горизонтальної дальності), а 3.33 – під час визначення відстані D_H за допомогою далекоміра.

Знак перевищення Δh відповідає знаку кута місця ϵ .

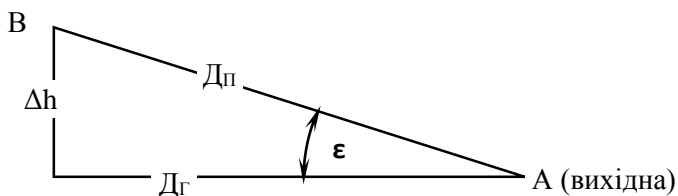


Рисунок 3.19 – Визначення висот точок за допомогою приладів

Розрахування перевищення на обчислювачі:

а) за формулою 3.32

– індекс движка встановлюють на значення кута ϵ за шкалою 1 або 2 залежно від величини кута;

– під індекс движка підводять нульовий радіус рухомого круга;

– за допомогою переміщення движка встановлюють індекс на значення відстані горизонтальної D_H і навпроти індексу за шкалою 3 зчитують перевищення. Якщо кут ϵ встановлювали за шкалою 1, то $\Delta h > 0,1D$, а якщо за шкалою 2, то $0,01 < \Delta h < 0,1D$

Приклад 19. *Визначити перевищення Δh , якщо кут $\epsilon = +1-15$, $D_H = 380$ м.*

Розв'язання:

1. *Індекс движка встановлюють на значення кута ϵ (+1-15) за шкалою 1;*

2. *Під індекс движка підводять нульовий радіус рухомого круга;*

3. За допомогою переміщення движка встановлюють індекс на значення відстані горизонтальної D_r (380 м) і навпроти індексу за шкалою 3 зчитують перевищення. Якщо кут ϵ встановлювали за шкалою 1, то $\Delta h > 0,1$ Д.

Відповідь: $\Delta h = +46$ м.

б) формулою 3.33

– нульовий радіус рухомого круга встановлюють навпроти відстані $D_{п}$ за шкалою 3;

– індекс движка встановлюють на значення кута ϵ за шкалою 4 або 5 залежно від величини кута ϵ і за шкалою 3 зчитують Δh . Якщо кут ϵ встановлювали за шкалою 4, то $\Delta h > 0,1$ Д, а якщо за шкалою 5, то $0,01 < \Delta h < 0,1$ Д.

Приклад 20. Визначити перевищення Δh , якщо $\epsilon = -1-15$, $D_{п} = 430$ м.

Розв'язання:

1. Нульовий радіус рухомого круга встановлюють навпроти відстані $D_{п}$ (430 м) за шкалою 3;

2. Індекс движка встановлюють на значення кута ϵ ($-1-15$) за шкалою 4 і за шкалою 3 зчитують Δh . Якщо кут ϵ встановлювали за шкалою 4, то $0,1 < \Delta h < 1$ Д.

Відповідь: $\Delta h = -56$ м.

На інженерному калькуляторі, на якому для визначення тригонометричної функції потрібно набрати величину кута, а потім натиснути клавішу типу функції:

а) під час обчислення за формулою 3.32:

$$\boxed{\epsilon} \times \boxed{6} = \boxed{\tan} \times \boxed{D_r} = \boxed{\Delta h}$$

б) під час обчислення за формулою 3.33:

$$\boxed{\epsilon} \times \boxed{6} = \boxed{\sin} \times \boxed{D_{п}} = \boxed{\Delta h}$$

На інженерному калькуляторі, що дозволяє вводити формули:

а) під час обчислення за формулою 3.32:

$$\Delta \Gamma \times \operatorname{tg} \epsilon \times B = \Delta h$$

б) під час обчислення за формулою 3.33:

$$\Delta \Pi \times \sin \epsilon \times B = \Delta h$$

3.2.5. Визначення зближення меридіанів

Зближенням меридіанів називають горизонтальний кут γ , утворений північним напрямком істинного (географічного) меридіана даної точки та позитивним напрямком осі абсцис (рис. 3.20).

Напрямку істинного меридіана на топографічній карті відповідають бокові сторони рамки листа карти, а також прямі лінії, які можна провести між однаковими поділками хвилин довготи. Напрямки, паралельні осі абсцис, на карті є вертикальними лініями кілометрової сітки. Величини зближення меридіанів, розміщені на топографічних картах, відносять до центру листа карти.

Відлік зближення меридіанів ведуть від географічного меридіана. Зближення меридіанів вважають позитивним, якщо північний напрямок осі абсцис відхилено на схід від географічного меридіана, і негативним – у разі відхилення осі абсцис на захід.

Величину зближення меридіанів для даної точки обчислюють за формулою

$$\gamma = l \cdot \sin B, \quad (3.34)$$

де: $l = L - L_0$ – різниця довготи даної точки та осьового меридіана;

L – довгота точки;

L_0 – довгота осьового меридіана зони, в якій знаходиться точка;

B – широта даної точки.

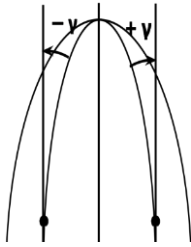


Рисунок 3.20 – Суть зближення меридіанів

Широту та довготу точки визначають за картою, з похибкою не більшою ніж $0,5'$.

Довготу осьового меридіана зони обчислюють за формулою

$$L_0 = 6^0 \cdot N - 3^0, \quad (3.35)$$

де N – номер зони, в якій знаходиться точка.

Номер зони визначають за картою за першими цифрами повної координати U (перші 1 або 2 цифри), або обчислюють за формулою

$$N = \frac{L}{6^0} + 1. \quad (3.36)$$

Остачу від ділення $L/6$ не враховують.

Приклад 21. Розрахувати зближення меридіанів для точки з координатами $B = 50^{\circ}35,5'$ $L = 34^{\circ}55'$.

Розв'язання:

1. Обчислюють номер зони $N = 34 : 6 = 5 + 1 = 6$;

2. Обчислюють довготу осьового меридіана

$$L_0 = 6 \times 6 - 3 = 33^{\circ};$$

3. Обчислюють різницю довготи даної точки та осьового меридіана $l = 34^{\circ}55' - 33^{\circ} = +1^{\circ}55' = +115'$;

4. Обчислюють зближення меридіанів

$$\gamma = +115' \times \sin 50^{\circ}35,5' = +88,85' = +1^{\circ}28,9' = +0-24,7\text{н.к.}$$

Відповідь: $\gamma = +1^{\circ}28,9' = +0-24,7\text{н.к.}$

Знак γ буде такий самий, як і знак l , тому для точок, розташованих на схід від осьового меридіана зближення меридіанів має знак плюс, на захід від осьового меридіана – мінус.

Визначення зближення меридіанів за картою здійснюють за формулою

$$\gamma = \gamma_{цк} + \Delta\gamma, \quad (3.37)$$

де $\gamma_{к}$ – зближення меридіанів до центру аркуша карти (вибирають із довідки в лівому нижньому куті карти);

$\Delta\gamma$ – поправка на віддаленість точки за довготою від центру листа карти (табл. 3.4).

Поправку знаходять за значенням координати X точки та відстані D від центру листа карти за координатою $У$.

Знак $\Delta\gamma$ – «+», якщо точка знаходиться на схід від центру листа карти, знак «-», якщо точка знаходиться на захід від центру листа карти.

Таблиця 3.4 – Величини поправки $\Delta\gamma$

X, км	D, км					
	5	10	15	20	25	30
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

Приклад 22. *Визначити зближення меридіанів, якщо $\gamma_{цк} = +0-18$, $X = 5\ 850$, відстань від центру аркуша карти за координатою $У$ – $D = 10$ км на захід.*

Розв'язання:

1. Користуючись таблицею 3.4 за X , км (рядок 6 000) і D (стовпчик 10 км), знаходять поправку $\Delta\gamma = 0-02,1$;

2. Визначають знак поправки. Переміщення на захід – знак поправки «-»;

3. Обчислюють величину зближення меридіанів
 $\gamma = +0-18 + (-0-02,1) = +0-15,9$

Відповідь: = + 0-15,9 п. к.

Визначення зближення меридіанів за графіком.

Вхідними даними для визначення зближення меридіанів за графіком (рис. 3.21), є повні прямокутні координати точки, для якої визначають γ , округлені: X – до ста кіло-метрів; Y – до десятків кілометрів (без № зони).

Приклад 23: *Визначити зближення меридіанів за графіком для точки з координатами:*

$X = 75\ 00\ 180$, $Y = 3\ 423\ 980$.

Розв’язання:

1. *Визначають вхідні дані:* $X = 7\ 500$ км, $Y = 424$ км.

2. *За величиною Y на графіку встановлюють перпендикуляр до лінії 7 500 за X , точку перехрещення виносять уліво та зчитують значення $\gamma = -1\ 40'$ ($\gamma = -0-28$).*

Відповідь: $\gamma = -0-28$ п. к.

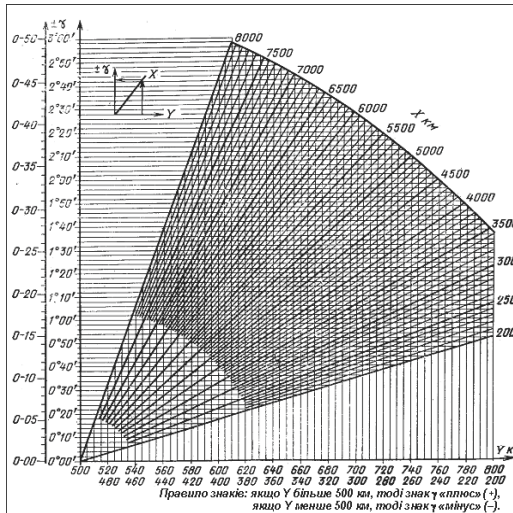


Рисунок 3.21 – Графік для визначення зближення меридіанів

3.2.6. Перетворення прямокутних координат із зони в зону

Під час виконання топогеодезичних робіт, а також розрахування вихідних геодезичних даних для стрільби артилерії та запускання ракет виникає необхідність перетворення координат точок із однієї координатної зони в іншу.

Якщо пункти геодезичної мережі, що використовуються для топогеодезичної прив'язки, розміщені в суміжних координатних зонах або якщо під час розрахування вихідних геодезичних даних для стрільби (запускання) позиція та ціль розташовані в різних координатних зонах, то необхідно спочатку координати точок звести до системи координат однієї зони, а потім здійснювати необхідні обчислення.

Припустимо, що позиція (P) розташована в східній зоні, а ціль (C) – у західній зоні (рис. 3.22).

Координати P у східній зоні X_{σ}^{CX} та Y_{σ}^{CX} , а координати цілі X_{ζ}^{3AX} і Y_{ζ}^{3AX} у західній зоні. Для розрахування геодезичної дальності PC і дирекційного кута з позиції на ціль α_{C} необхідно координати позиції та цілі звести в систему координат однієї зони.

У яку зону перетворювати координати (координати батареї на зону цілі або навпаки), вирішують з огляду на умови обстановки. Зазвичай райони розгортання артилерійських і ракетних підрозділів готують завчасно. Унаслідок цього координати позицій можуть бути одержані раніше, ніж буде поставлено вогневе завдання, і доцільно завчасно перетворити координати вогневої позиції в систему координат.

Якщо координати цілі відомі раніше, ніж одержані координати позиції (виконання вогневих задач під час розгортання з маршу), то в цьому разі перетворення координат цілі

на зону позиції доцільно здійснювати під час проведення топогеодезичної прив'язки позиції.

На рисунку 3.22 координати позиції перетворені в систему координат цілі, тобто визначені $X_{ВП}^{3AX}$ і $Y_{ВП}^{3AX}$. За координатами цілі та батареї, розв'язуючи трикутник (на рис. 3.22 заштрихований), можна визначити відстань d між позицією та ціллю, а також дирекційний кут $\alpha_{Ц}^{3AX}$ за ціллю.

Із рисунка 3.22 видно, що дирекційні кути $\alpha_{Ц}^{3AX}$ і $\alpha_{Ц}^{CX}$ відрізняються на величину $\Delta\alpha$, що являє собою кут між лініями, проведеними через позицію паралельно осьовим меридіанам сусідніх зон.

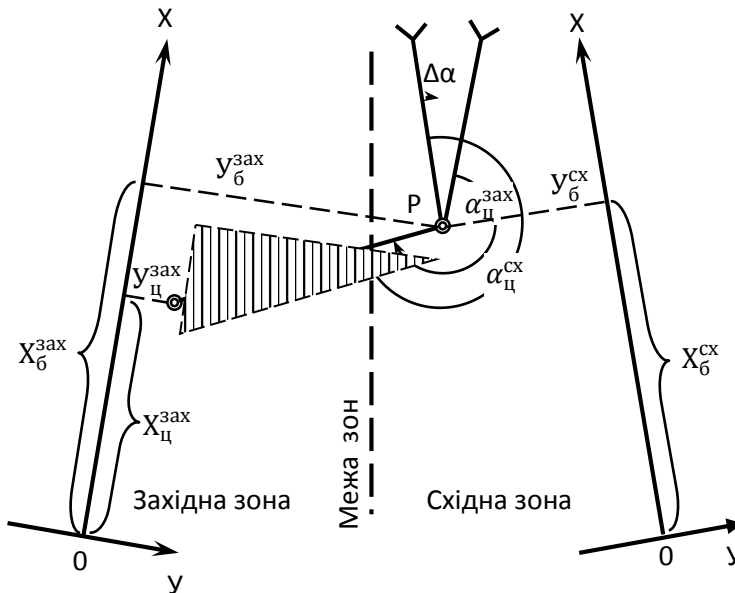


Рисунок 3.22 – Перетворення координат із зони в зону

При цьому $\alpha_{Ц}^{CX} = \alpha_{Ц}^{3AX} + \Delta\alpha$ і $\alpha_{Ц}^{3AX} = \alpha_{Ц}^{CX} - \Delta\alpha$.

Якщо координати цілі перетворюють на систему координат позиції, то необхідність виправлення дирекційних кутів орієнтирних напрямків відпадає.

Задача перетворення координат може бути розв'язана графічним або аналітичним способом.

Графічний спосіб

Сутність графічного способу перетворення координат із зони в зону полягає в побудуванні ліній координатної сітки суміжної зони на аркуші карти даної зони.

Під час видавання карти на її листах (у позарамковому оформленні) подають виходи координатної сітки на смугу шириною два градуси за довготою на схід і захід від розподільних меридіанів (рис. 3.23).

Отже, всі аркуші карти карт однієї зони із заходу на два градуси від розподільного меридіана мають виходи координатної сітки західної зони, а зі сходу – східної.

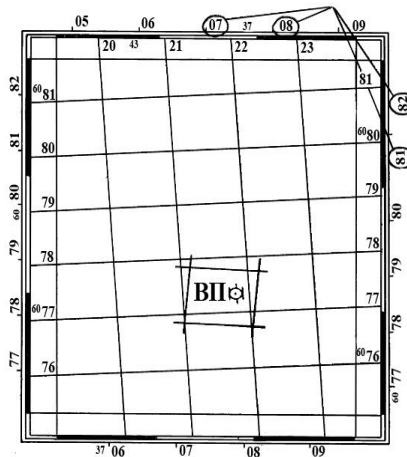


Рисунок 3.23 – Графічний спосіб перетворення координат із зони в зону

Перетворення координат графічним способом виконують у такій послідовності:

1. За даними координатами на карту у своїй зоні наносять точку вогневої (стартової) позиції.

2. У районі нанесеної точки будують квадрат координатної сітки суміжної зони, використовуючи для цього оцифрування координатних ліній суміжної зони в поза-рамковому оформленні.

3. В одержаному квадраті знімають координати точки, що і є координатами в суміжній зоні.

Під час графічного перетворення координат усі нанесення на карті здійснюють гостро заточеним олівцем, а нанесення точки на карту та зняття координат у системі координат суміжної зони виконують за допомогою циркуля-вимірвача та поперечного масштабу.

Під час виконання цих умов точність графічного способу перетворення координат із зони в зону характеризується круговою серединною помилкою, що дорівнює 0,3 мм у масштабі карти.

Аналітичний спосіб перетворення координат точок із зони в зону

Коли неможливо використати графічний спосіб перетворення координат із зони в зону (на карті немає виходів координатних ліній суміжної зони, недостатня точність графічного перетворення або якщо потрібно перетворити координати через одну або кілька зон), застосовують аналітичний спосіб перетворення.

Існує кілька методів аналітичного способу перетворення координат із зони в зону. Один із методів ґрунтується на обчисленні геодезичних координат точки за даними прямокутними координатами у своїй зоні та в подальшому обчисленні прямокутних координат цієї точки в системі координат суміжної зони (або через одну-дві зони) за її геодези-

чними координатами. Цьому методу притаманна висока точність одержання перетворених координат, але для ручного перетворення він непридатний через велику трудомісткість. Цей метод було покладено в основу розв'язання задач із перетворення координат у суміжну зону або через одну-дві зони за допомогою електронних цифрових обчислювальних машин (ЕЦОМ).

Методи перетворення координат ґрунтуються на використанні таблиць, принципи побудови яких можуть бути різними. На теперішній час найбільш поширений метод перетворення координат із використанням вузлових точок (рис. 3.24).

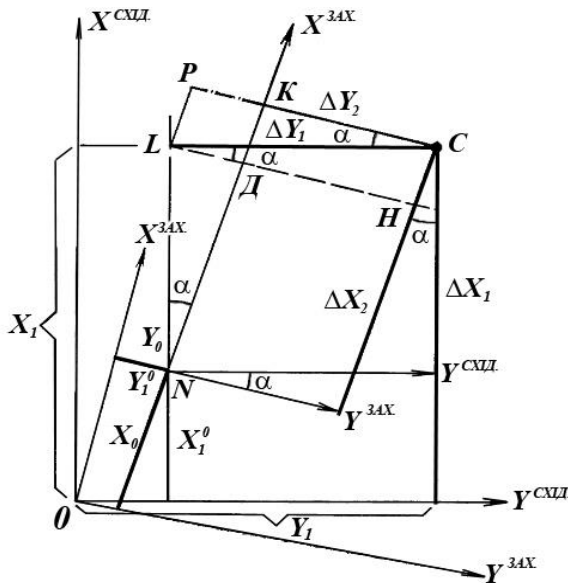


Рисунок 3.24 – Аналітичний спосіб перетворення координат із зони в зону

Сутність цього методу розглянуто далі. У межах зони, що нас цікавить, вибирають вузлові точки з інтервалом за координатами в 100 км. Одержують координати вузлових точок у системі координат суміжної зони або через зону та позначають X_0 і Y_0 .

Отже, для кожної вузлової точки будемо мати прямокутні координати в системі координат суміжної зони (а також у системі координат наступних 1–2 зон залежно від задачі, яку розв'язують).

Ці дані зводять у таблицю з двома вхідними величинами за координатами точки X_1^0 і Y_1^0 у своїй зоні. За наявності таких таблиць перетворення координат точки в систему координат потрібної зони зводять до розв'язання задачі інтерполювання за двома аргументами.

Розглянемо геометричну суть перетворення та виведемо робочі формули, необхідні для перетворення координат за допомогою таблиць координат вузлових точок.

Наприклад, необхідно перетворити координати X_I і Y_I точки C зі східної зони в західну.

Точка N вузлова, має координати X_0 і Y_0 у системі координат західної зони і X_1^0 , Y_1^0 в системі координат східної зони.

Координати X_1^0 і Y_1^0 беруть найближчі менші до координат X_I і Y_I методом округлення останніх до 100 км. Для знаходження координат точки C в системі західної зони, що видно з рисунка 3.24, необхідно знайти прирости координат $\Delta X_2 = KN$ та $\Delta Y_2 = KC$ та додати їх відповідно до координат точки N X_0 та Y_0 .

Формули для перетворення координат із зони в зону та через 1–2 зони, за якими і здійснюють обчислення, мають вигляд:

$$X_n = X_0 + \Delta X \cdot m + \Delta Y \cdot n - \Delta_{2x}K, \quad (3.38)$$

$$Y'_n = Y_o + \Delta Y \cdot m - \Delta X \cdot n + \Delta_{2y} K, \quad (3.39)$$

де $\Delta X = X_l - X_1^0$; $\Delta Y = Y_l - Y_1^0$;

X_l, Y_l – координати точки в системі своєї зони (Y беруть без урахування цифр, що означають номер зони);

X_1^0, Y_1^0 – координати вузлової точки в системі вихідної (своєї) зони; беруть найближчі менші до X_l і Y_l , з округленням до 100 км;

X_n, Y'_n – координати точки в системі зони, на яку перетворюють координати X_l і Y_l ;

$x_0, y_0, m, n, \Delta_{2x}, \Delta_{2y}, K$ – табличні величини, що вибирають із таблиць за координатами X_1^0, Y_1^0 , а коефіцієнт K – за величинами ΔX і ΔY .

Наведені формули й таблиці дозволяють перетворювати координати точки зі східної зони в західну. Для перетворення координат із західної зони в східну використовують ті самі формули, але замість величини Y_l визначають проміжну ординату за формулою

$$Y_{lnp} = 1\ 000\ 000 - Y_l,$$

а потім здійснюють перетворення звичайним способом за вище наведеними формулами.

Під час перетворення в західну зону

$$Y_n = 500\ 000 + Y'_n. \quad (3.40)$$

Під час перетворення в східну зону

$$Y_n = 500\ 000 - Y'_n. \quad (3.41)$$

За умов якщо Y_n буде більшою 1 000 000 або меншою від нуля, то номер зони необхідно записати в дужках.

Приклади перетворення координат із зони в зону наведені в таблиці 3.5.

Перетворення координат за формулами 3.38 і 3.39 забезпечує достатню точність визначення координат ($\Delta_{гран} \leq 11\ м$), тому з метою скорочення часу останній член у формулах 3.38 та 3.39 можна не враховувати.

3.2.7. Поправка в дирекційний кут за перехід у суміжну зону

На рисунку 3.25 показані дві суміжні зони та орієнтований напрямок AB . Дирекційні кути цього напрямку, одержані в системі східної α_{cx} та західної α_{zax} зон, будуть відрізнятись на кут, утворений вертикальними лініями координатних сіток суміжних зон. Цей кут називають поправкою до дирекційного кута за перехід з однієї зони в іншу й позначають $\Delta\alpha$.

Таблиця 3.5 – Приклади перетворення координат із зони в зону

Позначення	Сх→З (із 6-ї в 5-у)	З → Сх. (із 6-ї в 7-у)
X_I	6 327 546	6 853 275
Y_I	6 58 7395	6 608 154
$Y'_{np} = 1\,000\,000 - Y_I$ (у східну зону)		391 846
x_o	6 316 068	6 796 412
y_o	366 127	121 927
m	0,998 1	0,995 8
n	0,088 3	0,092 1
Δ_{2x}	85	75
Δ_{2y}	15	10
K	0,33	0,25
X_n	6 351 250	6 857 904
Y'_n	450 929	208 483
у західну зону $Y_n = 500\,000 + Y'_n$	5 950 929	
у східну зону $Y_n = 500\,000 - Y'_n$		7 291 517

Точна формула визначення поправки в дирекційний кут має вигляд:

$$\Delta\alpha = 360' \cdot \sin B_o + \frac{(L_o - L_n)^3}{3\rho^2} \cdot \sin B_o \cdot \cos^2 B_o, \quad (3.25)$$

де B_o, L_o – геодезичні координати позиції;

L_n – довгота осьового меридіана зони, в яку перетворені координати позиції.

Величина другого члена формули не перевищує $1,9'$ під час переходу в суміжну зону та $3,7'$ під час переходу через одну зону. Якщо цими значеннями можливо знехтувати, то для першого члена цієї формули можна скласти таблицю значень величин $\Delta\alpha'$ як у функції B_{δ} , так і у функції x_{δ} . Якщо другим членом знехтувати неможливо, то для нього можна скласти таблицю значень величин $\Delta\alpha''$ із двома входами: широти B_{δ} та відстані точки від осьового меридіана зони L_0 або x_{δ} та y_{δ} .

Таблиця поправок $\Delta\alpha'$ наведена в додатку В, таблиця 3.2.

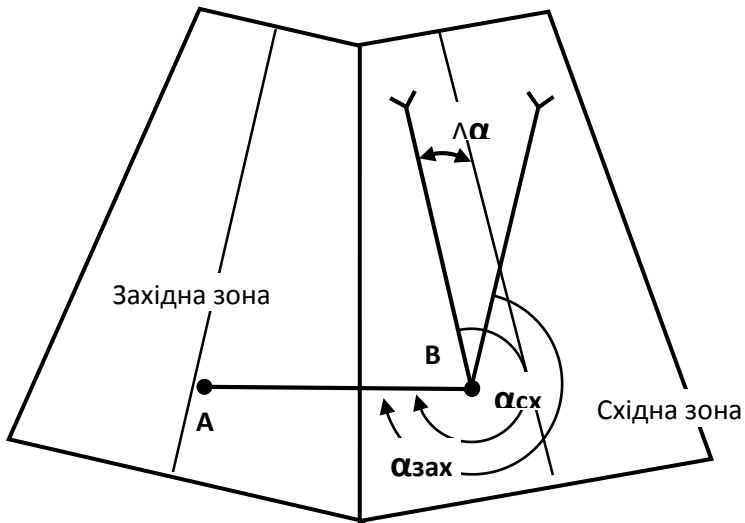


Рисунок 3.25 – Поправка в дирекційний кут за перехід у суміжну зону

Задача визначення величини поправки в дирекційний кут орієнтирного напрямку або напрямку на ціль зводиться до визначення величин $\Delta\alpha'$ і $\Delta\alpha''$ за таблицями, входами в

які служать координати вогневої позиції у своїй зоні. Якщо перетворення координат проводять через зону, то величину $\Delta\alpha'$, одержану з таблиці, необхідно подвоїти, а під час перетворення координат через дві зони – потроїти.

За кінцеве значення поправки в дирекційний кут орієн-тирного напрямку беруть суму $\Delta\alpha = \Delta\alpha' + \Delta\alpha''$.

Числові значення поправок $\Delta\alpha$ наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Поправки до дирекційного кута за перехід в суміжну зону

X_b , км	$\Delta\alpha_{\text{табл.}}$	$\delta\Delta\alpha$ на 10 км	$\Delta\alpha$, под.кут.
4 500	3°54,4'	0,42'	0-65
4 600	3°58,6	0,42	0-66
4 700	4°02,8	0,42	0-67
4 800	4°07,0	0,41	0-69
4 900	4°11,1	0,40	0-70
5 000	4°15,1	0,39	0-71
5 100	4°19,0	0,39	0-72
5 200	4°22,9	0,39	0-73
5 300	4°26,8	0,37	0-74
5 400	4°30,5	0,37	0-75
5 500	4°34,2	0,37	0-76
5 600	4°37,9	0,35	0-77
5 700	4°41,4	0,35	0-78
5 800	4°44,9	0,34	0-79
5 900	4°48,3	0,34	0-80
6 000	4°51,7	0,32	0-81
6 100	4°54,9	0,32	0-82
6 200	4°58,1	0,32	0-83
6 300	5°01,3	0,30	0-84
6 400	5°04,3	0,30	0-85
6 500	5°07,3	0,29	0-85

Знак поправки $\Delta\alpha$ визначають знаком різниці ($L_b - L_o$), що входить у вище наведену формулу. Як видно з рисунка 3.25, поправка має знак «+», якщо дирекційний кут перераховують із західної зони в східну: $\alpha_{\text{сх.}} = \alpha_{\text{зах.}} + \Delta\alpha$, і «-» – зі

східної в західну: $\alpha_{зах.} = \alpha_{сх.} - \Delta\alpha$.

Приклад 24. Дирекційний кут орієнтирного напрямку $\alpha_{ор} = 105^{\circ}37,5'$ одержано в системі координат західної зони. Визначити дирекційний кут цього напрямку в системі координат східної зони, якщо $X_b = 6\ 380$ км і $Y_b = 4\ 350$ км.

Розв'язання:

1. За таблицею 3.6 визначають $\Delta\alpha' = 5^{\circ}03,7'$; $\Delta\alpha'' = 0^{\circ}01,0'$; $\Delta\alpha = 5^{\circ}03,7' + 0^{\circ}01,0' = 5^{\circ}04,7'$.

2. Обчислюють дирекційний кут у системі координат східної зони: $\alpha_{ор}^{сх} = 105^{\circ}37,5' + 5^{\circ}04,7' = 110^{\circ}42,2'$.

Відповідь: $110^{\circ}42,2' = 18 - 45$ п. к.

Приклад 25. Дирекційний кут орієнтирного напрямку $\alpha_{ор} = 215^{\circ}16,8'$ одержано в системі координат східної зони. Визначити дирекційний кут цього напрямку в системі координат західної зони, якщо $X_b = 5\ 410$ км і $Y_b = 3\ 650$ км.

Розв'язання:

1. За таблицею 3.6 визначають $\Delta\alpha' = 4^{\circ}30,9'$; $\Delta\alpha'' = 0^{\circ}01,0'$; $\Delta\alpha = 4^{\circ}30,9' + 0^{\circ}01,0' = 4^{\circ}31,9'$.

2. Обчислюють дирекційний кут у системі координат західної зони: $\alpha_{ор}^{зах} = 215^{\circ}16,8' - 4^{\circ}31,9' = 210^{\circ}44,9'$.

Відповідь: $210^{\circ}44,9' = 35 - 12,5$ п. к.

Висновки до розділу 3

У цьому розділі наведені прилади для геодезичних обчислень, що використовують артилерійські підрозділи під час проведення топогеодезичної прив'язки позицій, пунктів і постів.

Розкрито основні елементи геодезичних обчислень, а саме: порядок переходу від дирекційного кута одного напрямку до дирекційного кута другого напрямку; визначення величини горизонтального кута; методика розв'язання прямої та оберненої геодезичних задач; порядок розв'язування трикутників, визначення зближення меридіанів, перетворення прямокутних координат із зони в зону, як визначають поправку в дирекційний кут за перехід у суміжну зону.

Офіцер-артилерист повинен знати будову приладів для геодезичних обчислень, уміти самостійно здійснювати геодезичні обчислення.

Командири артилерійських підрозділів повинні постійно вдосконалювати свої знання щодо приладів, за допомогою яких проводять геодезичні обчислення, набувати практичних навичок під час роботи з ними.

Навчальний тренінг

Основні терміни та поняття

Обчислювач топогеодезичний модернізований, номограма інструментального ходу, електронні клавішні обчислювальні машинки, комп'ютери, ноутбуки, програми для обчислень, артилерійські круги АК-3 і АК-4, поперечний масштаб, хордокутомір, дирекційний кут, горизонтальний кут, пряма та зворотня геодезичні задачі, зближення меридіанів, магнітний азимут, поправка в дирекційний кут, суміжна зона.

Питання для повторення та самоконтролю

- 1. Призначення обчислювача топогеодезичного модернізованого (ОТМ).*
- 2. Будова ОТМ.*
- 3. Шкали ОТМ, їх призначення.*
- 4. Призначення номограми інструментального ходу (НІХ).*
- 5. Будова НІХ.*
- 6 Шкали НІХ, їх призначення.*
- 7. Призначення артилерійських кругів АК-3 і АК-4.*
- 8. Порядок переходу від дирекційного кута одного напрямку до дирекційного кута другого напрямку.*
- 9. Порядок визначення величини горизонтального кута.*
- 10. Методика розв'язання прямої геодезичної задачі.*
- 11. Методика розв'язання оберненої геодезичної задачі.*
- 12. Порядок розв'язування трикутників.*
- 13. Способи визначення зближення меридіанів.*
- 14. Порядок перетворення прямокутних координат із зони в зону.*
- 15. Порядок визначення поправки в дирекційний кут за перехід у суміжну зону.*

Завдання для самопідготовки

- 1. Накреслити схему ТПП вогневої позиції батареї Д-30.*
- 2. Накреслити схему ТПП командно-спостережного пункту командира редана БМ-21.*

Теми для написання рефератів

- 1. Порівняльний аналіз сучасних приладів для геодезичних обчислень у передових країнах світу та способи подальшого їх розвитку.*
- 2. Перспективні прилади для геодезичних обчислень.*

РОЗДІЛ 4

ВИЗНАЧЕННЯ ДИРЕКЦІЙНИХ КУТІВ ОРІЄНТИРНИХ НАПРЯМКІВ

4.1. Загальні положення

Орієнтирним напрямком зазвичай називають напрямок, що застосовують для орієнтування приладів під час проведення топогеодезичної прив'язки, вивіряння приладів, орієнтування гармат, пускових установок та станцій. Орієнтирний напрямок на місцевості позначають двома точками: точкою, з якої визначають дирекційний кут (початкова точка), та точка, на яку визначають дирекційний кут (орієнтирна точка).

Дирекційний кут орієнтирного напрямку може бути визначений такими способами:

- геодезичним способом;
- гіроскопічним способом;
- за астрономічними спостереженнями;
- за допомогою магнітної стрілки бусолі.

Крім цих способів, дирекційний кут орієнтирного напрямку може бути одержаний методом передавання його від іншого орієнтирного напрямку з відомим дирекційним кутом за допомогою гірокурсказівника апаратури топоприв'язки, одночасним відмічанням за небесним світилом або кутовим ходом.

Підрозділи артилерії застосовують практично всі способи визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків, але залежно від конкретних умов, потрібної точності та часу, а також характеру місцевості обирають той спосіб, який забезпечує в різних умовах своєчасне визначення дирекційного кута з необхідною точністю (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Характеристики точності та час на визначення дирекційних кутів

Спосіб визначення дирекційного кута	Серединна похибка	Час виконання роботи
1. Геодезичний: за допомогою теодоліта (КТД)	Не більш 1'	8 хв
за допомогою бусолі	0-00,3	5 хв
2. Гіроскопічний за допомогою: 1Г17	30'	12–16 хв
1Г25-1	0-00,55	8–10 хв
1Г40	0-00,5	5/15 хв*,
Гіронасадки 1Г15У	0-02	3–5 хв
3. Астрономічний за допомогою теодоліта	1'	35 хв
за допомогою бусолі	0-01	12 хв
4. За допомогою ПАБ-2А: на відстані до 4 км від місця визначення ΔAm	0-02	4–5 хв
на відстані до 10 км	0-04	4–5 хв
5. Передавання орієнтування: а) за допомогою гірокурсказівника автономної апаратури топоприв'язки за умов точності орієнтування $E \leq 0-01$ та часу руху: не більш ніж 20 хв	0-03	2–3 хв**
не більш ніж 1 година	0-06	
б) одночасним відміченням за небесним світилом: за допомогою теодоліта	2'	до 24 хв
за допомогою бусолі	0-02	до 12 хв
в) кутовим ходом: за допомогою теодоліта	$0,15' \sqrt{n}^{***}$	до 35 хв на 1 км ходу
за допомогою КТД	$0,25' \sqrt{n}$	
за допомогою бусолі	$0-00,3 \sqrt{n}$	

Примітки:

* 5 хв – режим РО, до 15 хв. – РСО.

**– без урахування часу на підготовку апаратури до роботи та час рух машини;

*** – кількість виміряних горизонтальних кутів.

4.2. Геодезичний спосіб визначення дирекційних кутів

При геодезичному способі дирекційний кут орієнтованого напрямку (рис. 4.1) одержують:

– безпосередньо з каталогу (списку) координат геодезичної мережі;

– розв'язанням зворотної геодезичної задачі за координатами пунктів геодезичної мережі, взятих із каталогу (списку) координат геодезичної мережі;

– одночасно з визначенням координат точок, під час нанесення прив'язаних засічок або під час прокладання ходу від пунктів геодезичної мережі.

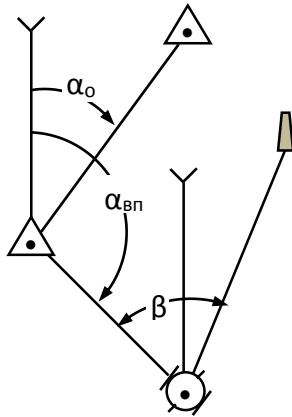


Рисунок 4.1 – Визначення дирекційного кута геодезичним способом

Цей спосіб застосовують, коли поблизу вогневої позиції (спостережного пункту, станції) є точка геодезичної мережі. Роботи виконують у такому порядку (рис. 4.1):

– виставляють кутомірний прилад на точку геодезичної мережі;

– виписують із каталогу (списку координат) дирекційний кут на другу точку геодезичної мережі (α_0), або розраховують його за координатами пунктів геодезичної мережі;

– орієнтують прилад за виписаним (розрахованим) дирекційним кутом і вимірюють дирекційний кут на вогневу позицію (ВП) – $\alpha_{\text{ВП}}$, або спостережний пункт (СП) – $\alpha_{\text{СП}}$;

– на ВП (СП) вимірюють кут між напрямком на прилад та орієнтиром (точкою наведення) β , та розраховують дирекційний кут на орієнтир за формулою

$$\alpha_{\text{ор}} = \alpha_{\text{ВП(СП)}} \pm 30-00 + \beta. \quad (4.1)$$

4.3. Гіроскопічний спосіб визначення дирекційних кутів

При гіроскопічному способі орієнтування визначають за допомогою гірокомпаса істинний азимут A орієнтирного напрямку, а потім переходять до дирекційного кута α цього самого напрямку з урахуванням зближення меридіанів γ за формулою

$$\alpha = A - \gamma. \quad (4.2)$$

Гірокомпас 1Г17 виносний і за допомогою його визначають безпосередньо істинні азимуті орієнтирних напрямків.

Гірокомпаси 1Г25-1 та 1Г40 стаціонарно встановлені на об'єктах (командирських машинах управління, розвідувальних пунктах, радіолокаційних комплексах) і призначені для визначення істинного азимута об'єкта. Тому для визначення дирекційного кута орієнтирного напрямку визначають за допомогою візира, встановленого на об'єкті, кут між поздовжньою віссю об'єкта й напрямком на орієнтир за ходом годинникової стрілки (β) і розраховують дирекційний кут за формулою

$$\alpha_{\text{ор}} = \alpha_{\text{оси}} + \beta. \quad (4.3)$$

Порядок підготовки гірокомпасів та гіроскопічної насадки ІГ15У до роботи, визначення азимутів напрямків, формулярних поправок і правила експлуатації цих приладів викладено в розділі 2.3.

4.4. Астрономічний спосіб визначення дирекційних кутів

Спосіб астрономічного орієнтування ґрунтується на переході від азимута напрямку на небесне світило (Сонце або зірку) до азимута, а потім і до дирекційного кута напрямку на орієнтирну точку.

Схема переходу від азимута напрямків на світило до азимута орієнтирного напрямку зображена на рисунку 4.2.

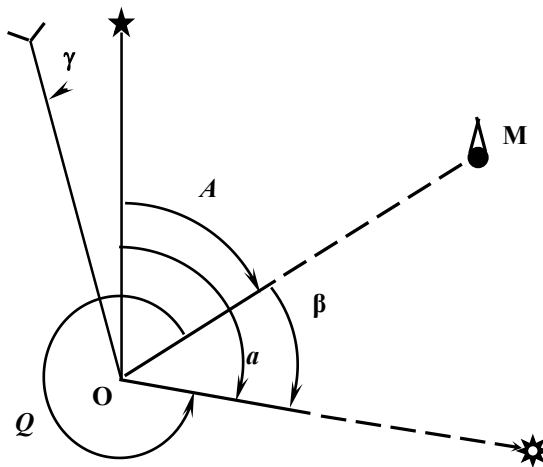


Рисунок 4.2 – Схема переходу від азимута напрямку на світило до азимута орієнтирного напрямку

Азимут орієнтирного напрямку OM визначають за формулою

$$A = a + Q, \quad (4.4)$$

де a – істинний азимут напрямку на небесне світило;

Q – кут у площині горизонту точки O між напрямками на орієнтирну точку M та на небесне світило, що відраховують проти ходу годинникової стрілки.

$$A = a - \beta, \quad (4.5)$$

де β – кут між напрямками на орієнтирну точку M та на небесне світило, що відраховують за ходом годинникової стрілки.

Горизонтальний кут Q (β) вимірюють у площині горизонту точки O теодолітом чи бусоллю в умовах видимості світила та відзначають погодинно момент часу візування на світило. За часом спостереження світила та за геодезичними координатами початкової точки розраховують азимут напрямку на світило.

Розв'язання задачі щодо визначення азимута напрямку на світило є сутністю способу астрономічного орієнтування.

Щоб знайти зв'язок між азимутом напрямку на світило та величинами, якими він обумовлений, розглянемо деякі відомості з астрономії.

Небесна сфера

Під час спостереження небесних світил неозброєним оком чи за допомогою кутомірних приладів із Землі вони здаються однаково віддаленими від спостерігача та немовби розміщеними на сфері, видимої частину якої зазвичай називати небозводом. У дійсності ж відстані від Землі до небесних світил дуже різноманітні, але через велику відстань людське око не може відрізнити ці різноманіття.

Видиме положення небесних світил у просторі започаткувало в астрономії поняття небесної сфери, що збереглося до цього часу як допоміжний засіб для розв'язання задач із визначення кутів, які задають напрямки на світила, а також для зручності вивчення видимих небесних явищ.

Небесною сферою називається уявлена допоміжна сфера довільного радіуса, на яку за напрямками з її центру

проектують (уявно переносять) небесні світила (рис. 4.3). Центр небесної сфери сумісний із точкою спостереження.

Вночі на небесному зводі неозброєним оком одночасно видно приблизно 2 500 зірок. Для полегшення орієнтування на зірковому небі астрологи розділили його на окремі ділянки, так звані сузір'я.

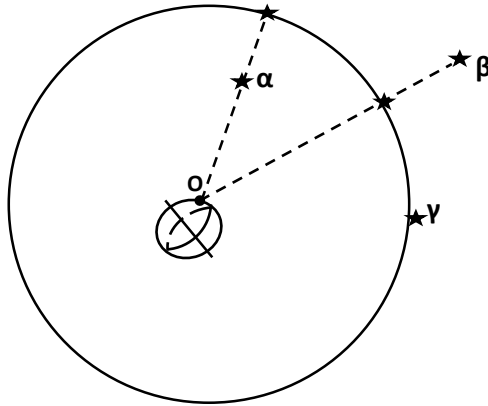


Рисунок 4.3 – Небесна сфера

Сузір'я розрізняють за виглядом геометричних фігур, що створюються уявним з'єднанням відрізків їх найяскравіших зірок. У кожному сузір'ї найяскравіші зірки в порядку зменшення їх блиску позначають літерами грецького алфавіту: α , β , γ та ін. За сузір'ями та деякими зірками збереглися назви, дані їм ще в прадавні часи. Під час астрономічних спостережень для потреб артилерії найчастіше використовують зірки: Полярна (α сузір'я Малої Ведмедиці), Кохаб (β Малої Ведмедиці), Бетельгейзе (α Оріона), Арктур (α Волопаса), Вега (α Ліри).

Добове обертання небесної сфери направлено за ходом годинникової стрілки, якщо дивитися на небесну сферу з боку Полярної зірки, поблизу якої проходить вісь світу.

Унаслідок добового обертання небесної сфери зірки рівномірно переміщуються стосовно горизонту, описуючи кола, що лежать у площинах, перпендикулярних осі світу. У той же час взаємне розташування зірок на небесній сфері не змінюється.

Сонце також бере участь у добовому оберті небесної сфери. Водночас воно переміщується за небесною сферою стосовно зірок у напрямку, попередньому її добовому обертанню, та після закінчення року повертається в початкове положення. Таке переміщення Сонця по небесній сфері, на відміну від його добового руху разом із нею, називають річним рухом Сонця. Одним із явищ річного руху Сонця по небесній сфері є зміна вигляду зіркового неба упродовж року: зірки із сузір'я, через які по черзі проходить Сонце, стають на певний час недоступними для спостереження тому, що вони рухаються по небу вдень (разом із Сонцем).

Річний рух Сонця є відображенням руху Землі по орбіті навколо Сонця: рухаючись разом із Землею, спостерігач із різних точок її орбіти проектує Сонце на різні ділянки небесної сфери – тим самим створюється видимість переміщення Сонця із сузір'я в сузір'я.

Спостережуваний упродовж дня рух Сонця є результатом складової його руху разом із небесною сферою в напрямку її добового обертання та його річного обертання по ній у попередньому напрямку. Перше з цих обертань рівномірне, як відображення рівномірного обертання Землі навколо своєї осі; друге – нерівномірне, як відображення нерівномірного руху Землі по орбіті навколо Сонця. Тому видимий упродовж дня рух Сонця нерівномірний.

Основні круги та точки небесної сфери. Дамо визначення основних кругів і точок небесної сфери, які будемо використовувати для опису положення світила на небесній сфері.

Проведемо через центр небесної сфери O прямовисну лінію (рис. 4.4). Її напрямком визначено напрямком сили тяжіння в точці спостереження. Точка Z , у якій прямовисна лінія, продовжена вгору, перетинає небесну сферу, називається *зенітом* (Z). Точка на небесній сфері, діаметрально протилежна зеніту, називається *надиром* (Z_1).

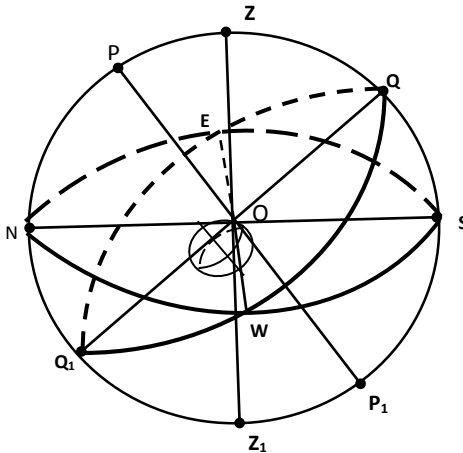


Рисунок 4.4 – Основні точки та лінії небесної сфери

Великий круг небесної сфери, площина якого перпендикулярна до прямовисної лінії, називається *небесним горизонтом*.

Небесний горизонт називають також істинним горизонтом на відміну від видимого горизонту, який на суші виявляється просторовою кривою, а на морі – малим кругом небесної сфери. У площині істинного горизонту точки спостереження практично лежить лімб відгоризнтованого кутомірного приладу.

Прямовисна лінія задає один із основних напрямків із центра небесної сфери. Інший основний напрямок задає вісь світу. Точки P та P_1 , у яких вісь світу перетинає небесну

сферу, називаються *Північним* та *Південним полюсами світу*. Північний полюс світу розташований на небесній сфері поблизу Полярної зірки.

Великий круг небесної сфери, площина якого перпендикулярна осі світу, називається *небесним екватором*. Площини небесного та земного екваторів паралельні, оскільки обидві перпендикулярні до однієї і тієї самої прямої – осі світу. Небесний екватор ділить небесну сферу на північну та південну півсфери.

Великий круг небесної сфери, що проходить через полюси світу і зеніт, називається *небесним меридіаном*. Площина небесного меридіана та площина астрономічного меридіана точки на поверхні Землі проходять через прямовисну лінію паралельно осі обертання Землі. Отже, площини небесного й астрономічного меридіанів співпадають.

Точки перетину небесного горизонту й небесного меридіана називаються *точкою півночі* та *точкою півдня*. Точка півночі N – точка горизонту, ближча до Північного полюса світу; діаметрально протилежна їй точка півдня S – точка горизонту, найбільш віддалена від Північного полюса світу. Пряма, що проходить через точки півночі та півдня, називається південною лінією. Її напрямком SN співпадає з північним напрямком астрономічного меридіана Землі, що проходить через точку спостереження O .

Точка перетину небесного горизонту та небесного екватора називається *точкою сходу* E та *точкою заходу* W . Точки E і W лежать у горизонтальній площині на перпендикулярі до південної лінії. Якщо дивитися на горизонтальну площину зверху, то точки N , E , S і W будуть розміщені за ходом годинникової стрілки. Ці точки називаються головними точками горизонту.

Полюси світу ділять меридіан на дві частини: північну PNP_1 , на якій знаходиться точка півночі, та південну PSP_1 ,

на якій розташована точка півдня. Точки перетину небесного екватора з північної та південної частинами небесного меридіана називаються *північною точкою Q_1* та *південною точкою Q екватора*.

Небесний горизонт, екватор і меридіан називають основними кругами небесної сфери. До основних кругів небесної сфери відносять також *екліптику* – річний шлях центру диска Сонця на небесній сфері (рис. 4.5).

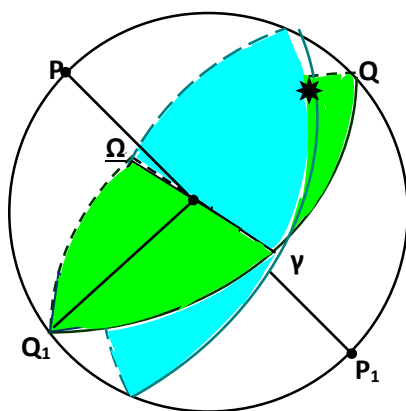


Рисунок 4.5 – Екліптика

Річний рух центру диска Сонця відбувається в площині, паралельній площині земної орбіти.

Тому екліптика є великим кругом, по якому перетинаються небесна сфера та площина, що проходить через точку спостереження паралельно площині земної орбіти.

Вісь обертання Землі становить із площиною її орбіти кут, величина якого приблизно дорівнює $66^{\circ}33'$. Такий самий за величиною кут утворює також вісь світу з площиною екліптики. Звідси випливає, що величина кута нахилу екліптики до екватора рівна $23^{\circ}27'$.

Точку перетинання екліптики та екватора, яку Сонце проходить рухаючись із Південної півкулі небесної сфери в Північну, називають *точкою осіннього рівнодення* та позначають знаком γ . Протилежну їй точку називають *точкою весняного рівнодення* та позначають знаком $\underline{\Omega}$. Точки γ та $\underline{\Omega}$ переміщуються вздовж екватора, та беруть участь у добовому обертанні небесної сфери.

Точки екліптики, що відрізняються на 90° від точок весняного та осіннього рівнодення, називаються *точками літнього та зимового сонцестояння*.

Щорічно 21 березня та 23 вересня Сонце знаходиться на екліптиці в точках весняного та осіннього рівнодення. У ці дні його добовий рух відбувається по екватору, а схід і захід Сонця – на сході та заході відповідно. Точки літнього та зимового сонцестояння Сонце проходить за річним рухом по екліптиці 21 червня та 21 грудня. Вимірявши опівдні висоту Сонця 21 червня та 21 березня, можливо визначити величину кута нахилу екліптики до екватора. Вона дорівнює різниці згаданих значень висоти Сонця.

Системи небесних координат

Положення світил та допоміжних точок на небесній сфері визначають за допомогою величин, які називають *небесними координатами*. Небесні координати світил вимірюють дугами або кутами, вираженими тією чи іншою мірою. Частіше користуються градусною та часовою мірами. Одиницями виміру дуг (кутів) у часовій мірі служать: година (h), хвилина (m), секунда (s). Співвідношення між цими одиницями виміру дуг такі самі, як і між однойменними одиницями часу, а саме: $1h = 60 m$, $1m = 60 s$.

Співвідношення між градусною та часовою мірами дуг виражають рівняннями:

$$360^\circ = 24 h \text{ або } 1h = 15^\circ, 1m = 15', 1s = 15''.$$

Існує декілька систем небесних координат. Кожну з них задають великим кругом небесної сфери та зазначають початкову точку відліку на ньому.

Горизонтальна система координат

У цій системі координат основним кругом є небесний або істинний горизонт, а за початкову точку відліку взято точку півночі N (рис. 4.6).

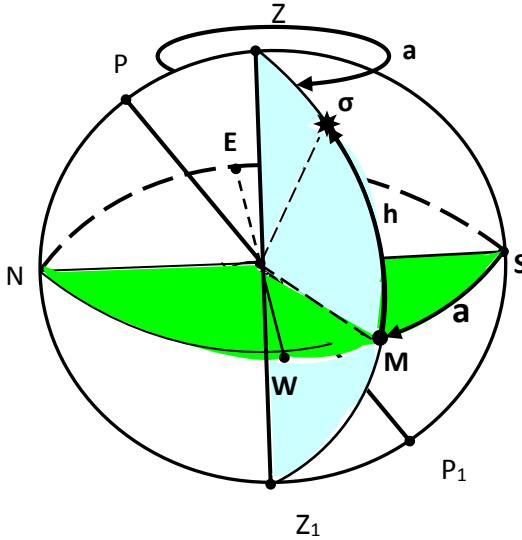


Рисунок 4.6 – Горизонтальна система координат

Проведемо через зеніт Z та світило σ велике коло. Це коло називається *вертикалом світила* тому, що його площина проходить через вертикальну (прямовисну) лінію.

Вертикаль, що проходить через точки сходу та заходу, називається *першим вертикалом*. Кожен із вертикалів перпендикулярний до горизонту.

Дугу горизонту NSM від точки півночі до вертикала світила, відраховану за ходом годинникової стрілки, називається *азимутом світила*, її позначають буквою a .

Дугу вертикалі $M\sigma$ від горизонту до світила називають *висотою світила* та позначають буквою h . Якщо світило знаходиться над горизонтом, його висота позитивна, під горизонтом – негативна.

Азимут a та висота h повністю визначають положення світила на небесній сфері і називаються його *горизонтальними координатами*.

Замість висоти світила часто застосовують іншу координату, яку називають *зенітною відстанню світила*, – дугу вертикалі $Z\sigma$, від зеніту до світила. Зенітна відстань $z = 90^\circ - h$.

Горизонтальні координати світила обчислюють за допомогою нерівності

$$0 \leq a < 360^\circ, \quad -90^\circ \leq h \leq 90^\circ \text{ або } 0 \leq z \leq 180^\circ.$$

На небесній сфері азимута світила відповідає кут біля зеніту між дугою меридіана ZN і дугою вертикалу ZM .

У горизонтальній площині азимут світила вимірюють за допомогою кута NOM між північним напрямком ON астрономічного меридіана Землі та проекцією OM напрямку на світило на цю площину. Отже, азимут світила дорівнює астрономічному азимуту напрямку на нього із точки спостереження.

У практиці топогеодезичних робіт артилерійських підрозділів незначними розходженнями між астрономічними та геодезичними азимутами напрямку, що виникли через невеликі відхилення відповідних ліній від нормалей до земного еліпсоїда, а нехтують як геодезичними, так і астрономічними азимутами напрямку називають істинними азимутами. З цієї точки зору істинний азимут направлення на світило рівний азимуту світила. Визначення азимута світила є основою розв'язання задачі з визначення дирекційних кутів орієнтирних направлень з астрономічних спостережень.

Висоті світила відповідає кут $MO\sigma$ у вертикальній площині. Цей кут може бути виміряний теодолітом. Вимірювання не дає точного результату внаслідок астрономічної рефракції світла – переломлення в атмосфері променів, що йдуть від світила. Виміряна приладом висота світила буде більшою від його дійсної висоти.

Унаслідок добового обертання небесної сфери кожне світило описує мале коло, паралельне екватору (рис. 4.7).

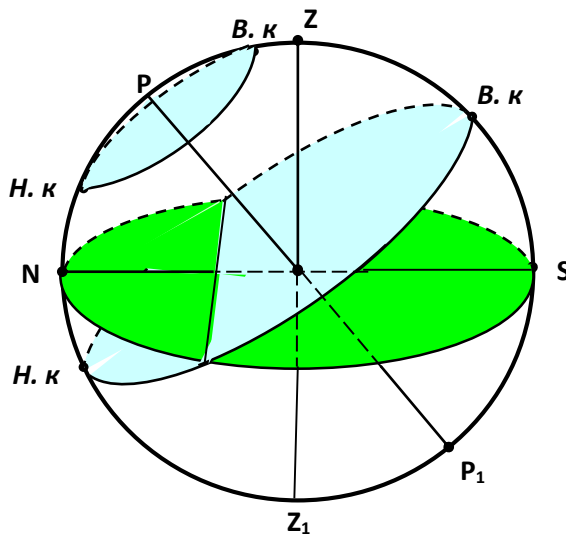


Рисунок 4.7 – Кола добового руху світил:

В. к – верхня кульмінація світила,

Н. к – нижня кульмінація світила

Площина кола добового руху світила нахилена до площини горизонту, тому висота світила має в пересіченні південної частини небесного меридіана або, як кажуть, у момент *верхньої кульмінації*. Найменша висота світила буває в момент *нижньої кульмінації*: коли пересічення ним північної частини PNP_1 небесного меридіана.

Разом із висотою світила змінюється також його азимут. Азимут світила, верхня кульмінація якого проходить між полюсом світу та зенітом точки спостереження (Полярна зірка), змінюється в межах від 0 до деякого максимального значення α і від $360^\circ - \alpha$ до 360° , набуваючи кожного значення в цих межах двічі на добу. Азимут усіх інших світил змінюється в межах від 0 до 360° .

За умов перетину таких світил південної частини небесного меридіана його азимут дорівнює 180° , перетину північної частини – 0 або 360° .

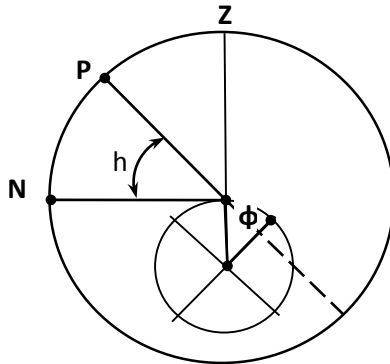


Рисунок 4.8 – Меридіанний переріз Землі та небесної сфери

Якщо світило знаходиться на першій вертикалі, то його азимут дорівнює 90 або 270° . Біля меридіана навіть невеликим змінам висоти світила відповідають значні зміни його азимута. Зміни азимутів світил нерівномірні.

Горизонтальні координати світил на один і той самий момент часу в різних точках земної поверхні мають різноманітні значення.

Визначимо горизонтальні координати полюса світу. Вочевидь, що його азимут $\alpha = 0^\circ$ для будь якої точки спостереження.

Висота полюса світу дорівнює астрономічній широті точки спостереження. Дійсно, на рисунку 4.8, на якому зображено кут h (висота полюса світу) та кут φ (астрономічна широта точки спостереження) рівні як кути з відповідно перпендикулярними сторонами. Оскільки різниця між астрономічною широтою φ та геодезичною широтою B точок земної поверхні незначні, то в подальшому будемо передбачати, що висота полюса світу $h = B$, а його зенітна відстань $Z = 90^\circ - B$.

Перша екваторіальна система координат. Ця система небесних координат задається екватором, за початкову точку відліку беруть його південну точку Q (рис. 4.9)

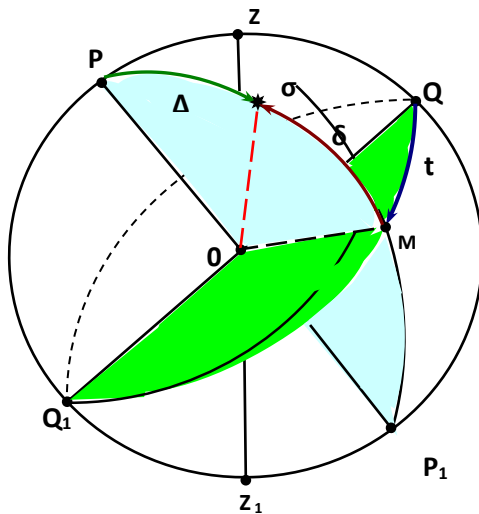


Рисунок 4.9 – Перша екваторіальна система координат

Через полюс світу та світило проведемо велике коло небесної сфери, що називається колом схилення світила. Будь-яке коло схилення перпендикулярне до екватора. Положення світила в першій екваторіальній системі координат

визначають за допомогою двох величин: часового кута і схилення.

Часовим кутом t світила називається кут біля смуги між південною частиною меридіана та колом схилення світила, вимірами іншого екватора QM від його південної точки Q до кола схилення світила за часовою стрілкою.

Схиленням світила δ називається дуга $M\sigma$ кола схилення від екватора до світила. Якщо світило знаходиться в північній частині небесної сфери, його схилення позитивне; в південній частині сфери – негативне.

Інколи замість схилення за світило беруть іншу величину, що називається полярною відстанню світила, – дугу кута схилення $P\sigma$ від Північного полюса світу до світила. Останню позначають буквою Δ . Вочевидь, що $\Delta = 90^\circ - \delta$.

Зважаючи на те, що небесна сфера повертається з постійною кутовою швидкістю, то часовий кут достатньо віддаленого світила, що не змінює свого положення на сфері, зростає прямо пропорційно часу. У зв'язку з цим часові кути світил зручно вимірювати в часовій мірі: $0 \leq t < 24 h$.

Сонце має власний рух на небесній сфері, виражений його переміщенням по екліптиці. Добова рухливість Сонця нерівномірна. Тому й часовий кут центру диска Сонця змінюється нерівномірно. Іншою істотною причиною, що викликає нерівномірність зміни часового кута центру диска Сонця є те, що Сонце рухається вздовж екліптики, а часові кути вимірюють за екватором. Унаслідок неоднакового нахилення екліптики до екватора на різних частинах, що дорівнюють дугам екліптики, співвідносяться різні за величиною проєкції на екваторі.

Оскільки кола добового руху зірок паралельні екватору, то добовий рух небесної сфери не викликає змін схилення зірок.

Вияснимо залежність часового кута світила від положення точки світила на поверхні Землі.

Напрямок на світило в площині небесного екватора з двох неоднакових точок на Землі однакові тому, що розміри Землі дуже малі порівняно з відстанню до найближчих світил. Площини небесних меридіанів точок спостереження з довготами L_1 та L_2 утворюють між собою кути, що дорівнює $L_2 - L_1$. Тому й часові кути світила, яке спостерігають із цих точок одночасно, будуть розрізнятися на таку саму величину, а саме:

$$t_2 - t_1 = L_2 - L_1. \quad (4.6)$$

Ця обставина дозволяє часовому куту світила t для меридіана з довготою L виразити через часовий того ж самого світила на меридіані Гринвіча t_0 формулою

$$t = t_0 + L. \quad (4.7)$$

Із формули (4.6) випливає, що зміна довготи точки спостереження на 15° викликає зміни часового кута світила також на 15° або на $1\ h$ у часовій мірі.

Друга екваторіальна система координат. Ця система небесних координат, як і перша екваторіальна система, задається екватором, а за первинну точку відліку тепер беруть точку весняного рівнодення γ (рис. 4.10)

У другій екваторіальній системі координат положення світила розраховане проти руху часової стрілки.

Інколи замість прямого сходження світила за його координати беруть величину $\tau' = 360^\circ - \alpha$, названу зірковим доповненням. Як значення величини α , так і значення величини τ' заключні в межах від 0 до 360° .

За допомогою координати α встановлюють зв'язок між часовим кутом точки весняного рівнодення та часовим кутом будь-якого світила. На рисунку 4.10 видно, що

$$t_\gamma = t + \alpha, \quad (4.8)$$

де t_γ – часовий кут точки весняного рівнодення;

t – часовий кут світила;

α – пряме сходження світила.

Положення екватора на небесній сфері та точки Y на ньому не належать до місця спостереження на поверхні Землі. Тому екваторіальні координати світил δ і α однакові для всіх точок земної поверхні. Добове обертання небесної сфери також не викликає зміни цих координат світил паралельних екватору й точок весняного рівнодення, що разом із небесною сферою беруть участь у її добовому обертанні.

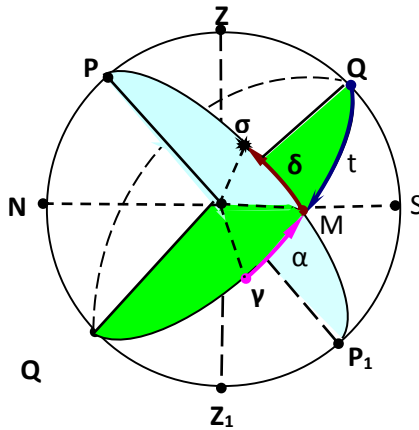


Рисунок 4.10 – Друга система екваторіальних координат

Екваторіальні координати світил змінюються з часом унаслідок прецесії та нутації осі світу та внаслідок зміни положення світил у просторі стосовно Землі.

Екваторіальні координати зірок визначають в обсерваторіях за допомогою високоточних кутомірних приладів і після внесення в них різних поправок, розміщених в зіркових каталогах, використовуваних у подальшому для розроблення астрономічних таблиць та для інших цілей.

Оскільки координати зірок змінюються повільно, то під час розв'язання задач з астрономічного орієнтування в інтересах артилерії їх задають на місяць спостереження.

Пряме сходження Сонця змінюється протягом року на 360° , а його схилення змінюється в межах від $-23^\circ 27'$ до $+23^\circ 27'$. З 21 березня до 23 вересня, коли Сонце знаходиться в північній частині небесної сфери (над екватором), його схилення позитивне, а в інший час року – негативне. У березні та вересні часові зміни схилення Сонця досягають $1'$. Оскільки схилення Сонця змінюється швидко, то його доводиться задавати на кожну хвилину часу.

Вимірювання часу

Визначення небесних координат світил пов'язано з вимірюванням часу.

Історично в основу вимірювання часу лягли періодичні процеси, обумовлені обертанням Землі навколо своєї осі та обертання небесної сфери навколо осі світу і руху Сонця по екліптиці й тим самим безпосередньо доступні спостереженню.

Основними одиницями вимірювання часу в астрономії є тропічний рік і зоряна доба.

Тропічним роком називається проміжок часу між двома послідовними проходженням центру диска Сонця через точку весняного рівнодення. Тропічний рік дорівнює періоду повного обертання Землі навколо Сонця.

Зоряною добою називається проміжок часу між двома послідовними верхніми (або нижніми) кульмінаціями точки весняного рівнодення на одному й тому самому меридіані. У час зоряної доби Земля здійснює повний оберт навколо своєї осі щодо точки весняного рівнодення. Численні спостереження встановили, що в тропічному році 366,242 2 зоряних діб.

Зоряну добу поділяють на 24 зоряних години, зоряна година – на 60 зоряних хвилин, зоряну хвилину – на 60 зоряних секунд. Час пройдений від моменту верхньої кульмінації точки весняного рівнодення на цьому меридіані до якогось іншого моменту, виражений у зоряних часах, хвилинах, секундах, умовно називають зоряним часом. Зоряний час на різних меридіанах в один и той самий фізичний момент часу різний.

Установимо зв'язок між зоряним часом s на даному меридіані з часовим кутом t_γ точки весняного рівнодення. На момент верхньої кульмінації точка γ знаходиться в південній точці небесного екватора, від якої відраховують дуги, при вимірюванні часових кутів. На цей момент $s = 0$ і $t_\gamma = 0$. За 24 години зоряного часу точка γ , рухаючись рівномірно по екватору, опише дугу, що дорівнює 24 h у часовій мірі; за 1 г – дугу, що дорівнює 1 h; за 1 хв – дугу, що дорівнює 1 m тощо. Отже, зоряний час на цьому меридіані чисельно дорівнює часовому куту точки весняного рівнодення, вираженому в часовій мірі, а саме: $s = t_\gamma$

Іншими словами, зоряний час на меридіані вимірюють часовим кутом точки весняного рівнодення на цьому меридіані.

Зоряний час можна виразити через часовий кут t і пряме сходження α будь якого світила.

Із формули (4.8) одержали

$$s = t + \alpha. \quad (4.9)$$

Залежність (4.9) між величинами s та t на практиці використовують для визначення часового кута зірки, необхідного під час розрахування або визначення її азимута.

Зірковий час не узгоджується зі зміною дня та ночі, тому він непридатний для використання в повсякденному житті.

Зазвичай облік часу ведуть відповідно до положення Сонця на небесній сфері. Проміжок часу між двома послідовними однойменними кульмінаціями центру диска Сонця на цьому меридіані називається *істинною сонячною добою*. Момент верхньої кульмінації центру диска Сонця називається істинним полуднем, момент нижньої кульмінації – істинною північчю.

За початок відліку часу за Сонцем беруть істинну північ.

Час, пройдений від істинної півночі на даному меридіані до якого-небудь іншого моменту, вираженого в частотах істинних сонячних діб, називають *істинним сонячним часом* і позначають m_0 .

Вимірювання істинного сонячного часу пов'язане з урахуванням зміни часового кута t_0 центру диска Сонця.

Оскільки до моменту початку істинних сонячних діб $t_0 = 12^h$, то в першій половині істинних сонячних діб – від істинної півночі до істинного полудня – істинний сонячний час $m'_0 = t_0 - 12$.

В істинний полудень $m_0 = 12$, а $t_0 = 0$. Тому в другій половині істинних сонячних діб, після істинного полудня, істинний сонячний час $m''_0 = t_0 + 12$.

Користуючись властивостями періодичності часових кутів, перепишемо вираження для m' до виду $m'_0 = t_0 - 12 + 24 = t_0 + 12$.

Отже, для будь якого моменту часу зв'язок між істинним сонячним часом на даному меридіані та часовим кутом центру диска Сонця виражений формулою

$$m_0 = t_0 + 12 \quad (4.10)$$

Як бачимо, часовий кут Сонця змінюється нерівномірно. Тому довготривалість істинних сонячних діб різна. Різниця між найдовшими та найкоротшими істинними сонячними добами складає 51 с. Нерівномірність системи обчислення істинного сонячного часу робить її незручною для

практичних цілей. На практиці для вимірювання часу використовують середню сонячну добу та її частки: середніми сонячними годинами, хвилинами, секундами.

Визначення середніх сонячних діб пов'язане з поняттям середнього екваторіального Сонця – фіктивної точки, що рівномірно рухається по екватору в тому самому напрямку, що й Сонце по екліптиці, та виконує повний оберт за один тропічний рік. *Середньою сонячною добою* називають проміжок часу між послідовними однойменними кульмінаціями середнього Сонця на одному й тому самому меридіані. Середні сонячні години, хвилини та секунди є тими одиницями вимірювання часу, якими люди користуються в повсякденному житті.

Час, що минув від моменту нижньої кульмінації середнього Сонця на даному меридіані (середньої півночі) до якого-небудь іншого моменту, виражений у частках середніх сонячних діб, називають *середнім сонячним часом* і позначають *t*.

Середнє екваторіальне Сонце рухається по екватору таким, що його часовий кут дорівнює часовому куту істинного Сонця 15 квітня, 14 червня, 1 вересня та 24 грудня. У ці дні настає момент, коли на кожному меридіані середній сонячний час дорівнює істинному сонячному часу. За винятком цих моментів, істинний та середній сонячний час не співпадають. Різниця між середнім та істинним часом називають *рівнянням часу* та позначають η .

Рівняння часу змінюється в межах від 16 хв 24 с (2 листопада) до 14 хв 22 с (11 лютого) та є періодичною величиною з періодом, що дорівнюють тропічному року. Значення рівняння часу дають щорічно в астрономічних календарях для середньої півночі кожних діб на Гринвіцькому меридіані. З допомогою рівняння часу η установлюють зв'язок

між значенням середнього сонячного часу m на певний момент та величиною часового кута t центру диска Сонця на той самий момент, а саме

$$m = m_o + \eta = (t_o + 12) + \eta. \quad (4.11)$$

Залежність (4.11) далі буде використовуватися для визначення часового кута Сонця.

Середній сонячний час виражають через часовий кут середнього Сонця. Останній залежить від довготи точки спостереження. Під час зміни довготи точки на 15° часовий кут середнього Сонця змінюється на 1г . З формули (4.11) видно, що на стільки ж одиниць часу зміниться й середній сонячний час. Використання на кожному меридіані його місцевого середнього сонячного часу в умовах економічних зв'язків почало призводити до відчутних незручностей. Для їх усунення в багатьох країнах починаючи з кінця XIX століття ухвалено поясну систему відліку часу. Відповідно до неї вся поверхня Землі розділена умовними межами на 24 часові пояси. На всій території поясу відлік часу ведуть за місцевим середнім сонячним часом основного меридіана. Основні меридіани проходять у середині поясів і мають довжини, що дорівнюють 15° . Тому поясний час двох сусідніх часових поясів відрізняється рівно на одну годину.

Нумерацію часових поясів здійснюють від 0 до 23. Основний меридіан нульового поясу проводять по Гринвіцькому меридіану, що має довготу $L = 0$. Середній сонячний час Гринвіцького меридіана називають *всесвітнім часом* та позначають T_o . Він і є поясним часом нульового поясу. Поясний час T_n часового поясу з номером n виражають через всесвітній час за формулою

$$T_n = T_o + n. \quad (4.12)$$

Україна розташована в другому часовому поясі.

Прийнятий в Україні час називають *київським часом*. Київський час T_k та всесвітній час T_o пов'язані залежністю

$$T_k = T_o + 2, \quad \text{або} \quad T_o = T_k - 2.$$

Крім того, на весняно-літній період у країні вводять літній час T_l (стрілки годинників переводять на одну годину вперед). Це необхідно враховувати під час обчислення часового кута та схилення Сонця та зірок, оскільки Збірник астрономічних таблиць розрахований для київського зимового часу.

$$T_k = T_l - 1. \quad (4.13)$$

Зберігання часу. Одержанням, зберіганням та передаванням точного часу займається Служба часу. Незалежно від астрономічних спостережень в обсерваторіях одержують моменти точного зіркового часу. За зірковим часом можна вирахувати точний місцевий середній час.

Зіставимо одиниці вимірювання зіркового й середнього сонячного часу. За початковий візьмемо момент, коли зірковий та середній час співпадають. Це явище є щорічним на момент проходження Сонця через точку осіннього рівнодення – 22 вересня. Черговий збіг зіркового та середнього сонячного часу відбувається лише після закінчення тропічного часу, коли середнє Сонце здійснивши обхід небесної сфери по екватору, повернеться в точку осіннього рівнодення. Оскільки річний рух середнього Сонця є зворотнім щодо добового обертання небесної сфери, то за тропічний рік середнє Сонце здійснює навколо осі світу на один оберт менше, ніж небесна сфера. Отже, в тропічному році число середніх сонячних діб на одиницю менше, ніж число зоряних діб, тобто $366,2422$ зор. діб = $365,2422$ сер. діб.

Звідси бачимо, що кожна одиниця вимірювання середнього сонячного часу в $1,002738$ рази більша однойменної одиниці вимірювання зіркового часу, тобто 1 сер. доба = $1,002738$ зоряної доби, 1 година середнього часу = $1,002738$ години зоряного часу тощо. За допомогою цих співвідношень виконують переведення проміжків зіркового часу в проміжки середнього сонячного часу.

Зірковий час та середній сонячний час зберігаються за допомогою астрономічних годинників високої точності (кварцових, атомних та ін.). Знати точний час необхідно для розв'язання багатьох наукових та практичних задач, зокрема для розв'язання задач астрономічного орієнтування. Для задоволення цих потреб Служба часу передає по радіо сигнали декретного часу – шість звукових точок. Останній сигнал відповідає початку чергової години середнього сонячного часу.

У побутових умовах час, установлений за радіосигналами, зберігається за допомогою механічних або електронних годинників. Точність ходу цих годинників недостатня для безпосереднього визначення моментів точного часу. Тому для одержання моментів точного часу в показання годинників доводиться вводити поправки.

Поправкою годинників називається різниця між точним часом та показанням годинників. Якщо на момент перевірки годинників за сигналами точного часу T_m вони показували час T_c , то поправку годинників обчислюють за формулою

$$u = T_k - T_c. \quad (4.14)$$

Поправка годинників змінюється з часом, оскільки годинники або спішать, або відстають. Зміна поправки годинників за одну годину називається *ходом годинників*. Хід годинників визначають за результатами двох перевірок. Якщо на першій перевірці поправка годинників була u_1 , а на другій u_2 , то хід годинників

$$\omega = \frac{u_2 - u_1}{n}, \quad (4.15)$$

де n – кількість годин між першою та другою перевіркою.

Під час перевірки годинників для визначення їх ходу стрілки не переводять.

Знайдемо поправку годинників та точний час на момент T' за показаннями годинників. Якщо між останньою перевіркою годинників і певним моментом пройшло t годин часу, то

$$u = u_2 + \omega t, \text{ а } T_k = T' + u.$$

Визначення координат світил

Польові роботи під час астрономічного орієнтування

Під час астрономічного орієнтування польові роботи виконують з метою вимірювання горизонтального кута Q (рис. 4.1) між напрямком на орієнтир і на світило та фіксують момент часу T_k спостереження світила. Кут Q розраховують від напрямку на орієнтир до напрямку на світило проти ходу годинникової стрілки.

Якщо частина неба закрита хмарами, то для знаходження зірки необхідно завчасно знайти її координати: азимут і висоту. Азимут Полярної зірки приблизно дорівнює $360^\circ \pm 1^\circ 15'$, а її висота – широті точки стояння. Координати Бетельгейзе, Веги та Арктура визначають за часовим кутом на можливий момент спостереження за допомогою графіка (рис. 4.11)

За графіком визначають азимут a та висоту h світила. На приладі, який орієнтують за магнітною стрілкою, встановлюють на шкалах горизонтального і вертикального кругів відліки, що дорівнюють азимуту a та висоти h зірки. Після встановлення відліків, зорова труба буде направлена на ту ділянку неба, де розташована зірка.

Відшукавши зірку в полі зору труби, наводять на її зображення перехрестя сітки приладу та записують відліки за горизонтальним і вертикальним кругами. Ці відліки використовують у подальшому для наведення зорової труби на зірку. Так само знаходять Полярну зірку під час сутінків, коли її не видно на небозводі неозброєним оком.

Кутові вимірювання виконують за допомогою теодоліта або перископічної артилерійської бусолі ПАБ-2А. Якщо

спостереження світил здійснюють на висотах більше ніж 3-00, застосовують окулярну насадку до теодоліта та азимутальну насадку АНБ-1 до бусолі. Моменти наведення на світило відзначають за годинником за київським часом. У день спостереження годинник перевіряють за сигналами точного часу.

Найбільш істотно впливає на точність вимірювання горизонтальних кутів між напрямками на орієнтир та світило, розташовані на різних висотах, непаралельність площини горизонтального круга приладу до площини істинного горизонту, а для АНБ-1 похибки встановлення рівня азимутальної насадки. Тому перед виконанням спостережень здійснюють перевірку перпендикулярності осі рівня горизонтального круга до вертикальної осі теодоліта та його нівелювання. Для АНБ-1 здійснюють перевірку встановлення рівня азимутальної насадки.

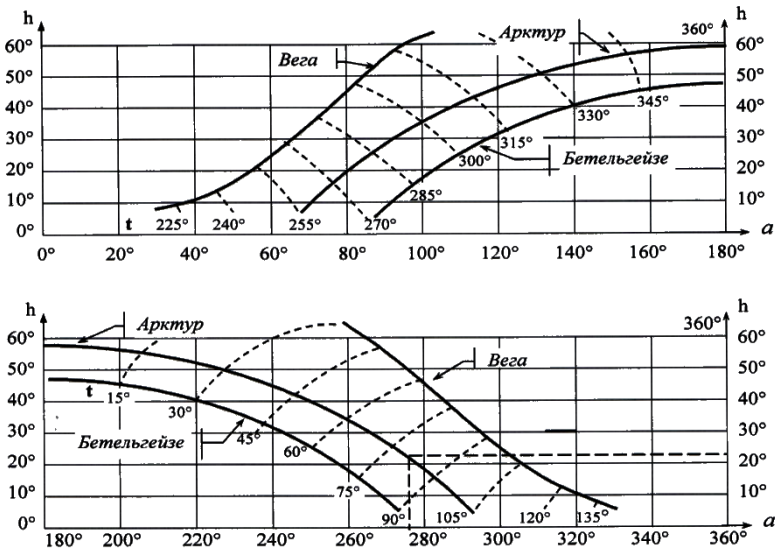


Рисунок 4.11 – Графік визначення часового кута зірок

Під час визначення дирекційних кутів за допомогою астрономічного способу вдень спостерігають Сонце, а вночі – Полярну зірку або одну з зірок: Бетельгейзе (α Оріона), Вега (α Ліри), Арктур (α Волопаса). Знаходження зірок на небозводі здійснюють відповідно до сузір'я Великої Ведмедиці (рис. 4.12), яке добре розпізнається за розташуванням його семи зірок у вигляді ковша з ручкою.

Для знаходження Полярної зірки треба умовно провести відрізок, що поєднує дві крайні зірки ковша Великої Ведмедиці та продовжити його на п'ятикратну відстань. Полярна зірка є крайньою зіркою ручки ковша Малої Ведмедиці (зірка α цього сузір'я).

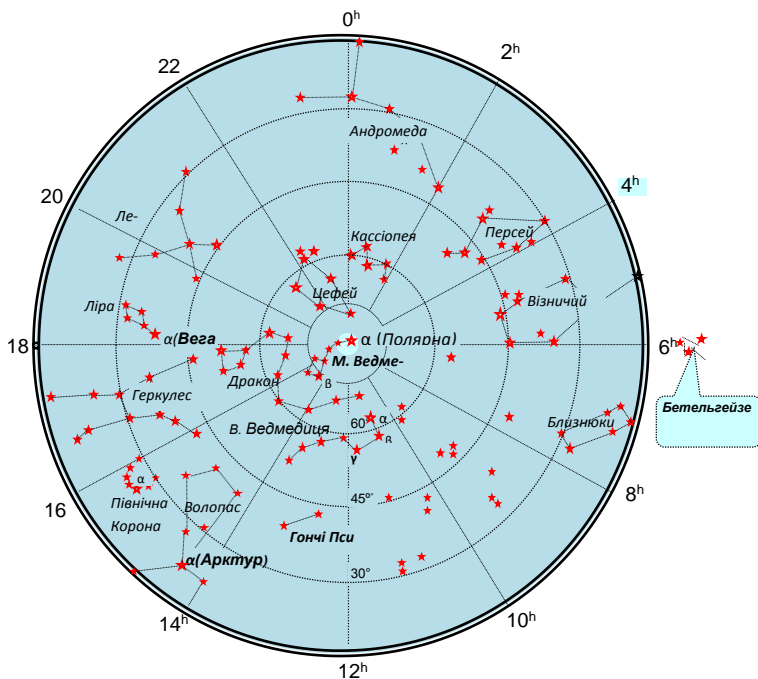


Рисунок. 4.12 – Карта основних сузір'їв північної кулі

На дугоподібному продовженні ручки ковша Великої Ведмедиці знаходиться червонувата зірка Арктур. Бетельгейзе й Вега розташовані на прямій, що проходить через Полярну перпендикулярно до відрізка, що поєднує Полярну із зіркою γ Великої Ведмедиці. Бетельгейзе має червоний колір.

Під час спостереження зірки вертикальну лінію сітки наводять на зірку як у точку. Для того щоб зображення зірки потрапило в поле зору труби, вона повинна бути сфокусована на нескінченність. Поле зору труби підсвічується.

Під час спостереження Сонця вертикальну лінію сітки наводять на центр його диска. На рисунку 4.13 показано положення диска Сонця в полі зору труби теодоліта за вертикальним положенням круга: круг «праворуч» і круг «ліворуч». За умови правильного наведення два малих сегмента, що відсікаються горизонтальною лінією, однакові.

Круг «праворуч» Круг «ліворуч»

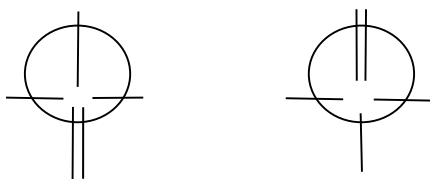


Рисунок 4.13 – Наведення сітки зорової труби теодоліта на диск Сонця

Якщо спостереження за Сонцем здійснюють за допомогою бусолі ПАБ-2А з азимутальною насадкою, то його диск вводять у центральний квадрат візира. Спостерігати за Сонцем необхідно тільки зі світлофільтром.

Польові вимірювання та оброблення їх результатів.
З метою забезпечення високої точності визначення дирек-

ційних кутів горизонтальний кут Q між напрямками на орієнтирну точку та світило вимірюють не менш ніж двома прийомами. Кожний прийом складається з двох напівприймів: за вертикальним положенням круга – круг «праворуч» і круг «ліворуч».

Перший напівприйом під час положення круга «праворуч» виконують у такій послідовності:

1. Наводять зорову трубу на орієнтирну точку, зчитують відлік за горизонтальним кругом і записують у журнал спостережень.

2. Наводять зорову трубу на світило й супроводжують його. За командою спостерігача записувальний номер, фіксує відлік за годинником із точністю до однієї секунди. Спостерігач, припиняє супроводження світила, зчитує відлік за горизонтальним кругом теодоліта. Час спостереження та відповідний до нього відлік записують у журнал спостережень.

Для виконання другого напівприйому – круг «ліворуч» – зорову трубу переводять через зеніт, а потім виконують ті самі операції, що й під час круга «праворуч», але у зворотньому порядку:

1. Наводять зорову трубу на світило та знімають відлік за годинником і горизонтальним кругом.

2. Наводять зорову трубу на орієнтирну точку, зчитують відлік за горизонтальним кругом. Цей відлік не повинен відрізнятись від відліку на орієнтирну точку, який отримали під час визначення круга «праворуч», більш як на $1' (\pm 180^\circ)$ під час роботи з теодолітом. Якщо відлік відрізняється на більшу величину, то це свідчить про можливе зміщення горизонтального круга в ході роботи, а отже напівприйом повторюють.

Необхідно прагнути до того, щоб проміжок часу між спостереженнями світила (зняттям відліків) за положенням

горизонтального круга – круг «праворуч» і круг «ліворуч» був найменшим.

Другий напівприйом спостережень починають тоді коли й круг «ліворуч» та виконують аналогічно першому напівприйому.

Відліки кутів і часу кожний раз записують у журнал спостережень світила. Приклад оформлення журналу показаний на бланку 4.1.

Результати польових вимірювань обробляють для кожного напівприйому окремо та обчислюють:

1. Середнє значення відліків за годинником у напівприйомах:

$$T'_{сер} = \frac{1}{2} (T_1 + T_2), \quad (4.16)$$

де T_1 – відлік за годинником у першому напівприйомі;

T_2 – відлік за годинником у другому напівприйомі.

2. Поправку годинника u на момент $T'_{сер}$:

$$u = u_2 + \omega (T'_{сер} - T_4), \quad (4.17)$$

де u_2 – поправка годинника на момент останнього вивірення;

ω – поправка ходу годинника за 1 годину (формула 1.9);

T_4 – час останнього вивірення.

3. Середній момент спостереження світила в напівприйомі за київським часом:

$$T_{ксер} = T'_{сер} + u. \quad (4.18)$$

4. Середній відлік за горизонтальним кругом за умов наведення зорової труби на орієнтирну точку в першому і в другому напівприйомах:

$$M = \frac{M_{кп} + (M_{кл} \pm 180^\circ)}{2}, \quad (4.19)$$

де $M_{кп}$ – відлік на крузі «праворуч» ;

$M_{кл}$ – відлік коли круг «ліворуч» .

5. Середнє значення відліків за горизонтальним кругом під час наведення зорової труби на світило в першому та другому напівприйомах:

$$C = \frac{C_{кп} + (C_{кл} \pm 180^\circ)}{2} \quad (4.20)$$

де $C_{кп}$ – відлік на крузі «праворуч» ;

$C_{кл}$ – відлік на крузі «ліворуч».

6. Горизонтальний кут між напрямками на світило та орієнтирну точку:

$$Q = M_{сер} - C_{сер}. \quad (4.21)$$

Величини $T_{ксер}$ в Q у подальшому застосовують під час обчислення дирекційного кута орієнтирного напрямку.

За умови *обмеженого часу* застосовують такий порядок спостережень:

1. Наводять зорову трубу на орієнтирну точку та зчитують відлік за горизонтальним кругом.

Бланк 4.1 – Журнал спостереження світила

Дата: « » 20... р. В = 50° 53' 20" L = 34° 47' 35"

Точка стояння	Об'єкт, що спостеріг.	Час спостереження	Відлік за горизонт. кругом	
Перший напівприйм				
Круг «праворуч»				
ВП-2	Ор. 2	–	18° 43' 50"	
	Сонце	11 год 20 хв 32 с	284° 19' 50"	
	Круг «ліворуч»			
	Сонце	11 год 23 хв 20 с	105° 00' 40"	
	Ор. 2	–	198° 44' 00"	
		+ $T'_{сер} = 11 \text{ год } 21 \text{ хв } 56 \text{ с}$ $u = -46 \text{ с}$	$M_{сер} = 18^\circ 43' 55''$ $C_{сер} = 284^\circ 40' 15''$	
		$T_{ксер} = 11 \text{ год } 21 \text{ хв } 10 \text{ с}$	$Q = 94^\circ 03' 40''$	
	Другий напівприйм			
	Круг «ліворуч»			
	Ор. 2	–	198° 43' 50"	
Сонце	11 год 28 хв 20 с	106° 11' 40"		
Круг «праворуч»				
Сонце	11 год 31 хв 12 с	286° 53' 10"		
Ор. 2	–	18° 43' 40"		
	+ $T'_{сер} = 11 \text{ год } 29 \text{ хв } 46 \text{ с}$ $u = -46 \text{ с}$	$M_{сер} = 18^\circ 43' 45''$ $C_{сер} = 286^\circ 32' 25''$		
	$T_{ксер} = 11 \text{ год } 29 \text{ хв } 00 \text{ с}$	$Q = 92^\circ 11' 20''$		

2. Наводять зорову трубу на світило та здійснюють послідовне трикратне спостереження світила через рівні проміжки часу (1–2 хвилини) за умови вихідного положення вертикального круга «праворуч» або «ліворуч», знімаючи під час кожного наведення відліки за годинником та за горизонтальним кругом приладу.

3. Здійснюють контроль за правильністю спостережень, обчислюючи різницю між другим і першим відліками, а також – різницю між третім і другим відліками за горизонтальним кругом приладу під час наведення на світило. Розходження цих різностей не повинно перевищувати 3,0' під час роботи з теодолітом і 0-02 – під час роботи з бусоллю. Якщо розходження різностей допустиме, то повторно наводять зорову трубу на орієнтирну точку та знімають відлік за горизонтальним кругом приладу. Збіг відліків під час візування на орієнтирну точку означає, що положення приладу в процесі роботи не змінилось.

Під час оброблення результатів трикратного спостереження світила через однакові проміжки часу за середній відлік за годинником $T'_{сер}$ беруть відлік під час другого наведення труби на світило. За середній відлік за горизонтальним кругом на світило $C_{сер}$ беруть або відлік під час другого наведення труби на світило, або середнє значення усіх трьох відліків за горизонтальним кругом. Середній із відліків за горизонтальним кругом на орієнтирну точку $M_{сер}$ визначають за результатами наведення приладу на неї на початку і в кінці спостережень.

Приклад заповнення журналу спостережень світила через рівні проміжки часу наведений у бланку 4.2.

Під час здійснення кутових вимірювань за допомогою перископічної артилерійської бусолі ПАБ-2А на місцевості визначають безпосередньо кут Q або β .

Вимірювання кута Q виконують у такому порядку:

1. Установлюють бусоль, ретельно горизонтують і закріплюють азимутальну насадку на патрубку монокуляра бусолі.

2. Обертанням барабана механізму вертикальної наводки монокуляра бусолі виводять на середину бульбашку рівня азимутальної насадки.

3. Обертанням діоптрійного кільця окуляра візира добиваються різкого зображення сітки.

Бланк 4.2 – Журнал спостережень світила

Дата: _____ р. $B = 49^{\circ} 52,5'$; $L = 32^{\circ} 27,5'$

Точка стояння	Об'єкт, що спостерігають	Час спостереження	Відлік за горизонтальним кругом	Різниця
ВП-2	Ор. 1	–	$40^{\circ} 28' 30''$	
	Зірка Вега:			$10'50''$
	1 наведення	23 год 29 хв 00 с	$177^{\circ} 13' 40''$	
	2 наведення	23 год 30 хв 00 с	$177^{\circ} 24' 30''$	
	3 наведення	23 год 31 хв 00 с	$177^{\circ} 35' 50''$	
	Ор. 1	–	$40^{\circ} 28' 20''$	
		$T'_{cp} = 23 \text{ год } 30 \text{ хв } 00 \text{ с}$ $+ u = \quad \quad \quad 44 \text{ с.}$ <hr/> $T_{cp} = 23 \text{ год } 30 \text{ хв } 44 \text{ с}$	$M_{cp} = 40^{\circ} 28' 25''$ $C_{cp} = 177^{\circ} 24' 40''$ <hr/> $Q = 223^{\circ} 03' 45''$	

4. Наводять перехрестя візира на орієнтир і встановлюють по кутомірних (червоних) шкалах бусолі відлік 0-00.

5. Обертанням маховичка відлікового механізму та зміною положення візира у вертикальній площині вводять світило у квадрат.

6. Перевіряють установлення бульбашки рівня й за необхідності виводять її на середину.

7. За допомогою маховичка відлікового механізму бусолі та маховичка вертикальної наводки азимутальної насадки супроводжують світило, утримуючи його у квадраті азимутальної насадки.

8. За командою «Увага! Стій!» супроводження припиняють і зчитують відлік із кутомірного кільця та барабанчика (Q_1) і фіксують час вимірювання.

9. У такому самому порядку продовжують супроводжувати світило до одержання ще двох відліків (усього три) через рівні проміжки часу (1–2 хвилини).

Бланк 4.3 – Журнал спостережень світила

Дата: _____ р. $B = 47^{\circ}42,5'$; $L = 29^{\circ}22,5'$

Точка стояння	Об'єкт, спостер.	Час спостереження	Відлік	Різниця
ВП-2	Ор. 1	–	0-00	
	Сонце:			
	1	11 год 6 хв 00 с	45-55	0-06
	2	11 год 7 хв 00 с	45-61	0-07
	3	11 год 8 хв 00 с	45-68	
	Ор. 1	–	59-99	
		$T'_{\text{сер}} = 11 \text{ год } 07 \text{ хв } 00 \text{ с}$ $+ u = \text{-----} - 25 \text{ с}$ $T_{\text{сер}} = 11 \text{ год } 06 \text{ хв } 35 \text{ с}$	$Q = 45-62$	

10. Знаходять різницю між другим та першим відліками, а також між третім та другим відліками. Розходження цих відліків не повинно перевищувати 0-02. Під час виконання цих умов переводять насадку на орієнтир, зчитують відлік і порівнюють із першим відліком за орієнтиром. Розходження відліків також не повинно перевищувати 0-02.

За середній відлік за годинником беруть відлік за другим вимірюванням, а за середнє значення кута Q – або його значення за другим виміром, або середнє арифметичне з трьох вимірювань.

Для вимірювання кута β (рис. 4.1) необхідно встановити на бусольних шкалах нульовий відлік, а потім маховичком установчого механізму навести перехрестя насадки на оріє-

нтир. Зчитування відліків здійснюють за бусольними шкалами. У подальшому роботу виконують у такому самому порядку.

Визначення екваторіальних координат небесних світил

Для визначення азимута світила необхідно знати його часовий кут та схилення. Часові кути та схилення світил визначають за допомогою Збірника астрономічних таблиць.

Часовий кут Сонця розраховують за датою за київським часом його спостереження T_k і за довготою точки спостереження L .

Залежність часового кута будь-якого світила від довготи точки спостереження визначають за формулою (4.7)

$$t = t_0 + L,$$

де t_0 – часовий кут світила на меридіані Гринвіча.

Із формули (4.11) випливає, що часовий кут Сонця на цьому меридіані в момент m за місцевим сонячним часом можна визначити так $t_0 = m - \eta - 12$. А враховуючи, що для меридіана Гринвіча $m = T_0 = T_k - 2$, то $t_0 = (T_k - 2) - \eta - 12$. Звідси, скориставшись властивістю періодичності часового кута, одержимо:

$$t_0 = (T_k - 2) - \eta - 12 + 24 \quad \text{або} \quad t_0 = (T_k + 10) - \eta \quad (4.22)$$

Значення часового кута Сонця на меридіані Гринвіча, розраховані за формулою (4.22) з подальшим переходом від часової міри до градусної, наведені в таблиці 1 Збірника для цілих годин київського часу T_k на кожен дату року, прийнятого під час складання таблиць за вхідний. Там також наведені прирощення часового кута Сонця Δt_h за 1 годину середнього сонячного часу, викликані зміною рівнянь часу.

Для відмінності часу спостереження від табличного до величин T_k та η вводять поправки Δt_1 і Δt_2 .

Поправка Δt_1 у часовій мірі чисельно дорівнює проміжку середнього сонячного часу, що минув від його табличного значення T_k до моменту спостереження $T_k + \Delta T$. Його значення в градусній мірі наведені в таблиці 2 Збірника на кожну хвилину та секунду годинного проміжку.

Поправка Δt_2 зумовлена зміною рівняння часу. Її значення, розраховані на кожну хвилину годинного проміжку, наведені у вигляді таблиць за аргументом Δt_h у нижній частині таблиці 2.

Період значення T_m , що становить 1 добу, містить ціле число раз (365 або 366) на один календарний рік. Тому значення цієї величини повторюються щодоби в будь-якому році. Період величини η , що становить 365,242 2 середніх сонячних діб, не вміщується в ціле число раз на один календарний рік. Тому значення величини η в однакові моменти часу T_m однієї й тієї самої дати вхідного та нового календарного років не співпадають. Під час переходу до нового року це незбіг викликає зміну часового кута Сонця на деяку величину Δt_r . Значення Δt_r наведені в таблиці 3 на кожну дату 2010–2019 рр.

З урахуванням поправок Δt_1 , Δt_2 і Δt_r формула для розрахування часового кута Сонця за таблицями Збірника має такий вигляд:

$$t = t_0 + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_r + L. \quad (4.23)$$

Схилення Сонця δ розраховують за формулою

$$\delta = \delta_0 + \Delta \delta_2 + \Delta \delta_r, \quad (4.24)$$

де δ_0 – значення схилення Сонця для цілих годин київського часу T_m кожної дати вхідного року;

$\Delta \delta_2$ – поправка для відмінності часу спостереження від табличного;

$\Delta \delta_r$ – поправка на початок року.

Значення δ_0 наведені в таблиці 1 Збірника. Там також наведені прирости схилення Сонця $\Delta\delta_h$ за 1 годину середнього часу. Вони не виходять за межі $\pm 1'$ та змінюються повільно. Тому поправку $\Delta\delta_2$ на часовому проміжку вважають пропорційною часу ΔT , яка врахована з точністю до 1 хв. Значення $\Delta\delta_2$ наведені в таблиці 2 за аргументом $\Delta\delta_h$, суміщені із таблицями для значення Δt_2 .

У поправці на схилення Сонця за початок року враховане зрушення початку кожного нового тропічного року щодо початку календарного року. Його значення наведені в таблиці 3 Збірника.

Величини з таблиць 1 і 3 Збірника обрані за київським часом та датою спостереження за світилом. У таблицях зазначені подвійні дати: для простих і для високосних років. У таблиці 1 дати простих років вказані першими, а високосних – другими (в дужках).

Приклад 26. Знайти часовий кут і схилення Сонця на момент $T_m = 16$ год 21 хв 10 с 14 квітня 2012 р. у точці з довготою $L = 32^\circ 15,4'$.

Розв'язання:

1. За датою 14 квітня для високосного року та часу $T_m = 16$ год із таблиці 1 обирають значення величин: $t_0 = 29^\circ 55,8'$; $\delta_0 = 9^\circ 30,1'$; $\Delta t_h = +0,5$; $\Delta\delta_h = +0,9$.

2. У таблиці 2 за $T_m = 21' 10''$ знаходять $\Delta t_1 = 5^\circ 17,4'$, а з таблиці, розміщеної в тому самому стовпці, обирають за $\Delta t_h = +0,5$; $\Delta t_2 = +0,2'$; по $\Delta\delta_h = +0,9$; $\Delta\delta_2 = +0,3$.

Значенням Δt_2 і $\Delta\delta_2$ приписують ті самі знаки, як і в аргументах Δt_h і $\Delta\delta_h$ відповідно.

3. Із таблиці 3 для квітня 2012 р. за датою 14, знаходять $\Delta t_r = -1,8'$, $\Delta\delta_r = -10,5'$.

4. Знаходять часовий кут t , що дорівнює сумі значень t_0 , Δt_1 , Δt_2 , Δt_r і L :

$$t = 29^\circ 55,8' + 5^\circ 17,4' + (+0,2) + (-1,8) + 32^\circ 15,4' = 67^\circ 27,0'$$

5. Розраховують схилення δ , яке дорівнює алгебраїчній сумі величин δ_0 , $\Delta\delta_2$ і $\Delta\delta_r$:

$$\delta = 9^\circ 30,1' + (+0,3) + (-10,5') = 9^\circ 19,9'$$

Часовий кут зірки на меридіані визначають за формулою 4.7 $t = t_0 + L$. Із формули (4.7) випливає, що часовий кут зірки на меридіані Гринвіча $t_0 = S_0 - \alpha$, де S_0 – зірковий час на меридіані Гринвіча на момент часу спостереження зірки, α – пряме сходження зірки, тому $t_0 = S_0 - \alpha + L$.

Значення величини S_0 у градусній мірі наведені в таблиці 1 Збірника для цілих годин київського часу на кожний день вхідного року.

Якщо час спостереження зірки відрізняється від табличного на величину ΔT , то для визначення часового кута на момент $T_k + \Delta T$ до значення S_0 необхідно ввести поправку ΔS . У часовій мірі ця поправка чисельно дорівнює приросту зіркового часу за ΔT одиниць середнього сонячного часу. Відповідно до відношення між одиницями вимірювання часу отримаємо

$$\Delta S = 1,002738 \cdot \Delta T = \Delta T + 0,002738 \cdot \Delta T.$$

У Збірнику астрономічних таблиць поправка ΔS представлена у вигляді двох додатків

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2,$$

де $\Delta S_1 = \Delta T$, $\Delta S_2 = 0,002738 \cdot \Delta T$.

Значення поправок ΔS_1 і ΔS_2 у градусній мірі наведені в таблиці 2 Збірника. Поправки ΔS_1 і Δt_1 для однакових значень ΔT однакові. Тому таблиці для розрахування цих поправок суміщені. Поправку ΔS_2 , враховуючи її мале значення, роблять лише на хвилини часу годинного проміжку.

Щоб скористатися таблицями в наступні роки, до величини S_0 необхідно ввести поправку ΔS_r за початок року, зумовлену тим, що зіркова доба не вміщається в ціле число раз на один календарний рік. З урахуванням поправок ΔS_1 , ΔS_2 , ΔS_r та періодичності величини t формула для визначення часового кута зірки набуває вигляд у:

$$t = S_0 + \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_r - \alpha + L + 360^\circ$$

або $t_0 = S_0 + \Delta S_1 + \Delta S_2 + \tau + L,$ (4.25)

де $\tau = 360^\circ - \alpha + \Delta S_r$.

Значення величини τ наведені в таблиці 4 Збірника їх вибирають із неї з урахуванням місяця та року спостереження.

Схилення зірок змінюються повільно. Їх значення для кожного місяця періоду 2010–2019 рр. наведені в таблиці 4 Збірника.

Приклад 27. Знайти часовий кут і схилення зірки Арктури (α Волопаса) на момент $T_m = 23$ год 20 хв 44 с 17 серпня 2014 р. в точці з довжиною $L = 32^\circ 17,5'$.

Розв'язання:

1. Із таблиці 1 Збірника за датою 17 серпня і часу $T_m = 23$ години вибирають значення $S_0 = 281^\circ 07,9'$.

2. Із таблиці 2 за $T_m = 20$ хв 44 с вибирають поправку $\Delta S_1 = 5^\circ 10,9'$.

У тій самій колонці знаходять $\Delta S_2 = +0,9'$.

3. Из таблиці 4 для зірки Арктур знаходять τ і δ на серпень 2014 р.: $\tau = 145^\circ 56,8'$; $\delta = +19^\circ 06,6'$.

4. Знаходять часовий кут t зірки Арктур за формулою (4.25):

$$t_0 = S_0 + \Delta S_1 + \Delta S_2 + \tau + L t_0 = 281^\circ 07,9' + 5^\circ 10,9' + (+0,9') + 145^\circ 56,8' + 32^\circ 17,5' = 464^\circ 34,0'$$

Виключивши зі знайденого значення період часового кута, що дорівнює 360° , одержують $t = 104^\circ 34,0'$; $\delta = +19^\circ 06,6'$

Обчислення азимута Сонця

Обчислення азимута Сонця (зірки) можна здійснити на інженерних калькуляторах. Спочатку здійснюють розрахунок азимута світила для I чверті (a') за формулою

$$a' = \arctg \frac{\sin t}{\operatorname{tg} B \cos t - \operatorname{tg} \delta \cos B}, \quad (4.26)$$

де t – часовий кут світила на момент спостереження;

δ – схилення світила на момент спостереження;

B – широта точки спостереження.

До азимута світила переходять за формулами табл. 4.4

Таблиця 4.4 – Формули для переходу від a' до азимута світила

Величина a'	Значення $\sin t$	
	$\sin t > 0$	$\sin t < 0$
$a' \geq 0$	$a = a' + 180$	$a = a'$
$a' < 0$	$a = -a' + 360$	$a = -a' + 180$

До азимута на орієнтир (A_{op}) переходять за формулами 4.4 або 4.5. Дирекційний кут орієнтирного напрямку α_{op} розраховують за формулою

$$\alpha_{op} = A_{op} - \gamma, \quad (4.27)$$

де γ – зближення меридіанів для точки спостереження, визначають за формулою 3.34.

Визначення дирекційних кутів за спостереженням Полярної зірки

Полярна відстань (Δ) до зірки α сузір'я Малої Ведмедиці (Полярна) невелика. У 1975 році вона становила близько $51'$, у 1990 році – близько $47'$, а у 2010 році – близько $41'$. Унаслідок цього азимут Полярної змінюється в межах від -3° до $+3^\circ$ щодо північного напрямку істинного меридіана. З урахуванням цих обставин розроблений приблизний метод обчислення азимута Полярної, що ґрунтується на розв'язанні паралактичного трикутника.

Обчислення азимута Полярної здійснюють за формулою:

$$a = a_o + \Delta a, \quad (4.28)$$

де $a_o = 360^\circ - 40' \sin t \sec(B + 40' \cos t)$;

$$\Delta a = \mu \sin t \sec B.$$

Величина μ – це відхилення полярної відстані зірки від 40 хвилин на момент її спостереження.

Значення величини a_o наведені в таблиці 6 Збірника астрономічних таблиць на кожний градус широти місця від 40 до 55° і часового кута Полярної. Якщо широти B і часового кута t не співпадають із табличними, то величину a_o визначають інтерполюванням. При цьому значення широти та часового кута округлюють до десятих часток градуса.

Поправка Δa до величини a_o на період з 2010 року до 2019 року дані в таблиці 7. Поправки розраховані для часових кутів від 0 до 180° . Для часових кутів, більших від 180° , поправки беруть із протилежними знаками. Поправку вибирають за роком і місяцем спостереження Полярної зірки, широтою точки спостереження та часовим кутом зірки.

Якщо спостереження здійснюють за допомогою бусолі, то значення величин a_o і Δa беруть без інтерполювання для ближчих значень B і t .

Приклад 28. Розрахувати істинний азимут Полярної зірки для умови: $V = 49^\circ 42,5'$, $t = 131^\circ 32,4'$. Спостереження проводили у березні 2018 року за допомогою теодоліта.

Розв'язання:

1. Округлюють величини V і t до десятих часток градуса: $V = 49,7^\circ$, $t = 131,5^\circ$.

2. Для табличних значень V і t , між якими знаходяться дані значення V і t , вибирають (із табл. 3) чотири значення a_0 :

$t^\circ \backslash V^\circ$	131	132
49	$359^\circ 13',3$	$359^\circ 14',0$
50	$359^\circ 12',3$	$359^\circ 13',0$

3. Обчислюють значення t для широти $49,7^\circ$

$t^\circ \backslash V^\circ$	131	132
$49,7^\circ$	$359^\circ 12,6'$	$359^\circ 13,3'$

4. Обчислюють величину a_0 для $V = 49,7^\circ$, $t = 131,5^\circ$:
 $a_0 = 359^\circ 13,0'$

5. Із таблиці 4 для березня 2010 року, за широтою $V = 50^\circ$ та $t = 132^\circ$, знаходять $\Delta a = 1,7'$. Узятий знак вказаний у таблиці тому, що $t < 180^\circ$.

6. Обчислюють азимут Полярної $a = a_0 + \Delta a = 359^\circ 14,7'$.

Приклад 29. Розрахувати істинний азимут Полярної зірки для умов: $V = 47^\circ 12,5'$, $t = 243^\circ 52,4'$. Спостереження проводили в липні 2018 року за допомогою бусолі.

Розв'язання:

1. Округлюють величини V і t до цілих градусів: $V = 47^\circ$, $t = 244^\circ$.

2. У таблиці 3 за цими величинами знаходять $a_0 =$

$= 0^\circ 53,7'$, а за таблицею 4 – $\Delta a_{таб} = 1,3'$. Знак Δa змінюють на протилежний тому, що $t > 180^\circ$, отже $\Delta a = -1,3'$.

3. Обчислюють азимут Полярної $a = a_0 + \Delta a = 0^\circ 52,4' = 0-14,6$.

Польові роботи під час визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків за спостереженням Полярної виконують у такому порядку:

– установлюють прилад над точкою, ретельно горизонтують, установлюють азимутальну насадку та маховичком вертикальної наводки виводять бульбашку рівня насадки в середнє положення;

– установлюють за бусольними шкалами відлік 0-00 і наводять перехрестя насадки установлювальним маховичком бусолі та механізмом вертикального наведення азимутальної насадки в Полярну зірку та фіксують час наведення на зірку;

– відліковим маховичком та механізмом вертикального наведення азимутальної насадки наводять перехрестя насадки в орієнтир і зчитують відлік за бусольними шкалами O_{op} ;

– за зафіксованим часом наведення на зірку розраховують часовий кут зірки, а потім і її азимут a_n за таблицею 6 і 7 Збірника астрономічних таблиць;

– розраховують азимут орієнтирного напрямку за формулою

$$A_{op} = a_n + O_{op}. \quad (4.29)$$

Візирна вісь азимутальної насадки зміщена щодо вертикальної осі бусолі. Тому під час визначення азимута на орієнтир, віддалення до якого менше ніж 200 м, в одержане значення азимута вводять поправку на зміщення насадки стосовно осі бусолі (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Поправка на зміщення насадки від вертикальної осі бусолі

Відстань, м	25	50	100	150	200
Поправка	0-04,0	0-02,0	0-01,0	0-00,8	0-00,5

Поправку віднімають із одержаного азимута.

Під час спостереження Полярної за допомогою теодоліта зчитують відлік за Полярною O_n і фіксують час, а потім відлік за орієнтиром O_{op} , та обчислюють кут між зіркою та орієнтиром $\beta_{op} = O_{op} - O_n$. Якщо відлік за орієнтиром менший ніж відлік за Полярною, то обчислення здійснюють за формулою $\beta_{op} = O_{op} + 360^\circ - O_n$.

Істинний азимут орієнтирного напрямку розраховують за формулою

$$A_{op} = a_n + \beta_{op}. \quad (4.30)$$

До дирекційного кута орієнтирного напрямку переходять за формулою

$$\alpha_{op} = A_{op} - \gamma. \quad (4.31)$$

Визначення дирекційних кутів за таблицями дирекційних кутів світила

Для скорочення часу на визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків у районах розгортання артилерійських підрозділів завчасно складають таблиці дирекційних кутів світила для центрів цих районів.

Таблиці розраховують із використанням СЦВМ командно-штабної машини дивізіону або інженерних калькуляторів із кроком що дорівнює 30 хвилинам – під час орієнтування за Полярною зіркою і 10 хвилин – під час орієнтування за Сонцем та іншими зірками.

Штаб дивізіону під час організації визначення дирекційних кутів з астрономічних спостережень завчасно забезпечує підрозділи таблицями дирекційних кутів світила. Приклад наведений у таблиці 4.6.

Місце положення точки для визначення поправки бу-солі можуть указувати в геодезичних або прямокутних координатах.

Якщо час спостереження світила не співпадає з табличним часом, то дирекційний кут світила розраховують інтерполюванням. Для зручності інтерполювання в таблиці зазвичай дають приріст дирекційного кута за 1 хвилину для кожного інтервалу часу, що дорівнює кроку таблиці.

Дирекційний кут орієнтирного напрямку визначають за формулою

$$\alpha_{op} = \alpha_{св} - \beta_{св}. \quad (4.32)$$

Дирекційні кути напрямків на світило з різних точок в один і той самий момент часу різняться. Вважають, що для забезпечення необхідної точності визначення дирекційного кута, відстань кутомірного приладу від точки, для якої розраховані дирекційні кути не повинна перевищувати 10 км.

Таблиця 4.6 – Таблиця дирекційних кутів Сонця для району Рибці (5615)

Дата : _____ р. В = 51° 01' L = 34° 45'

Київський час, год	Дирекційний кут Сонця, под. кут.	Зміна дирекційного кута Сонця за 1 хв, под. кут.
9.00	17-50,0	0-03,8
10	17-88,4	4,0
20	18-28,0	4,1
30	18-68,8	4,2
40	19-11,1	4,4
50	19-54,8	4,5
10.00	20-00,1	4,7

У тому разі, коли ця відстань більша ніж 10 км, то в дирекційний кут орієнтирного напрямку вводять поправку $\Delta\alpha$, яку розраховують за формулою

$$\Delta\alpha = 0,54d_{AB} \cdot tg h \cdot \sin(\alpha_{св} - \alpha_{AB}), \quad (4.33)$$

де d_{AB} – відстань між точкою для якої розрахована таблиця (А) і точкою спостереження(В);

h – висота світила над горизонтом точки В;

α_{ce} – дирекційний кут світила з точки А;

α_{AB} – дирекційний кут напрямку з точки А на точку В.

Поправку беруть зі знаком «+», якщо точка В лежить лівіше від напрямку з точки А на світило, і зі знаком «-», якщо точка В правіше від цього напрямку.

Польові роботи на точці проводять так:

– установлюють прилад над точкою, з якої необхідно визначити дирекційний кут на орієнтир і ретельно горизонтують; при кутах світила більш $18^\circ(3-00)$ на прилад установлюють азимутальні насадки;

– наводять перехрестя приладу при нульових установках на бусольних шкалах (шкалах дирекційних кутів) на орієнтир;

– маховичком відлікового черв'яка наводять прилад на світило. Під час спостереження за Сонцем теодолітом або бусоллю без азимутальної насадки вертикальну лінію перехрестя наводять у центр диска. Під час використання для спостереження бусолі з азимутальною насадкою диск Сонця вводять у центральний квадрат візира;

– фіксують момент наведення приладу на світило за годинником і зчитують відлік за бусольними шкалами β_1 ;

– виконують ще 2 спостереження, кожний через 1 хвилину, і фіксують час знімання відліків β_2 та β_3 ;

– перевіряють різницю між другим і першим ($\Delta\beta_{2-1}$) та між третім і другим ($\Delta\beta_{3-2}$) відліками: $|\Delta\beta_{2-1} - \Delta\beta_{3-2}| < 0.02$;

– якщо цю умову виконують, прилад наводять в орієнтир і перевіряють відлік за орієнтиром $\theta_{op} = 0.00 \pm 0.02$; під час виконання цієї умови розраховують дирекційний кут на орієнтир за формулою 4.29 за середнім часом спостереження та середнім відліком.

За умови наявності часу спостереження заново визначають дирекційний кут орієнтирного напрямку. Розходження показників не повинно перевищувати 3' під час роботи з теодолітом і 0-02 – під час роботи з бусоллю.

4.5. Визначення дирекційних кутів за допомогою магнітної стрілки бусолі

Визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків за допомогою магнітної стрілки бусолі засноване на властивості земного магнетизму. Земна куля являє собою природний магніт, що має два магнітних полюси – північний і південний та магнітне поле – сукупність магнітних силових ліній.

Якщо виміряти кут між північним напрямком магнітної стрілки та заданим напрямком за ходом годинникової стрілки, це і буде магнітним азимутом Am (рис. 4.14).

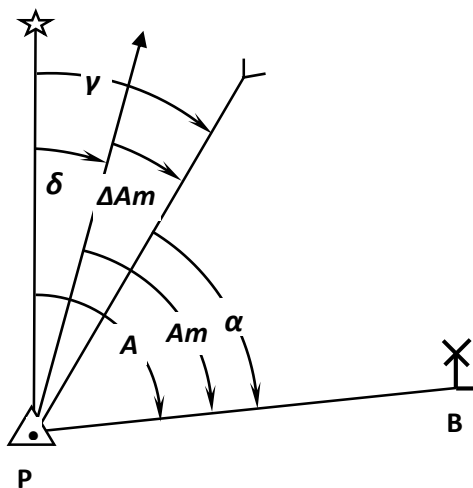


Рисунок 4.14 – Перехід від магнітного азимута до дирекційного кута

На будь-якій точці земної поверхні магнітна стрілка, будучи вільно підвішеною, набуває положення, що співпадає з напрямком магнітних силових ліній у даній точці, тобто встановлюється в напрямку магнітного меридіана.

Магнітний азимут можна виміряти на місцевості за допомогою кутомірного приладу, що має магнітну стрілку (бусоль, теодоліт), але для роботи на карті, під час проведення топогеодезичної прив'язки, підготовки даних для запуску ракет і стрільби артилерії, орієнтування ракет, гармат і приладів необхідно знати дирекційні кути орієнтирних напрямків.

З рисунка 4.14 видно, що дирекційний кут можна визначити за формулою

$$\alpha = Am - \Delta Am, \quad (4.34)$$

де ΔAm – поправка бусолі.

Згідно з рисунком 4.14 поправка бусолі – це кут між північним напрямком магнітного меридіана та північним напрямком вертикальної лінії координатної сітки карти в одній і тій самій точці.

Її знаходять за даними карти за формулою

$$\Delta Am = \gamma - \delta, \quad (4.35)$$

де γ – зближення меридіанів;

δ – схилення магнітної стрілки, або магнітне схилення.

Зближення меридіанів визначають розрахуванням за широтою та довготою точки стояння, за даними карти, або за графіком (див. розділ 3.2.5).

Магнітне схилення (δ) – це кут між північним напрямком географічного меридіана та північним напрямком магнітного меридіана (магнітної стрілки). Розбіжність напрямків географічного й магнітного меридіанів обумовлена незбігом географічних і магнітних полюсів Землі. Якщо магнітна стрілка відхиляється на схід від географічного мери-

діана, то магнітне схилення вважають східним (позитивним) і воно має знак «+», якщо на захід – західним (негативним) і має знак «-».

Під час тривалих магнітометричних спостережень установлено, що магнітне схилення змінюється зі зміною місця та впродовж певного часу. На території України магнітне схилення в середньому змінюється на 1' у разі переміщення на 1 км.

Із плином часу магнітне схилення також змінюється. Розрізняють вікові, річні й добові зміни магнітного схилення.

Вікові та річні зміни магнітного схилення обумовлені зміною місцеположення магнітних полюсів. На території України річна зміна магнітного схилення становить приблизно +3'.

Добові зміни магнітного схилення обумовлені електричними токами у верхній частині атмосфери (іоносфери) та іншими геофізичними факторами. Ці зміни проявляються в тому, що магнітна стрілка впродовж доби відхиляється стосовно свого середнього положення.

Установлено, що в Північній півкулі північний кінець магнітної стрілки максимально відхиляється на схід о 8.00, а на захід – о 14.00. Середнього положення стрілка набуває приблизно опівночі та об 11 годині. Амплітуда добової зміни магнітного схилення залежить від широти місця, пори року, висоти Сонця і змінюється від одиниць до декількох десятків кутових хвилин. Урахувати добові зміни магнітного схилення дуже важко.

Крім річної та добової зміни магнітного схилення, спостерігають значні коливання магнітної стрілки (до 2°) під час магнітних бур. Вплив магнітної бурі ніякому обліку не підлягає.

Орієнтування за допомогою магнітної стрілки практично неможливе в районах магнітних аномалій, де під час порівняно невеликих переміщень спостерігають значну зміну магнітного схилення.

Магнітні аномалії обумовлені породами земної кори, що мають магнітні властивості (наприклад, магнітні залізні руди). Вони трапляються досить часто. Однією з найсильніших магнітних аномалій є Курська магнітна аномалія, де магнітне схилення може змінюватися на $\pm 180^\circ$. Крім значних аномалій трапляються також невеликі за площиною та інтенсивністю магнітні аномалії.

У північних районах ($B > 65^\circ$) магнітне поле нестійке, а орієнтування за магнітною стрілкою супроводжується значними похибками.

Отже, визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків із використанням магнітної стрілки бусолі можливе на широтах до 65° в неаномалійних районах у періоди часу вільні від магнітних бур, і в районах, де зміна магнітного схилення не перевищує 0-10 на 10 км.

Визначення дирекційного кута орієнтирного напрямку здійснюють у такому порядку: розставляють над вихідною точкою орієнтирного напрямку кутомірний прилад, суміщають магнітну стрілку з напрямком «Північ – південь», наводять вертикальну нитку приладу в орієнтирну точку та зчитують азимут магнітний за бусольними шкалами. З метою підвищення точності азимут вимірюють тричі і знаходять його середнє значення; дирекційний кут орієнтирного напрямку розраховують за формулою 4.34 вводючи по-правку бусолі.

Поправка бусолі, обчислена за даними карти за формулою 4.35, враховує лише зближення меридіанів та магнітне схилення, але не враховує інструментальні помилки приладу, за допомогою якого вимірюють кути. Це призведе до

похибок у вимірюванні кутів. Тому в ракетних військах і артилерії поправку бусолі визначають на місцевості індивідуально для кожного приладу.

Для визначення поправки бусолі готують еталонний напрям, дирекційний кут якого (α_{em}) визначають із середньою похибкою не більше ніж 0-01 (див. табл. 4.1).

Бусоль установлюють над вихідною точкою та визначають 5 разів магнітний азимут на орієнтир. Розбіжності показань азимутів не повинні перевищувати 0-04. Якщо якийсь із значень азимута перевищує вказані межі, його усувають і проводять додаткове вимірювання азимута.

За даними 5 вимірів знаходять середнє значення магнітного азимута Am_{cp} і розраховують поправку бусолі за формулою

$$\Delta Am = Am_{cp} - \alpha_{em}. \quad (4.36)$$

Порядок роботи з приладом під час визначення поправки бусолі та визначення поправки бусолі для декількох приладів дивіться в розділі 2.

Поправку бусолі приймають незмінною в радіусі 10 км від точки вивіряння. У тому разі, якщо переміщення здійснюють на відстань, більшу ніж 10 км, поправку необхідно визначити заново. У разі нестачі часу та неможливості визначити поправку для всіх бусолей підрозділу в новому районі можна визначити поправку для одного приладу з подальшим виправленням поправки для всіх бусолей.

Величину зміни поправки розраховують за формулою

$$\delta \Delta Am = \Delta Am_n - \Delta Am_{cm}, \quad (4.37)$$

де $\delta \Delta Am$ – величина зміни поправки в новому районі;

ΔAm_n – значення поправки бусолі в новому районі;

ΔAm_{cm} – значення поправки бусолі в старому районі.

Величину $\delta \Delta Am$ додають до значень поправок усіх бусолей підрозділу.

Приклад 30. Дивізіон має бусолі з поправками:
 № P12678 – « $\Delta Am = -1-36$ », № P23416 – « $\Delta Am = -1-32$ »,
 № H34906 – « $\Delta Am = -1-28$ ».

Дивізіон перемістився в новий район. У новому районі визначили поправку бусолі № P12678, що дорівнює $-1-29$. Визначити поправки бусолей для нового району.

Розв’язання:

1. Розраховують величину зміни поправки в новому районі $\delta \Delta Am = -1-29 - (-1-36) = +0-07$.

2. Розраховують поправки:

для бусолі № P23416 $\Delta Am_n = -1-32 + (+0-07) = -1-25$;

для бусолі № H34906 $\Delta Am_n = -1-28 + (+0-07) = -1-21$.

Якщо в новому районі не вдається визначити нову поправку ΔAm_n , то дозволяють як виняток, у радіусі до 30 км використовувати стару поправку ΔAm_{cm} , додавши до неї величину зміни зближення меридіанів $\Delta \gamma$:

$$\Delta Am_n = \Delta Am_{cm} + \Delta \gamma. \quad (4.38)$$

Величину зближення меридіанів $\Delta \gamma$ знаходять за таблицею 4.7. Входом у таблицю є абсциса точки в кілометрах і різниця в кілометрах ординат точки роботи в новому районі та точки визначення поправки в старому районі.

Таблиця 4.7 – Поправка на зміну зближення меридіанів

X, км	$D = Y_n - Y_{cm}$, км					
	5	10	15	20	25	30
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

Якщо новий район розташований на схід від місця вивірення, то поправка має знак «+», якщо на захід – знак «-».

Під час дій у суміжних зонах поправку бусолі необхідно визначити й на місцевості за вихідними напрямками.

У разі коли нема можливості визначити поправку на місцевості її уточнюють за формулою

$$\Delta Am_n = \Delta Am_{аб.} + \Delta \gamma - \Delta \alpha, \quad (4.39)$$

де $\Delta \gamma$ – поправка на зміну зближення меридіанів; визначають за таблицею 4.7;

$\Delta \alpha$ – поправка в дирекційний кут за перехід із зони в зону; визначається відповідно до розділу 3.

Знак поправки $\Delta \alpha$ беруть додатним «+» у разі переходу в східну зону, і від’ємним «-» – у разі переходу в західну зону.

4.6. Передавання дирекційних кутів орієнтирних напрямків

Дирекційні кути орієнтирних напрямків можуть бути обчислені методом передавання їх від напрямків із відомими дирекційними кутами, визначеними геодезичним, гіроскопічним або астрономічним способами. Найбільшого застосування в практиці робіт артилерійських і топогеодезичних підрозділів одержали такі способи передавання орієнтування: за допомогою гірокурсказівника автономної апаратури топогеодезичної прив’язки; одночасним відмічанням за небесним світилом; кутовим ходом.

Передавання орієнтування **за допомогою гіроскопічного курсказівника** можлива для командирських машин управління (КМУ), топоприв’язників та інших базових машин, що мають у своєму складі автономну апаратуру топогеодезичної прив’язки.

Передавання орієнтування здійснюють у такої такому порядку:

1. Апаратуру топоприв’язки готують до роботи на початковій точці (розділ 2). Дирекційний кут поздовжньої осі машини ($\alpha_{вісі}$) визначають з похибкою не більше ніж 0-01.

Для цього застосовують геодезичний, гіроскопічний або астрономічний способи. Значення дирекційного кута поздовжньої осі машини встановлюють на шкалі курс і після готовності апаратури топоприв'язки до роботи починають рух на вогневу позицію (спостережний пункт).

2. Після прибуття на вогневу позицію встановлюють КМУ над точкою основної гармати (СП) і зчитують за шкалою «Курс» $\alpha_{вісі}$. Роботи далі проводять у такій послідовності:

а) на командирській машині старшого офіцера батареї:

– готують до роботи візир ПВ-1 і виставляють за шкалами, оцифрованими за ходом годинникової стрілки (шкали чорного кольору), значення $\beta_{он}$, обчислене за формулою

$$\beta_{он} = \alpha_{он} - \alpha_{вісі}, \quad (4.40)$$

за кутомірними (червоними) шкалами встановлюють відлік 30-00, наводять вертикальний штрих сітки візира на точку наводки та зчитують кутомір ($Кут_{осн}$);

– установлюють КМУ на свою точку стояння, зчитують дирекційний кут поздовжньої осі машини і знову готують візир до роботи, але після наведення оптичної осі візира в основний напрямок за червоними шкалами встановлюють відлік 0-00;

– послідовно наводять перехрестя візира за панорамою кожної гармати і зчитують кутоміри;

б) на топоприв'язнику:

– на точці стояння основної гармати готують до роботи візир ВОП, наводять перехрестя візира на точку наведення і зчитують зі шкали візира кут $\beta_{тн}$ (кут між поздовжньою віссю топоприв'язника та напрямком на точку наведення);

– розраховують дирекційний кут за точкою наведення

$$\alpha_{тн} = \alpha_{вісі} + \beta_{тн}; \quad (4.41)$$

– розраховують кутомір за точкою наведення

$$Кут_{осн} = \alpha_{он} - \alpha_{тн} \pm 30-00; \quad (4.42)$$

– якщо вогнева позиція зайнята, то орієнтування передають на основну гармату. Для цього визначають кут β на панораму і розраховують кутомір

$$\text{Кут}_{\text{пан.}} = \alpha_{\text{он}} - (\alpha_{\text{вісі}} + \beta_{\text{пан.}}). \quad (4.43)$$

2. Після прибуття на спостережний пункт: зчитують зі шкали «Курс» $\alpha_{\text{вісі}}$. Установлюють одержане значення на шкалі «азимут» координатора, наводять перехрестя далекоміра (денного візира) на орієнтир і зчитують дирекційний кут орієнтирного напрямку.

Передавання орієнтування методом одночасного позначення за небесним світилом організують у масштабі групи, дивізіону. Штаб організовує роботу поста передавання орієнтування та віддає розпорядження, в якому вказує графік роботи поста передавання орієнтування, позивні та частоти, на яких будуть вести передавання кутів, координати поста, назву світила. Для поста передавання орієнтування, крім того, склад поста, місце його роботи, дирекційний кут орієнтирного напрямку, або спосіб його обчислення, світило й точка наведення.

Пост передавання орієнтування призначають у складі 1–2 топогеодезистів із кутомірним приладом (теодоліт, бусоль ПАБ-2А) та радіотелефоніста із радіостанцією.

На пост прийому орієнтування призначають топогеодезиста (обчислювача) з бусоллю ПАБ-2А та радіотелефоніста з радіостанцією.

Роботи щодо передавання орієнтування одночасним позначенням за небесним світилом виконують у такому порядку (рис. 4.15):

– на посту передавання орієнтування (точка А) у призначений час передаванням розміщують прилад, орієнтують за дирекційними кутами, а потім наводять на світило й супроводжують;

– на точках приймання орієнтування (вогневі позиції, спостережні пункти, позиції станцій) наводять прилади в орієнтир при нульових установках, а потім на світило;

– за командою з поста передавання орієнтування «супроводжувати», на постах передавання та приймання орієнтування здійснюють одночасне спостереження за світилом, а за командою «Увага! ...Сстій!» супроводжування припиняють, зчитують зі шкал приладу: на посту передавання орієнтування – $\alpha_{св}$, на постах приймання орієнтування – кут між орієнтиром і світилом $\beta_{ор}$. Значення $\alpha_{св}$ передають в ефір;

– на постах передавання орієнтування розраховують дирекційний кут на орієнтир за формулою $\alpha_{ор} = \alpha_{св} - \beta_{ор}$.

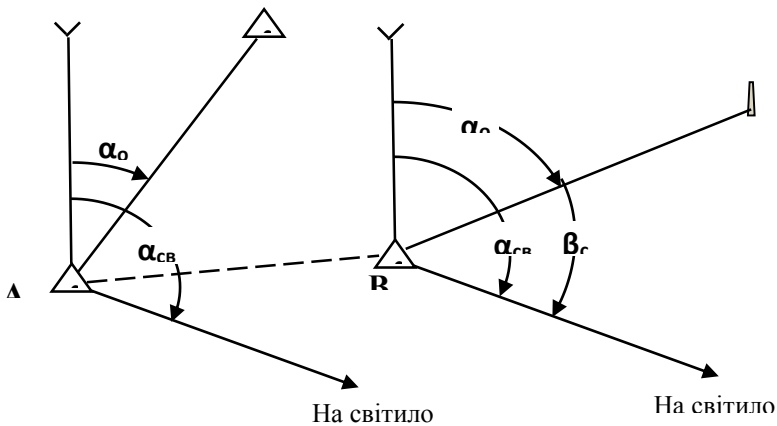


Рисунок 4.15 – Передавання орієнтування методом одночасного позначення за небесним світилом

На постах приймання орієнтування позначення за світилом та обчислення дирекційного кута орієнтирного напрямку повторюють 2–3 рази. Якщо розходження результатів не перевищує 3' під час роботи з теодолітом і 0-02 під час

роботи з бусоллю, то спостереження припиняють, а за величину дирекційного кута орієнтирного напрямку беруть середнє арифметичне результатів обчислень.

Постам, що приймають орієнтування, забороняється вступати у двосторонній зв'язок.

Для передавання орієнтування методом позначення за небесним світилом застосовують світила, розташовані не вище ніж 50° над горизонтом.

Передавання орієнтування можуть здійснювати на відстань до 10 км. Якщо пункт приймання орієнтування віддалений від пункту передавання орієнтування на відстань більшу ніж 10 км, то в одержаний дирекційний кут вводять поправку, яку визначають за формулою 4.33.

Кутовий хід застосовують на закритій та напівзакритій місцевості. Він являє собою різновид теодолітного (бусольного) ходу, при якому вимірюють лише кути.

Під час прокладання кутового ходу довжини сторін вибирають максимальні, що підвищує точність передавання кута та зменшує час на виконання робіт.

Правила прокладання ходу та обчислення кутів викладені у розділі 5.

Висновки до розділу 4

У цьому розділі наведено порядок визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків різними способами.

Ґрунтовно розкриті такі способи як геодезичний, гіроскопічний, а також астрономічний. Досить повно показано порядок визначення дирекційних кутів за допомогою магнітної стрілки бусолі. Наведено порядок передавання дирекційних кутів орієнтирних напрямків.

Офіцери РВ і А повинні знати порядок визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків різними способами, уміти самотійно здійснювати геодезичні обчислення й на-

вчити цьому підлеглих під час визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків в інтересах ракетних і артилерійських підрозділів. Командири цих підрозділів повинні постійно вдосконалювати свої знання щодо визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків геодезичним, гіроскопічним, астрономічним способами, набувати практичних навичок під час визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків за допомогою магнітної стрілки бусолі а також під час передавання дирекційних кутів орієнтирних напрямків.

Навчальний тренінг

Основні терміни та поняття

Дирекційний кут, орієнтирний напрямок, геодезичний, гіроскопічний, астрономічний, за допомогою магнітної стрілки бусолі, геодезична мережа, істинний азимут, гірокомпас, небесна сфера, екліптика, часовий кут, схилення світила, перископічна артилерійська бусоль, азимутальна насадка АНБ-1 до бусолі.

Питання для повторення та самоконтролю

- 1. Що називають орієнтирним напрямком?*
- 2. Способи визначення дирекційних кутів орієнтирного напрямку.*
- 3. Як одержують дирекційний кут орієнтирного напрямку при геодезичному способі?*
- 4. Порядок роботи на вогневій позиції під час визначення дирекційних кутів орієнтирного напрямку геодезичним способом.*
- 5. Які прилади використовують для визначення дирекційного кута орієнтирного напрямку при гіроскопічному способі орієнтування?*

6 На чому ґрунтується спосіб астрономічного орієнтування?

7. Що називають небесною сферою?

8. Що називають часовим кутом t світила?

9. Які ви знаєте системи екваторіальних координат?

10. Порядок визначення координат світил.

11. Порядок здійснення кутових вимірювання світил за допомогою ПАБ-2А на місцевості.

12. Порядок визначення екваторіальних координат небесних світил.

13. Якими способами здійснюють передавання дирекційних кутів орієнтирних напрямків?

14. Сутність способу передавання орієнтування методом одночасного позначення за небесним світилом.

Завдання для самопідготовки

1. Показати схематично порядок визначення дирекційного кута геодезичним способом.

2. Накреслити схему переходу від азимута напрямку на світило до азимута орієнтирного напрямку.

3. Накреслити схему переходу від магнітного азимута до дирекційного кута.

Теми для написання рефератів

1. Порівняльний аналіз сучасних способів визначення дирекційних кутів у передових країнах світу.

2. Перспективні прилади для визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків та способів їх передавання.

РОЗДІЛ 5

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ПОЗИЦІЙ І ПУНКТІВ НА ГЕОДЕЗИЧНІЙ ОСНОВІ

5.1. Загальні положення

Під час визначення координат позицій і пунктів на геодезичній основі польові роботи виконують за допомогою кутомірних та далекомірних приладів, а вихідними даними для виконання вимірювальних та обчислювальних робіт служать дані державної геодезичної мережі (ДГМ), спеціальної геодезичної мережі (СГМ) та артилерійської топогеодезичної мережі (АТГМ), а також дирекційні кути цих мереж і напрямків на орієнтирні пункти. Дирекційні кути орієнтирних напрямків можна також визначати гіроскопічним або астрономічним способами.

Залежно від умов обстановки, характеру місцевості, наявності часу та взаємного розташування вихідних геодезичних пунктів і позицій, пунктів і постів, координати яких визначають, топогеодезичну прив'язку від пунктів геодезичних мереж здійснюють за допомогою ходів, засічок або поєднання цих способів.

Визначення координат точок за допомогою засічок застосовують на відкритій та напівзакритій місцевостях, а за допомогою ходів і поєднанням ходів та засічок – в умовах напівзакритої і закритої місцевості.

Польові вимірювання виконують за допомогою кутомірних та далекомірних приладів: теодолітів, бусолі ПАБ-2А, квантових далекомірів, далекомірів подвійного зображення. Оброблення результатів польових вимірювань здійснюють аналітичним методом за допомогою спеціальних електронних обчислювальних машин, інженерних калькуляторів або обчислювача ОТМ.

5.2. Ходи

Ходом називають спосіб послідовного визначення координат точок місцевості полярним способом.

Ходи поділяють на розімкнені, замкнені та висячі. Вибір виду ходу залежить від наявності точок геодезичних мереж і часу на виконання робіт.

Розімкнений хід (рис. 5.1) опирається своїми кінцями на 2 вихідних пункти геодезичних мереж з відомими координатами цих пунктів, один із яких беруть за початковий (пункт М), а другий – за кінцевий (пункт N). На кожному пункті повинні бути 1–2 орієнтирних напрямки з відомими дирекційними кутами.

У разі відсутності орієнтирних напрямків на місцевості вихідні дирекційні кути можуть бути визначені гіроскопічним або астрономічним способом.

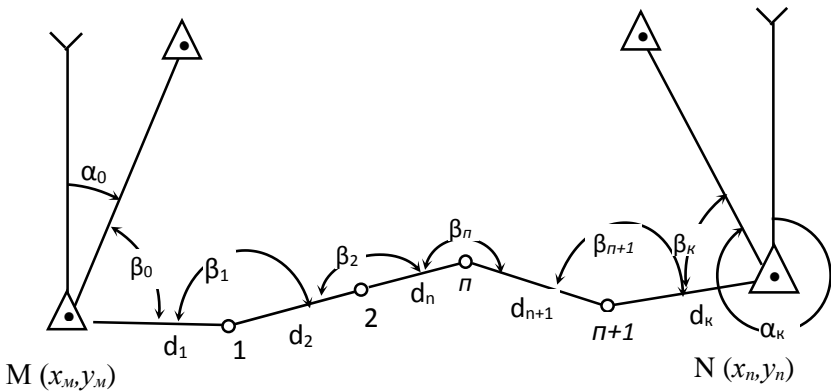


Рисунок 5.1 – Розімкнений хід

Тоді, коли за умовами обстановки розімкнений хід прокласти неможливо, застосовують замкнений хід.

Замкнений хід (рис. 5.2) спирається своїм початком і кінцем на один вихідний пункт, на якому є 1–2 орієнтирних напрямки з відомими дирекційними кутами (α_0 і α_k).

Висячий хід (рис. 5.3) спирається на вихідний пункт тільки одним своїм кінцем. При висячому ході виключається можливість контролю кінцевих результатів топоприв'язки, тому число сторін у висячому ході допускається не більше ніж три.

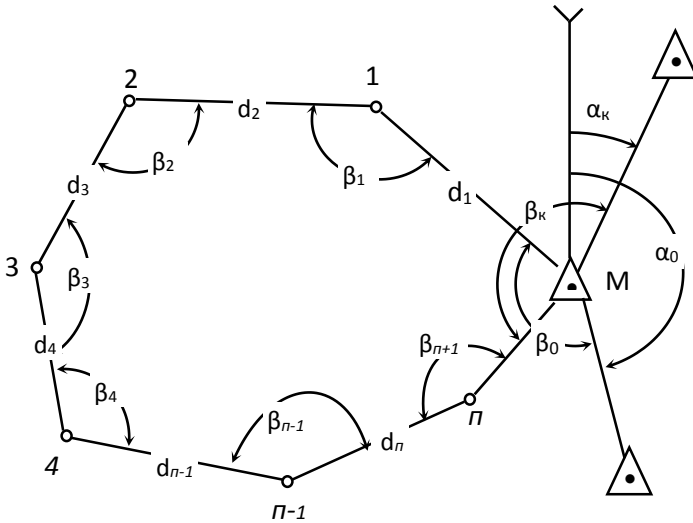


Рисунок 5.2 – Замкнений хід

З метою недопущення грубих помилок хід повинен закінчуватися на ближній контурній точці, а точність визначення дирекційного кута контролюють за допомогою магнітної стрілки бусолі.

Правила прокладання ходу

1. Трасу для прокладання ходу вибирають за можливості неперетинну, рівну, найбільш сприятливу для руху, вимірювання кутів і відстаней (уздовж доріг, просік, лісу).

2. При виборі точок ходу необхідно прагнути до того, щоб загальна довжина та кількість його сторін були найме-

ншими. Максимальна довжина ходу допускається при прокладанні за допомогою бусолі не більше ніж 5 км, теодоліта – 10 км, КТД – 20 км.

3. Точки ходу позначають кілочками діаметром 3–5 см із відміткою для центрування приладу. Кілочок забивають так, щоб над поверхнею землі було 2–4 см. Поруч із кілочком забивають сторожок довжиною 50–60 см так, щоб над поверхнею землі було 30–40 см.

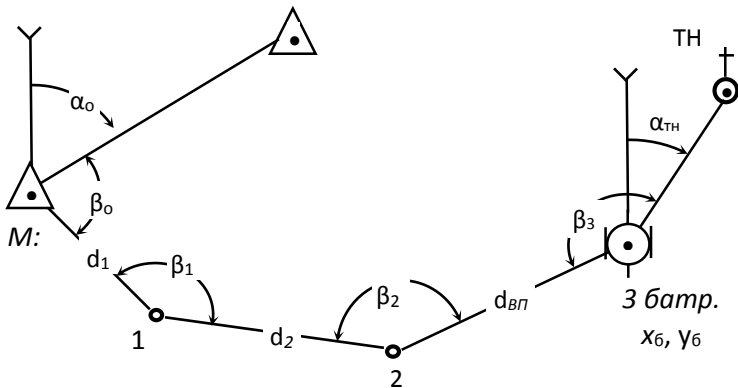


Рисунок 5.3 – Висячий хід

4. Під час установлення приладів їх обов'язково центрують над точкою і ретельно горизонтують.

5. Прокладання ходу може виконуватися орієнтованим приладом або вимірюванням кутів на точках повороту ходу.

Прилеглі кути вимірюють за можливості від двох вихідних напрямків. При вимірюванні кутів на точках повороту ходу, вимірюють ті, що лежать зліва за напрямком руху. Перше наведення при вимірюванні кутів повороту виконують на попередню точку ходу. Для виключення помилок кут на кожній точці вимірюють двічі.

Під час прокладання кутового ходу орієнтувальним приладом, його орієнтують за дирекційним кутом попередньої сторони, зміненим на 180° , а потім вимірюють дирекційний кут наступної сторони.

Вимірювання кутів між двома напрямками виконують способом вимірювання окремого кута. За наявності трьох і більше напрямків застосовують спосіб кругових прийомів (див. розділи 2.1, 2.2). Кути повороту записують з округленням до $0,1'$ під час роботи з теодолітом та КТД і $0-01$ під час роботи з бусоллю.

6. Довжину сторін вимірюють двічі одним приладом або двома способами за ходом руху та у зворотному напрямку.

7. Кути нахилу для приведення ліній до горизонту вимірюють в одному положенні круга з округленням до $10'$. При кутах нахилу більших ніж 2° виміряні відстані приводять до горизонту.

8. Знімати та переносити прилад на наступну точку необхідно лише тоді, коли буде встановлено, що помилок у вимірюванні кутів і відстаней немає.

Прокладання та обчислення ходу.

Роботи щодо прокладання кутового ходу виконують у такому порядку:

– розставляють прилад над початковою точкою (точка М, рис. 5.1, 5.2, 5.3), центрують, вимірюють кут β_0 і розраховують дирекційний кут із початкової точки на точку № 1 за формулою

$$\alpha_1 = \alpha_0 + \beta_0, \quad (5.1)$$

– послідовно переносять прилад на точки 1, 2, ... n і вимірюють кути β при кожній точці. Дирекційні кути розраховують за формулою

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} \pm 180^\circ + \beta_n, \quad (5.2)$$

де α_n – дирекційний кут n -ї (наступної) сторони;

α_{n-1} – дирекційний кут попередньої сторони;

β_n – кут виміряний у точці n зліва за ходом руху.

Обчислення кутів здійснюють одночасно з польовими вимірюваннями.

Прямокутні координати усіх поворотних точок ходу, зокрема й кінцеву, обчислюють за формулами прямої геодезичної задачі

$$x_n = x_{n-1} + d_n \cos \alpha_n; \quad y_n = y_{n-1} + d_n \sin \alpha_n, \quad (5.3)$$

де d_n – довжина n -ї сторони ходу;

α_n – дирекційний кут цієї самої сторони.

Приріст координат і координати точок округлюють до 0,1 м під час роботи з теодолітом і КТД, а під час роботи з бусоллю – до 1 м.

На кінцевій точці ходу обчислюють кутову нев'язку ходу та нев'язку в координатах.

Кутову нев'язку f_β обчислюють як різницю розрахованого (визначеного під час прокладки ходу) кута контрольного напрямку $\alpha_{к(обч.)}$ і заданого (контрольного) кута $\alpha_{к(з.)}$ (рис. 5.1, 5.2) того самого напрямку.

$$f_\beta = \alpha_{к(обч.)} - \alpha_{к(з.)}. \quad (5.4)$$

Розраховану кутову нев'язку ходу порівнюють із допустимою. Кутова нев'язка ходу не повинна перевищувати таких значень:

0,6' \sqrt{n} – під час вимірювання кутів теодолітом Т10В;

0,8' \sqrt{n} – під час вимірювання кутів КТД-1;

0-01 \sqrt{n} – під час вимірювання кутів бусоллю,

де n – кількість виміряних кутів повороту.

Нев'язку в координатах f_x і f_y розраховують як різницю координат обчислених під час прокладання ходу і заданих (виписаних із каталогу) координат кінцевої точки (точка N – рис. 5.1) :

$$f_x = x_{к(обч.)} - x_{к(з.)} \quad f_y = y_{к(обч.)} - y_{к(з.)}. \quad (5.5)$$

Сумарну нев'язку, яку називають лінійною нев'язкою, визначають за формулою

$$f_l = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (5.6)$$

Точність лінійних вимірювань оцінюють методом порівняння відносної лінійної нев'язки з допустимою. Відносну лінійну нев'язку ходу $f_{л}^B$ обчислюють як відношення лінійної нев'язки до периметра ходу P :

$$f_{л}^B = \frac{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}{P} \quad (5.7)$$

Допустима відносна лінійна нев'язка ходу не повинна перевищувати:

$\frac{1}{600}$ – при вимірюванні довжин сторін мірною стрічкою, ДДІ або КТД-1;

$\frac{1}{300}$ – при вимірюванні довжин сторін ДДІ-3 або теодолітом за допомогою далекомірної рейки.

При недопустимій кутовій або лінійній нев'язці перевіряють правильність обчислень на усіх точках. Якщо помилок не виявлено, то польові роботи виконують заново.

Обчислення ходу доцільно вести в бланку (табл. 5.1.)

Приклад 31. Обчислити розімкнений теодолітний хід (рис. 5.4),

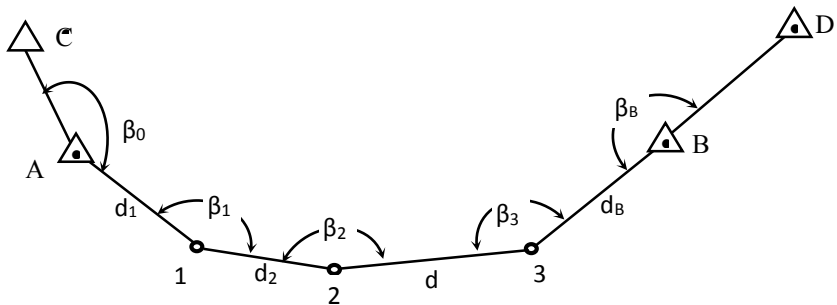


Рисунок 5.4 – Абрис розімкненого ходу

якщо: $x_A = 90\ 992,8$, $y_A = 89\ 999,5$, $\alpha_{AC} = 354^\circ 17,9'$, $x_B =$

$$= 89\,694,7, y_B = 90\,974,9, \alpha_{BD} = 84^\circ 42,3', \beta_0 = 181^\circ 34,6', d_1 = 412,8, \beta_1 = 177^\circ 22,3', d_2 = 385,4, \beta_2 = 146^\circ 37,8', d_3 = 712,5; \beta_3 = 125^\circ 05,9', d_B = 443,8, \beta_B = 179^\circ 43,8'.$$

Розв'язання:

Результати обчислення ходу показано в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Обчислення розімкненого ходу

Назва (№) точок	Вимірний кут β_i	Дирекц. кут α_i	Довжина сторін d, m	Координати та приріст координат	
				$\frac{X}{\Delta X}$	$\frac{Y}{\Delta Y}$
C		354°17,9'			
A	$\beta_0 = 181^\circ 34,6'$	175°52,2'	412,8	90 992,8	89 999,5
1	$\beta_1 = 177^\circ 22,3'$	173°14,7'	385,4	-411,7	+29,7
2	$\beta_2 = 146^\circ 37,8'$	139°52,6'	712,5	90 581,1	90 029,2
				-382,7	+45,4
3	$\beta_3 = 125^\circ 05,9'$	84°58,5'	443,8	90 198,4	90 074,6
				-543,8	+459,2
B	$\beta_B = 179^\circ 43,8'$	84°42,3'	$P = 1\,954,5$	89 654,6	90 533,8
				+38,9	+442,0
D	З каталогу			89 693,5	90 975,8
		84°41,6		89 694,7	90 974,9

Кутова нев'язка:

$$f_\beta = \alpha_{к(обч.)} - \alpha_{к(з.)} = 0,7', f_{\beta(дон)} = 0,6' \sqrt{5} = 1,3'.$$

Лінійна нев'язка:

$$f_x = x_{к(обч.)} - x_{к(з.)} = +1,2 \text{ м}, f_y = y_{к(обч.)} - y_{к(з.)} = -0,9 \text{ м},$$

$$f_l = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 1,5 \text{ м},$$

$$f_l^B = 1 : 1303.$$

Приклад 32. Обчислити координати ВП з батареї висячим ходом від КТ $x_{км} = 35\ 890$, $y_{км} = 77\ 450$ (рис. 5.5) за допомогою бусолі, якщо у ході польових вимірювань отримали значення: $\alpha_{КТ-Т1} = 22-57$, $D_{Т1-КТ} = 198$; $\alpha_{Т1-Т2} = 15-66$, $D_{Т1-Т2} = 175$; $\alpha_{Т2-ВП} = 9-48$, $D_{Т2-ВП} = 180$; $\alpha_{ТН} = 7-32$, $\alpha_{ОН} = 40-00$.

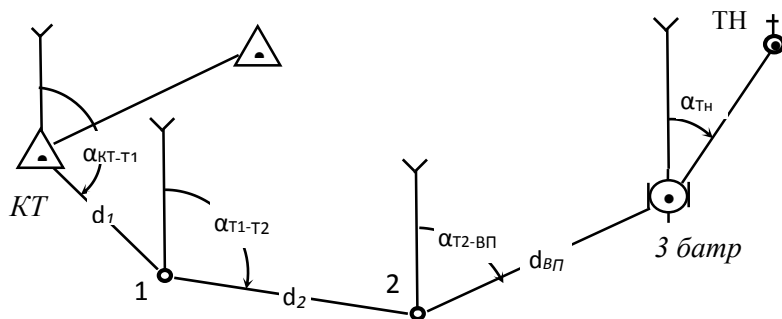


Рисунок 5.5 – Абрис висячого ходу

Розв’язання:

Результати обчислення ходу показано в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Бланк обчислення висячого бусольного ходу орієнтованим приладом

Найменування точок	Дирекційний кут α_i	Відстань, м	Координати	
			\underline{X} Δx	\underline{Y} Δy
КТ	22-57	198	35 890	77 450
			-141	+139
1	15-66	175	35 749	77 589
			-12	+174
2	9-48	180	35 737	77 764
			+98	+151
ВП	7-32		35 835	77 915
Точка наведення	$\text{Кут}_{ОН} = 32-68$			

5.3. Засічки

Засічкою називають спосіб визначення координат точок за координатами двох і більше вихідних пунктів.

Засічки поділяють на прямі, обернені та комбіновані. При засічках дирекційні кути напрямків на вихідних пунктах і на точках, координати яких визначають, вимірюють безпосередньо на місцевості геодезичним, гіроскопічним або астрономічним способами.

Кути при точці (кути засічки), координати якої визначають засічкою, повинні бути не менше 30° і не більше 150° .

Відстані визначають за допомогою квантового далекоміра КТД-1 або другими способами (приладами), що забезпечують вимірювання відстані з відносною серединною похибкою не більше 1:700.

Засічки, виконані за допомогою теодоліта і КТД, забезпечують визначення координат точок стосовно пунктів геодезичних мереж із круговою серединною похибкою до 6 м, а при вимірюванні кутів бусоллю – до 10 м.

Прямою засічкою називають спосіб визначення точки, коли всі виміри здійснюють на вихідних пунктах.

Розрізняють такі різновиди прямої засічки: за вимірними кутами, орієнтованим приладом, полярну.

Прямою засічкою за вимірними кутами називають спосіб визначення координат точки Р, (рис. 5.6) за заданими координатами трьох вихідних точок А, В, С і кутах φ_1 , β_1 , φ_2 , β_2 .

Таку засічку застосовують, коли між вихідними пунктами та кожним пунктом і точкою, координати якої визначають, є пряма видимість.

Пряму засічку за вимірними кутами обчислюють у такій послідовності:

1. За допомогою обернених геодезичних задач за координатами вихідних пунктів А, В і С обчислюють дирекційні

кути (румби) α_{AB} і α_{BC} і довжини сторін трикутників Δ_{AB} і Δ_{BC} :

$$R_{AB} = \text{arc tg } \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; D_{AB} = \frac{y_B - y_A}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{x_B - x_A}{\cos \alpha_{AB}} \quad (5.8)$$

$$R_{BC} = \text{arc tg } \frac{y_C - y_B}{x_C - x_B}; D_{BC} = \frac{y_C - y_B}{\sin \alpha_{BC}} = \frac{x_C - x_B}{\cos \alpha_{BC}}$$

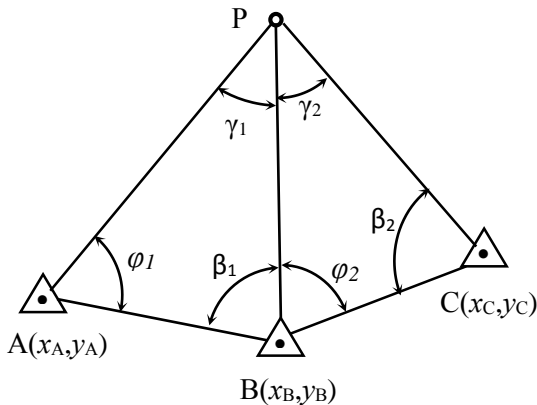


Рисунок 5.6 – Пряма засічка за вимірними кутами

Від значень румбів R_{AB} і R_{BC} переходять до дирекційних кутів цих напрямків за такими правилами:

– якщо $\Delta x = x_B - x_A$ і $\Delta y = y_B - y_A$ обоє мають знаки «+», то $\alpha = R$,

– якщо Δx має знак «-», а Δy – знак «+», то $\alpha = 180^\circ - R$,

– якщо Δx і Δy обоє мають знаки «-», то $\alpha = 180^\circ + R$,

– якщо Δx має знак «+», а Δy – знак «-», то $\alpha = 360^\circ - R$.

2. Обчислюють величини кутів засічки:

$$\gamma_1 = 180^\circ - (\varphi_1 + \beta_1), \gamma_2 = 180^\circ - (\varphi_2 + \beta_2). \quad (5.9)$$

3. Розраховують дирекційні кути напрямків s_3 вихідних точок А, В і С на точку Р:

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \varphi_1, \alpha_{BP} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ + \beta_1,$$

$$\text{або } \alpha'_{BP} = \alpha_{BC} - \varphi_2, \alpha_{CP} = \alpha_{BC} \pm 180^\circ + \beta_2. \quad (5.10)$$

4. За допомогою розв'язання трикутників АВР і ВСР знаходять довжини сторін за формулами:

$$\begin{aligned} D_{AP} &= \frac{D_{AB}}{\sin \gamma_1} \sin \beta_1, \quad D_{BP}^1 = \frac{D_{AB}}{\sin \gamma_1} \sin \varphi_1, \\ D_{BP}^2 &= \frac{D_{BC}}{\sin \gamma_2} \sin \beta_2, \quad D_{CP} = \frac{D_{BC}}{\sin \gamma_2} \sin \varphi_2. \end{aligned} \quad (5.11)$$

Порівнюють відстані D_{BP}^1 і D_{BP}^2 , розбіжність не повинна перевищувати 3 м при розрахунках на ЕКВМ і 10 м при обчисленні на СТМ.

5. За допомогою розв'язання прямих геодезичних задач за напрямками АР і СР розраховують координати точки Р: з трикутника АВР:

$$x_P = x_A + D_{AP} \cos \alpha_{AP}, \quad y_P = y_A + D_{AP} \sin \alpha_{AP},$$

з трикутника ВСР:

$$x_P = x_C + D_{CP} \cos \alpha_{CP}, \quad y_P = y_C + D_{CP} \sin \alpha_{CP}. \quad (5.12)$$

Пряма засічка вважається виконаною правильно, якщо розходження в координатах точки Р, розрахованих від пунктів А і С, не перевищує 20 м, при вимірюванні кутів за допомогою теодоліта або КТД, і 25 м – бусолі.

Приклад 33. *Визначити координати позиції РЛС прямою засічкою за вимірними кутами від пункту ДГМ Рубіжне і пунктів СГМ №14 і №15 (рис. 5.6), якщо: ДГМ Рубіжне (А): $x = 98\,982,7$, $y = 04\,154,3$; СГМ № 14 (В): $x = 03\,365,5$, $y = 97\,394,2$; СГМ № 15 (С): $x = 94\,586,4$, $y = 80\,724,5$; $\varphi_1 = 40^\circ 30,3'$, $\beta_1 = 80^\circ 38,1'$, $\varphi_2 = 76^\circ 47,0'$, $\beta_2 = 47^\circ 52,5'$.*

Розв'язання:

У таблиці 5.3 наведено результати обчислень.

При **прямій засічці за вимірними дирекційними кутами** (рис. 5.7) з кожного з 3 пунктів геодезичних мереж обчислюють дирекційні кути на точку, координати якої визна-

чають (Р), і за прямокутними координатами пунктів і визначеними дирекційними кутами розраховують прямокутні координати точки.

Таблиця 5.3 – Обчислення прямої засічки за вимірними кутами

№ дії	Між точками А і В		№ дії	Між точками В і С	
	позначення	обчисл.		позначення	обчисл.
<i>Рішення ОГЗ</i>					
3	x_B	93 365,5	10	x_C	94 586,4
1	x_A	88 982,7	12	x_B	93 365,5
5	$\Delta x = x_B - x_A$	+4 382,8	14	$\Delta x = x_C - x_B$	+1 221,1
4	y_B	87 394,2	11	y_C	80 724,5
2	y_A	94 154,3	13	y_B	87 394,2
6	$\Delta y = y_B - y_A$	- 6 760,1	15	$\Delta y = y_C - y_B$	-6 669,7
7	$R_{AB} = \arctg(\Delta y / \Delta x)$	57°02,6'	16	$R_{BC} = \arctg(\Delta y / \Delta x)$	79°37,5
8	α_{AB}	302°57,4'	17	α_{BC}	280°22,5'
9	$D_{AB} = \Delta y / \sin \alpha_{AB}$	8 056,6	18	$D_{BC} = \Delta y / \sin \alpha_{BC}$	6 780,6
<i>Розрахування дирекційних кутів і відстаней до точки Р</i>					
19	φ_1	40°30,3'	26	φ_2	76°47,0'
20	β_1	80°38,1'	27	β_2	47°52,5'
21	$\gamma_1 = 180^\circ - (\varphi_1 + \beta_1)$	58°51,6'	28	$\gamma_2 = 180^\circ - (\varphi_2 + \beta_2)$	55°20,5'
22	$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \varphi_1$	262°27,1'	29	$\alpha_{CP} = \alpha_{BC} \pm 180^\circ + \beta_2$	148°15,0'
23	$\alpha_{BP} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ + \beta_1$	203°35,5'	30	$\alpha'_{BP} = \alpha_{BC} - \varphi_2$	203°35,5
24	D_{AP}	9 287,5	31	D_{CP}	9 287,4
25	D_{BP}	6 113,8	32	D_{BP}	6 113,9
<i>Перевірка: $D_{BP} - D_{BP} \leq 3м, \alpha_{BP} - \alpha'_{BP} \leq 3'$</i>					
<i>Розв'язання ПГЗ</i>					
33	$\Delta x_{AP} = D_{AP} \cos \alpha_{AP}$	-1 220,0	37	$\Delta x_{CP} = D_{CP} \cos \alpha_{CP}$	-6 823,9
34	$x_{P(A)} = x_A + \Delta x_{AP}$	87 762,7	38	$x_{P(C)} = x_C + \Delta x_{CP}$	87 762,5
35	$\Delta y_{AP} = D_{AP} \sin \alpha_{AP}$	-9 207,0	39	$\Delta y_{CP} = D_{CP} \sin \alpha_{CP}$	+4 222,8
36	$y_{P(A)} = y_A + \Delta y_{AP}$	84 947,3	40	$y_{P(C)} = y_C + \Delta y_{CP}$	84 947,5
41	$x_{CEP} = \frac{1}{2}(x_{P(A)} + x_{P(C)})$	87 762,6	42	$y_{CEP} = \frac{1}{2}(y_{P(A)} + y_{P(C)})$	84 947,4

На кожному вихідному пункті А, В і С прилади орієнтують за дирекційними кутами, визначеними геодезичним,

гіроскопічним або астрономічним способом, і безпосередньо приладом вимірюють дирекційні кути та точку, координати якої визначають.

Обчислення засічки виконують у такому порядку:

1. За допомогою розв'язання обернених геодезичних задач за координатами вихідних точок визначають дирекційні кути з точки А на точку В (α_{AB}) і з точки В на точку С (α_{BC}) (формули 5.8).

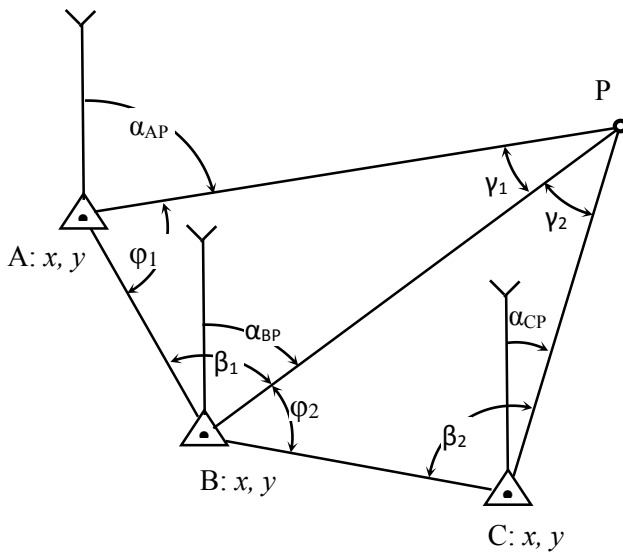


Рисунок 5.7 – Прямая засічка за вимірними дирекційними кутами

2. Розраховують внутрішні кути:

$$\varphi_1 = \alpha_{AB} - \alpha_{AP}, \beta_1 = \alpha_{BP} - (\alpha_{AB} \pm 180^\circ), \gamma_1 = \alpha_{AP} - \alpha_{BP}, \\ \varphi_2 = \alpha_{BC} - \alpha_{BP}, \beta_2 = \alpha_{CP} - (\alpha_{BC} \pm 180^\circ), \gamma_2 = \alpha_{BP} - \alpha_{CP}. \quad (5.13)$$

3. За допомогою розв'язання трикутників АВР і ВСР знаходять довжини сторін за формулами (5.11).

4. За допомогою розв'язання прямих геодезичних задач за напрямками AP і CP (формули 5.12) розраховують координати точки P.

У тому разі, якщо потрібно скоротити час на розрахунки, внутрішні кути трикутника можна не розраховувати, а обчислити координати на ЕКОМ за такими формулами:

$$\begin{aligned} X_P &= \frac{Y_B - Y_A + X_A \operatorname{tg} \alpha_{AP} - X_B \operatorname{tg} \alpha_{BP}}{\operatorname{tg} \alpha_{AP} - \operatorname{tg} \alpha_{BP}}, \\ X'_P &= \frac{Y_B - Y_C + X_B \operatorname{tg} \alpha_{BP} - X_C \operatorname{tg} \alpha_{CP}}{\operatorname{tg} \alpha_{BP} - \operatorname{tg} \alpha_{CP}}, \\ Y_P &= (X_P - X_A) \operatorname{tg} \alpha_{AP} + Y_A, \\ Y_P &= (X_P - X_B) \operatorname{tg} \alpha_{BP} + Y_B, \\ Y_P &= (X_P - X_C) \operatorname{tg} \alpha_{CP} + Y_C. \end{aligned} \quad (5.14)$$

Якщо при проведенні польових вимірів дирекційні кути з вихідних пунктів на точку P наближені до 90 або 270°, то їх тангенси необмежено зростають і знижується точність розрахунків. У цьому разі оброблення польових вимірів доцільно проводити за формулами 5.8 – 5.12 або за формулами котангенсів дирекційних кутів:

$$\begin{aligned} Y_P &= \frac{Y_B \operatorname{ctg} \alpha_{BP} - Y_A \operatorname{ctg} \alpha_{AP} + X_A - X_B}{\operatorname{ctg} \alpha_{BP} - \operatorname{ctg} \alpha_{AP}}, \\ Y_P &= \frac{Y_C \operatorname{ctg} \alpha_{CP} - Y_B \operatorname{ctg} \alpha_{BP} + X_B - X_C}{\operatorname{ctg} \alpha_{CP} - \operatorname{ctg} \alpha_{BP}}, \\ X_P &= (Y_P - Y_A) \operatorname{ctg} \alpha_{AP} + X_A, \\ X_P &= (Y_P - Y_B) \operatorname{ctg} \alpha_{BP} + X_B, \\ X_P &= (Y_P - Y_C) \operatorname{ctg} \alpha_{CP} + X_C. \end{aligned} \quad (5.15)$$

Полярною засічкою називають спосіб визначення координат точки за дирекційними кутами та відстанями з двох вихідних точок (рис. 5.8).

Відстані вимірюють за допомогою квантового топографічного далекоміра, а дирекційні кути – гіроскопічним або астрономічним способом, якщо вихідні пункти не мають орієнтирних напрямків і немає взаємної видимості між пунктами. Якщо орієнтирні напрямки або взаємна видимість

між вихідними пунктами ϵ , то дирекційні кути визначають геодезичним способом. У такому разі вимірюють кути φ і β .

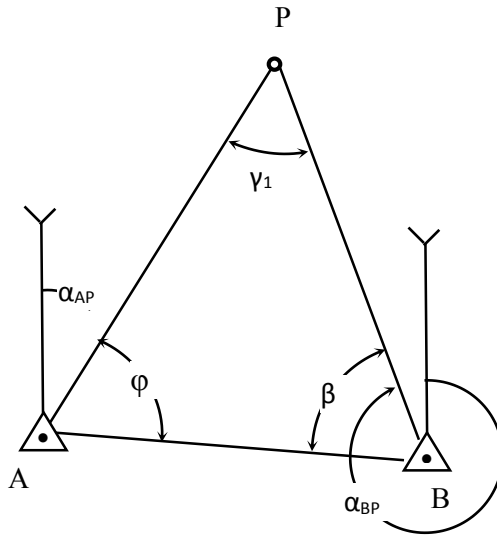


Рисунок 5.8 – Полярна засічка

Координати точки визначають за допомогою розв’язання двох прямих геодезичних задач (формули 5.12).

Засічку вважають виконаною правильно, якщо розходження в координатах, одержаних із двох пунктів не перевищує 20 м. За кінцевий результат беруть середнє арифметичне значення координат з округленням до 1 м.

Оберненою засічкою називають спосіб визначення координат, коли всі виміри здійснюють на точці, координати якої визначають. Застосовують такі види оберненої засічки: за вимірними кутами, орієнтованим приладом і за вимірними кутом і відстанями.

Оберненою засічкою за вимірними кутами називають спосіб визначення координат точки (рис. 5.9) за координатами трьох вихідних пунктів А, В, і С і кутами φ і β ,

виміряними на точку Р між напрямками на вихідні пункти. Для контролю вимірів та обчислень додатково вимірюють кут γ між напрямками на пункт А і на четвертий пункт D.

Взаємне розташування вихідних пунктів і точки, координати якої визначають, впливає на точність визначення координат, а в деяких випадках задача взагалі не має розв'язання. Надійне розв'язання задача має у разі положення точки Р всередині трикутника, або поза трикутником напроти вершин, а також навпроти сторін.

Розв'язання задачі на ЕКОМ здійснюють у такому порядку:

1. Розраховують дирекційні кути з вихідних пунктів на точку Р:

$$\arctg \alpha_{AP} = \frac{(y_B - y_A) \operatorname{ctg} \varphi + (y_A - y_C) \operatorname{ctg} \beta + x_C - x_B}{(x_B - x_A) \operatorname{ctg} \varphi + (x_A - x_C) \operatorname{ctg} \beta + y_B - y_C}, \quad (5.16)$$

$$\alpha_{BP} = \alpha_{AP} + \varphi, \quad \alpha_{CP} = \alpha_{AP} + \beta.$$

2. За допомогою розв'язання обернених геодезичних задач за координатами точок А, В і С знаходять дирекційні кути α_{AB} і α_{BC} та відстані D_{AB} і D_{BC} (форм. 5.8).

3. Розраховують внутрішні кути трикутників:

$$\psi_1 = \alpha_{AP} - \alpha_{AB}, \quad \sigma_1 = 180^\circ - (\psi_1 + \varphi), \quad (5.17)$$

$$\psi_2 = \alpha_{BP} - \alpha_{BC}, \quad \sigma_2 = 180^\circ - (\psi_2 + \beta - \varphi).$$

4. Розв'язуючи трикутники АВР та ВСР за формулами синусів розраховують відстані від вихідних точок до точки Р:

$$D_{AP} = \frac{D_{AB}}{\sin \varphi} \sin \sigma_1,$$

$$D_{BP}^1 = \frac{D_{AB}}{\sin \varphi} \sin \psi_1, \quad D_{BP}^2 = \frac{D_{BC}}{\sin(\beta - \varphi)} \sin \sigma_2, \quad (5.18)$$

$$D_{CP} = \frac{D_{BC}}{\sin(\beta - \varphi)} \sin \psi_2.$$

5. За допомогою розв'язання прямих геодезичних задач розраховують координати точки Р, якщо різниця в координатах не перевищує 20 м, то їх осереднюють.

Приклад розв'язання оберненої засічки за вимірними кутами наведено в таблиці 5.4.

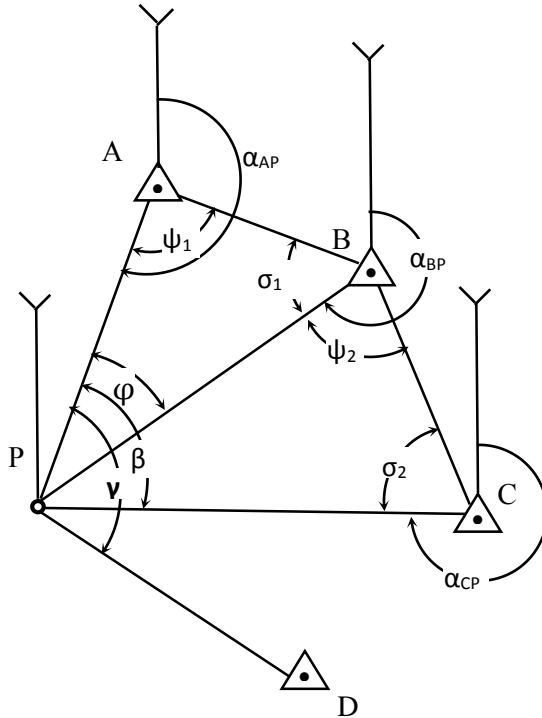


Рисунок 5.9 – Обернена засічка за вимірними кутами

Формули для обчислення:

$$\operatorname{arctg} \alpha_{AP} = \frac{(Y_B - Y_A) \operatorname{ctg} \varphi + (Y_A - Y_C) \operatorname{ctg} \beta + X_C - X_B}{(X_B - X_A) \operatorname{ctg} \varphi + (X_A - X_C) \operatorname{ctg} \beta + Y_B - Y_C}$$

$$\alpha_{BP} = \alpha_{AP} + \varphi, \quad \alpha_{CP} = \alpha_{AP} + \beta,$$

$$D_{AP} = \frac{D_{AB}}{\sin \varphi} \sin \sigma_1, \quad D_{BP}^1 = \frac{D_{AB}}{\sin \varphi} \sin \psi_1,$$

$$D_{BP}^2 = \frac{D_{BC}}{\sin(\beta - \varphi)} \sin \sigma_2, \quad D_{CP} = \frac{D_{BC}}{\sin(\beta - \varphi)} \sin \psi_2,$$

$$x_P = x_A + D_{AP} \cos \alpha_{AP}, \quad y_P = y_A + D_{AP} \sin \alpha_{AP},$$

$$x_P = x_C + D_{CP} \cos \alpha_{CP}, \quad y_P = y_C + D_{CP} \sin \alpha_{CP}.$$

Таблиця 5.4 – Приклад обчислення оберненої засічки за вимірними кутами (позначення рис. 5.9)

Позначення	Точка А		Точка В		Точка С		Точка Д	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Коорд. пунктів ГМ	98 555	91 908	03 365	97 394	98 982	04 154	99 689	04 154
Кути і ctg кутів	φ	β	γ	ctg φ	ctg β	R_{AP}	α_{AP}	α_{BP}
	71°22,6'	170°14,2'	81°49,8'	+0,33699	-5,81122	87°47,1'	92°12,9'	163°35,5'
Різниці коорд.	$X_B - X_A$	$Y_B - Y_A$	$Y_B - Y_C$	$X_A - X_C$	$Y_A - Y_C$	$X_C - X_B$	$X_A - X_C$	$Y_P - Y_A$
	+4 810,3	+5 486,4	-6 760,1	-427,5	-1 2246,5	-4 382,8	-4 810,3	+6 982,4
Точка Р	X_P	Y_P	Контроль	$X_D - X_P$	$Y_D - Y_P$	R_{PD}	α_{PD}	$\alpha_{PA} + \gamma$
	98 555,2	98 890,2		+1 404,7	-146,5	5°57,3'	354°02,7'	354°02,6'

При визначенні координат *оберненою засічкою орієнтованим приладом* прилад у точці Р орієнтують за дирекційним кутом вхідного орієнтирного напрямку, визначеним гіроскопічним або астрономічним способами, і визначають дирекційні кути на точки α_{PA} , α_{PB} і α_{PC} (рис. 5.10).

Опрацювання результатів польових вимірів виконують у такій послідовності:

1. Розв'язанням ОГЗ за координатами вхідних точок А і В розраховують дирекційний кут α_{AB} і відстань D_{AP} (формули 5.8).

2. Розраховують внутрішні кути трикутника

$$\gamma = \alpha_{PB} - \alpha_{PA}, \quad \psi = (\alpha_{PA} \pm 30-00) - \alpha_{AB}, \quad \sigma = 180 - (\gamma + \psi). \quad (5.19)$$

3. Обчислюють відстані D_{PA} і D_{PB} за формулами 5.18.

4. Змінюють вимірні кути на 180° і, розв'язуючи геодезичні задачі щодо точок А і В (формули 5.12), знаходять прямокутні координати точки Р. Розходження в координатах не повинно бути більшим ніж 20 м.

Для контролю обчислюють дирекційний кут із точки Р на точку С. Різниця розрахованого та виміряного кутів не повинна перевищувати 1' при виконанні робіт за допомогою теодоліта і КТД і 0-03 – за допомогою бусолі.

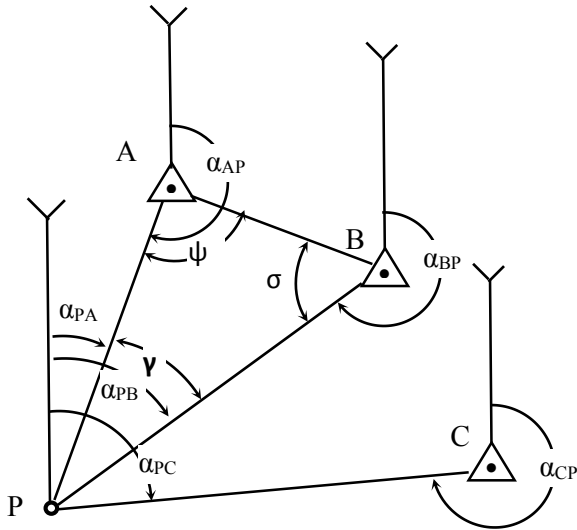


Рисунок 5.10 – Обернена засічка орієнтованим приладом

Оберненою засічкою за виміряними кутом і відстанями називають спосіб визначення координат точки Р за виміряними з цієї точки відстаней до двох пунктів і кутом між напрямками на ці пункти (рис. 5.11).

Вимірювання кута і відстаней здійснюють з однієї точки, координати якої визначають квантовим далекоміром, тому на польові роботи та обчислення результатів вимірювань потрібно мінімум часу.

Обчислення засічки виконують у такому порядку:

1. Розраховують кути φ і β при пунктах А і В:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{\varphi - \beta}{2} &= N \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}, \\ \frac{1}{2} (\varphi + \beta) &= 90^\circ - \frac{1}{2} \gamma, \\ \varphi &= \frac{1}{2} (\varphi + \beta) + \frac{1}{2} (\varphi - \beta), \\ \beta &= \frac{1}{2} (\varphi + \beta) - \frac{1}{2} (\varphi - \beta), \end{aligned} \right\} (5.20)$$

де $N = \frac{D_{PB} - D_{PA}}{D_{PB} + D_{PA}}$.

Контроль: $\Delta f = 180^\circ - (\varphi + \beta + \gamma) \leq 3'$.

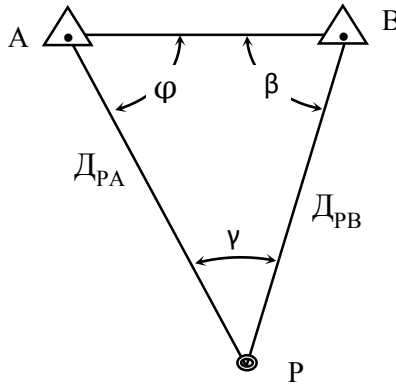


Рисунок 5.11 – Обернена засічка за вимірним кутом і відстанями

2. За теоремою синусів із трикутника АВР розраховують відстань між точками А і В:

$$D_{AB}^{TP} = \frac{D_{BP}}{\sin \varphi} \sin \gamma = \frac{D_{AP}}{\sin \beta} \sin \gamma. \quad (5.21)$$

3. Розв'язанням ОГЗ за координатами пунктів А і В знаходять дирекційний кут напрямку АВ і відстань D_{AB} між вихідними пунктами (формули 5.8).

Контроль $\Delta D = D_{AB} - D_{AB}^{TP} \leq 20$ м.

4. Розраховують дирекційні кути з вихідних точок на точку Р:

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \varphi, \quad \alpha_{BP} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ - \beta. \quad (5.22)$$

5. Розв'язанням ПГЗ за напрямками AP і BP обчислюють координати точки P. Якщо різниця координат не більша ніж 20 м, то розраховують середнє значення.

Приклад розв'язання оберненої засічки за вимірними кутами та відстанями наведено у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Приклад розв'язання оберненої засічки за вимірними кутами і відстанями (позначення – рис. 5.12)

Обчислення кутів		Розв'язання трикутника		Обчислення координат	
Позначення	Величина	Позначення	Величина	Позначення	Величина
D_{PA}	2 860	X_B	83 189	$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \varphi$	$49^\circ 48,7'$
D_{PB}	2 365	X_A	79 587	X_A	79 587
γ	$88^\circ 14,2'$	$X_B - X_A$	3 602	ΔX_A	+1 846
$\frac{1}{2} \gamma$	$44^\circ 07,1'$	Y_B	36 102	X_P	81 433
$D_{PB} - D_{PA}$	-495	Y_A	35 499	Y_A	35 499
$D_{PB} + D_{PA}$	5 225	$Y_B - Y_A$	603	ΔY_A	+2 185
N	-0,094 74	R	$9^\circ 30,2'$	Y_P	37 684
$\text{ctg}(\frac{1}{2} \gamma)$	1,031 26	α_{AB}	$9^\circ 30,6'$	$\alpha_{AP} = \alpha_{BA} - \beta$	$138^\circ 02,9'$
$N \times \text{ctg}(\frac{1}{2} \gamma)$	-0,097 702	D_{AB}	3 652,9	X_B	83 189
$\frac{1}{2}(\varphi - \beta)$	$-5^\circ 34,8'$	D'_{AB}	3 654,7	ΔX_B	-1 759
$\frac{1}{2}(\varphi + \beta)$	$45^\circ 52,9'$	$\Delta = D_{AB} - D'_{AB}$	1,8 м	X_P	81 430
φ	$40^\circ 18,1'$			Y_B	36 102
β	$51^\circ 27,7'$			ΔY_B	+1 581
$\varphi + \beta + \gamma$	$180^\circ 00,0'$	$X_P(\text{сер.})$	$Y_P(\text{сер.})$	Y_P	37 683
Δf	0,0'	81 432	37 684		

Формули для обчислення:

$$\text{tg} \frac{\varphi - \beta}{2} = N \text{ctg} \frac{\gamma}{2}, \quad \frac{1}{2}(\varphi + \beta) = 90^\circ - \frac{1}{2} \gamma,$$

$$\varphi = \frac{1}{2}(\varphi + \beta) + \frac{1}{2}(\varphi - \beta), \quad \beta = \frac{1}{2}(\varphi + \beta) - \frac{1}{2}(\varphi - \beta),$$

$$\Delta f = 180^\circ - (\varphi + \beta + \gamma) \leq 3', \quad \alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \varphi,$$

$$\alpha_{BP} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ - \beta, \quad D_{AB}^{TP} = \frac{D_{BP}}{\sin \varphi} \sin \gamma = \frac{D_{AP}}{\sin \beta} \sin \gamma,$$

$$x_P = x_A + D_{AP} \cos \alpha_{AP}, \quad y_P = y_A + D_{AP} \sin \alpha_{AP},$$

$$x_P = x_B + D_{BP} \cos \alpha_{BP}, \quad y_P = y_B + D_{BP} \sin \alpha_{BP}.$$

Комбінованою засічкою називають спосіб визначення координат, коли вимірювання здійснюють на одному із вхідних пунктів і на точці, координати якої визначають.

Застосовують такі види комбінованої засічки:

- за вимірними кутами;
- за вимірними кутами та відстанню.

При **комбінованій засічці за вимірними кутами** координати точки Р визначають за допомогою вимірювання кутів на цій точці (γ_1 і γ_2) та на одному з трьох пунктів – β_2 (рис. 5.12).

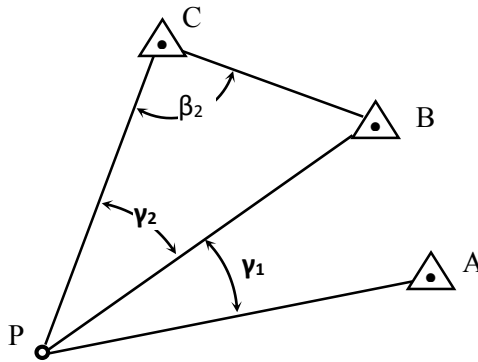


Рисунок 5.12 – Комбінована засічка за вимірними кутами

Дирекційний кут α_{CB} і відстань між точками визначають розв’язанням ОГЗ, а дирекційні кути α_{AP} , α_{BP} і α_{CP} за формулами:

$$\alpha_{CP} = \alpha_{CB} + \beta_2, \alpha_{BP} = \alpha_{CP} + \gamma_2, \alpha_{AP} = \alpha_{CP} + (\gamma_1 + \gamma_2). \quad (5.23)$$

Далі комбіновану засічку за вимірними кутами обчислюють у такому самому порядку, як і пряму засічку.

При **комбінованій засічці за вимірними кутами та відстанню** (рис. 5.13) вимірюють кути на точці Р (γ) і на одному із пунктів (β), а також відстань між точкою Р і одним із пунктів (D_{PB}). Засічку виконують за допомогою КТД.

Обчислення засічки виконують у такому порядку:

1. За допомогою розв'язання оберненої геодезичної задачі знаходять дирекційний кут α_{AB} і відстань D_{AB} .

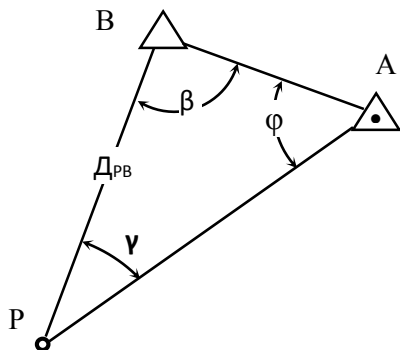


Рисунок 5.13 – Комбінована засічка за вимірними кутами та відстанню

2. Розраховують кут при точці А за формулою

$$\varphi = 180^\circ - (\gamma + \beta). \quad (5.24)$$

3. Розв'язанням трикутника АВР за стороною РВ і кутах γ , β і φ обчислюють сторони АР і АВ

$$D_{AB}^{TP} = \frac{D_{BP}}{\sin \varphi} \sin \gamma, \quad D_{AP} = \frac{D_{BP}}{\sin \varphi} \sin \beta. \quad (5.25)$$

4. Порівнюють довжину сторони АВ, розраховану розв'язуванням ОГЗ із розв'язанням трикутника. Розходження в довжині сторони АВ не повинно перевищувати 3 м при обчисленні на ЕКОМ і 10 м – на СТМ.

5 Обчислюють дирекційні кути з вихідних пунктів на точку Р:

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \varphi, \quad \alpha_{BP} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ + \beta. \quad (5.26)$$

6. Розв'язанням ПГЗ знаходять координати точки Р від пунктів А і В (формули 5.12).

Засічку вважати виконаною правильно, якщо розходження в координатах не перевищують 20 м. За остаточний результат беруть середнє арифметичне значення координат з округленням до 1 м.

Висновки до розділу 5

У цьому розділі наведено порядок топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку артилерійських підрозділів різними способами.

Топогеодезичну прив'язку від пунктів геодезичних мереж залежно від умов обстановки, характеру місцевості, наявності часу та взаємного розташування геодезичних пунктів і позицій, виконують ходами, засічками або поєднанням цих способів.

Саме зміст цих способів розкрито у 5 розділі.

Офіцери РВ і А повинні знати порядок топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку підрозділів різними способами, уміти самостійно здійснювати геодезичні обчислення за допомогою кутомірних та далекомірних приладів: теодоліта, бусолі, квантового далекоміра, далекоміра подвійного зображення. Набувати практичних навичок щодо опрацювання результатів польових вимірів як аналітичним методом, так і за допомогою спеціальних електронних обчислювальних машин, інженерних калькуляторів або обчислювача СТМ.

Навчальний тренінг

Основні терміни і поняття

Координати, розімкнений, замкнений, висячий ходи, пряма засічка за вимірними кутами, полярна засічка, обернена засічка за вимірними кутами, обернена засічка орієнтованим приладом, обернена засічка за вимірними кутами та відстанями, комбіновані засічки.

Питання для повторення та самоконтролю

- 1. Суть визначення координат на геодезичній основі.*
- 2. Розімкнений хід, його суть.*
- 3. Замкнений хід, його суть.*
- 4. Висячий хід, його суть.*
- 5. Правила прокладання ходу.*
- 6. Прилади, що використовують для прокладання ходу.*
- 7. Обернена засічка за вимірними кутами.*
- 8. Пряма засічка за вимірними кутами.*
- 9. Полярна засічка.*
- 10. Обернена засічка за вимірними кутами та відстанями.*
- 11. Суть комбінованої засічки за вимірними кутами.*
- 12. Суть комбінованої засічки за вимірними кутами та відстанями.*

Завдання для самопідготовки

- 1. Показати схематично розімкнений хід.*
- 2. Показати схематично замкнений хід.*
- 3. Накреслити схему прямої засічки за вимірними кутами.*
- 4. Накреслити схему полярної засічки.*

Теми для написання рефератів

- 1. Порівняльний аналіз сучасних способів визначення координат на геодезичній основі в передових країнах світу.*
- 2. Перспективні прилади для визначення координат на геодезичній основі.*

РОЗДІЛ 6

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ТОЧОК ЗА КАРТОЮ (АЕРОЗНІМКОМ)

6.1. Загальні положення

За вихідну основу при визначенні координат за картою беруть топографічні та спеціальні карти з координатами контурних точок, а також окремі планові аерознімки або фотоплани з координатною сіткою.

Координати елементів бойового порядку визначають за допомогою кутомірних і далекомірних приладів або апаратури топогеодезичної прив'язки стосовно контурних точок карти (аерознімка). З метою підвищення точності визначення координат за вихідні дані в ряді випадків можуть бути використані пункти державної та спеціальної геодезичних мереж, а також артилерійської топогеодезичної мережі, координати якої вибирають із каталогів (списків) координат.

Оброблення результатів польових вимірювань під час визначення координат за допомогою приладів здійснюють аналітичним, графоаналітичним або графічним методами.

Для забезпечення надійності результатів топогеодезичної прив'язки за вихідні точки при визначенні координат за картою обирають місцеві предмети або контурні точки карти, легко упізнавані на місцевості: перехрестя шосейних та ґрунтових доріг, залізничні переїзди, кути ліній електропередач, окремі будівлі, вишки, башти, окремі дерева, сараї тощо.

Точність положення контурних точок і місцевих предметів на топографічній карті характеризується середньою похибкою 0,4 мм у масштабі карти, що становить для карти масштабу 1:25 000 – 10 м, 1:50 000 – 20 м і 1:100 000 – 40 м.

Під час вибору вихідної (контурної) точки для визначення координат необхідно враховувати такі аспекти:

– на картах особливо ретельно позначають споруди, що спостерігаються здалеку (труби заводів, радіощогли, споруди баштового типу тощо), контурні точки та місцеві предмети, добре помітні на місцевості (перехрестя доріг, мости тощо);

– у населеному пункті точно наносять на карту тільки зовнішній контур, головні вулиці та будівлі, ближні до перехрестя головних вулиць і провулків;

– середина між двома лініями, що зображує дорогу (просіку) на карті, відповідає середині дороги (просіки) на місцевості, самі ж лінії краям дороги не відповідають;

– умовний знак заводу (фабрики) зображують на карті в тому місці, де розташована заводська труба, а за її відсутності – на місці найвищої будівлі;

– за умов значної кількості однорідних місцевих предметів (споруд, сараїв тощо), розташованих на невеликій площині, лише крайні наносять точно.

При зображенні місцевих предметів позамасштабними умовними знаками за місцеположення предмета на карті беруть:

– у знаків, що мають форму правильних геометричних фігур (квадрат, круг, трикутник, прямокутник) – геометричний центр знака;

– у знаків, що мають форму фігури з широкою основою (окремі камені, пам'ятники, заводські труби тощо) – середину основи знака;

– у знаків, що мають форму фігури з прямим кутом в основі (окремі дерева, вітряні млини тощо) – вершину прямого кута;

– у знаків, що складаються з різних фігур (споруди баштового типу, завод з трубою тощо) – центр нижньої фігури.

Під час визначення координат вихідних точок за картою необхідно враховувати, що похибки в координатах початкових (контурних) точок можуть значно збільшитися за рахунок помилок у роботі щодо визначення координат цих точок. Тому з метою зменшення похибок при визначенні координат цю роботу доцільно виконувати за допомогою поперечного масштабу та циркуля-вимірювача.

У разі використання для топогеодезичної прив'язки аерознімків із координатною сіткою, як вихідних точок можуть бути взяті будь-які контурні точки або місцеві предмети, упізнавані на аерознімку.

Аерознімок має значну перевагу над картою тому, що кількість його контурних точок на одиницю площини для відкритої та напівзакритої місцевості набагато перевищує число таких точок на карті.

Для топогеодезичної прив'язки можуть використовувати аерознімки з координатною сіткою масштабу не дрібніше 1:50 000, фотоплани масштабів від 1:25 000 до 1:100 000 або фотокарти масштабів 1:25 000 та 1:50 000.

Точність положення контурних точок і місцевих предметів на аерознімку характеризується серединною похибкою 0,5 мм масштабу карти, з якої була перенесена координатна сітка на знімок (фотоплан).

Для визначення координат точок за аерознімком застосовують ті самі прилади та способи робіт, що й під час роботи з картою.

Задачу з визначення координат точки (ВП, КСП тощо) за картою (аерознімком) розв'язують у тому разі, коли ВП (КСП) знаходиться в безпосередній близькості (не далі ніж 0,5 мм у масштабі карти, аерознімка) від контурної точки (місцевого предмета). У такому випадку за координати точки беруть координати самої контурної точки (місцевого предмета).

У більшості випадків точки, координати яких необхідно визначити, будуть віддалені від контурних точок, тому визначення їх координат буде пов'язане не лише з визначенням координат контурних точок, а також із визначенням приростів координат щодо вихідних точок.

6.2. Визначення координат точок за картою (аерознімком) за допомогою приладів

Під час визначення координат елементів бойового порядку артилерії за картою (аерознімком) за допомогою приладів залежно від конкретних умов спостереження, наявності часу, характеру місцевості та наявності контурних точок можна застосовувати полярний спосіб, ходи і засічки.

Полярний спосіб

Полярний спосіб застосовують, коли з ВП (СП) спостерігають контурну точку.

Сутність полярного способу полягає у визначенні дирекційного кута та відстані з контурної точки на точку, координати якої визначають, і розрахуванні за ними прямокутних координат (рис. 6.1).

Спосіб визначення дирекційного кута обирають залежно від обставин (див. розділ 4).

Дирекційний кут вимірюють переважно не з контурної точки на ВП (СП), а з ВП (СП) на контурну точку (α_{PA}). У цьому разі вимірний дирекційний кут змінюють на $30-00$ і одержують дирекційний кут α_{AP} із контурної точки на точку, координати якої визначають.

Способи визначення відстаней під час проведення топогеодезичної прив'язки та їх характеристики наведені в таблиці 6.1. Вибір способу залежить від наявності далекомірного приладу та обставин.

Мірну стрічку застосовують для виміру невеликих відстаней, але з високою точністю (наприклад – вимірювання

довжини короткої бази). Під час визначення відстані розгортанням короткої бази, прилади на кінцях бази обов'язково центрують з похибкою не більше ніж 1 см.

Обчислення координат точки Р при полярному способі зводиться до розв'язання прямої геодезичної задачі (розділ 3). Його виконують за допомогою ЕКОМ, обчислювача СТМ, номограми НІХ, таблиці приростів координат.

Для контролю координати точки визначають від іншої контурної точки.

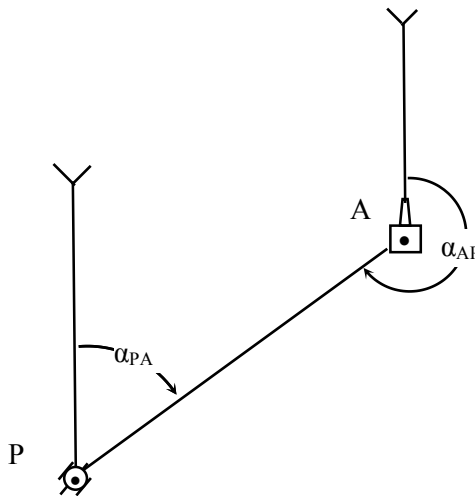


Рисунок 6.1 – Визначення координат полярним способом

Розходження в координатах не повинні перевищувати величини, що розраховують за формулою

$$\Delta_{\text{гран.}} = 3\sqrt{2E^2}, \quad (6.1)$$

де E – середня похибка визначення координат залежно від масштабу карти: для карти масштабу 1:25 000 вона становить 12 м, 1:50 000 – 25 м, 1:100 000 – 40 м.

Якщо визначити координати полярним способом від іншої контурної точки неможливо, то здійснюють наближений контроль прив'язки прийомами окомірної зйомки.

Таблиця 6.1 – Характеристики способів визначення відстаней при топогеодезичній прив'язці

Спосіб (прилади) вимірювання	Дальність вимірювання	Середина (гранична) похибка
Мірна стрічка	–	1:1000–1:3000 Д
За допомогою бусолі та далекомірної рійки	До 250 м	1:150 Д
Стереоскопічні далекоміри: ДС-1 ДС-1М1 ДС-2 ДСП-30	до 2 км до 3 км до 4 км 50–250 м	$8 \times 0,001Д^2$ $6 \times 0,001Д^2$ $4 \times 0,001Д^2$ 5 м
Квантові далекоміри: 1Д11, 1Д15, 1Д13 КТД-1	до межі технічних можливостей до 5 км	3,5 м (10 м) 1,2 м (5 м)
Далекоміри подвійного зображення: ДДИ ДДИ-3	до 800 м до 400 м	1:150–1:300 Д 1:150 Д
Теодоліт та далекомірна рійка	50–300 м	1:300–1:400 Д
За допомогою короткої бази	$Д \leq 10\epsilon$	1 % Д

Приклад 34. Визначали координати ВП від КТ «Спирода баштового типу» (рис. 6.1): $x = 55\ 760$, $y = 74\ 320$, якщо з точки стояння основної гармати визначили магнітні азимуту на контурну точку: $Am_1 = 19-36$, $Am_2 =$

$= 19-34$, $At_3 = 19-37$. Поправка бусолі $\Delta At = -1-28$. Відстань до контурної точки вимірювали за допомогою короткої бази, розгорнутої під прямим кутом до напрямку на контурну точку: $v = 40$ м, $\beta = 13-88$.

Розв'язання:

1. Розраховують $At_{сер.} = \frac{1}{3} \Sigma At_i = 19-36$.

2. Визначають дирекційний кут $\alpha_{РА} = At_{сер.} - \Delta At = 19-36 - (-1-28) = 20-64$.

3. Змінюють дирекційний кут $\alpha_{РА}$ на $30-00$ і одержують дирекційний кут із контурної точки на вогневу позицію $\alpha_{АР} = 20-64 \pm 30-00 = 50-64$.

4. Розв'язанням трикутника визначають відстань до контурної точки:

$$\gamma = (15-00) - \beta = 1-12, D = v/\operatorname{tg} \gamma = 40/\operatorname{tg} (1-12) = 339 \text{ м.}$$

5. Розраховують координати вогневої позиції:

$$x_P = x_A + D_{АР} \cos \alpha_{АР} = 55\ 760 + 339 \times \cos(50-64) = 55\ 949;$$

$$y_P = y_A + D_{АР} \sin \alpha_{АР} = 74\ 320 + 339 \times \sin(50-64) = 74\ 038.$$

Ходи

Під час визначення координат елементів бойового порядку артилерії за картою за допомогою приладів в умовах закритої та напівзакритої місцевості застосовують ро-зімкнений (рис. 5.1) або висячий ходи (рис. 5.3).

Артилерійські підрозділи застосовують переважно висячі ходи. У зв'язку з тим, що висячий хід безконтрольний, його застосування допускається лише за умов порівняно невеликих відстаней від контурної точки. Зазвичай кількість сторін ходу повинно бути не більше ніж 3.

Застосування розімкненого ходу більш характерно для топогеодезичних підрозділів за необхідності проведення то-

поприв'язки або контролю топоприв'язки декількох позицій (пунктів). Загальна довжина розімкненого ходу не повинна перевищувати 5 км.

Польові роботи під час прокладання ходу здійснюють за тими самими правилами, що й під час прокладання ходу від пунктів геодезичних мереж (розділ 5), але при цьому:

- визначення дирекційного кута орієнтирного напрямку на початковій точці може здійснюватися гіроскопічним, астрономічним способами або за допомогою магнітної стрілки бусолі;

- довжину сторін вимірюють за допомогою бусолі та далекомірної рейки, КТД, теодолітом, або далекомірами подвійного зображення й лише в одному напрямку;

- якщо початкова точка недоступна для встановлення на ній приладу, то роботи починають із наступної точки і, визначивши на початковій точці дирекційний кут і відстань, змінюють кут на 180° (30-00) та надалі проводять розрахунки від початкової точки;

- точки ходу на місцевості можуть не закріплювати;

- координати точок ходу обчислюють з округленням до 1 м;

- відносну кутову та лінійну нев'язки не розраховують.

Координати точок ходу обчислюють за допомогою ЕКОМ, обчислювача ОТМ, НІХ або таблиць приростів координат.

Висячий хід. Порядок виконання польових робіт та обчислень під час визначення координат методом висячого ходу розглянемо на конкретному прикладі.

Приклад 35. *Визначити координати вогневої позиції (рис. 6.2), якщо з проміжної точки (А) визначили на контурну точку «міст (1977)» дирекційний кут $\alpha_{А-КТ} = 50-32$, $D_{КТ} = 190$ м; на вогневу позицію $\alpha_{А-ВП} = 12-56$, $D_{ВП} = 170$ м, координати контурної точки визначили за картою:*

$x = 19\ 705, y = 77\ 150.$

Розв'язання:

1. Змінюють дирекційний кут $\alpha_{A-кт}$ на 30-00 і отримують дирекційний кут із контурної точки на точку А $\alpha_{КТ-А} = 20-32.$

2. Розв'язують дві прями геодезичних задачі та розраховують координати ВП.

Координати та прирости координат		Куты та відстані
$x_{кт} = 19\ 705$	$y_{кт} = 77\ 150$	$\alpha_{КТ-А} = 20-32$
$\Delta x = -100$	$\Delta y = +161$	$D_{КТ} = 190$
$x_A = 19\ 605$	$y_A = 77\ 311$	$\alpha_{А-ВП} = 12-56$
$\Delta x = +43$	$\Delta y = +166$	$D_{ВП} = 170$
$x_{ВП} = 19\ 648$	$y_{ВП} = 77\ 477$	

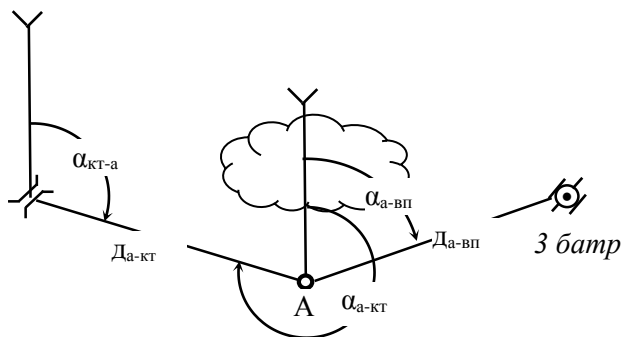


Рисунок 6.2 – Абрис прокладання висячого ходу

Розімкнений хід. Під час прокладання розімкненого ходу польові роботи, що починають на першій (початковій) контурній точці, закінчують не на позиції (пункті), а на останній (контрольній) контурній точці. Обчислення координат точок ходу проводять послідовно відповідно до виходу на ці точки та здійснення вимірювань. Після обчис-

лення координат останньої точки їх порівнюють із координатами контурної точки, визначеної за картою, та обчислюють розходження між ними (нев'язки) за формулами:

$$f_x = x_{к(обч)} - x_{к(к)}, f_y = y_{к(обч)} - y_{к(к)}, \quad (6.2)$$

де $x_{к(обч)}$ і $y_{к(обч)}$ – координати контрольної точки, одержаної під час обчислення ходу;

$x_{к(к)}$ і $y_{к(к)}$ – координати контрольної точки, визначеної за картою.

Одержані невіязки в координатах контрольної точки розміщеного ходу залежно від довжини ходу та масштабу карти не повинні перевищувати на рівнинній і горбистій місцевості величини зазначені в таблиці 8.6 пункт 10.

Якщо під час контролю більша (за абсолютною величиною) невіязка координат не перевищує встановленого граничного значення, то вважають, що прив'язка виконана правильно. У разі, коли хоча б одна з невіязок перевищує граничні допуски, то перевіряють обчислення і (якщо неможливо виявити та виправити помилку) прив'язку виконують заново зазвичай від інших контурних точок.

Порядок виконання польових робіт та обчислень при визначенні координат розміткеним ходом розглянемо на конкретному прикладі.

Приклад 36. *Визначити координати трьох ВП розміткеним ходом (рис. 6.3). Польові вимірювання виконували за допомогою бусолі. Координати початкової, контурних та контрольної точок визначали за картою 1:50 000: $x_{пт} = 75\ 320$, $y_{пт} = 39\ 670$, $x_{кт} = 75\ 395$; $y_{кт} = 33\ 880$.*

Розв'язання: 1. Установлюють бусоль на початковій точці, орієнтують за дирекційним кутом і визначають дирекційний кут на першу точку. На точку 1 виставляють далекомірну рейку та за допомогою бусолі зчитують відстань. Розв'язують ПГЗ і визначають координати точки 1.

2. Переходять на другу точку, установлюють бусоль, орієнтують за дирекційним кутом на початкову точку зміненим на 30-00: $\alpha_1 \pm 30-00 = 26-86$ і вимірюють дирекційний кут на другу точку і дальність за нею.

У такому самому порядку здійснюють вимірювання на всіх точках ходу. Результати польових вимірювань показано на рисунку 6.3, обчислення ходу наведено в таблиці 6.2.

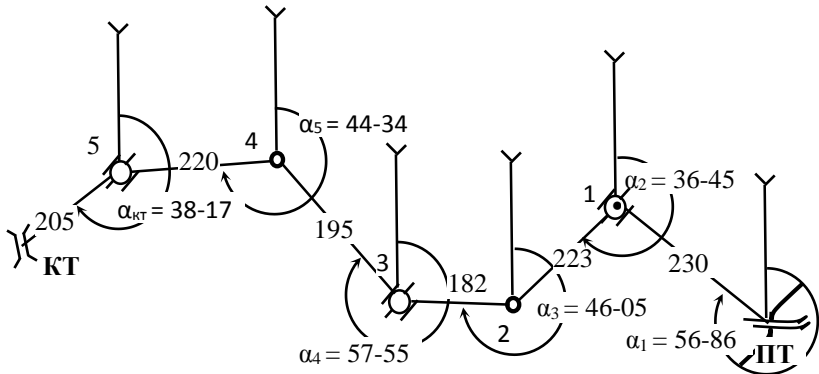


Рисунок 6.3 – Абрис визначення координат ВП розімкненим ходом

3. Знаходять нев'язки ходу (формула 6.2):

$$f_x = -28 \text{ м}, f_y = +37 \text{ м} < f_{\text{дон}} = 45 \text{ м}.$$

Засічки

При визначенні координат за картою (аерознімком) артилерійські підрозділи переважно застосовують, обернені засічки:

- за зворотними дирекційними кутами (орієнтованим приладом);
- за вимірними відстанями;
- за вимірними кутами (неорієнтованим приладом);
- за вимірними кутом і відстанями.

Таблиця 6.2 – Обчислення розімкненого ходу

Номер (наймен.) точок	Координати		Кути і відстані
	\bar{x} Δx	\bar{y} Δy	
ПТ	75 320 +218	39 670 -74	$\alpha_1 = 56-86$ $D_1 = 230$
1(ВП)	75 538 -174	39 596 -139	$\alpha_2 = 36-45$ $D_2 = 223$
2	75 364 +20	34 457 -181	$\alpha_3 = 46-05$ $D_3 = 182$
3(ВП)	75 384 +189	34 276 -49	$\alpha_4 = 57-55$ $D_4 = 195$
4	75 573 -15	34 227 -219	$\alpha_5 = 44-34$ $D_5 = 220$
5(ВП)	75 557 -134	34 008 -155	$\alpha_{КТ} = 38-17$ $D_{КТ} = 205$
КТ	75 423	33 853	$\Sigma D = 1\ 255$

При *оберненій засічці за зворотними дирекційними кутами* (рис. 6.4) вибирають 3 контурні точки та визнача-

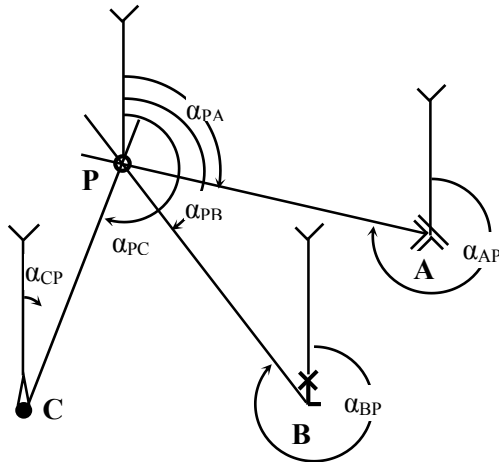


Рисунок 6.4 – Засічка за зворотними дирекційними кутами

ють за ними дирекційні кути. Для оброблення даних змінюють виміряні дирекційні кути на 30-00 і будують напрямки з відповідних контурних точок за зворотніми дирекційними кутами. Перетинання прокреслених ліній і буде точкою, координати якої визначають.

Обернена засічка за виміряними відстанями полягає у визначенні координат точки Р (рис. 6.5) за відстанями, виміряними з точки, координати якої визначають, до 3 вихідних точок.

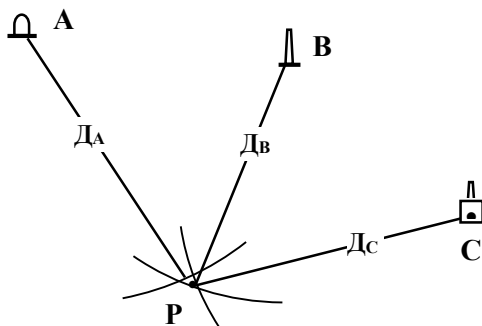


Рисунок 6.5 – Обернена засічка за виміряними відстанями

Для одержання координат з високою точністю під час вимірювання відстаней застосовують квантові далекоміри. Оброблення результатів засічок здійснюють графічно на карті (планшеті, аерознімку) за допомогою циркуля-вимірювача та поперечного масштабу. Для цього на карті (аерознімку або планшеті) прокреслюють дуги з радіусами, що дорівнюють виміряним відстаням до точок у масштабі карти. Перетинання дуг зазначить місце розміщення точки на карті.

За допомогою циркуля-вимірювача та поперечного масштабу визначають її прямокутні координати. У разі одержання трикутника похибок за положення точки беруть центр трикутника, якщо його найбільша сторона не перевищує 3 мм.

Обернена засічка за вимірними кутами полягає у визначенні координат точки методом вимірювання кутів із точки, координати якої визначають, за чотирма вихідними точками. Четверту точку беруть для контролю (рис. 6.6).

Вихідні точки вибирають так, щоб точка, координати якої визначають, знаходилася всередині трикутника, що створений вихідними точками, або поза трикутником, але навпроти однієї з його вершин.

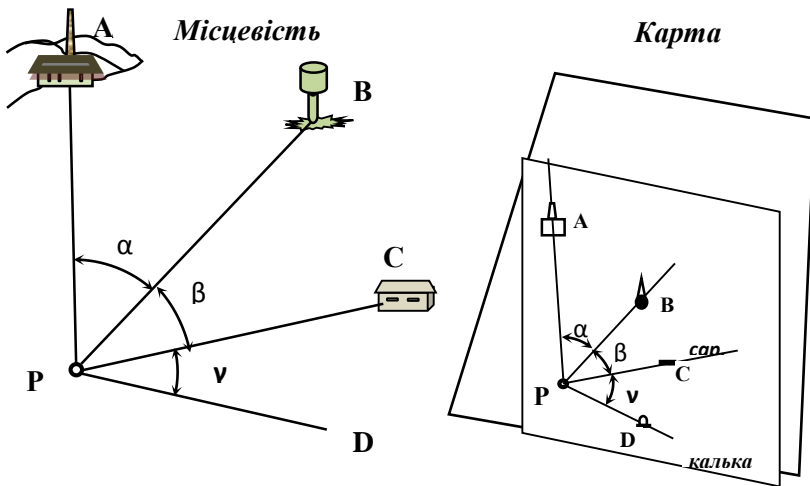


Рисунок 6.6 – Зворотна засічка за вимірними кутами

Польові роботи при цьому способі полягають у вимірюванні з точки, координати якої визначають (точка P), трьох кутів α , β і ν (рис. 6.6). Кути вимірюють бусоллю або іншим кутомірним приладом.

При обробленні даних польових вимірювань на кальці ставлять точку Р і з неї прокреслюють пряму лінію напрямку на точку А. Від прокресленої лінії відкладають виміряні кути α , β і γ і прокреслюють напрямки на точки В, С і D. Потім кальку накладають на карту та її переміщенням і поворотом суміщають напрямки з відповідними їм точкам на карті. Після суміщення усіх напрямків переколюють точку Р на карту й визначають її координати.

Обернену засічку за вимірними кутом і відстанями застосовують коли на точці, координати якої визначають, є далекомір. Для визначення координат вибирають на місцевості три контурних точки. До двох орієнтирів вимірюють відстані та кут β між ними (рис. 6.7), а за третім – лише кут γ і використовують його для контролю.

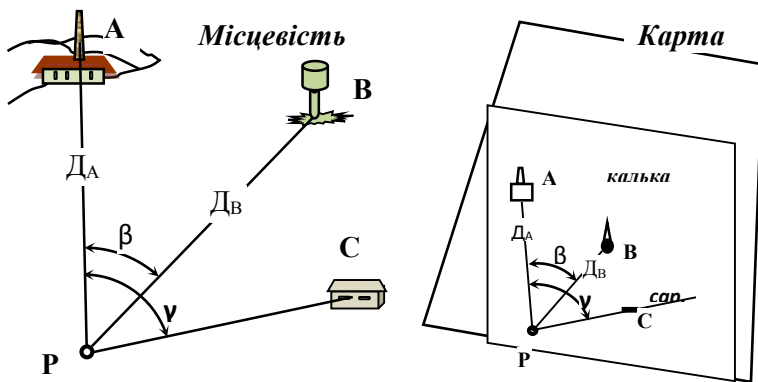


Рисунок 6.7 – Обернена засічка за вимірними кутом і відстанями

Під час оброблення даних графічним методом на кальку наклеюють точку Р і проводять лінію РА. На лінії РА відкладають відстань у масштабі карти до контурної точки А (D_A). За допомогою артилерійського круга або циркуля-вимірювача й хордокутоміра будують напрямки РВ і РС відповідно до кутів β і γ . На напрямку РВ відкладають відстань

РВ. Накладають кальку на карту та суміщають точки А і В з відповідними точками на карті. Якщо напрямок РС пройшов через контурну точку С, то точку Р переколюють на карту й визначають її координати.

При виборі контурних точок для усіх видів засічок при графічному методі обробки необхідно, щоб кути між контурними точками були в межах від 5-00 до 25-00, а точки обирають за можливості ближче до об'єкта, координати якого визначають. Це дозволить зменшити похибки у визначенні координат унаслідок похибок визначення дирекційних кутів і креслення напрямків на карті.

6.3. Визначення координат точок за допомогою апаратури топоприв'язки

Використання автономної апаратури для топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку дозволяє скоротити час на підготовку вогневих позицій і спостережних пунктів до бойової роботи, особливо в умовах закритої та напівзакритої місцевості.

Підготовка апаратури топоприв'язки до роботи може проводитися на початковій точці, або безпосередньо на вогневій позиції (спостережному пункті) при зміні бойового порядку. Початкову точку обирають за можливості на відстані не більше ніж 5 км від району вогневих позицій (СП). Якщо маршрут руху від початкової точки до ВП (СП) буде перевищувати 5 км, то на маршруті вибирають контрольні точки на яких перевіряють точність роботи апаратури та за необхідності вносять корективи.

Підготовка автономної апаратури топоприв'язки до роботи на початковій точці містить:

- визначення дирекційного кута поздовжньої осі машини;
- визначення координат точки стояння машини;

– включення апаратури топоприв'язки та підготовку її до роботи.

Дирекційний кут поздовжньої осі машини на початковій точці може визначатися за допомогою гірокомпаса або бусолі. Якщо гірокомпас установлений стаціонарно на об'єкті (1Г25-1, 1Г40), то вмикають гірокомпас і визначають азимут поздовжньої осі командирської машини. Порядок роботи на гірокомпасах дивись розділ 2.3. До дирекційного кута переходять за формулою

$$\alpha_{oci} = A_{oci} - \gamma, \quad (6.3)$$

де γ – зближення меридіанів.

При визначенні дирекційного кута поздовжньої осі машини за допомогою гірокомпаса 1Г17 або бусолі ПАБ-2А прилад виносять із машини, установлюють на відстані 30–40 м від машини (рис. 6.8) і визначають дирекційний кут на візир КМУ (топоприв'язника).

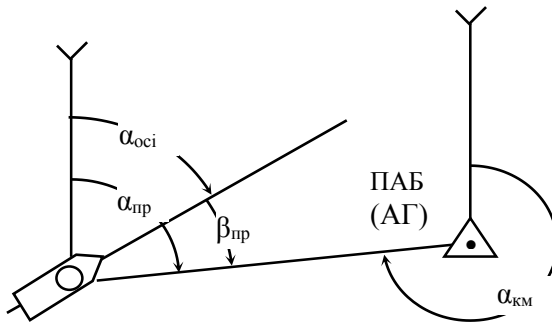


Рисунок 6.8 – Схема визначення α_{oci}

Готують візир до роботи, для чого наводять вертикальну вісь приладу на гірокомпас (ПАБ) і зчитують кут між поздовжньою віссю машини та напрямком на прилад $\beta_{пр}$.

Дирекційний кут поздовжньої осі розраховують за формулою

$$\alpha_{oci} = \alpha_{км} \pm 30-00 - \beta_{пр}, \quad (6.4)$$

де $\alpha_{км}$ – дирекційний кут із гірокомпаса (бусолі) на візир КМУ (топоприв'язника);

$\beta_{пр}$ – кут між поздовжньої віссю машини та напрямком на гірокомпас (бусоль).

Залежно від умов обстановки орієнтування бусолі може бути проведено геодезичним, астрономічним способами або за допомогою магнітної стрілки бусолі.

Координати пунктів геодезичних мереж, що застосовують як початкові, беруть із каталогу координат. Координати контурних точок, використовуваних як вихідні, визначають за допомогою циркуля-вимірювача і поперечного масштабу або зчитують зі спеціальної карти з координатами контурних точок.

Якщо за умовами місцевості КМУ (топоприв'язник) можна встановити на вихідній точці або поблизу неї (не далі ніж 10 м), то за координати машини беруть координати контурної точки і їх виставляють на лічильниках.

За неможливості встановити машину на початкову точку або поблизу неї, координати машини визначають у такій послідовності:

– визначають координати початкової точки, дирекційний кут і відстань до неї; дирекційний кут, визначений із КМУ (топоприв'язника) на початкову точку, змінюють на 30-00;

– установлюють на лічильниках курсопрокладника (координатора) координати початкової точки, на шкалі «КУРС» – дирекційний кут із початкової точки на машину, вмикають перемикач «масштаб» відповідно до масштабу карти і при вимкненому датчику шляху вводять маховичком ручного вводу шляху (натисканням кнопок «швидко – медленно» – в апаратурі 1Г128) відстань до початкової точки. У результаті пишучий пристрій на курсопрокладнику (пере-

хрестя ниток – на планшеті) установлюють на точку стояння машини, а на лічильних X і Y – координати точки стояння машини.

За готовності апаратури до роботи (через 13–15 хвилин після включення гірокурсказівника), починають рух на вогневу позицію (спостережний пункт).

Рухатися за маршрутом необхідно з максимально можливою в цих умовах швидкістю і не допускати різкого гальмування. Під час руху треба контролювати правильність роботи апаратури за контурними точками (місцевими предметами) на маршруті руху.

У разі вимушених зупинок необхідно зчитати зі шкали «Курс» і записати дирекційний кут поздовжньої осі машини, а перед початком руху встановити це значення, якщо за час зупинки стався відхід осі гірокурсказівника.

Якщо на маршруті руху зустрілася важко прохідна ділянка дороги, під час подолання якої необхідно включати передній міст, то в машинах, апаратура яких має електронний датчик швидкості, подолання такої ділянки здійснюють на електронному датчику. Під час роботи з топо-прив'язником на шасі ГАЗ-66, що має додатковий датчик шляху від п'ятого колеса, перед подоланням важко прохідної ділянки переключаються на додатковий датчик, опускають п'яте колоесо та вмикають передній міст. Після подолання ділянки знову переключаються на основний датчик і вимикають передній міст.

Подолання важко прохідної ділянки на машинах, апаратура яких має тільки один датчик шляху з приводом від переднього мосту, здійснюють у такому порядку:

– зупиняють машину перед важко прохідною ділянкою, вимикають датчик шляху, зчитують зі шкали «Курс» і записують значення дирекційного кута поздовжньої осі машини;

– вибирають на протилежному кінці ділянки орієнтир на шляху руху машини та визначають за ним дирекційний кут α_{op} і відстань;

– установлюють на шкалі «Курс» значення α_{op} і рукояткою ручного введення шляху вводять відстань до орієнтира, при цьому пишучий пристрій установлюють на карті за орієнтиром і на лічильниках установлюють координати орієнтира;

– вмикають передній міст, на шкалі «Курс» установлюють дирекційний кут поздовжньої осі машини, з яким прибули до важко прохідної ділянки, і долають ділянку з вимкнутим датчиком шляху;

– після подолання ділянки зупиняють машину біля орієнтира, координати якого встановлені на курсопрокладнику, вмикають передній міст, вмикають датчик шляху та продовжують рух у звичайному порядку.

Під час переміщення КМУ (топоприв'язника) в суміжну зону заміну листа карти здійснюють у такій послідовності:

– при підході пишучого пристрою до межі зони машину зупиняють і зчитують із лічильників прямокутні координати, а зі шкали «Курс» – дирекційний кут поздовжньої осі машини;

– перераховують координати в суміжну зону та розраховують поправку в дирекційний кут $\Delta\alpha$ за перехід із зони в зону;

– установлюють на лічильниках X і Y перераховані координати, а на шкалі «Курс» – дирекційний кут поздовжньої осі машини й поновлюють рух;

– з прибуттям машини на найближчу контурну точку контролюють установки координат і пишучого пристрою.

Після прибуття КМУ старшого офіцера батареї на вогневу позицію машину встановлюють над точкою стояння

основної гармати, зчитують із лічильників прямокутні координати та дирекційний кут поздовжньої осі машини, готують візир ПВ-1 до роботи, розраховують відлік $\beta_{он} = \alpha_{он} - \alpha_{осі}$, повертанням маховичка горизонтального наведення встановлюють за чорними шкалами значення $\beta_{он}$, а за червоними кутомірними шкалами встановлюють відлік 30-00, наводять вертикальну нить візиру на точку наведення і зчитують кутомір. Приводять візир у похідне положення й переїжджають на точку стояння КМУ.

На точці стояння КМУ зчитують координати та дирекційний кут поздовжньої осі КМУ і виключають апаратуру топоприв'язки. Готують до роботи візир ПВ-1 і встановлюють за головним напрямком за червоними кутомірними шкалами відлік 0-00, наводять на панорами кожної гармати, зчитують кутомір і подають команди на орієнтування гармат.

У подальшому наводять візир на віддалений орієнтир і записують контрольне значення $\beta_{ор}$, вмикають гірокомпас, уточнюють дирекційний кут поздовжньої осі КМУ і за необхідності вносять корективи в кутоміри.

За наявності часу визначають координати точки стояння машини за допомогою приладів КМУ і вводять поправки в координати основної гармати.

Після прибуття КМУ командира дивізіону (батареї) на КСП зчитують із лічильників координати X і Y , а зі шкали «Курс» – $\alpha_{осі}$ та вмикають апаратуру топоприв'язки. Орієнтують координатор системи перетворення координат 1Т804 за дирекційними кутами та визначають дирекційні кути на 1–2 віддалених орієнтири. За наявності часу проводять контроль визначення дирекційного кута поздовжньої осі та координат точки стояння за допомогою приладів КМУ.

Координати елементів бойового порядку підрозділів артилерії за допомогою топоприв'язника визначають зазвичай

за допомогою прокладання розімкненого маршруту між двома вихідними точками (початковою та кінцевою (контрольною)). У районах із рідкою сіткою контурних точок, а також, коли через умови обстановки або місцевості не можна замкнути маршрут на другій контурній точці, допускається застосування замкненого маршруту з використанням однієї контурної точки.

Довжина маршруту не повинна перевищувати 5 км від початкової до точки, координати якої визначають, і 10 км від початкової до контрольної точки.

Вибирати початкову та контрольну точки необхідно так, щоб забезпечити мінімальну довжину маршруту топоприв'язника з максимальним використанням дорожньої мережі.

Якщо в районі виконання робіт із прив'язки ВП (СП) є пункти геодезичної мережі та їх використання не пов'язано зі значним збільшенням довжини маршруту, то за вихідні точки доцільно використовувати ці пункти.

Зміст підготовки апаратури топоприв'язки топоприв'язника до роботи, способи визначення дирекційного кута поздовжньої осі такої самий, як і для командирських машин управління, що викладено вище.

Після прибуття на точку (вогневу позицію, звуковий пост, позицію станції тощо), координати якої визначають, топоприв'язник устанавлюють над точкою або в безпосередній близькості від неї та зчитують із лічильників координати X і Y .

Якщо нема можливості встановити топоприв'язник над точкою або поблизу неї, то координати точки визначають розв'язанням прямої геодезичної задачі. Для цього готують до роботи візир і визначають кут $\beta_{виз.}$ за точкою та розраховують дирекційний кут $\alpha = \alpha_{oci} + \beta_{виз.}$. За допомогою далекоміра ДСП-30 (далекомірної рійки або мірної стрічки) вимірюють відстань до точки. Розв'язанням прямої геодезичної

задачі розраховують координати точки та визначають за картою її висоту.

Після визначення координат точки розв'язанням ПГЗ на курсопрокладнику, перш ніж продовжити рух за маршрутом, необхідно встановити координати топоприв'язника.

Після прибуття топоприв'язника на кінцеву точку, якщо вона доступна для заїзду, координати її зчитують із лічильників координат.

Якщо кінцева точка недоступна для заїзду на неї топоприв'язником, то координати кінцевої точки визначають розв'язанням ПГЗ, визначивши з топоприв'язника дирекційний кут і відстань до неї.

Після визначення координат кінцевої точки порівнюють їх із координатами цієї самої точки, знятими з карти, і знаходять розходження між ними:

$$\begin{aligned}\Delta x &= X_T^K - X_K^K; \\ \Delta y &= Y_T^K - Y_K^K,\end{aligned}$$

де X_T^K , Y_T^K – координати кінцевої точки, визначені топоприв'язником;

X_K^K , Y_K^K – координати кінцевої точки, визначені за картою або з каталогу координат.

Розходження в координатах кінцевої точки не повинні перевищувати допустимих значень.

З метою підвищення точності визначення координат елементів бойового порядку підрозділів артилерії за наявності часу, кінцеву точку беруть за початкову та здійснюють рух в оберненому напрямку повторно визначаючи координати точок. За остаточний результат беруть середнє арифметичне із двох результатів.

6.4. Визначення висот

Абсолютні висоти прив'язуваних точок визначають за картою масштабів 1:50 000 або 1:100 000 з інтерполюванням на око стосовно найближчих горизонталей. Висоти вогневих позицій, КСП, постів і позицій засобів артилерійської

розвідки допускається визначати за картою тільки при кутах нахилу місцевості не більше ніж 6° . У разі нахилу місцевості більше ніж 6° висоти точок визначають за допомогою приладів (теодоліт, бусоль, далекоміри) від пунктів геодезичних мереж або від контурної точки розташованої на схилі, крутизна якого не перевищує 6° .

Для визначення висоти вимірюють кут нахилу ε та відстань до вихідної точки. Перевищення Δh обчислюють за формулами 3.32 або 3.33.

Абсолютну висоту розраховують додававши Δh до висоти вихідної точки.

Висновки до розділу 6

У цьому розділі наведені способи та порядок визначення координат елементів бойового порядку підрозділів артилерії за картою (аерознімком) за допомогою приладів: полярний, ходи і засічки.

Розкрито порядок визначення координат точок за допомогою апаратури топоприв'язки, а також порядок визначення висот.

Наведено методи оброблення результатів польових вимірювань під час визначення координат за допомогою приладів а саме: аналітичний, графоаналітичний, графічний.

Офіцер-артилерист повинен знати способи та порядок визначення координат елементів бойового порядку підрозділів артилерії, уміти самому здійснювати геодезичні обчислення і навчити підлеглих умінню здійснювати геодезичні обчислення під час визначення координат елементів бойового порядку артилерійських підрозділів.

Командири артилерійських підрозділів повинні постійно вдосконалювати свої знання стосовно способів визначення координат ВП (КСП) як за картою, так і за аерознімком, знати прилади, за допомогою яких проводять геодезичні обчислення, набувати практичних навичок у роботі з ними.

Навчальний тренінг

Основні терміни та поняття

Координати, топографічні карти, спеціальні карти, контурні точки, аерознімки, фотоплани полярний спосіб, ходи, засічки, апаратура топоприв'язки, абсолютна висота.

Питання для повторення та самоконтролю

1. Суть визначення координат за картою (аерознімком).
2. Сутність полярного способу. Формули для обчислень.
3. Правила прокладання ходу під час топоприв'язки за картою (аерознімком).
4. Види засічок. Суть засічки за зворотними дирекційними кутами
5. Суть засічки за виміряними кутами.
6. Суть засічки за виміряними відстанями.

Завдання для самопідготовки

1. Накреслити схему визначення координат полярним способом.
2. Накреслити схему прокладання висячого ходу.
3. Накреслити схему визначення $\alpha_{осі}$ за допомогою ПАБ (АГ)

Теми для написання рефератів

1. Порівняльний аналіз сучасних способів визначення координат точок у передових країнах світу та шляхи подальшого їх розвитку.
2. Перспективні прилади для геодезичних обчислень під час визначення координат точок за картою за аерознімками.

РОЗДІЛ 7

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ЗА ДОПОМОГОЮ АПАРАТУРИ СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЇ

7.1. Загальні відомості про супутникові навігаційні системи

У 1974 році армія США вивела на орбіту перший супутник нової на той час системи навігації NAVSTAR, яку пізніше перейменували в GPS (Global Positioning System). Двадцять четвертий супутник GPS останній, потрібний для повного покриття поверхні Землі, запустили в 1993 році.

У 1982 році СРСР почав виводити на орбіти супутники навігаційної системи ГЛОНАСС (Глобальна навігаційна супутникова система). Останній 24-й супутник ГЛОНАСС вийшов на орбіту в 1995 році, але малий строк експлуатації супутників (3–5 років) і недостатнє фінансування проекту майже на десятиріччя вивело систему з ладу. Установити всесвітнє покриття ГЛОНАСС удалося лише в 2010 році.

З метою уникнення таких збоїв і GPS, і ГЛОНАСС на сьогодні використовують по 31 супутнику: 24 основних і 7 резервних. Угрупування супутників ГЛОНАСС і GPS показані на рисунку 7.1.

У ГЛОНАСС супутники знаходяться на трьох, у GPS – на шести орбітах. Висота польоту супутників у GPS – 20 400 км, ГЛОНАСС – 19 140 км, за добу вони встигають двічі облетіти земну кулю.

Принцип роботи глобальних навігаційних систем. Позиціонування в мережах глобальних навігаційних систем здійснюють за допомогою вимірювання відстані від приймача до декількох супутників, місцезнаходження яких на момент його здійснення точно відомо (рис. 7.2). Відстань до супутника вимірюють методом помноження затримки сигналу на швидкість світла.

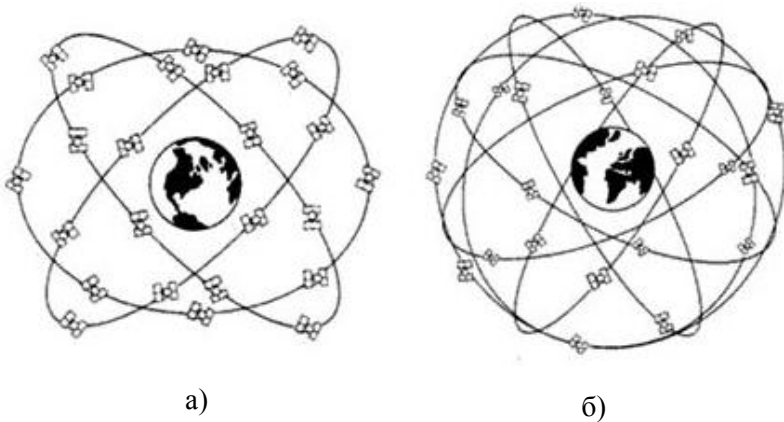


Рисунок 7.1 – Угрупування супутників навігаційних систем : а – ГЛОНАСС, б – GPS

Зв'язок із першим супутником дає інформацію лише про сферу можливих розташувань приймача. Перетинання двох сфер дає окружність, трьох – дві точки, а чотирьох – єдину вірну точку на карті. У ролі однієї зі сфер частіше використовують нашу планету, що дозволяє замість чотирьох супутників позиціонуватися лише за трьома. У теорії точність позиціонування GPS може досягати 2 метрів, а на практиці похибки значно більші. Для точного позиціонування потрібно мінімум три супутники та земна куля (або четвертий супутник) (рис. 7.2).

Кожний супутник посилає приймачу великий набір інформації: точний час і його поправку, альманах, дані ефемерид і параметри іоносфери. Сигнал точного часу потрібен для вимірювання затримки між його відправкою та прийняттям.

Навігаційні супутники оснащені високоточними цезієвими годинниками, тоді як приймачі – менш точними квар-

цовими. Тому для перевірки часу здійснюється контакт із додатковим (четвертим) супутником.

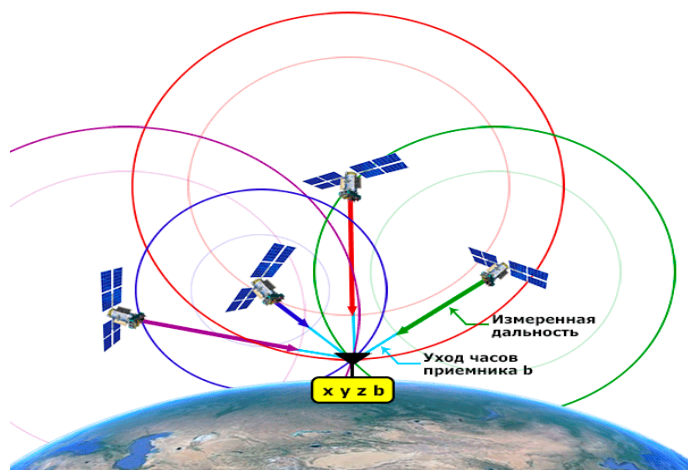


Рисунок 7.2 – Принцип визначення координат супутниковими навігаційними системами

Але помилятися можуть і цезієві годинники, тому їх звіряють із розташованими на землі водневими годинниками. Для кожного супутника в центрі управління системою навігації індивідуально розраховують поправку часу, що відправляють на приймач.

Ще одним важливим компонентом системи супутникової навігації є альманах, що уявляє собою таблицю параметрів орбіт супутників на місяць уперед. Альманах, як і поправку часу, розраховують у центрі управління.

Передають супутники та індивідуальні дані ефемерид, на основі яких обчислюють відхилення орбіти. З урахуванням того, що швидкість світла ніде, крім вакууму, не постійна, в обов'язковому порядку враховують затримку сигналу в іоносфері.

Передавання даних у мережі GPS проводять на двох частотах: 1 575,42 МГц і 1 224,60 МГц. Різні супутники транслюють сигнал на однаковій частоті, але використовують кодове розподілення каналів CDMA. Тобто сигнал супутника – це шум, розкодувати який можна лише за наявності відповідного PRN-коду.

GPS і ГЛОНАСС, по суті, взаємозамінні. Новіші навігаційні чипи підтримують обидві системи стандартного зв'язку та підключаються до тих супутників, які знаходять першими.

Американська GPS і російська ГЛОНАСС – не єдині у світі системи супутникової навігації. Наприклад, Китай, Індія та Японія почали розгортати особисті ССН під назвою BeiDou, IRNSS і QZSS відповідно, що будуть діяти лише на території їхніх країн, а тому потребують порівняно малої кількості супутників.

Але найбільший інтерес викликає проект Galileo, що розробляє Європейський Союз, і який повинен бути запущений на повну потужність із 2020 року. Якщо ця система буде сумісна з GPS і ГЛОНАСС, швидкість пошуку супутників і точність позиціонування повинні зрости.

7.2. Апаратура супутникової навігації користувачів

GPS і ГЛОНАСС широко застосовують як у мирний час, так і під час воєнних дій для забезпечення польотів авіації, знаходження місцеположення та курсу кораблів, підводних човнів, для прокладання маршрутів руху авто-транспорту і контролю руху за маршрутами тощо.

В Україні підприємством «ОРИЗОН-НАВИГАЦІЯ» розроблено декілька приладів апаратури наземного призначення супутникової навігації як для індивідуального використання – СН-3003М та СН-3003МН, так і для топогеодезичного забезпечення підрозділів – навігаційний комплекс

топогеодезичного забезпечення СН-3210 «Базальт-К» та апаратура супутникової навігації СН-4215.

Індивідуальний навігаційний прилад СН-3003М (рис. 7.3) призначений для автоматичного безперервного визначення координат, швидкості та напрямку руху.



Рисунок 7.3 – Індивідуальний навігаційний прилад СН-3003М

Він видає на індикацію координати точки місцезнаходження в системах координат 1942 і 1995 рр. на загальноземному еліпсоїді 1990 р., WGS-84, MGRS, і UTM, лінійних координат у картографічній проекції Гауса, в системі, параметри якої задає користувач. Для руху за маршрутом забезпечує введення, зберігання координат до 500 маршрутних точок, зберігання в пам'яті до 50 маршрутів (до 50 маршрутних точок у кожному). Виконує визначення та індикацію оцінювання очікуваної точності координат.

Апаратура СН-3003М передбачає виконання основних завдань:

- автоматичне безперервне визначення координат, абсолютного значення швидкості й напрямку руху користувача;
- оцінювання точності визначення координат;

- приймання, зберігання та оновлення альманахів СНС ГЛОНАСС і GPS;
- автоматичний вибір НКА СНС ГЛОНАСС і GPS з урахуванням їх технічного стану;
- автоматичний контроль за функціонуванням апаратури, індикацію несправностей;
- відображення на прийомоіндикаторі знаків режимів роботи апаратури, параметрів вводу / виводу;
- занесення в пам'ять поточних координат як координат маршрутної точки;
- розрахування істинного азимута, дирекційного кута та відстані від поточної точки до будь-якої з маршрутних точок (або між двома будь-якими маршрутними точками);
- занесення та зберігання в пам'яті до 50 маршрутів (до 50 маршрутних точок у кожному маршруті);
- приймання та облік диференціальних поправок згідно з рекомендаціями RTCM SC 104;
- індикацію розряду акумулятора;
- автоматичний самоконтроль технічного стану апаратури з індикацією, а також видаванням за інтерфейсом інформації про відмову при включенні та під час роботи;
- введення оператором та індикацію мінімально допустимого кута підняття НКА;
- видавання на індикацію поточного часу відповідно до шкали часу UTC у форматі години, хвилини, секунди. Забезпечується можливість введення оператором поправки місцевого часу;
- обмін інформацією із зовнішніми системами та пристроями за цифровим інтерфейсом RS-232 відповідно до ІЕС 1162 (NMEA-0183);
- забезпечення вибору оператором параметрів швидкості, частоти обміну, типів повідомлень (для NMEA-0183);
- визначення та індикацію оцінювання очікуваної точності координат;

– перерахування геодезичних координат об'єкта в прямокутні й навпаки;

– перерахування координат із формату «градуси, хвилини, секунди» у формати «градуси, хвилини, частки хвилини», «градуси, частки градуса», «поділки кутоміра» та навпаки;

– перерахування прямокутних координат при переході з однієї координатної зони в іншу (зокрема й через зону).

Апаратура супутникової навігації СН-3003МН

Нова модифікація апаратури СН-3003МН (рис. 7.4) розроблена для індивідуального використання, вона герметична та має покращені тактико-технічні характеристики (сучасний приймач сигналів СНС, кольоровий дисплей, покращені розміри, вага, час роботи, об'єм вбудованої пам'яті тощо).

СН-3003МН призначена для визначення координат місця, швидкості руху та часу за радіосигналами СНС ГЛОНАСС, GPS и SBAS у жорстких умовах експлуатації, в будь-якому місці, в будь-який час і незалежно від метеорологічних умов.

Апаратура СН-3003МН забезпечує виконання основних завдань:

– автоматичне безперервне визначення координат та абсолютної висоти, з використанням систем супутникових навігаційних сигналів GPS/ГЛОНАСС/SBAS;

– відображення на дисплеї приймача навігаційного (ПН) поточних геодезичних, прямокутних координат та абсолютної висоти в системі координат СК-42 (x, y, h, B, L, h), WGS-84 (B, L, h), MGRS, UTM і в системі координат, параметри якої задає користувач;

– відображення на індикаторі ПН знаків режимів роботи;

– автоматичний контроль за функціонуванням, індикацією інформації про несправності;



Рисунок 7.4 – Індивідуальний навігаційний прилад CH-3003MH

- введення, зберігання та коригування координат до 500 маршрутних і допоміжних точок, орієнтирів;
- введення, зберігання та коректування до 50 маршрутів, до 50 маршрутних точок (MT) на кожному маршруті;
- проведення розрахунків під час руху за маршрутом;
- роботу з цифровими картами (ЦК), що забезпечує: використання початкового картографічного формату F20S, MID/MIF, растрові карти й фотосхеми; відображення місцезнаходження на ЦК; формування маршрутів руху; зберігання й відображення на ЦК маршрутів руху; графічна інтерпретація розв'язуваних навігаційних задач, (рух за марш-

рутом, маневрування в районі, маневрування стосовно цілей та орієнтирів); запис пройденого шляху (треку); вимірювання відстані (лінійка).

Розв'язання сервісних задач:

– перерахування геодезичних координат об'єкта в прямокутні та навпаки;

– перерахування координат із формату «градуси, хвилини, секунди» у формати «градуси, хвилини, частки хвилин», «градуси, частки градуса», «поділки кутоміра» та навпаки;

– перетворення координат із зони в зону;

– розв'язання прямої та оберненої геодезичних задач на площині;

– визначення актуального листа карти;

– розв'язання задач астрономічного орієнтування: опрацювання результатів польових вимірювань у процесі астрономічного орієнтування, при цьому визначають дирекційний кут орієнтирного напрямку); розрахування дирекційних кутів світила для заданих проміжків часу (складання таблиць дирекційних кутів світила); розрахування часу сходу й заходу Сонця;

– приведення до горизонту відстаней, виміряних за допомогою далекоміра;

– калькулятор (основні арифметичні функції).

Навігаційний комплекс топогеодезичного й часового забезпечення СН-3210 «Базальт-К»

Навігаційний комплекс топогеодезичного й часового забезпечення СН-3210 (рис. 7.5) призначений для використання в підрозділах і частинах з метою топогеодезичного забезпечення, оперативного контролю місцезнаходження об'єктів, приймання та обліку диференціальних поправок і видавання тимчасових міток у системі UTC. Комплекс може бути застосований для контролю місцеположення об'єктів, контролю за маршрутом їх руху дистанційно з командного

пункту, він забезпечує ввід, зберігання, вибір і відображення у вибраному масштабі карти району, роботу з векторною цифровою картою місцевості (ЦКМ).



Рисунок 7.5 – Навігаційний комплекс СН-3210

Зокрема, комплекс можна використовувати для синхронізації за часом дій віддалених у просторі об'єктів.

Район розгортання об'єктів забезпечує можливість обміну інформацією про місцезнаходження за допомогою радіозв'язку між об'єктами та командними пунктами.

Навігаційний комплекс СН-3210 забезпечує розв'язання задач:

- визначення оперативних навігаційних параметрів об'єктів і часу в системі UTC;
- відображення навігаційних параметрів об'єктів на цифровій карті місцевості;
- зберігання та комплексне опрацювання навігаційної та картографічної інформації;

- планування маневру та дистанційний контроль за маневром об'єктів;
- обмін оперативною навігаційною інформацією зі взаємодіючими об'єктами;
- роботу з іншими навігаційними датчиками за інтерфейсом RS-232;

Забезпечується обчислення дирекційних кутів (у градусах і поділках кутоміра) і відстані до об'єктів і між об'єктами, а також розв'язання ПГЗ і ОГЗ.

Технічні характеристики усіх пристроїв приймання сигналів супутникових навігаційних систем наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Технічні характеристики

Характеристики	СН-3003М	СН-3003МН	СН-3210	СН-4215
Тип СНС	GPS, ГЛОНАСС, SBAS*			
Кількість каналів	24	32	24	32
Точність визнач. (СКП)**:				
координат, м	20/5***	10	20/5***	10
висоти, м		15		15
швидкості, м/с	0,1	0,1	0,1	0,1
Робочий діапазон за температурою	-20° до +50°	-20° до +50°	-20° до +50°	-30° до +50°
Маса, кг	0,55 +3,65	0,3	6,550	БВК-2,5 кг
Живлення	АКБ-7,2 в., 10,8 ÷ 29,7, 220 В	3 АКБ, 220 в, ПК-USB	б/с-10-30в; мережа 110, 220 В	б/с – 12, 24,27 АКБ
Потужність	2,5 Вт		≤50 Вт	≤30 Вт
Об'єм пам'яті		8 Гб		16 Гб

Примітки: * – широкозонна диференціальна система; ** – середня квадратична похибка; *** – у чисельнику – в автономному режимі, у знаменнику – в диференціальному режимі

Проведемо аналіз відповідності точності визначення координат елементів бойового порядку засобами супутникової навігації вимогам визначення даних для стрільби артилерії на основі повної підготовки.

Серединні похибки визначення координат не повинні перевищувати 15 м – для засобів артилерійської розвідки, 20 м – для нарізної артилерії і 30 м – для мінометів і РСЗВ.

У таблиці 7.1 зазначені серединні квадратичні похибки, тому серединні похибки визначення координат супутниковою апаратурою СН-3003М і СН-3210 в автономному режимі становлять 13,4 м, а в диференціальному – 3,5 м, що задовольняють вимоги повної підготовки.

Серединні похибки визначення координат СН-3003МН і СН-4215 не будуть перевищувати 7 м, тому також задовольняють вимоги повної підготовки.

Висновки до розділу 7

У сьомому розділі показані способи та порядок визначення координат елементів бойового порядку підрозділів РВ і А за допомогою апаратури супутникової навігації.

Наведено загальні відомості про супутникові навігаційні системи NAVSTAR (GPS – Global Positioning System) і ГЛОНАСС (Глобальна навігаційна супутникова система), розкрито їх принцип роботи.

Показано, яка апаратура та прилади застосовуються користувачами глобальних навігаційних систем для визначення координат ВП (СП, КСП), а саме: СН-3003М; СН-3003МН; СН-3210 «Базальт – К»; СН-4215.

Офіцер повинен знати способи та порядок визначення координат елементів бойового порядку підрозділів РВ і А за допомогою апаратури супутникової навігації. Для цього він повинен знати прилади, що застосовують користувачі глобальних навігаційних систем із метою визначення координат ВП (СП). Крім того, офіцер повинен навчити підлеглих

умінню визначення координат елементів бойового порядку ракетних і артилерійських підрозділів.

Командири ракетних і артилерійських підрозділів повинні постійно вдосконалювати свої знання стосовно способів визначення координат ВП (СП, КСП) за допомогою апаратури супутникової навігації. Знати апаратуру та прилади, за допомогою яких визначають координати точок, набувати практичні навички в роботі з ними.

Навчальний тренінг

Основні терміни та поняття

Апаратура супутникової навігації, супутник, альманах, ефемериди, індивідуальний навігаційний прилад, навігаційний комплекс, серединні похибки, технічні характеристики, координати.

Питання для повторення та самоконтролю

1. *Принцип визначення координат супутниковими навігаційними системами.*
2. *Призначення та можливості СН – 3003М.*
3. *Призначення та можливості СН – 3003МН.*
4. *Призначення та можливості СН – 3210.*
5. *Призначення та можливості СН – 34215.*

Завдання для самопідготовки

1. *Накреслити схему угруповання супутників GPS і ГЛОНАСС.*

Теми для написання рефератів

1. *Порівняльний аналіз сучасних способів визначення координат точок апаратурою супутникової навігації в передових країнах світу.*
2. *Перспективні прилади та апаратура для визначення координат точок апаратурою супутникової навігації.*

РОЗДІЛ 8

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ТОПОГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРИВ'ЯЗКИ

8.1. Робота командира та штабу артилерійського дивізіону з організації топогеодезичної прив'язки

Топогеодезичну прив'язку в артилерійському дивізіоні організовує командир і штаб дивізіону.

Під час організації топогеодезичної прив'язки командир дивізіону зобов'язаний:

- зазначити райони ВП і місця КСП батарей, порядок і строки їх зайняття;
- установити порядок переміщення дивізіону, почерговість переміщення та райони ВП батарей;
- визначити порядок забезпечення батарей топографічними та спеціальними картами, виписками з каталогів координат пунктів геодезичних мереж;
- указати види топогеодезичних робіт, час готовності дивізіону до відкриття вогню та дирекційний кут основного напрямку;
- установити порядок проведення контролю топогеодезичної прив'язки.

Під час поставлення завдання підлеглим командир дивізіону, зокрема, уточнює порядок взаємодії та дає вказівку начальнику штаба про віддачу попередніх розпоряджень з організації топогеодезичної прив'язки.

Безпосередню роботу щодо планування та організації топогеодезичної прив'язки виконують начальник штабу (начальник розвідки) дивізіону.

Під час планування топогеодезичної прив'язки начальник штабу (начальник розвідки) зобов'язаний:

– вивчити завдання дивізіону (райони ВП і КСП, початок висування розвідувальної групи, час готовності дивізіону, порядок взаємодії з топогеодезичними підрозділами вищого штабу);

– вивчити та оцінити умови проведення топогеодезичних робіт (рельєф, умови спостереження та прохідність місцевості в районах ВП та КСП; наявність, масштаб і якість топографічних карт, щільність контурних точок, наявність таблиць дирекційних кутів світила; можливість використання для орієнтування магнітної стрілки бусолі; стан сил і засобів топоприв'язки для виконання топогеодезичних робіт, необхідність проведення вивіряння приладів та апаратури, час і місце їх вивіряння; час початку й закінчення топогеодезичних робіт; загальний час на проведення топогеодезичних робіт, розподілення його на денний і нічний час);

– визначити обсяг робіт щодо топогеодезичної прив'язки (способи, час на прив'язку ВП і КСП; час, місце й порядок визначення поправок бусолей та врахування їх зміни у ході бою);

– визначити заходи щодо контролю топогеодезичної прив'язки (черговість, строки та способи контролю визначення координат і дирекційних кутів).

Вказівки штабу дивізіону про організації топогеодезичної прив'язки доводяться до підрозділів у розпорядженні щодо забезпечення бойових дій дивізіону.

Під час *з'ясування одержаного завдання* начальник штабу (начальник розвідки або офіцер, відповідальний за організацію топогеодезичної прив'язки) вивчає завдання дивізіону, вказівки командира дивізіону (вказівки вищого штабу) з топогеодезичної прив'язки.

Під час вивчення завдань необхідно з'ясувати:

– склад, бойовий порядок і завдання підрозділу;

– час готовності даних топогеодезичної прив'язки;

– за якими питаннями, коли і з ким організувати взаємодію;

– кому, коли, де та в якому вигляді повинні бути представлені результати топогеодезичних робіт.

Вивчення та оцінювання обстановки складається з вивчення та оцінювання місцевості, топогеодезичного забезпечення місцевості й магнітометричного стану районів розгортання артилерії, оцінювання сил і засобів топогеодезичної прив'язки та визначення часу, відведеного на проведення робіт із топогеодезичної прив'язки.

Характер місцевості насамперед визначає способи та зміст топогеодезичних робіт.

Місцевість із точки зору її впливу на проведення топогеодезичних робіт класифікують за такими властивостями: умови спостереження, рельєф, прохідність.

Характер місцевості за умов спостереження (відкрита, напівзакрита та закрита) переважно впливає на способи робіт під час визначення координат елементів бойового порядку за допомогою приладів. Так, на відкритій місцевості частіше визначають координати засічками, а на напівзакритій і закритій місцевості – ходами, або за допомогою апаратури топогеодезичної прив'язки.

Рельєф місцевості (рівнина, горбиста, гірська) безпосередньо впливає на вибір способів визначення висот. За крутості схилів більше ніж 6° визначення висот за картою пов'язане зі значними похибками, тому в гірській місцевості висоти точок потрібно визначати за допомогою кутомірних і далекомірних приладів, що приводить до збільшення часу на топогеодезичну прив'язку.

На гірській і горбистій місцевостях збільшуються похибки визначення координат за допомогою автономної апаратури топогеодезичної прив'язки, що не має датчика кутів.

Прохідність місцевості та наявність доріг істотно впливають на точність і часові характеристики, а іноді на – можливість визначення координат за допомогою апаратури топоприв'язки, установленої на колісних машинах. Також знижується можливість визначення координат за допомогою апаратури топоприв'язки, установленої на автомобілях, узимку в районах із високим сніговим покривом.

Оцінювання топогеодезичного забезпечення районів розгортання артилерії містить:

- оцінювання геодезичного забезпечення;
- оцінювання забезпечення топографічними та спеціальними картами, плановими фотодокументами, а також оцінювання щільності контурних точок і місцевих предметів, що можуть бути використані для топогеодезичної прив'язки.

Оцінювання геодезичного забезпечення полягає у визначенні щільності пунктів геодезичних мереж, що можуть використовуватися для топогеодезичної прив'язки в призначених позиційних районах. Здійснюють її за картами масштабів 1:25 000, 1:50 000 і 1:100 000 та каталога (списку) координат із метою визначення можливості проведення топогеодезичної прив'язки на геодезичній основі. Оцінюють геодезичну забезпеченість щільністю пунктів геодезичних мереж, які можуть бути використані для топогеодезичних робіт. Причому до загального числа пунктів віднесено ті, що розташовані як усередині позиційного району, так і за його межами, якщо їх можна використати для топогеодезичної прив'язки.

Якщо відома середня щільність пунктів геодезичних мереж, середню відстань між пунктами визначають як корінь квадратний із площини, що припадає на один пункт. Наприклад, при щільності пунктів, що характеризується величиною в один пункт на 12–15 км, середня відстань між ними буде 3,5–4 км.

Під час оцінювання забезпеченості топографічними картами насамперед з'ясовують наявність у підрозділах спеціальних карт із координатами контурних точок і топографічних карт великого масштабу, що можуть бути використані для топогеодезичної прив'язки. За роком видання (зйомки або оновлення) встановлюють їх відповідність реальній місцевості. Чим старіша карта, тим більша її невідповідність реальній місцевості, особливо в населених пунктах.

За топографічними картами оцінюють щільність пунктів і місцевих предметів, що можуть бути використані для топогеодезичної прив'язки.

Оцінювання магнітометричного стану місцевості здійснюють із метою визначення можливості використання магнітної стрілки бусолі для орієнтування або обмежень на її застосування.

Для проведення такого оцінювання використовують топографічні карти масштабів 1:500 000 та 1:1 000 000, на яких нанесені ізогони (лінії рівного магнітного схилення) та майданні аномалії. Усю інформацію про магнітометричний стан наносять малиновим кольором.

Ізогони показані на карті пунктирними лініями, проведеними й оцифрованими через 1° (0-17 – у поділках куту міра). За ізогонами визначають градієнт магнітного схилення за формулою

$$g_{\max} = \frac{0-17}{S_{\min}} \left[\frac{\text{под. кут.}}{10 \text{ км}} \right], \quad (8.1)$$

де g_{\max} – градієнт магнітного схилення – зміна магнітного схилення на кожні 10 км;

S_{\min} – найкоротша відстань між сусідніми ізогонами в десятках кілометрів.

У тому разі, коли відсутні карти масштабів 1:500 000 та 1:1 000 000, то градієнт магнітного схилення розраховують за даними карт масштабів 1:25 000 – 1:100 000 за формулою

$$g_{\max} = \frac{\Delta\delta(\text{п.к.})}{0,1S_{\text{цк}}} \left[\frac{\text{под.кут.}}{10 \text{ км}} \right], \quad (8.2)$$

де $\Delta\delta$ (п. к.) – зміна магнітного схилення між центрами сусідніх листів карти в поділках кутоміра;

$S_{цк}$ – відстань між центрами сусідніх листів карти в кілометрах.

Гradient магнітного схилення, при якому допускається застосування магнітної стрілки бусолі для визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків не повинен перевищувати 0-10 на 10 км.

У районах, де gradient магнітного схилення перевищує 0-10, орієнтування за магнітною стрілкою повинно бути виключено. Крім того, орієнтування за магнітною стрілкою повинно бути виключено в районах майданних і точкових магнітних аномалій.

Майданні магнітні аномалії на картах позначають штрихуванням зі зазначенням (у градусах) діапазону магнітного схилення. Площину майданної аномалії визначають площиною штрихування.

Точкові магнітні аномалії відображають точкою малинового кольору із зазначенням величини магнітного схилення.

Час, відведений на топогеодезичну прив'язку, може бути визначений як різниця часу, коли повинна бути закінчена топогеодезична прив'язка ($T_{зак}$), і часом можливого початку робіт ($T_{поч}$).

Під час визначення часу можливого початку робіт розраховують час на рух розвідувальної групи до позиційного району (t_p) і додають його до астрономічного часу виїзду групи ($T_{рг}$)

$$T_{поч} = T_{рг} + t_p. \quad (8.3)$$

Час, коли повинна бути закінчена топогеодезична прив'язка, визначають за формулою

$$T_{зак} = T_{га} - t_{пу}, \quad (8.4)$$

де $T_{га}$ – призначений час готовності артилерійських підрозділів до ведення вогню з конкретного району розгортання;

t_{py} – час, необхідний для розрахування установок за запланованими цілями, контроль розрахування установок, контроль готовності підрозділів до виконання завдань.

Час, що може бути відведений за умовами обстановки на проведення топогеодезичної прив'язки, визначають за формулою

$$t_{тгп} = T_{зак} - T_{поч}. \quad (8.5)$$

У тому разі, коли час початку руху розвідувальної групи в район розгортання дивізіону не призначений, то обчислюють обсяг топогеодезичних робіт, час на їх виконання, та час, потрібний розвідувальній групі на переміщення до позиційного району. Час початку виїзду розвідувальної групи визначають за формулою

$$T_{ГР} = T_{зак} - t_{тгп} - t_p. \quad (8.6)$$

Визначення обсягу топогеодезичних робіт і часу, необхідного на їх виконання. З'ясування завдань і обстановки, вивчення топогеодезичного забезпечення й магнітометричного стану місцевості дозволяють визначити необхідні заходи та підготувати розпорядження щодо топогеодезичної підготовки.

За необхідності з метою надання більшого обсягу часу підлеглим на підготовку до проведення топогеодезичної прив'язки віддають попередні розпорядження. У них вказують характер топогеодезичних робіт, необхідні заходи щодо підготовки й час готовності підрозділу до виконання топогеодезичних робіт.

Після з'ясування завдання, вивчення та оцінювання обстановки здійснюють розрахунок обсягу топогеодезичних робіт і необхідного часу на їх виконання, а також визначають необхідні сили та засоби. Вхідними даними для визначення вказаного розрахування є:

– намічені види топогеодезичної прив'язки, способи визначення координат і дирекційних кутів орієнтирних напрямків, райони топогеодезичних робіт;

– середні норми часу виконання окремих видів топогеодезичних робіт;

– сили та засоби топогеодезичної прив'язки підрозділу, та їх можливості.

Час, необхідний для проведення топогеодезичних робіт, залежить від виду топогеодезичної прив'язки, способів визначення координат, умов місцевості. Середні норми часу на виконання топогеодезичних робіт наведені в таблиці 8.1.

Під час розрахування часу, потрібного на проведення топогеодезичних робіт, необхідно мати на увазі, що він може бути збільшений на час, необхідний для проведення польового вивіряння топогеодезичних приладів та апаратури. Штаб дивізіону повинен своєчасно організовувати проведення польових вивірянь топогеодезичних приладів та апаратури, насамперед автономної апаратури топоприв'язки й гірокомпасів.

Під час проведення польових вивірянь топогеодезичних приладів та апаратури необхідно:

– визначити необхідність проведення вивірянь;

– визначити місце та час на проведення вивірянь;

– організувати забезпечення підрозділів еталонними напрямками для вивіряння гірокомпасів;

– визначити обсяг польових вивірянь, зважаючи на конкретні умови бойової обстановки.

Обсяг вивірянь повинен бути таким, щоб можна було забезпечити можливість їх проведення за відведений час, а також високу надійність результатів.

Вивіряння гірокомпасів із метою зменшення часу на них можна проводити в скороченому обсязі, двома пусками, або організувати вивіряння гірокомпасів одночасно для всіх машин дивізіону.

Таблиця 8.1 – Середні норми часу на виконання топогеодезичних робіт

№ пор.	Спосіб робіт, прилади, величина що визначається	Умови виконання роботи	Час, хв
1	2	3	4
1. Визначення координат			
1	Прокладання ходу довжиною 1 км: Теодолітом, КТД, ПАБ-2А	Середня довжина сторони ходу: 300 м, 500 м, 200 м	50 25 40
2	Пряма засічка	3 3 пунктів (точок)	60
3	Полярна засічка		35
4	Зворотні засічки: орієнтованим приладом, за вимірними кутами, за вимірним кутом і відстанями	За 3 пунктами, За 4 пунктами, За 2 пунктами	35 50 25
5	Полярний спосіб: за допомогою далекоміра, за допомогою кутомірного приладу	Точка, координати якої визначають, знаходиться на відстані не більше ніж 0,5 км від вихідної	10 12
6	Зворотні засічки при топоприв'язці за картою	Оброблення результатів здійснюють графічним методом	10
7	Визначення координат позиції апаратурою топоприв'язки КМУ при визначенні $\alpha_{осі}$: гірокомпасом бусоллю	З урахуванням часу на підготовку апаратури до роботи. Контроль за визначенням координат за другою точкою не здійснюється, довжина маршруту 3–5 км	40 30
8	Визначення координат 1 позиції топоприв'язником (з урахуванням часу на підготовку до роботи)	Координати визначають із контролем за другою точкою, довжина маршруту не більш ніж 5 км	30

Продовження таблиці 8.1

II. Визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків			
1	2	3	4
9	Гіроскопічний спосіб: 1Г17, 1Г25-1, 1Г40	за 2 точками реверсії, за 3 точками реверсії, у режимі РО, у режимі РСО	12 16 10 5 до 15
10	Астрономічний спосіб: теодолітом, ПАБ-2А з АНБ – 1	Роботу виконують 2 ос. за 2 прийоми. Роботу виконує 1 ос. за 3 прийоми	35 12
11	Геодезичним спосіб: теодолітом, ПАБ-2А	Прилад розставляють на вхідній точці	8 5
12	За допомогою магнітної стрілки ПАБ-2А	3 незалежних спостере- ження	5
13	Передавання орієнту- вання кутовим ходом до- вжиною 1 км	Середня довжина сторін ходу 400 м	35

Під час перевірки гірокомпасів за двома пусками гірокомпас вважають придатним до експлуатації з тією самою формулярною поправкою, якщо відхилення одержаних азимутів у кожному пуску від еталонного значення азимута не перевищує: 45" – для гірокомпаса 1Г17 і 0-01 – для гірокомпасів 1Г25-1 та 1Г40.

Під час скороченого вивіряння автономної апаратури топогеодезичної прив'язки допускається проводити вивіряння гірокурсказівника під час руху, а вивіряння датчика шляху суміщати з вивірянням візирного пристрою.

Після з'ясування завдань, вивчення та оцінювання обстановки, розрахування обсягу топогеодезичних робіт і необхідного часу на їх виконання розробляють розпорядження з топогеодезичної підготовки. У розпорядженні зазначають таке:

– необхідні відомості про противника та свої війська;

– види та способи топогеодезичних робіт при підготовці і під час бою;

– порядок взаємодії з топогеодезичними підрозділами вищого штабу, що виконують роботу в інтересах дивізіону;

– строки початку та закінчення робіт із топогеодезичної прив'язки;

– порядок забезпечення підрозділів топографічними й спеціальними картами, каталогами (списками) координат пунктів геодезичних мереж;

– терміни складання та порядок використання таблиць дирекційних кутів Сонця;

– місце, позивні радіостанції поста передавання орієнтування, частота, час початку й закінчення його роботи, світило та порядок наведення на нього;

– порядок організації визначення поправок бусолей та уточнення при переміщеннях у ході бою;

– заходи щодо контролю топогеодезичної прив'язки.

Під час бою завдання з топогеодезичної підготовки ставлять та уточнюють за допомогою усних і письмових розпоряджень.

8.2. Топогеодезична прив'язка елементів бойового порядку групами самоприв'язки

Топогеодезичну прив'язку елементів бойового порядку артилерії виконують групи самоприв'язки вогневих підрозділів, підрозділи артилерійської розвідки, обслуга командирських машин управління (КМУ) та топогеодезичні підрозділи артилерійських частин і підрозділів.

Зазвичай групу самоприв'язки вогневої позиції очолює командир другого вогневого взводу; вона включає в себе обчислювача і одного з номерів зі складу гарматної обслуги.

Групу самоприв'язки спостережного пункту очолює командир взводу управління або командир відділення управління (розвідки); вона включає одного – двох розвідників зі складу відділення управління (розвідки) батареї.

Особовий склад групи самоприв'язки зобов'язаний:

- здійснювати топогеодезичну прив'язку вогневої позиції або спостережного пункту за картою (аерознімком) із використанням 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;

- знати способи визначення координат і дирекційних кутів та вміло їх застосовувати в конкретних умовах обстановки.

Для виконання топогеодезичних робіт група самоприв'язки може використовувати для роботи такі прилади:

- перископічну артилерійську бусоль ПАБ-2А (ПАБ-2АМ);

- двометрову далекомірну рейку з електроосвітленням;

- далекомір ДСП-30;

- мірний шнур для вимірювання відстаней;

- номограму інструментального ходу (НІХ);

- артилерійський компас;

- хордокутомір із циркулем-вимірювачем;

- артилерійський круг АК-4 з МПЛ-50;

- курвіметр;

- обчислювач топографічний модернізований (СТМ);

- електронні клавішні обчислювальні машини;

- топографічні карти масштабів 1:25 000, 1:50 000;

- спеціальні карти 1:100 000 з координатами контурних точок;

- прилад для управління вогнем (планшет).

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

Безпосереднє виконання робіт із топогеодезичної прив'язки організовують командири підрозділів.

Завчасну підготовку районів ВП та рубежів КСП зазвичай здійснює артилерійська розвідувальна група дивізіону. Групу переважно очолює начальник розвідки дивізіону, або один із командирів взводів. До складу групи входять групи самоприв'язки ВП і КСП від кожної батареї, радіотелефоніст із радіостанцією, сапер і хімік. У деяких випадках у складі АРГ може бути топоприв'язник.

Роботи з топогеодезичної прив'язки в новому районі, залежно від умов обстановки та завдань підрозділу зазвичай починають із визначення поправки бусолі.

Визначення поправок бусолей у новому районі організовує начальник АРГ дивізіону. Він обирає точку, на якій будуть визначатися поправки бусолей, хто і в який спосіб визначає дирекційний кут еталонного орієнтирного напрямку, призначає відповідального за роботи з визначення поправок бусолей.

Послідовність роботи групи самоприв'язки може бути різною залежно від умов місцевості, наявності контурних точок, пори року та інших факторів. Обов'язки особового складу групи можуть бути розподілені так:

- начальник групи ставить завдання, керує роботою особового складу групи, контролює польові та вимірювальні роботи й за необхідності особисто працює з приладом;

- перший номер (обчислювач), навчений виконанню обчислень за результатами польових вимірювань, під час топогеодезичної прив'язки ВП (СП) працює за приладом (бусоллю, далекоміром), здійснює запис спостережень та абрис, виконує обчислення й графічні роботи на карті;

– другий номер виставляє рейку на точках за вказівкою начальника групи або першого номера; закріплює на місцевості місце стояння гармат і точки, що прив'язуються, кілками; бере участь у вимірюванні відстаней.

Після вибору ВП (КНП) начальник групи доводить завдання групі самоприв'язки для проведення топогеодезичної прив'язки, в якій зазначає:

- 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.

При завчасній підготовці ВП роботу починають із точки стояння основної гармати. Визначивши кутоміри за точками наведення, координати й висоту вогневої позиції, переходять на точку стояння бусолі старшого офіцера батареї, де визначають дирекційні кути на 1–2 віддалених орієнтири.

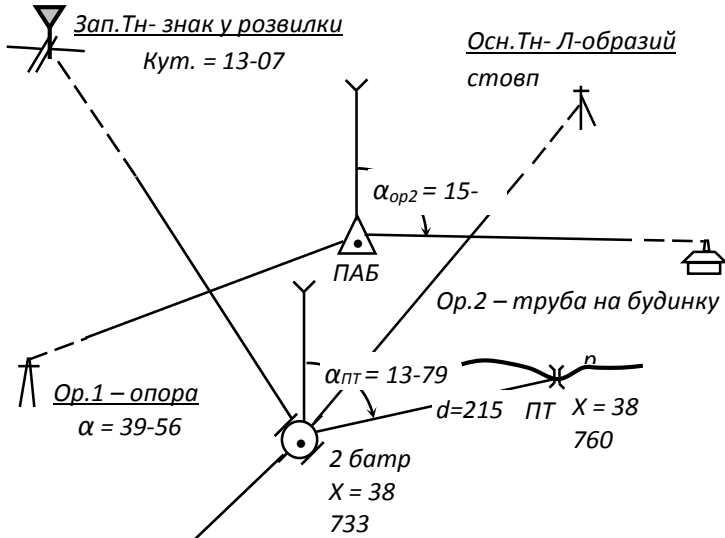
Варіант роботи групи самоприв'язки під час топогеодезичної прив'язки ВП наведений у таблиці 8.2.

За результатами топогеодезичної прив'язки складають карточки топогеодезичної прив'язки (рис. 8.1 і 8.2). У разі розгортання артилерійських підрозділів у непідготовленому районі з маршруту топогеодезична прив'язка ВП і КСП починається одночасно з розгортанням підрозділу. По-перше, координати визначають прийомами окомірної зйомки, а прилади орієнтують за допомогою магнітної стрілки бусолі.

Таблиця 8.2 – Розподілення обов’язків і послідовність роботи групи самоприв’язки при завчасній підготовці ВП

Начальник групи	1-й номер	2-й номер
<p>Доводить завдання. Контролює орієнтування ПАБ. Визначає X, Y початкової точки. Контролює визначення кутів за ТН, виміри за КТ та обчислення координат. Наносить ВП на карту й визначає висоту. Вибирає місця для гармат і вказує місце для бусолі СОБ. Контролює орієнтування ПАБ і визначення дирекційних кутів за орієнтирами</p>	<p>Розставляє ПАБ над точкою основної гармати, вибирає орієнтир, 3 рази визначає Am за орієнтиром, обчислює середнє значення й розраховує $\alpha_{op} = Am_{cp} - \Delta Am$. Орієнтує ПАБ за дирекційним кутом і за бусольними шкалами виставляє α_{OH}, переміщенням кутомірних (червоних) шкал виставляє навпроти індексу «У» – 30-00. Наводить перехрестя ПАБ на основну, а потім на запасну ТН і зчитує кутоміри та дирекційні кути за ТН. Розраховує кутоміри $Kут. = \alpha_{OH} - \alpha_{ТН} \pm 30-00$. Порівнює $Kут_{ПАБ} - Kут_{розр.} \leq 0-01$. Вимірює дирекційний кут і відстань до початкової точки, змінює дирекційний кут на 30-00 і розв’язанням ПГЗ розраховує координати ВП. Розбиває фронт батареї. Установлює ПАБ на точку стояння бусолі СОБ, орієнтує й визначає дирекційні кути за орієнтирами. Доповідає координати командирів групи та складає картку топоприв’язки</p>	<p>Забиває кілок на місці стояння основної гармати. Виставляє далекомірну рейку на КТ. Забиває кілки на точках стояння гармат. Забиває кілок на точці стояння ПАБ</p>

Картка
 топогеодезичної прив'язки ВП 2 батареї
 карта 1:50 000, видання 2018р.



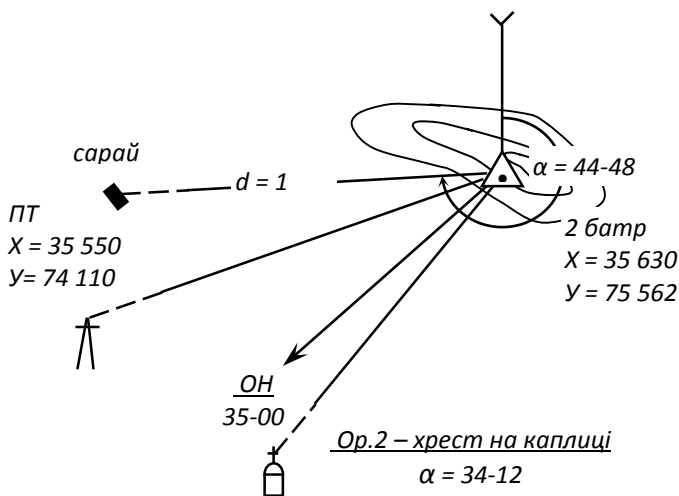
ОН
35-00

Координати ВП визначали за картою 1:50 000 полярним способом від початкової точки – міст (3877).
 Дирекційні кути орієнтирних напрямків визначали за допомогою магнітної стрілки бусолі ПАБ-2А № Р15368, $\Delta At = -1-28$.

Командир групи самоприв'язки 2 батареї
 лейтенант (Прізвище)
 (Дата)

Рисунок 8.1 – Картка ТГП ВП (варіант)

Картка
 топогеодезичної прив'язки КСП 2 батареї
 карта 1:50 000, видання 2018 р.



Координати ВП визначали за картою 1:50 000 полярним способом від початкової точки – сарай (3 877).
 Дирекційні кути орієнтирних напрямків визначали за допомогою магнітної стрілки бусолі ПАБ-2А № Р15435, $\Delta At = -1-32$.

Командир групи самоприв'язки КНП 2 батареї
 лейтенант (Прізвище)
 (Дата)

Рисунок 8.2 – Картка ТГП КСП (варіант)

У подальшому після орієнтування гармат на ВП координати основної гармати визначають за картою за допомогою кутомірних і далекомірних приладів, а дирекційні кути орієнтирних напрямків – найбільш точним у цих умовах способом.

Варіант роботи групи самоприв'язки при розгортанні батареї з маршу наведений у таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Розподілення обов’язків і послідовність роботи групи самоприв’язки вогневої позиції при розгортанні батареї з маршу

СОБ	Командир групи самоприв’язки	1-й номер	2-й номер
<p>Орієнтує гармати за допомогою ПАБ</p>	<p>Указує місце бусолі СОБ. Прийомами окомірної зйомки визначає координати ВП і доповідає СОБу. Вивчає місцевість, визначає початкові точки та спосіб визначення координат. Доводить завдання 1-му номеру про вимірювання дирекційних кутів і відстаней до початкових точок. Обробляє результати польових вимірів, визначає координати точки стояння ПАБ, а потім розв’язанням ПГЗ координати основної гармати. Наносить ВП на карту, визначає висоту та доповідає командирі батареї і СОБу Х, У і висоту ВП</p>	<p>Установлює бусоль на точці стояння ПАБ та орієнтує її за дирекційними кутами. За бусольними шкалами виставляє $\alpha_{он}$, а за кутомірними (червоними) шкалами навпроти індексу «У» виставляє значення 0-00. Вимірює α та відстань від ПАБ до основної гармати вимірювальним шнуром. Здійснює за допомогою ПАБ необхідні вимірювання за вказівкою командира групи</p>	<p>Забиває кілок на точці стояння ПАБ. Вимірює відстань від бусолі до основної гармати вимірювальним шнуром. За необхідності, виставляє далекомірну рейку на початкову точку або разом з 1-м номером розгортає коротку базу</p>

8.3. Контроль за топогеодезичною прив'язкою

Надійність топогеодезичних робіт характеризується відсутністю грубих похибок у їх результатах. Виявити грубі похибки можна лише за допомогою ретельного контролю за цими результатами.

Розрізняють два види контролю: внутрішній і зовнішній.

Внутрішній – це контроль вимірних (обчислених) значень у ході польових вимірів та обчислень. Зовнішній контроль – це контроль топогеодезичної прив'язки.

Допустимі значення в розходженні величин під час виконання топогеодезичних робіт наведені в таблицях 8.4, 8.5, 8.6 і 8.7.

Під час виконання топогеодезичних робіт для забезпечення потрібної точності необхідно дотримуватися таких вимог:

1. Довжина ходу при прокладанні від точок геодезичних мереж не повинна перевищувати 10 км, а при прокладанні КТД – 20 км.

2. Довжина ходу при прокладанні від контурних точок карти – не більш ніж 5 км.

3. Довжина сторони ходу – не менш ніж 100 м, а з КТД – 125 м.

4. Довжина маршруту топоприв'язника (КМУ) не повинна перевищувати:

– від початкової точки до позиції, пункту – 5 км;

– від початкової точки до кінцевої – 10 км.

5. Похибки центрування приладів не повинні перевищувати:

– теодоліта, далекомірної рейки ДДИ – 0,5 см;

– ПАБ-2А – 5 см.

Відповідальність за виконання внутрішнього контролю покладена на командирів, підрозділ яких виконує топоприв'язку.

Таблиця 8.4 – Допустимі розходження величин при виконанні польових вимірювань у ході топогеодезичних робіт

№ пор.	Вимірювана величина	Допустиме розходження
1	2	3
1	Розходження у вимірних кутах і напівприйомах приладами: Т10В, Т10ВП, КТД-1, ПАБ-2А,	30" 60" 0-01
2	Розходження у вимірних відстанях приладами: КТД-1, ПАБ-2А, теодоліт із далекомірною рейкою, ДДИ, ДДИ-3, мірною стрічкою при $d \leq 500$ м	3 м 0,5 под. шкали 0,5 м 0,2 под. шкали 0,3 под.шкали 0,5 м
3	Розходження між значеннями дирекційного кута, визначеними від 2-х орієнтирних напрямків: теодолітом, КТД-1, бусоллю ПАБ-2А,	30" 0-01
4	Розходження в значеннях N'_0 і N''_0 при визначенні дирекційного кута за допомогою гірокомпаса 1Г17	60"
5	Розходження в значеннях азимута візуального та електричного каналів в 1 прийомі для гірокомпаса 1Г25-1, 1Г40	0-01,5
6	Розходження в значеннях дирекційного кута, одержаного з різних прийомів одночасним відмічанням за небесним світилом за допомогою: теодоліта, бусолі	3' 0-02

Таблиця 8.5 – Допустимі розходження в координатах кінцевої точки розімкненого маршруту топоприв'язника, м

Початкова (кінцева) вихідна точка	Кінцева (початкова) вихідна точка	Довжина маршруту, км		
		3	5	10
Пункт геодезичної мережі (точка АТГМ)	Пункт ДГМ (СГМ, точка АТГМ)	30	40	80
	Контурна точка з карти масштабу: 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000	35	45	85
		50	60	90
		80	90	110
Контурні точки карти Зі спеціальної карти масштабу 1:100 000 з координатами контурних точок, визначеними за картою: 1:25 000, 1:50 000. З карти масштабу: 1:50 000, 1:100 000		40 60 60 110	50 70 70 120	90 100 100 140

Таблиця 8.6 – Допустимі розходження у величинах при виконанні обчислень під час топогеодезичних робіт

№ пор.	Обчислювана величина	Допустиме розходження
1	Розходження між розрахованим значенням зближення меридіанів і визначеним: за графіком, за картою	1'; 0-01
2	Розходження в значеннях довжини сторони при прямій засічці під час обчислення за допомогою: ЕКОМ, обчислювача СТМ	5 м; 10 м
3	Розходження в координатах точки, визначеної прямою засічкою, при засічці з трьох вихідних пунктів с: теодолітом, КТД-1, бусоллю	15 м; 20 м
4	Розходження між значеннями дирекційного кута на 4-й вихідний пункт під час контролю за зворотною засічкою	24' / РД км

Продовження таблиці 8.6

5	Відносна нев'язка ходу при вимірюванні відстаней за допомогою: ДДИ, мірною стрічкою, КТД, ДДИ-3, теодолітом із мірною рейкою	1 / 600; 1 / 300	
6	Кутова нев'язка ходу під час вимірювання кутів за допомогою: теодоліта Т10В, КТД-1, бусолі ПАБ-2А	0,6' \sqrt{n} ; 1,0' \sqrt{n} ; 0-01' \sqrt{n}	
7	Максимальна сторона трикутника похибок під час визначення координат точки за картою прямою та зворотною засічками	3 мм	
8	Розходження в координатах точки під час визначення за картою прямою засічкою з трьох вихідних контурних точок	1 мм масштабу карти	
9	Розходження в значеннях азимута, одержаного астрономічним способом із різних прийомів: теодолітом, бусоллю	3' 0-03	
10	Допустимі нев'язки в координатах кінцевої точки розімкненого ходу під час визначення координат вихідних точок: за допомогою циркуля-вимірювача та поперечного масштабу за картою масштабу: 1:50 000, 1:100 000, за спеціальною картою з координатами контурних точок визначених за картою масштабу: 1:25 000 1:50 000	Довжина ходу, км	
		3	5
		45 110	50 120
		35 45	40 50

Зовнішній контроль полягає в повторному визначенні координат та висот позицій і пунктів, дирекційних кутів орієнтирних напрямків із використанням інших вхідних даних, способів робіт, або іншими підрозділами.

Особливу увагу під час контролювання топоприв'язки приділяють контролю незалежними способами робіт. На-

приклад, при контролі визначення дирекційних кутів незалежними способами є: астрономічний і геодезичний, астрономічний і гіроскопічний, за допомогою магнітної стрілки бусолі та гіроскопічний.

Для контролю допускається використання однотипних приладів, наприклад, для визначення дирекційного кута одного і того самого орієнтирного напрямку необхідно використовувати незалежно один від одного два гірокомпаси, або дві бусолі.

Контроль визначення дирекційного кута повторним запуском того самого гірокомпаса є залежним способом і тому не рекомендується. Проте, якщо нема можливості здійснити контроль незалежним способом, то допускається проведення контролю повторним запуском того самого гірокомпаса.

Допустимі розходження під час контролю за визначенням координат, висот і дирекційних кутів розраховують за формулою

$$\Delta_{\text{гран}} = 3\sqrt{E_0^2 + E_k^2}, \quad (8.7)$$

де E_0^2 – середина похибка способу, у який визначали цю величину;

E_k^2 – середина похибка контрольного способу визначення тієї самої величини.

При рівноточних способах вимірювань, якщо розходження не перевищують допустимих значень, за остаточне значення величини, що визначають, беруть середнє арифметичне з одержаних результатів.

Якщо розходження перевищують допустимі значення, то спочатку перевіряють обчислення, а потім – польові вимірювання.

Для виключення грубих похибок можна застосовувати також менш точні прибори або способи топогеодезичних робіт. У цьому разі за остаточне значення беруть дані найбільш точного способу (приладу).

Допустимі розходження при контролі визначення координат і дирекційних кутів основних способів топогеодезичних робіт надані в таблиці 8.7 і 8.8.

Таблиця 8.7 – Допустимі розходження при контролі визначення координат, м

Контроль визначення координат		Визначення координат			
		від пунктів геодезичних мереж за допомогою		від контурних точок карти масштабів	
		теодоліта (КТД)	бусолі	1:25 000	1:50 000
Від пунктів геодезичних мереж за допомогою	теодоліта (КТД)	25	35	45	75
	бусолі	35	40	50	80
Від контурних точок карти масштабів	1:25 000	45	50	60	85
	1:50 000	75	80	85	100

Здебільшого надійність і точність топогеодезичної прив'язки залежать від своєчасного та якісного проведення технічного обслуговування топогеодезичних приладів і, насамперед, від якісного проведення їх польових вивірянь. Тому організація технічного обслуговування та вивірянь топогеодезичних приладів і апаратури є одним із важливих обов'язків артилерійських командирів і штабів.

Топогеодезичні роботи проводять за принципом підвищення їх точності. Застосування цього принципу передбачає проведення топогеодезичних робіт у два етапи: на першому етапі топогеодезичну прив'язку виконують групи самоприв'язки артилерійських і розвідувальних підрозділів одночасно з їх розгортанням, якщо вона не була проведена

завчасно, а на другому етапі топогеодезичну прив'язку здійснюють топогеодезичні підрозділи від контурних точок карти, або на геодезичній основі.

Таблиця 8.8 – Допустимі розходження при визначенні дирекційних кутів

№ пор.	Спосіб визначення дирекційних кутів	Способи контролю					
		АГ 1Г17	Астрономічний		Кутовий хід		Магн. стрілка ПАБ
			теодоліт	ПАБ	теодоліт	ПАБ	
1	Гіроскопічний 1Г17	2'	3'	0-03	4'	0-03	–
2	Астрономічний за допомогою: теодоліта, бусолі	3' 0-03	4' 0-03	0-03 0-04	4' –	0-03 –	– 0-06
3	Кутовим ходом за допомогою: теодоліта, бусолі	4' 0-06	4' 0-06	0-04 0-06	– –	– –	– 0-12
4	За допомогою магнітної стрілки бусолі	0-12	0-12	0-12	0-12	0-12	0-15
5	За допомогою ГKB при часі руху ≤ 20 хв, і $E_{op} \leq 0-01$	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-15

Висновки до розділу 8

У цьому розділі розкрито зміст роботи командира та штабу артилерійського дивізіону з організації топогеодезичної прив'язки, показано порядок топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку групами самоприв'язки, а також наведено методику контролю топогеодезичної прив'язки й засоби її здійснення.

Офіцер-артилерист повинен знати послідовність своєї роботи під час організації та проведення топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку.

Успішне вирішення завдань з вогневого ураження противника як в обороні, так і в наступі зазвичай залежить від своєчасної та якісної організації і здійснення заходів топогеодезичної прив'язки позицій, пунктів і постів. Ось чому командири артилерійських підрозділів повинні постійно вдосконалювати свої знання з основ організації топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку артилерійських підрозділів, набувати практичних навичок вибору видів, способів і прийомів її проведення.

Навчальний тренінг

Основні терміни і поняття

Топогеодезична прив'язка, організація роботи командира і штабу, з'ясування одержаного завдання, вивчення та оцінювання обстановки, обсяг топогеодезичних робіт, групи самоприв'язки, контроль топогеодезичної прив'язки, топографічна карта.

Питання для повторення та самоконтролю

- 1. Зміст вказівок командира дивізіону з топогеодезичної прив'язки.*
- 2. Порядок з'ясування одержаного завдання начальником штабу дивізіону (командиром батареї).*
- 3. Оцінювання характеру місцевості.*
- 4. Оцінювання топогеодезичної забезпеченості місцевості.*
- 5. Оцінювання магнітометричного стану місцевості.*
- 6. Порядок визначення часу на проведення топогеодезичної прив'язки.*
- 7. Зміст розпорядження з топогеодезичної прив'язки дивізіону.*
- 8. Призначення, склад і прилади груп самоприв'язки ВП і СП.*

9. *Порядок роботи групи самоприв'язки на вогневій позиції при завчасній підготовці.*

10. *Порядок роботи групи самоприв'язки на вогневій позиції при розгортанні з маршу.*

11. *Зміст картки топогеодезичної прив'язки ВП.*

12. *Зміст картки топогеодезичної прив'язки СП.*

13. *Види контролю топогеодезичної прив'язки та їх суть.*

14. *Порядок визначення допустимих похибок результатів топоприв'язки.*

Завдання для самопідготовки

1. *Накреслити схему «Карточка топогеодезичної прив'язки вогневої позиції батареї Д-30».*

2. *Накреслити схему «Карточка топогеодезичної прив'язки спостережного пункту командира батареї 2С1».*

Теми для написання рефератів

1. *Яка роль належить ТПП у бойовому забезпеченні артилерійських підрозділів?*

2. *Сучасні підходи щодо організації ТПП в локальних війнах та воєнних конфліктах.*

3. *Завдання з ТПП, що виконують в артилерії країн НАТО.*

РОЗДІЛ 9

ТОПОГЕОДЕЗИЧНА ПРИВ'ЯЗКА В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ

Основні положення щодо організації та проведення топогеодезичних робіт у звичайних умовах зберігають своє значення і в особливих умовах: вночі та на місцевості, що спостерігається противником, у горах, узимку, у степах і пустелях, у лісі та в місті.

Проте під час виконання топогеодезичних робіт в особливих умовах необхідно враховувати особливості бойового застосування артилерійських частин і підрозділів, картографічну та геодезичну забезпеченість, особливості місцевості, клімату та рельєфу.

9.1. Топогеодезична прив'язка вночі

Використання нічного часу для польових топогеодезичних робіт може мати місце за неможливості виконати завдання до зазначеного строку в денний час, а також при визначенні координат позицій і пунктів та дирекційних кутів орієнтирних напрямків у районах, спостережуваних із наземних пунктів противника.

Робота вночі повинна бути кінцевим етапом робіт, початих у світлий час доби. Такі заходи підготовки топогеодезичних робіт, як розвідка району, відшукання на місцевості вихідних пунктів та орієнтирних напрямків, визначення маршрутів ходів, підготовка техніки до роботи вночі та складання плану виконання робіт, потрібно виконувати, за можливості, у світлий час.

Необхідно мати на увазі, що під час роботи вночі особливого значення набувають гіроскопічний та астрономічний способи визначення дирекційних кутів, а також визначення відстаней за допомогою квантового далекоміра.

Під час виконання польових вимірювань уночі прилади наводять на точки, які або підсвічуються, або на них установлюють ліхтарі. Забезпечити велику кількість освітлюваних точок буває складно. Тому основними способами визначення координат є прокладання ходу та полярні засічки. Також треба мати на увазі, що для виконання топогеодезичних робіт уночі потрібно в 1,5 раза більше часу, ніж у світлий час.

Успіх нічних робіт зазвичай залежить від безвідмовної роботи освітлення як на самому приладі, так і на точках візування. Уся освітлювальна апаратура має бути справною й готовою до роботи.

Уночі немає безпосереднього зорового зв'язку між тим, хто працює на приладі та номером, який виставляє далекомірну рейку, і щоб його забезпечити, установлюють і використовують найпростішу світову сигналізацію.

Прокладання ходу проводять переважно вздовж доріг за засвітла наміченим маршрутом. Під час прокладання ходу з теодолітом і бусоллю недоцільно довжину сторін вибирати більшу ніж 300–400 м, щоб зоровий зв'язок не погіршувався.

Для вибору точок ходу, якщо ці точки не намічені й не закріплені у світлий час, необхідно для розвідування маршруту виділяти двох розвідників із ліхтарями. Один із розвідників позначає точку (забиває кілок), орієнтуючись за ліхтарями розвідника, що розташовується на раніше вибраній точці ходу.

Під час прокладання ходу рейковий, що знаходиться на задній точці ходу, переходить до того, хто працює на приладі, лише після закінчення всіх робіт на цій точці, включаючи оброблення журналу. Залишати точку тому, хто працює на приладі, можна лише після приходу заднього рейкового. Попередній рейковий не повинен залишати точку до підходу до неї того, хто буде працювати на приладі.

Під час роботи вночі необхідно ретельно додержуватися заходів світломаскування: засвічувати ліхтарі лише за необхідності, застосовувати ліхтарі фіолетового кольору, зменшувати яскравість освітлювання, не допускати направлення променів світла в бік противника.

9.2. Топогеодезична прив'язка в горах

На зміст і способи виконання топогеодезичних робіт у гірських районах впливає різка пересіченість рельєфу, важкопрохідні природні перешкоди, різкі зміни погодних умов, розрідженість повітря, наявність районів магнітних аномалій.

Різка пересіченість рельєфу місцевості спричиняє невідповідність вимірних похилих довжин ліній (пройденого шляху топоприв'язником) їх горизонтальним положенням і тому потребує введення поправок на приведення похилих ліній до горизонту. Точність визначення координат автономною апаратурою топоприв'язки знижується удвічі та більше. Ускладнюється та знижується точність визначення висот точок, а також можливість використання фотодокументів для топогеодезичної прив'язки.

Наявність важкопрохідних перешкод (гірських хребтів, прямовисних скель, ущелин, прірв) значно збільшує час для розвідки місцевості, організації та проведення топогеодезичних робіт, а також ускладнює вимірювання та збільшує похибки у визначенні координат.

Різкі та часті зміни метеорологічних умов, що супроводжуються сильними вітрами, зливами й снігопадами, туманами та високою хмарністю ускладнюють застосування оптичних приладів і збільшують час на виконання топогеодезичних робіт.

Розрідженість гірського повітря викликає підвищену стомлюваність особового складу та гірську хворобу. Потужність двигунів машин в умовах розрідженості повітря значно знижується.

Для гірських районів характерна низька щільність геодезичних мереж і контурних точок карти, які могли б бути використані як вихідні точки. У цих умовах визначення координат позицій і пунктів буде здійснюватися за допомогою приладів теодолітним (бусольним) ходом, а час для топогеодезичної прив'язки збільшується в 1,5–2 рази.

Підвищення точності топогеодезичних робіт у горах досягають за допомогою:

- використання для визначення координат апаратури топогеодезичної прив'язки при невеликих довжинах маршрутів і ретельного визначення коефіцієнта коригування шляху;

- широкого застосування полярних і зворотних засічок під час визначення відстаней за допомогою квантових далекомірів;

- широкого застосування гірокомпасів для визначення дирекційних кутів;

- ретельного оцінювання магнітометричного стану району дій.

Під час планування та організації топогеодезичної прив'язки в горах необхідно враховувати, що пункти державної геодезичної мережі розташовуються на вершинах гір, а пункти спеціальної геодезичної мережі – уздовж доріг.

9.3. Топогеодезична прив'язка взимку, у степах, лісі та місті

У зимових умовах проведення топогеодезичних робіт значно ускладнюється через наявність снігового покриву, низьких температур і недостатньої кількості денного часу.

Сніговий покрив приховує частину контурних точок, ускладнює переміщення особового складу й техніки, особливо колісних машин, що обмежує застосування апаратури топоприв'язників.

Низькі температури переважно знижують експлуатаційні характеристики топогеодезичних приладів і техніки, а також ускладнюють роботу особового складу.

Світловий день у зимових умовах зменшується вдвічі порівняно з літніми умовами, що викликає необхідність виділяти більше сил і засобів для виконання топогеодезичних завдань, готовності проводити топогеодезичну прив'язку вночі.

Зазначені несприятливі фактори викликають необхідність збільшення часу для виконання топогеодезичних робіт, а також особливої уваги до підготовки приладів, техніки та особового складу до робіт.

Для **степових районів** характерна рівна відкрита місцевість із низькою щільністю пунктів геодезичних мереж і контурних точок, слабorozвинена мережа доріг. Все це ускладнює проведення топогеодезичних робіт, потребує виконання топоприв'язки від однієї контурної точки, що приведе до збільшення довжин маршрутів і, відповідно, часу на визначення координат.

Своєчасне виконання топогеодезичних робіт із необхідною надійністю та точністю в степових районах досягають за допомогою:

- проведення топогеодезичної прив'язки в місцевій системі координат із застосуванням апаратури топогеодезичної прив'язки;
- широкого застосування гіроскопічного та астрономічного способу визначення дирекційних кутів;
- використання спеціальних карт із координатами контурних точок та аерознімків із координатною сіткою.

При проведенні **топогеодезичної прив'язки в лісі** основним способом топогеодезичних робіт є прокладання ходу. Ходи прокладають по просіках, дорогах, уздовж меліоративних каналів і по рідколісся. Прокладання ходу по звивистих лісних дорогах і стежках здійснюють переважно, орієнтованим приладом.

Вихідними точками для прив'язки за картою є перехрестя доріг і просік, розвилки доріг, окремі будівлі тощо.

Для **топогеодезичної прив'язки в місті** застосовують великомасштабні карти (плани) та аерознімки. За вихідні точки для визначення координат беруть перехрестя вулиць та окремі будівлі, надійно упізнавані на карті й на місцевості. Орієнтирні напрямки визначають (за можливості) гіроскопічним способом.

Висновки до розділу 9

У цьому розділі наведені особливості топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку артилерійських підрозділів у нічних умовах, на місцевості, спостережуваній противником, у горах, узимку, у степах і пустелях, у лісі та в місті.

Розкрито основний зміст робіт щодо організації та проведення топогеодезичної прив'язки вночі й на місцевості, спостережуваній противником. При цьому особливу увагу приділено прокладанню ходів.

Показано чинники, що впливають на зміст і способи виконання топогеодезичних робіт у гірських районах, а саме: різку пересіченість рельєфу, важкопрохідні природні перешкоди, різкі зміни погодних умов, розрідженість повітря, наявність районів магнітних аномалій.

Значну увагу приділено особливостям топогеодезичної прив'язки взимку, у степах, лісі та в місті

Командири артилерійських підрозділів повинні постійно вдосконалювати свої знання щодо особливостей топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку своїх підрозділів у нічних умовах, на місцевості, спостережуваній противником, у горах, узимку, у степах і пустелях, у лісі та в місті, набувати практичних навичок роботи в особливих умовах.

Навчальний тренінг

Основні терміни та поняття

Особливі умови вночі, узимку, у лісі, у місті, у пустелі, степу, у горах, топогеодезичні роботи, прокладання ходу, рельєф, метеорологічні умови, засічки, гіроскопічні, астрономічні, великомасштабні карти (плани), аерознімки.

Питання для повторення та самоконтролю

- 1. Вимоги щодо проведення топогеодезичної прив'язки на місцевості, спостережуваній противником.*
- 2. Порядок визначення поправки на нахил відстані до горизонту.*
- 3. Заходи, що проводять для своєчасного виконання топогеодезичної прив'язки в зимовий період.*
- 4. Заходи, що проводять для виконання топогеодезичної прив'язки в степових районах.*
- 5. Заходи, що проводять для своєчасного виконання топогеодезичної прив'язки в лісі.*
- 6. Заходи, що проводять для виконання топогеодезичної прив'язки в місті.*
- 7. Заходи, що проводять для своєчасного виконання топогеодезичної прив'язки в горах.*

Завдання для самопідготовки

- 1. Чинники, що впливають на підвищення точності топогеодезичних робіт у горах.*
- 2. Чинники, що впливають на підвищення точності топогеодезичних робіт у степових районах.*

Теми для написання рефератів

- 1. Порівняльний аналіз сучасних способів топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку в особливих умовах у передових країнах світу і способи подальшого їх розвитку.*
- 2. Аналіз способів топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку в особливих умовах у період ООС (АТО) на Сході України.*

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойовий статут артилерії Сухопутних військ. Ч. II : Дивізіон, батарея, взвод, гармата. – Київ : Варта, 2012. – 386 с.
2. Курс підготовки артилерії Збройних сил України. Артилерійська бригада, полк, бригадна артилерійська група, дивізіон, батарея, взвод. – Київ : Варта, 2008. – 160 с.
3. Правила стрільби і управління вогнем артилерії. Група, дивізіон, батарея, взвод, гармата. – Київ : Варта, 2008. – 254 с.
4. Топогеодезичне забезпечення ракетних військ і артилерії : навчальний посібник. – Київ : Національна академія оборони України, 2002.
5. Засоби підготовки та управління вогнем артилерії : навчальний посібник / В. М. Петренко, А. І. Приходько, М. М. Ляпа та ін. – Суми : СумДУ, 2015. – 458 с.
6. Застосування комплекту 1Г15У в інтересах розвідувальних вогневих підрозділів артилерії : навчальний посібник / А. М. Кривошеєв, А. І. Приходько, О. П. Мешков. – Суми : Видавництво ФОП Наталуха А. С., 2014. – 52 с.
7. Довідник офіцера артилерійського підрозділу : навчальний посібник / М. М. Ляпа, А. І. Приходько та ін. – Суми : СумДУ, 2013. – 588 с.
8. Топогеодезическая подготовка ракетных войск и артиллерии : учебник. – Москва : Воениздат, 1982. – 400 с.
9. Указания по работе на топогеодезических приборах РВ и А Сухопутных войск. – Москва : Воениздат, 1981. – 176 с.
10. Руководство по боевой работе топогеодезических подразделений РВ и А СВ. – Москва : Воениздат. 1982. – 192 с.

11. Перископическая артиллерийская буссоль ПАБ- 2А. Техническое обслуживание и инструкция по эксплуатации. БЛ1. 500.009. – 80 с.

12. Бойовий статут механізованих і танкових військ Сухопутних військ Збройних сил України. Ч. II : Батальйон, рота. – Київ : Варта, 2016. – 320 с.

13. Теодолит Т10В. Техническое обслуживание и инструкция по эксплуатации. – 68 с.

14. Дальномер КТД-1. Техническое обслуживание и инструкция по эксплуатации. – 46 с.

15. Комплект гирокомпаса 1Г25-1. БЦ1.620.067. Техническое обслуживание и инструкция по эксплуатации. – 74 с.

16. Комплект гирокомпаса 1Г17. БЦ1.640.073. Техническое обслуживание и инструкция по эксплуатации – 82 с.

17. Комплект гирокомпаса 1Г40. БЦ1.630.088. Техническое обслуживание и инструкция по эксплуатации – 96 с.

18. Аппаратура топопривязки 1Т121-1. Техническое обслуживание и инструкция по эксплуатации. – 48 с.

19. Аппаратура топопривязки 1Т128. Техническое обслуживание и инструкция по эксплуатации. – 76 с.

20. Основи бойового застосування артилерії : підручник / П. Є. Трофименко, Ю. І. Пушкар'єв, В. О. Колесніков. – Суми : СумДУ, 2017. – 499 с.

21. Основи всебічного забезпечення артилерійських підрозділів : підручник / П. Є. Трофименко, Ю. І. Пушкар'єв. – Суми : Видавництво СумДУ, 2019. – 552 с.

22. Жирохов М. Боги гібридної війни. Друга книга серії «Гібридна війна в Україні ХХІ сторіччя» / М. Жирохов. – Київ : Науково-публістичне видання. – 178 с.

23. Біла книга АТО на сході України (2014–2016). Науково-публістичне видання. НУОУ, 2017. – 162 с.

*Визначте значення слів – і ви звільните людство від
половини його турбот.
Рене Декарт*

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Апаратура топоприв'язування – комплект приладів, що встановлюють на топоприв'язниках, бойових і спеціальних машинах. Призначена для визначення координат точок стояння та орієнтування. А. т. містить: *датчик шляху* для вимірювання приросту шляху та всього шляху; *гірокурсовказівник* – для безперервного визначення та передавання в координатор значення дирекційного кута на пряму руху машини; *курсорокладник* або *лічильно-розв'язувальний прилад* – для автоматичного вироблення поточних прямокутних координат положення топоприв'язника (машини) та дирекційного кута на пряму руху машини; *візирний пристрій* (візир) – для вимірювання кута між позадочною віссю машини та орієнтирним напрямом; *синхронна передача* – для передавання в курсорокладник кутів повороту машини, виміряних гірокурсовказівником; джерела живлення та перетворювачі електричного струму. – С. 41, 168, 428.

Артилерійська топогеодезична мережа (АТГМ) – сукупність закріплених (позначених) на місцевості точок (орієнтирів), координати яких визначені з серединною похибкою $E_x, y \leq 5\text{м}$ стосовно вихідних пунктів. На окремих точках АТГМ визначають дирекційні кути орієнтирних напрямів із серединною похибкою 0-00,5. АТГМ створюється на місцевості з обмеженою кількістю пунктів геодезичних мереж, контурних точок або за відсутності великомасштабних карт із метою скорочення часу, підвищення точності й на-

дійності топогеодезичного прив'язування. АТГМ створюють у районах вогневих позицій, на рубежах розгортання підрозділів артилерійської розвідки та на маршрутах пересування топогеодезичні підрозділи артилерійських і розвідувальних підрозділів, зазвичай у масштабі групи. Щільність АТГМ – не менше однієї точки на 2–5 км² (на маршрутах пересування – одна точка через 5–10 км). АТГМ створюють у державній системі координат, якщо на місцевості є пункти ДГМ (СГМ), або в місцевій системі координат, якщо пункти ДГМ(СГМ) відсутні. – С. 15, 429.

Артилерійські прилади – прилади, призначені для забезпечення стрільби артилерії. Залежно від будови та призначення їх поділяють на прилади спостереження та вимірювання кутів (біноклі, бусолі, стереотруби, далекоміри); прилади для наведення гармат (приціли, панорами); прилади для підготовки вихідних даних (обчислювачі, планшети тощо); прилади для топогеодезичних робіт (теодоліти); прилади керування вогнем. – С. 429.

Б

Болотова спосіб – графічний спосіб визначення місцеположення на карті свого стояння за трьома точками, що знаходяться на ній. Для визначення на карті положення точки свого стояння аркуш прозорого паперу кладуть на тверду основу (планшет, польову сумку, картон) і закріплюють його. У центрі аркуша намічають точку і від неї візують на три орієнтири, прокреслюючи напрямки від себе. Потім накладають кальку на карту так, щоб кожен накреслений на ній напрям проходив через умовний знак того орієнтира, на який він прокреслений і, з'єднавши всі напрями з відповідними умовними знаками орієнтирів, переносять на карту точку стояння. Вихідні три точки потрібно вибирати так, щоб кути між прокресленими на карті напрямками були не менше ніж 60°.

калька під час візування повинна зберігати незмінне положення. – С. 430.

Бусоль (перископічна артилерійська) – артилерійський прилад керування вогнем, що являє собою з'єднання оптичного та кутовимірювального приладів з орієнтир-бусоллю (коробкою з магнітною стрілкою). Призначений для орієнтування гармат і приладів у напрямі, заданому дирекційним кутом або бусоллю, визначення дирекційних кутів або бусолей напрямів на місцевості, вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів і відстаней під час топогеодезичного прив'язування позицій і пунктів. – С. 41, 57, 430.

В

Відмітка висоти – підпис на карті абсолютної висоти точки місцевості. В. в., що знаходяться на топографічних картах, не завжди є вершинами висот. Вони можуть знаходитися на схилах, навіть на річках та озерах. – С. 430.

Військова топографія – галузь військової науки, що вивчає місцевість, способи її вивчення та оцінювання, орієнтування на ній, використання топографічних і спеціальних карт, аерофотознімків місцевості, здійснення вимірювань за картою та на місцевості, порядок складання схем місцевості і бойових графічних документів, а також способи ведення розвідки місцевості та рекогносцирування. В. т. тісно пов'язана з теорією та практикою топогеодезичного забезпечення РВ і А. – С. 430.

Г

Геодезична задача обернена – задача, у якій за заданими координатами двох точок потрібно знайти відстань між ними та взаємні напрями. Г. о. з. розв'язують на площині, сфері та еліпсоїді. Розв'язання на площині та сфері виконують за формулами відповідно до плоскої і сферич-

ної тригонометрії. Для розв'язання задачі на земному еліпсоїді поверхню останнього заздалегідь зображають у тій чи іншій проекції на сфері або на площині, Потім розв'язують задачу на цих, більш простих поверхнях, після чого вносять у результати поправки за похибки проекції.

Математична сутність задачі полягає в перетворенні плоских і прямокутних або географічних координат та полярні. – С. 229, 431.

Геодезична задача пряма – задача, в якій за заданими координатами однієї точки, азимутом або дирекційним кутом на пряму з неї на другу точку і за відстанню між ними потрібно знайти координати другої точки та напрям з неї на першу. – С. 221, 431.

Геодезичний пункт – точка, міцно закріплена на місцевості підземним знаком (монолітом, трубою тощо) та наземною спорудою у вигляді сигналу, піраміди тощо, координати якої визначені з високою точністю відповідно до її класу. Г. п. використовують для визначення координат елементів бойового порядку ракетних військ і артилерії під час прив'язування на геодезичній основі та створення топографічних карт і для інших точних вимірювань. Координати Г. п. систематизуються у вигляді каталогів, які видаються і надходять до військ. – С. 15, 431.

Геодезична мережа – сукупність геодезичних пунктів, визначених на місцевості з заданою точністю координат і дирекційних кутів. Під час створення державної геодезичної мережі (ДГМ) і спеціальних геодезичних мереж (СГМ) визначають прямокутні координати та абсолютні висоти пунктів, дирекційні кути сторін мережі і напрямків на орієнтирні пункти.

Для кожного пункту ДГМ і СГМ встановлюють два орієнтирних пункти на відстані 200–1 000 м від нього. Пункти ДГМ і СГМ на місцевості закріплені центрами та позначені геодезичними знаками. Орієнтирні пункти закріплені

центрами й позначені стовпами. ДГМ залежно від точності визначення вихідних даних поділяється на чотири класи. СГМ – на три види. СГМ створюють зі щільністю не менш ніж один пункт на 20 кв. км, що забезпечує топоприв'язування елементів бойового порядку ракетних та артилерійських підрозділів на геодезичній основі. – С. 15, 16, 432.

Гірокомпас (гіротеодоліт) – геодезичний прилад із гіроскопічним чутливим елементом, призначений для автономного визначення істинних азимутів орієнтирних напрямів. – С. 62, 86, 106, 432.

Гіроскопічне орієнтування – спосіб визначення істинних азимутів орієнтирних напрямів, під час якого вимірювання здійснюють за допомогою гірокомпаса. Найбільшого поширення на сьогодні набули гірокомпаси, чутливим елементом яких є маятниковий гірокомпас. Реагуючи на добове обертання площини горизонту, маятниковий гіроскоп здійснює азимутальні гармонічні коливання стосовно площини істинного меридіана точки стояння приладу. Для визначення відліку № положення динамічної рівноваги чутливого елемента, що відповідає відліку перетину горизонтального круга площиною істинного меридіана, фіксують за горизонтальним кругом гірокомпаса крайні точки азимутальних коливань чутливого елемента (точки реверсій), у яких відбувається зміна напрямку його видимого руху. Ухвалена методика Г. о. передбачає визначення відліку № за спостереженням у процесі запускання (прийому вимірювання азимута гірокомпасом) від двох до чотирьох послідовних реверсій – П₁, П₂, П₃, П₄ – чутливого елемента. Визначення істинних азимутів методом Г. о. автономне. Воно не залежить від умов погоди, пори року та часу доби, магнітних аномалій, радіоперешкод і фізико-географічних особливостей району робіт. – С. 77, 93, 127, 432.

Д

Дирекційний кут – кут між північним напрямом вертикальної лінії координатної сітки та напрямом на пункт, що визначають і вимірюють на карті за ходом годинникової стрілки від 0 до 360° (від 0-00 до 60-00). Його позначають літерою α з індексами початку та кінця напрямку. Дирекційні кути вимірюють за картою, а також визначають за вимірюваними на місцевості магнітними або істинними азимутами. – С. 32, 311, 317, 433.

З

Засічки – спосіб визначення координат прив'язуваних точок в умовах відкритої та напівзакритої місцевості. Розрізняють пряму, зворотну та комбіновану засічки. У *прямій* засічці координати точок визначають проведенням вимірювань на вихідних пунктах. Залежно від приладів, що застосовують, умов видимості та наявності вихідних пунктів розрізняють прямі засічки, виконані орієнтованим приладом, за виміряними кутами та полярні. У разі *зворотної* засічки координати точок визначають вимірюваннями, виконаними на прив'язуваній точці. На практиці топогеодезичних робіт застосовують зворотні засічки, виконані за допомогою орієнтованого приладу, за вимірюваними кутами та за виміряними кутами і відстанями. – С. 334, 433.

Зближення меридіанів – кут, створений зображенням меридіана точки в проекції Гаусса та прямою, паралельною осі абсцис (X) на площині. Його позначають літерою γ . Кут для точок, розташованих на схід від осьового меридіана, – додатний, а кут для точок, розташованих на захід від осьового меридіана, – від'ємний. У функції геодезичної широти B і довготи L , що відраховують від осьового меридіана, кут γ виражається формулою

$$\gamma = (L - L_0) \sin B,$$

де L і B – геодезичні довгота й широта даної точки;

Lo – довгота осьового меридіана зони, у якій розташована ця точка. – С. 245, 434.

К

Карти топографічні – загальногеографічні карти масштабів 1:1 000 000 і більше. К. т. відображають найбільш повно елементи та деталі місцевості, що впливають на бойові дії військ, і є основним джерелом інформації про місцевість, а також основою бойових документів і спеціальних карт. Використовують для вивчення місцевості, з'ясування завдання, оцінювання обстановки, ухвалення рішення, поставлення завдань підлеглим військам та організації взаємодії військ, а також орієнтування на місцевості (карти масштабів 1:50 000–1:200 000), визначення координат цілей і для прив'язування елементів бойових порядків військ (карти масштабів 1:25 000–1:100 000).

К. т., що використовують у військах, поділяються на великомасштабні (1:25 000, 1:50 000), середньомасштабні (1:100 000, 1:200 000) і дрібномасштабні (1:500 000, 1:1 000 000). – С. 16, 18, 29, 434.

Картка топогеодезичного прив'язування – документ, у якому відображені результати топоприв'язування позиції, пунктів і постів. У К. т. п. зазначають координати точок, їх абсолютні висоти, дирекційні кути орієнтирних напрямів і способи їх визначення.

За необхідності у К. т. п. розміщують координати прив'язуваних точок у сусідній зоні та значення поправки в дирекційний кут за перехід із зони в зону, а також значення широти і зближення меридіанів прив'язуваної точки. На К. т. п. креслять схему взаємного розташування вихідних точок і прив'язувальних точок показують дирекційні кути на орієнтирні точки.

К. т. п. підписує командир підрозділу, який виконує топоприв'язування. У картці контролю топоприв'язування, крім того, міститься номер підрозділу, що контролює способи контролю координат і дирекційних кутів та розходження між визначеними й контрольними даними. – С. 404, 405, 435.

Координати – кутові або лінійні числові величини, що визначають положення цілі (об'єкта) на будь-якій поверхні (земній, на карті) або у просторі. К. можуть бути географічні й плоскі прямокутні. – С. 412, 435.

Координати географічні (кутові величини) – географічна широта й довгота, що визначають положення точок на земній поверхні стосовно екватора та меридіана, взятих за початкові. Географічну широту відраховують за дугою меридіана в обидва боки від екватора від 0 до $\pm 90^\circ$ (знаками «плюс» позначають північні, «мінус» – південні широти). Відлік географічних довгот ведуть за дугою паралелі в обидва боки від початкового меридіана від 0 до $\pm 180^\circ$. Довготу до сходу від початкового меридіана позначають знаком «плюс», до заходу – знаком «мінус». Північними та південними рамками топографічних карт є паралелі, східними й західними – меридіани. На внутрішній частині кожної рамки нанесені поділки через 1 хв або через Юс. К. г. користуються під час визначення взаємного положення точок, віддалених одна від одної на надто великі відстані. В артилерійських підрозділах (частинах) застосовують прямокутні координати. – С. 23, 435.

Координати полярні – величини, що визначають положення точки на карті стосовно вихідної точки, яку беруть за полюс. Такими величинами є кут положення, відрахований від напрямку полярної осі, та відстань (дальність) від полюса до точки, що визначається.

Полярною віссю може бути напрям на орієнтир, лінія меридіана (істинного або магнітного) або вертикальна лінія

координатної сітки. У цьому разі кутами положення будуть істинні або магнітні азимути та дирекційні кути. – С. 31, 436.

Координати прямокутні (плоскі) – лінійні величини (абсциса x та ордината y), що визначають положення точки на площині (карті) стосовно двох взаємоперпендикулярних осей X та Y , точка перетину цих осей є початком координат. Абсциса x та ордината y точки A – відстань від початку координат до основи перпендикулярів, опущених із точки A на відповідні осі.

На топографічних картах прямокутні координати (Гаусса) застосовують у координатних зонах.

Усі топографічні карти в межах однієї зони мають загальну систему прямокутних координат. Початком координат у кожній зоні є точка перетину середнього (осьового) меридіана зони з екватором, середній меридіан зони відповідає осі абсцис (X), а екватор – осі ординат (Y). Щоб прискорити цілевказання за топографічною картою, початок координат у кожній зоні умовно перенесений на 500 км вліво вздовж осі ординат Y . Для однозначного визначення положення точки за прямокутними координатами на земній кулі до значення координати y зліва приписують номер зони (однозначне або двозначне число). – С. 19, 436.

Кутомір – 1) пристрій кутовимірювальних приладів і прицільних пристроїв артилерійських гармат, мінометів, бойових машин, його використовують для їх наведення в горизонтальній площині під час стрільби із закритих вогневих позицій; 2) горизонтальний кут у точці стояння гармати, відрахований проти ходу годинникової стрілки між зворотними напрямом ствола наведеної гармати та напрямом на точку наведення. – С. 19, 35, 436.

Л

Лімб – круг, поділений (по краю) на градуси (та його частки) або поділки кутоміра (та його частки), за яким на

кутовимірювальних приладах відраховують величину вимірюваних кутів. Л. застосовують у деяких артилерійських оптичних приладах (далекомір і тощо). – С. 437.

М

Магнітне схилення – (схилення магнітної стрілки) – горизонтальний кут між географічним (істинним) і магнітним меридіанами в заданій точці земної поверхні. Воно зумовлене розбіжністю магнітного та географічного полюсів Землі та може бути східним (додатним) або західним (від’ємним). Його враховують під час підготовки даних для стрільби артилерією, орієнтування, руху на місцевості та в інших необхідних випадках. Величина М. с. та його річна зміна зазначені на кожному аркуші топографічної карти на рік видання карти. – С. 313, 437.

Масштаб карти – ступінь зменшення на карті проекції довжини відповідної лінії місцевості або відношення довжини лінії на карті відповідній довжині лінії на місцевості. Масштаб може бути виражений у числовій формі (числовий масштаб) або в графічній (лінійний, поперечний масштаби) у вигляді графіка.

М. *числовий* відношення двох чисел; чисельник – одиниця, а знаменник – число, що вказує, у скільки разів зменшена кожна лінія місцевості у разі зображенні її на карті (підписують по південній рамці). За допомогою числового масштабу можна визначити відстань за картою, для чого необхідно знати величину масштабу.

М. *лінійний* – графічне вираження числового масштабу у вигляді прямої лінії. Для побудови лінійного масштабу проводять пряму лінію та поділяють на відрізки; кожному із цих відрізків повинно відповідати кругле число метрів або кілометрів на місцевості. Найменша, оцифрована в кілометрах поділка лінійного масштабу називається *основою лінійного масштабу*.

М. поперечний – спеціальний графік на металевій лінійці для вимірювання та відкладання відстаней на карті з граничною графічною точністю (0,1 мм). Застосовують під час виконання найточніших вимірювань довжини ліній на карті та плані. – С. 29, 438.

Міра точності (h) – одна із числових характеристик розсіювання випадкових величин, підпорядкована нормальному закону. М. т. обернено пропорційна середньому квадратичному відхиленню. Її виражають формулою

$$h = \frac{1}{E_2 \sqrt{2}},$$

де E_2 – середньоквадратична помилка.

Застосовують для порівняльного оцінювання артилерійських приладів і різних методів розрахунків. – С. 438.

Н

Нев'язка – помилка математичного співвідношення (умови) між вимірними величинами, що виникає внаслідок помилок у результатах вимірювань цих величин. Під час топогеодезичного прив'язування ВП (СП) ходом визначають кутову та лінійну нев'язку. – С. 330, 438.

Номенклатура топографічних карт – система позначення окремих аркушів карт. За основу Н. т. к. України взята карта масштабу 1:1 000 000. Усю поверхню Землі поділяють паралелі через 4° на ряди (пояси), а меридіани – через 6° на колони. Сторони створених трапецій є межами аркушів карти масштабу 1:1 000 000. Ряди (пояси) позначають літерами латинського алфавіту від **A** до **V**, починаючи від екватора до полюсів, а колони – арабськими цифрами від **1** до **60**, починаючи від меридіана 180° із заходу на схід. Номенклатура аркуша карти складається із літери ряду та номера колони. Наприклад, аркуш карти з позначенням м. Києва позначається як

М-36. Номенклатура кожного аркуша карти масштабу 1:500 000, 1:200 000 та 1:100 (Ю0 складається із номенклатури аркуша карти 1:1 000 000 з додатком відповідної літери або цифри. Один аркуш мільйонної карти становлять:

– 4 аркуші карти масштабу 1:500 000, позначені великими літерами А, Б, В, Г;

– 36 аркушів карти масштабу 1:200 000, позначені римськими цифрами від **I** до **XXXVI**;

– 144 аркуші карти масштабу 1:100 000, позначені арабськими цифрами від **1** до **144**.

Номенклатура карт масштабу 1:50 000 складається із номенклатури карти масштабу 1:100 000 з додатком літери (**А, Б, В, Г**). Номенклатура карт масштабу 1:25 000 складається із номенклатури карти масштабу 1:50 000 з додатком літери алфавіту (а, б, в, г). – С. 29, 439.

О

Оптичний прилад – пристрій, що складається із корпусу, системи лінз і призначений для розглядання зображень предметів у збільшеному вигляді. О. п. використовують у прицілах, приладах розвідки (далекомірах, стереотрубках) і топоприв'язування (бусолях, теодолітах тощо). – С. 42, 439.

П

Перископічні прилади – оптичні прилади, у конструкції яких використаний принцип перископа. В артилерії П. п. – це стереотруби, розвід-теодоліти, перископічні насадки для бусолі, деякі далекоміри. – С. 42, 439.

Помилка вимірювань (серединна, середня, середня квадратична, абсолютна, відносна) – різниця між одержаним значенням вимірюваної величини та її істинним (слухним) значенням. Помилками вимірювань є:

1) *абсолютна помилка* – різниця між одержаним та істинним значеннями вимірюваної величини;

2) *відносна помилка* – відношення абсолютної помилки до істинного значення вимірюваної величини;

3) *середня помилка*, яку визначають як середнє арифметичне із помилок вимірювань. Середня помилка є випадковою. Чим більша кількість вимірювань, тим ближча середня помилка до істинного значення вимірюваної величини;

4) *серединна помилка* – числова характеристика нормального закону розподілення випадкових помилок, що характеризує розкид випадкових помилок навколо центру розсіювання;

5) *середня квадратична помилка* – числова характеристика будь-якого закону розподілення випадкових помилок, що характеризує розкид випадкових помилок навколо центра розсіювання. Середня квадратична помилка дорівнює додатному значенню квадратного кореня із дисперсії. – С. 409, 440.

Помилка інструментальна – помилка вимірювань, системи керування, викликана неточністю орієнтування, регулювання та роботи при її керуванні (напр., неточністю орієнтування приладів, юстування антенних пристроїв, градування приладів тощо). – С. 409, 440.

Пункт геодезичний – пункт геодезичної мережі, відмічений на місцевості, закладеним у землю центром та спорудженим над ним знаком, обкопаним канавою. Координати центру пункту (абсциса, ордината та абсолютна висота), а також дирекційні кути напрямів на орієнтирні пункти вказують у геодезичних каталогах. Орієнтирні пункти відзначають на місцевості закладеним у землю центром та установленим на ньому дерев'яним або бетонним стовпом, обкопаним круглою канавою. – С. 15, 16, 441.

С

Світлофільтри – прозоре середовище, яке змінює спектр світлових променів і величину світлового потоку,

що проходить крізь неї. С. являє собою пластинку дзеркального скла, пофарбовану в червоний, жовтий, оранжевий, димчастий або інший колір, або оптичний пристрій. Застосовують в артилерійських оптичних приладах (приціли, стереотруби, далекоміри тощо). – С. 441.

Стереоскопічний далекомір – оптико-механічний прилад, що складається з різних лінз, відбивальних призм, дзеркал та інших деталей. С. д. служить для вимірювання відстаней до цілі (репера, місцевого предмета) розриву снаряда. – С. 441.

Т

Теодоліт – переносний геодезичний, призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів під час геодезичних робіт топографічного знімання, топогеодезичної підготовки стрільби. Основні робочі частини Т. – горизонтальні й вертикальні круги з відліковими пристроями. Т. поділяють на високоточні (середня квадратична похибка їх 0,5-1"), точні (2-5") та технічні (15-30"). – С. 62, 441.

Топогеодезична підготовка – частина топогеодезичного забезпечення. Т. п. включає: доведення до частин і підрозділів вихідних топогеодезичних даних, необхідних для завдання ударів, ведення вогню та розвідки противника, упровадження заходів, що забезпечують своєчасне та якісне виконання топогеодезичного прив'язування (планування та організацію топоприв'язування, організацію взаємодії з підрозділами ВТС, створеній АТГМ, підготовку маршрутів пересування в топогеодезичному відношенні, обчислення таблиць дирекційних кутів світил, організацію роботи посту передавання орієнтування, вивіряння топоприладів і апаратури), а також топогеодезичне прив'язування позицій, пунктів і постів, контроль за топогеодезичним прив'язуванням. – С. 442.

Топогеодезичне прив'язування на геодезичній основі – вид топоприв'язування, за якого координати точок визначають за допомогою приладів стосовно пунктів ДГМ, СГМ або точок АТГМ. Дирекційні кути орієнтирних напрямів визначають гіроскопічним, астрономічним або геодезичним способом. Абсолютні висоти прив'язуваних точок визначають на рівнинній і горбистій місцевості за картою, на гірській – за допомогою приладів стосовно пунктів геодезичних мереж, а також від контурних точок із відмітками висоти. – С. 15, 442.

Топографічне прив'язування за картою (аерофотознімком) – вид топоприв'язування, під час якого координати прив'язуваних точок визначають за допомогою приладів або топоприв'язника (апаратури топоприв'язування) стосовно контурних точок карти (аерофотознімка). Дирекційні кути орієнтирних напрямів визначають гіроскопічним, астрономічним, геодезичним способами за допомогою магнітної стрілки бусолі; за допомогою передавання дирекційного кута одночасним відмічанням за небесним світилом, за допомогою гірокурсказівника апаратури топоприв'язування, кутовим ходом. Висоти прив'язуваних точок визначають за картою. – С. 389, 442.

Топоприв'язник – колісна або гусенична машина, обладнана приладами навігаційної апаратури. Т. призначений для вирішення таких завдань: визначення координат ВП (СП), а також позицій, постів і пунктів підрозділів артилерійської розвідки; водіння колон військ, особливо на місцевості, бідній на орієнтири та в темний час доби, для нанесення на карту не позначених на ній доріг і колонних шляхів; передавання дирекційних кутів орієнтирних напрямів на прив'язувані точки. Робота навігаційної апаратури Т. щодо визначення координат прив'язуваних точок, ґрунтується на безперервному послідовному розв'язанні прямої геодезичної задачі. – С. 418, 443.

У

Умовні знаки – символічні штрихові та фонові позначення об'єктів місцевості, бойової та метеорологічної обстановки, застосовувані на географічних картах і географічних документах. Залежно від призначення розрізняють топогеографічні, тактичні й метеорологічні У. з. Вони можуть бути масштабними, позамасштабними, лінійними та пояснювальними. – С. 443.

Ф

Фотокарта – фотодокумент, на якому топографічними умовними знаками накреслені основні елементи місцевості та їх характеристики, а також рельєф. Виготовляють у масштабі 1:25 000–1:50 000 на важливі для дій військ райони (рубежі), не забезпечені топографічними картами цих масштабів. – С. 443.

Х

Характеристики оптичних приладів – параметри, що визначають якісні показники оптичних приладів. Основні Ч. о. п. – збільшення, поле зору, діаметри входу й виходу, світлосила, пластичність і перископічність. – С. 443.

Ц

Центр геодезичного пункту – точне положення пункту на місцевості. Складається із закладених у землю бетонних монолітів. Точне положення центру позначають чавунними марками, замуrowаними в грані монолітів, розміщених на одній прямовисній лінії. На верхній моноліт установлюють розпізнавальний стовп, який дещо виступає над землею. Ц. г. п. використовують під час проведення топогеодезичних робіт. – С. 444.

Ш













Широта – одна з географічних координат. *Широта точки* – кут між площиною екватора й нормаллю – лінією, що проходить через задану точку під кутом 90° до поверхні земного еліпсоїда. Може бути в межах від 0 до 90° північною чи південною. – С. 444.

Штабна культура офіцера – сукупність якостей, необхідних для успішної управлінської діяльності. Полягає у високій організованості, оперативності та ініціативній ретельності, здатності в найбільш доцільній послідовності та якісному виконанні великого обсягу різноманітних завдань, грамотно, стисло й чітко оформлювати всі штабні документи; умілому застосуванні математичних моделей операцій і методики, наукової організації штабної роботи. – С. 444.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Умовні позначення, що застосовують на картах і схемах

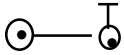
- 
2/24 *брат* – командно-спостережний пункт дивізіону
- 
– штаб дивізіону
- 
3 *батр.* – командно-спостережний пункт батареї (взводу з однією рискою)
- 
– пункт державної геодезичної мережі
- 
– пункт спеціальної геодезичної мережі
- 
– пункт артилерійської топогеодезичної мережі
- 
– точки, закріплені на місцевості стовпами (віхами)
- 
– орієнтирний пункт
- 
– точка повороту теодолітного ходу
- 
– віха
- 
– пост передавання орієнтування
- 
– точка, для якої розраховують таблицю дирекційних кутів світила



– відома сторона між вихідними пунктами



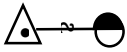
– сторона, яку визначають взаємним візуванням



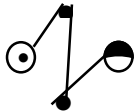
– сторона, яку визначають при візуванні в одному напрямку



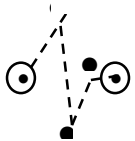
– напрямок, що визначають гірокомпасом



– сторона, вимірювана далекоміром



– теодолітний (бусольний) хід із позначанням вершин ходу



– кутовий хід



– пункт, на якому визначають кут



– пункт із виміряними на ньому відстанями.

ДОДАТОК Б

Таблиця поправок на відстань через нахил місцевості
на приведення її до горизонту

Кут нахилу, под. кут	Відстань та поправки, м								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1-00	0,6	1,1	1,6	2,2	2,7	3,3	3,8	4,4	4,9
1-10	0,7	1,3	1,9	2,6	3,3	4,0	4,6	5,2	6,0
1-20	0,8	1,6	2,3	3,2	3,9	4,7	5,2	6,2	7,1
1-30	0,9	1,9	2,7	3,7	4,6	5,6	6,5	7,3	8,3
1-40	1,1	2,1	3,1	4,3	5,4	6,4	7,5	8,5	9,6
1-50	1,2	2,5	3,7	4,9	6,2	7,4	8,6	9,9	11,1
1-60	1,4	2,8	4,0	5,6	7,0	8,4	9,8	11,0	12,6
1-70	1,6	3,2	4,5	6,3	7,9	9,5	11,1	12,4	14,2
1-80	1,8	3,5	5,1	7,1	8,9	10,6	12,4	13,9	15,9
1-90	2,0	3,9	5,7	7,8	9,9	11,8	13,8	15,5	17,7
2-00	2,2	4,4	6,6	8,8	11,0	13,1	15,3	17,5	19,7
2-20	2,6	5,3	7,4	10,6	13,2	15,9	18,3	20,6	23,8
2-40	3,1	6,3	9,0	12,6	15,7	18,9	22,0	24,7	28,3
2-60	3,7	7,4	10,6	14,7	18,4	22,1	25,8	29,0	33,1
2-80	4,3	8,5	12,2	17,1	21,3	25,6	29,9	33,6	38,4
3-00	4,9	9,8	14,7	19,6	24,5	29,4	34,3	39,2	44,1

Приклад: Розрахувати відстань приведену до горизонту, якщо кут нахилу 1-80, виміряна відстань похила 360 м.

Розв'язання: 1. Визначаємо поправку на відстань на 300 м (5,1 м).

2. Визначаємо поправку на відстань на 60 м (1,1 м).

3. Визначаємо сумарну поправку $5,1 + 1,1 = 6,2$ м.

4. Розраховуємо відстань приведену до горизонту $360 - 6,2 = 353,8$ м.

ДОДАТОК В

Таблиці величин K , X_0 , Y_0 , m , n , Δ_{2x} , Δ_{2y} .

Формули для обчислень

$$X_n = X_0 + \Delta X \cdot m + \Delta Y \cdot n - \Delta_{2x} K,$$

$$Y'_n = Y_0 + \Delta Y \cdot m - \Delta X \cdot n + \Delta_{2y} K$$

Примітки: 1. Наведені формули й таблиці дозволяють перетворювати координати точки зі східної зони в західну. Для перетворення координат із західної зони в східну використовують ті самі формули, тільки замість величини Y_1 визначають проміжну ординату за формулою

$Y_{1np} = 1\ 000\ 000 - Y_1$, а потім здійснити перетворення звичайним способом за вище наведеними формулами. 2. При перетворенні в західну зону $Y_n = 500\ 000 + Y'_n$; при перетворенні в східну зону $Y_n = 500\ 000 - Y'_n$.

Таблиця В.1 – Значення коефіцієнта K

$\Delta y, \text{км}$ $\Delta x, \text{км}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
10	0,05	0,09	0,13	0,17	0,21	0,25	0,29	0,33	0,37	0,41	0,45
20	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40
30	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35
40	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30
50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
60	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20
70	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15
80	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28	0,25	0,22	0,19	0,16	0,13	0,10
90	0,45	0,41	0,37	0,33	0,29	0,25	0,21	0,17	0,13	0,09	0,05
100	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0

Таблица В.2 – Величин X_0 , Y_0 , m , n , Δ_{2x} , Δ_{2y}

Y_1^0 , км	200			300			400			Y_1^0 , км
X_1^0 , км	X_0 Y_0	m n	Δ_{2x} Δ_{2y}	X_0 Y_0	m n	X_1^0 , км	X_0 Y_0	m n	Δ_{2x} Δ_{2y}	X_1^0 , км
4 600	4 596 570 201 185	0,997 5 0,070 0	120 10	4 603 508 300 944	0,998 8 0,070 1	120 15	4 610 456 400 827	1,000 0 0,070 3	120 15	4 600
4 700	4 696 262 194 194	0,997 4 0,071 2	120 10	4 703 320 293 941	0,998 6 0,071 3	120 15	4 710 392 398 803	0,999 8 0,071 3	120 15	4 700
4 800	4 795 943 187 082	0,997 3 0,072 4	120 10	4 803 121 286 815	0,998 5 0,072 7	120 15	4 810 312 386 669	0,999 6 0,072 7	120 15	4 800
4 900	4 895 612 179 851	0,997 2 0,073 5	115 10	4 902 908 279 573	0,998 3 0,073 7	115 15	4 910 217 379 411	0,999 5 0,073 3	120 15	4 900
5 000	4 995 269 172 503	0,997 0 0,074 7	115 10	5 002 681 272 212	0,998 2 0,074 8	115 15	5 010 106 372 086	0,999 3 0,075 9	115 15	5 000
5 100	5 091 914 165 040	0,996 9 0,075 8	110 10	5 102 441 264 736	0,998 0 0,075 9	110 15	5 109 981 364 546	0,999 1 0,076 1	115 15	5 100
5 200	5 194 548 157 463	0,996 8 0,076 9	110 10	5 202 187 257 147	0,997 9 0,077 1	110 15	5 209 839 356 942	0,999 0 0,077 2	110 15	5 200
5 300	5 294 170 149 775	0,996 7 0,078 0	110 10	5 301 920 249 446	0,997 7 0,078 2	110 15	5 309 682 349 227	0,998 8 0,078 3	110 15	5 300
5 400	5 393 781 141 977	0,996 5 0,070 1	105 10	5 401 639 241 636	0,997 6 0,079 2	105 15	5 409 510 341 408	0,998 7 0,079 4	105 15	5 400
5 500	5 493 381 134072	0,996 4 0,080 2	105 10	5 501 346 233 719	0,997 5 0,080 3	105 15	5 509 323 333 472	0,998 5 0,080 5	105 15	5 500

Продовження таблиці В.2

Y_1^0 , км	200			300			400			Y_1^0 , км
X_1^0 , км	X_0 Y_0	m n	Δ_{2x} Δ_{2y}	X_1^0 , км	X_0 Y_0	m n	Δ_{2x} Δ_{2y}	X_1^0 , км	X_0 Y_0	X_1^0 , км
5 600	5 592 970 126 060	0,996 3 0,081 2	105 10	5 601 039 225 695	0,997 3 0,081 3	100 15	5 609 121 325 434	0,998 3 0,081 5	105 15	5 600
5 700	5 692 548 117 945	0,996 2 0,082 2	100 10	5 700 720 217 569	0,997 2 0,082 4	100 15	5 708 904 317 293	0,998 2 0,082 5	100 15	5 700
5 800	5 792 548 109 729	0,996 1 0,083 2	100 10	5 800 387 209 340	0,997 0 0,083 3	100 15	5 808 672 309 051	0,998 0 0,083 5	100 15	5 800
5 900	5 891 671 101 412	0,996 1 0,084 2	100 10	5 900 042 201012	0,996 9 0,084 3	95 15	5 908 426 300 700	0,997 9 0,084 5	95 15	5 900
6 000				5 999 685 192 587	0,996 8 0,085 3	95 15	6 008 165 292 272	0,997 7 0,085 4	95 15	6 000
6 100				6 099 316 184 066	0,996 6 0,086 2	90 15	6 107 890 283 737	0,997 6 0,086 3	90 15	6 100
6 200				6 198 935 175 452	0,996 5 0,087 1	90 10	6 207 601 275 110	0,997 4 0,087 3	90 15	6 200
6 300				6 208 542 166 746	0,996 4 0,088 0	90 10	6 307 298 266 392	0,997 3 0,088 1	90 15	6 300
6 400				6 398 138 157 952	0,996 3 0,088 9	85 10	6 406 982 257 585	0,997 1 0,089 0	85 15	6 400
6 500				6 497 723 149 070	0,996 2 0,089 7	85 10	6 506 652 248 692	0,997 0 0,089 8	85 15	6 500

Продовження таблиці В.2

Y_1^0 , км	500			600			700			Y_1^0 , км
X_1^0 , км	X_0	m	Δ_{2x}	X_0	m	Δ_{2x}	X_0	m	Δ_{2x}	X_1^0 , км
	Y_0	n	Δ_{2y}	Y_0	n	Δ_{2y}	Y_0	n	Δ_{2y}	
4 600	4 617 422	1,001 2	120	4 624 405	1,002 4	120	4 681 406	1,003 6	125	4 600
	500 832	0,070 4	20	600 959	0,070 6	20	701 203	0,070 3	20	
4 700	4 717 422	1,001 0	120	4 724 584	1,002 2	120	4 731 707	1,003 4	120	4 700
	493 797	0,071 6	20	593 906	0,071 8	20	694 136	0,072 0	20	
4 800	4 817 519	1,000 8	120	4 824 743	1,002 0	120	4 831 987	1,003 2	120	4 800
	486 641	0,072 8	20	586 732	0,073 0	20	686 941	0,073 2	20	
4 900	4 917 542	1,000 6	115	4 924 884	1,001 8	115	4 932 245	1,003 0	115	4 900
	479 367	0,074 0	15	579 439	0,074 2	20	679 629	0,074 4	20	
5 000	5 017 548	1,000 4	115	5 025 006	1,001 6	115	5 032 483	1,002 7	115	5 000
	471 945	0,075 2	20	572 030	0,075 4	20	672 199	0,075 6	20	
5 100	5 117 536	1,000 3	110	5 125 108	1,001 4	110	5 132 699	1,002 5	110	5 100
	464 463	0,076 8	20	564 504	0,076 5	20	664 653	0,076 7	20	
5 200	5 217 507	1,000 1	110	5 225 191	1,001 2	110	5 232 699	1,002 3	110	5 200
	456 849	0,077 4	20	556 366	0,077 6	20	656 995	0,077 8	20	
5 300	5 317 507	0,999 9	110	5 325 255	1,001 0	110	5 333 069	1,002 1	110	5 300
	449 118	0,078 5	15	549 117	0,078 7	20	649 226	0,078 9	20	
5 400	5 417 397	0,999 7	105	5 425 300	1,000 8	105	5 433 223	1,001 9	105	5 400
	441 277	0,079 6	20	541 259	0,079 8	20	641 347	0,080 0	20	
5 500	5 517 316	0,999 5	105	5 525 326	1,000 6	105	5 533 354	1,001 6	105	5 500
	433 329	0,080 6	20	533 293	0,080 8	20	633 362	0,081 0	20	

Продовження таблиці В.2

Y_1^0 , км	500			600			700			Y_1^0 , км
X_1^0 , км	X_0 Y_0	m n	Δ_{2x} Δ_{2y}	X_0 Y_0	m n	Δ_{2x} Δ_{2y}	X_0 Y_0	m n	Δ_{2x} Δ_{2y}	X_1^0 , км
5 600	5 617 218 425 276	0,999 4 0,081 6	100 20	5 625 332 525 221	1,000 4 0,081 8	100 20	5 633 465 625 270	1,001 4 0,082 0	105 20	5 600
5 700	5 717 104 417 120	0,999 2 0,082 7	100 15	5 725 320 517 047	1,000 2 0,082 9	100 20	5 733 617 617 076	1,001 2 0,083 1	100 20	5 700
5 800	5 816 972 408 862	0,999 0 0,083 7	95 20	5 825 289 508 772	1,000 0 0,083 8	100 20	5 833 624 608 780	1,001 0 0,084 0	100 20	5 800
5 900	5 916 824 400 505	0,998 8 0,084 6	95 20	5 925 233 500 397	0,999 8 0,084 8	95 20	5 933 671 600 386	1,000 8 0,085 0	95 20	5 900
6 000	6 016 659 392 051	0,998 6 0,085 6	95 15	6 025 170 491 925	0,999 6 0,085 8	95 20	6 033 699 591 894	1,000 5 0,086 0	95 20	6 000
6 100	6 116 473 383 502	0,998 5 0,086 5	90 15	6 125 083 483 359	0,999 4 0,086 7	90 20				6 100
6 200	6 216 281 374 860	0,998 3 0,087 4	90 15	6 224 978 474 700	0,999 2 0,087 6	90 20				6 200
6 300	6 316 068 366 127	0,998 1 0,088 3	85 15	6 324 854 464 950	0,999 0 0,088 5	85 20				6 300
6 400	6 416 839 357 306	0,998 0 0,089 2	85 15	6 424 712 457 112	0,998 8 0,089 3	85 20				6 400
6 500	6 515 595 348 398	0,997 8 0,090 0	85 15	6 524 553 448 188	0,998 6 0,090 2	85 20				6 500

ДОДАТОК Г

Завдання

для тренування під час розв'язування топогеодезичних задач.

Завдання Г.1. Розрахувати зближення меридіанів для точки з координатами В і L

Формули для обчислень: $\gamma = (L - L_0) \sin B$;

$L_0 = N \cdot 6 - 3$; $N = L/6 + 1$.

Номери завд.	В	L	Відповіді	
			<i>γ, град.</i>	<i>γ, под. кут.</i>
1	50° 34' 20'	28° 45' 30"	+1° 21,5'	+ 0-22,6
2	48 44 50	26 14 20	- 0° 34,4'	-0-09,5
3	49 17 10	25 24 15	-1° 12,5'	-0-20,1
4	48 23 45	24 42 20	-1° 53,5'	-0-31,5
5	49 35 10	24 28 15	-1° 55,6'	-0-32,1
6	50 15 22	25 07 35	-1° 26,5'	-0-24,0
7	50 25 25	26 24 40	-0° 27,2'	-0-07,6
8	50 42 55	26 50 10	-0° 07,6'	-0-02,1
9	51 05 20	27 29 23	+0° 22,8'	-0-06,3
10	51 15 50	27 40 10	+0° 31,4'	+0-08,7
11	51 26 45	29 30 17	+1° 57,5'	+0-32,6
12	51 33 15	29 45 35	+2° 09,6'	+0-36,0
13	51 48 50	30 24 33	-2° 02,2'	-0-34,0
14	52 12 24	30 44 19	-1° 47,2'	-0-29,8
15	52 15 10	30 55 05	-1° 38,8'	-0-27,4
16	49 20 36	31 05 26	-1° 26,9'	-0-24,1
17	49 25 28	31 12 28	-1° 21,7'	-0-22,7
18	49 35 38	31 28 35	-1° 09,7'	-0-19,4
19	49 42 55	31 47 45	-0° 55,2'	-0-15,3
20	49 57 13	32 22 34	-0° 28,7'	-0-08,0
21	50 53 30	34 47 20	+1° 23,3'	+0-23,1
22	51 01 50	34 50 10	+1° 25,7'	+0-23,8
23	51 14 29	34 58 50	+1° 32,6'	+0-25,7
24	51 28 16	33 45 10	+0° 35,4'	+0-09,8
25	51 50 50	33 57 28	+0° 45,2'	+0-12,6

Завдання Г.2. Розрахувати координати точки В за даними таблиці під час вимірювання кутів у поділках кутоміра.

Формули для обчислень: $X_B = X_A + D \cdot \cos \alpha_{AB}$;

$$Y_B = Y_A + D \cdot \sin \alpha_{AB}.$$

Но- мери завд.	Вхідні дані				Відповіді	
	X_A	Y_A	α_{AB}	D_{AB}	X_B	Y_B
1	66 320	18 450	4-59	1 250	67 428	19 028
2			7-35	1 465	67 372	19 470
3			12-34	1 670	66 779	20 056
4			14-08	1 890	66 502	20 331
5			15-67	2 010	66 235	19 657
6	23 880	34 120	17-67	2 470	23 198	36 494
7			19-32	2580	22 752	36 440
8			23-43	2 710	21 786	35 841
9			28-36	3 050	20 875	34 641
10			29-22	3 460	20 432	34 402
11	42 890	88 470	31-65	3 150	39 787	87 928
12			33-88	2 865	40 258	87 338
13			36-05	2 630	40 770	86 913
14			38-37	2 270	41 438	86 725
15			39-26	1 920	41 804	86 887
16	54 125	22 805	42,35	1 780	53 637	21 093
17			44,67	1 535	54 072	21 271
18			45,78	1 305	54 231	21 504
19			46,92	1 130	54 351	21 698
20			47,77	1 030	54 420	21 818
21	79 140	62 405	49,04	988	79 546	61 504
22			50,92	945	79 689	61 636
23			56,70	1 120	80 194	62 026
24			58,07	1 345	80 458	62 135
25			59,33	1 495	80 631	62 300

Завдання Г.3. Розрахувати координати точки В за даними таблиці під час вимірювання кутів у градусах.

Формули для обчислень: $X_B = X_A + D \cdot \cos \alpha_{AB}$;

$$Y_B = Y_A + D \cdot \sin \alpha_{AB}.$$

Но- мери завд.	Вихідні дані				Відповіді	
	X_A	Y_A	α_{AB}	D_{AB}	X_B	Y_B
1	000 22,8	912 33,4	95°49'01'	252,3	999 97,2	914 84,4
2	181 92,1	681 67,1	128 38 12	255,1	180 32,8	683 66,4
3	912 12,0	572 38,9	145 27 23	260,2	909 97,7	573 86,4
4	214 58,9	312 36,1	165 16 34	265,3	212 02,3	313 03,5
5	514 58,9	121 42,5	173 05 45	274,4	511 86,5	121 75,5
6	272 73,2	772 58,2	212 34 56	275,5	270 41,1	771 09,8
7	021 21,1	681 47,0	235 43 07	289,6	019 58,0	679 07,7
8	823 67,7	421 45,2	267 52 18	298,7	823 56,6	418 46,7
9	623 67,1	230 51,6	278 21 29	307,8	624 11,8	227 47,1
10	363 65,3	863 49,3	285 10 30	316,9	364 48,2	860 43,5
11	130 30,2	790 56,1	296 31 41	323,0	131 74,5	787 67,1
12	997 94,4	530 54,3	305 42 52	352,3	000 00,0	527 68,3
13	732 76,2	349 60,7	315 53 03	371,4	735 42,8	347 02,2
14	454 54,4	094 30,4	333 14 14	402,5	458 13,8	092 49,2
15	249 49,3	809 65,2	354 05 25	423,6	253 70,6	809 21,6
16	432 76,6	000 03,5	359 26 36	454,7	437 31,7	999 99,1
17	841 85,3	458 79,8	15 37 47	485,8	846 53,1	460 10,7
18	545 46,5	145 21,5	187 48 58	506,9	540 44,3	143 52,6
19	995 61,5	918 74,3	13 59 09	557,0	001 02,0	920 08,9
20	541 85,5	649 63,4	208 00 10	588,3	536 66,1	646 87,2
21	950 94,4	995 68,8	45 11 21	609,2	955 23,7	000 01,0
22	636 37,6	236 12,6	71 22 32	620,3	638 35,7	242 00,4
23	358 58,4	027 83,4	256 33 43	641,1	357 09,4	021 59,9
24	650 94,4	994 39,0	85 44 54	662,9	651 43,5	001 00,1
25	069 03,5	567 89,0	116 55 15	683,8	065 93,9	573 98,7

Завдання Г.4. Перерахувати прямокутні координати в полярні (вирішити ОГЗ).

$$\text{Формули для обчислень: } R = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}; \quad D_{AB} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}.$$

Но- мери завд.	Вхідні дані				Відповіді		
	X _A	Y _A	X _B	Y _B	α° ' "	α п.к.	Д
1	987 53,5	548 44,3	973 44,5	582 79,1	112°18'15"	18-71,7	371 2,5
2	478 62,4	463 33,9	450 33,6	433 90,3	226 08 22	37-68,9	408 2,5
3	589 71,3	874 85,8	612 22,3	834 03,2	298 52 13	49-81,1	466 2,1
4	980 83,0	055 74,7	004 19,1	015 55,1	300 09 51	50-02,8	464 9,1
5	193 34,3	033 43,4	213 38,9	999 44,3	300 31 48	50-08,9	394 6,2
6	998 75,2	292 52,5	025 17,0	328 53,2	53 43 58	8-95,6	446 5,8
7	274 96,1	861 71,7	319 04,2	897 30,1	38 54 44	6-48,6	566 5,1
8	425 17,3	553 23,9	474 43,3	608 22,7	48 06 41	8-01,9	738 2,5
9	636 39,4	394 12,8	650 50,4	449 11,8	75 36 31	12-60,2	567 7,1
10	157 43,5	995 31,0	193 63,5	040 33,5	51 12 04	8-53,3	577 7,3
11	118 52,4	367 23,9	152 95,6	333 25,6	315 22 34	52-56,3	483 7,7
12	327 61,3	878 47,4	361 84,3	842 49,7	313 34 29	52-26,3	496 5,9
13	469 93,2	549 59,5	503 79,4	601 50,8	56 53 02	9-48,1	619 8,0
14	610 84,1	443 78,6	642 38,6	494 65,7	58 11 50	9-69,9	598 5,8
15	985 45,3	992 88,3	025 57,7	045 74,9	52 48 09	8-80,0	663 6,8
16	034 36,2	351 99,2	999 75,8	327 83,8	214 54 55	35-81,9	422 0,0
17	363 27,1	863 37,1	328 43,3	838 98,0	214 59 49	35-83,3	425 2,7
18	462 18,4	484 48,3	437 98,4	449 07,3	235 39 02	39-27,5	428 9,0
19	552 33,5	055 59,2	526 89,9	993 39,5	247 45 27	41-29,3	671 9,7
20	671 04,7	197 77,1	637 00,0	152 21,0	233 13 46	38-87,2	568 7,7

Завдання Г.5. Розрахувати координати ВП за даними таблиці під час вимірювання відстані за допомогою короткої бази.

Формули для обчислень: $\gamma = 15-00 - \beta$, $D = v/\text{tg } \gamma$,
 $X_{ВП} = X_{КТ} + D \cdot \cos \alpha_{КТ-ВП}$; $Y_{ВП} = Y_{КТ} + D \cdot \sin \alpha_{КТ-ВП}$.

Но- мери завд.	Вхідні дані					Відповіді		
	$X_{КТ}$	$Y_{КТ}$	$\alpha_{ВП-КТ}$	v	β	$D_{КТ}$	$X_{ВП}$	$Y_{ВП}$
1	12 450	05 680	33-45	40	13-92	352	12 779	05 804
2	13 720	06 840	34-97	45	13-77	347	14 021	07 013
3	15 820	07 480	36-73	50	13-99	471	16 179	07 785
4	17 180	09 620	38-35	40	14-08	414	17 445	09 938
5	19 985	11 755	39-48	45	14-06	456	20 234	12 137
6	22 245	15 090	41-07	50	13-96	457	22 428	15 509
7	24 745	19 020	42-86	55	13-94	493	24 855	19 501
8	26 165	22 480	43-45	60	13-92	528	26 250	23 001
9	28 300	25 725	44-19	55	13-88	467	28 340	26 190
10	30 980	27 475	45-89	50	13-86	417	30 941	27 890
11	36 120	32 545	46-88	45	13-87	379	36 046	32 917
12	39 010	37 905	48-37	40	14-02	388	38 876	38 269
13	44 060	39 780	50-92	45	14-06	456	43 795	40 151
14	48 245	44 545	52-72	50	14-10	529	47 862	44 910
15	52 675	48 120	54-86	55	13-99	518	52 230	48 386
16	56 905	49 940	57-03	60	13-92	528	56 402	50 102
17	58 050	55 210	59-09	55	13-88	467	57 585	55 254
18	62 705	59 995	0-76	50	13-86	417	62 289	59 962
19	64 305	61 095	1-87	45	13-84	369	63 943	61 023
20	66 706	62 185	3-42	40	13-97	369	66 360	62 056
21	68 980	64 385	6-07	45	13-96	412	68 649	64 140
22	72 325	65 565	8-67	50	13-82	403	72 077	65 247
23	77 870	67 655	10-77	55	13-79	432	77 685	67 265
24	81 080	71 070	14-95	60	13-77	463	81 078	70 607
25	85 075	75 175	16-07	55	13-84	451	85 125	74 727

Завдання Г.6. Розрахувати координати ВП за даними таблиці під час визначення координат ходом у дві сторони. Вимірювання здійснювалися з проміжної точки.

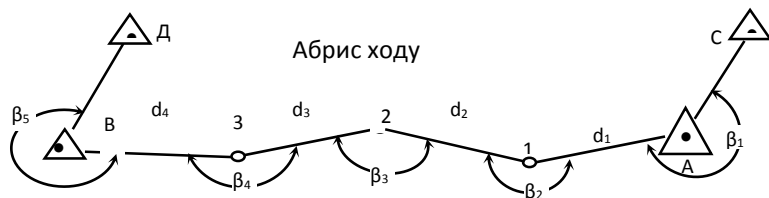
Формули для обчислень:

$$X_{ВП} = X_{КТ} + D_{КТ} \cdot \cos \alpha_{КТ-Т1} + D_{ВП} \cdot \cos \alpha_{Т1-ВП};$$

$$Y_{ВП} = Y_{КТ} + D_{КТ} \cdot \sin \alpha_{КТ-Т1} + D_{ВП} \cdot \sin \alpha_{Т1-ВП}.$$

Но- мери завд.	Вхідні дані						Відповіді	
	X _{КТ}	Y _{КТ}	$\alpha_{Т1-КТ}$	D _{КТ}	$\alpha_{Т1-ВП}$	D _{ВП}	X _{ВП}	Y _{ВП}
1	78 905	24 670	44-32	175	3-65	218	79 120	24 926
2	82 550	22 385	45-75	180	6-57	215	82 702	22 701
3	86 405	18 270	46-86	185	5-68	210	86 543	18 441
4	88 965	16 505	48-32	190	9-23	207	89 018	16 854
5	90 310	14 725	50-05	195	12-55	205	90 264	15 092
6	92 455	16 580	52-23	200	13-32	198	92 352	15 920
7	94 745	14 008	53-98	205	14-09	195	94 608	14 323
8	96 400	12 840	55-15	210	15-66	192	96 204	13 134
9	98 545	10 345	57-77	215	18-44	190	98 269	10 573
10	99 890	08 128	59-08	210	19-67	188	99 593	08 314
11	00 140	06 720	0-78	208	20-36	185	99 835	06 860
12	01 570	04 320	2-45	203	21-54	182	01 259	04 409
13	02 895	03 905	4-41	198	25-14	178	02 563	03 904
14	04 677	01 465	6-68	195	15-85	175	04 512	01 513
15	06 785	00 085	8-35	192	17-53	177	06 616	00 109
16	07 245	99 945	10-45	188	35-54	180	07 008	99 679
17	08 760	99 870	12-89	185	38-98	188	08 608	99 537
18	10 320	98 565	14-31	182	39-13	192	10 196	98 226
19	12 450	96 780	16-61	179	37-16	195	12 337	96 471
20	14 355	94 088	18-92	176	38-29	197	14 298	93 777
21	16 520	92 340	21-44	172	46-33	200	16 655	92 008
22	18 155	90 185	23-33	168	48-55	203	18 358	89 888
23	20 735	88 080	24-44	178	49-04	205	20 968	87 795
24	21 080	86 135	25-55	184	49-64	208	21 341	85 868
25	22 980	84 065	26-62	187	48-26	212	23 222	83 802

Завдання Г.7. Обчислити розімкнений теодолітний хід згідно з даними таблиці та абрису.

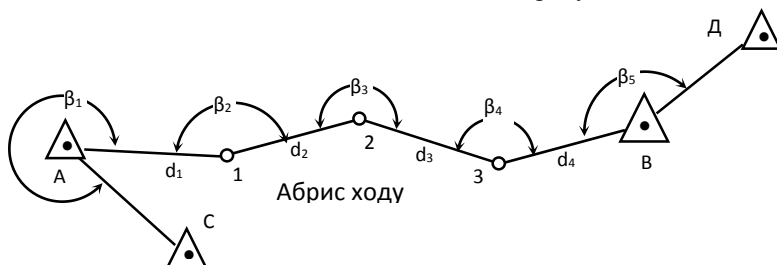


Формули для обчислень: $x_n = x_{n-1} + D_i \cos \alpha_i$
 $y_n = y_{n-1} + D_i \sin \alpha_i$

Но- мери завд.	Вхідні дані			
	X	Y	Кути	d
1	$X_A = 41\ 908,2$ $X_B = 42\ 101,7$ $\alpha_{AC} = 42^\circ 51' 35''$	$Y_A = 45\ 412,4$ $Y_B = 44\ 539,2$ $\alpha_{BD} = 96^\circ 36' 56''$	$\beta_1 = 243^\circ 29' 41''$ $\beta_2 = 125^\circ 21' 13''$ $\beta_3 = 238^\circ 51' 43''$ $\beta_4 = 184^\circ 48' 53''$ $\beta_5 = 341^\circ 14' 56''$	$d_1 = 195,6$ $d_2 = 148,4$ $d_3 = 431,4$ $d_4 = 183,5$
	Відповіді			
	$X_1 = 41\ 963,2$ $X_2 = 41\ 871,1$ $X_3 = 42\ 022,2$	$Y_1 = 45\ 224,8$ $Y_2 = 45\ 108,5$ $Y_3 = 44\ 704,9$	$\alpha_{A-1} = 286^\circ 21' 04''$ $\alpha_{1-2} = 231^\circ 42' 04''$ $\alpha_{2-3} = 290^\circ 33' 31''$ $\alpha_{3-B} = 295^\circ 22' 12''$	$f_\beta = -63''$ $f_x = -0,7$ $f_y = +0,7$ $f_i/P = 1/960$
2	Вхідні дані			
	X	Y	Кути	d
	$X_A = 008\ 64,1$ $X_B = 995\ 12,2$ $\alpha_{AC} = 125^\circ 53' 45''$	$Y_A = 25\ 580,6$ $Y_B = 25\ 034,5$ $\alpha_{BD} = 32^\circ 46' 06''$	$\beta_1 = 52^\circ 18' 38''$ $\beta_2 = 175^\circ 31' 32''$ $\beta_3 = 225^\circ 25' 56''$ $\beta_4 = 162^\circ 53' 48''$ $\beta_5 = 10^\circ 44' 34''$	$d_1 = 195,8$ $d_2 = 220,4$ $d_3 = 618,4$ $d_4 = 492,6$
Відповіді				
$X_1 = 00\ 668,3$ $X_2 = 00\ 449,1$ $X_3 = 99\ 969,1$	$Y_1 = 25\ 586,6$ $Y_2 = 25\ 610,5$ $Y_3 = 25\ 219,7$	$\alpha_{A-1} = 178^\circ 12' 09''$ $\alpha_{1-2} = 173^\circ 43' 27''$ $\alpha_{2-3} = 219^\circ 09' 10''$ $\alpha_{3-B} = 202^\circ 02' 45''$	$f_\beta = -67''$ $f_x = -1,1$ $f_y = -1,0$ $f_i/P = 1/1011$	

Продовження завдання Г.7

Обчислити розімкнений теодолітний хід
згідно з даними таблиці та абрису



Но- мери завд.	Вхідні дані			
	X	Y	Кути	d
3	$X_A = 75\ 008,6$ $X_B = 75\ 522,5$ $\alpha_{AC} = 141^\circ 25' 13''$	$Y_A = 93\ 853,9$ $Y_B = 94\ 949,4$ $\alpha_{BD} = 26^\circ 36' 12''$	$\beta_1 = 325^\circ 46' 50''$ $\beta_2 = 164^\circ 43' 11''$ $\beta_3 = 153^\circ 03' 25''$ $\beta_4 = 148^\circ 31' 10''$ $\beta_5 = 173^\circ 05' 16''$	$d_1 = 159,4$ $d_2 = 350,6$ $d_3 = 340,5$ $d_4 = 513,3$
	Відповіді			
	$X_1 = 74\ 961,5$ $X_2 = 74\ 949,9$ $X_3 = 75\ 094,1$	$Y_1 = 94\ 006,3$ $Y_2 = 94\ 356,9$ $Y_3 = 94\ 665,7$	$\alpha_{A-1} = 107^\circ 12' 17''$ $\alpha_{1-2} = 91^\circ 55' 42''$ $\alpha_{2-3} = 64^\circ 59' 20''$ $\alpha_{3-B} = 33^\circ 30' 43''$	$f_\beta = +67''$ $f_x = +0,9$ $f_y = +0,8$ $f/P = 1/1109$
4	Вхідні дані			
	X	Y	Кути	d
	$X_A = 49\ 158,8$ $X_B = 50\ 760,2$ $\alpha_{AC} = 159^\circ 57' 34''$	$Y_A = 13\ 815,1$ $Y_B = 14\ 171,5$ $\alpha_{BD} = 181^\circ 47' 46''$	$\beta_1 = 173^\circ 14' 24''$ $\beta_2 = 216^\circ 53' 23''$ $\beta_3 = 171^\circ 48' 36''$ $\beta_4 = 219^\circ 54' 21''$ $\beta_5 = 320^\circ 00' 17''$	$d_1 = 212,1$ $d_2 = 460,3$ $d_3 = 561,4$ $d_4 = 531,8$
	Відповіді			
	$X_1 = 49\ 348,3$ $X_2 = 49\ 801,8$ $X_3 = 50\ 363,2$	$Y_1 = 13\ 719,2$ $Y_2 = 13\ 799,5$ $Y_3 = 13\ 817,5$	$\alpha_{A-1} = 333^\circ 11' 48''$ $\alpha_{1-2} = 10^\circ 05' 01''$ $\alpha_{2-3} = 1^\circ 53' 27''$ $\alpha_{3-B} = 41^\circ 47' 38''$	$f_\beta = -49''$ $f_x = +1,3$ $f_y = -1,4$ $f/P = 1/920$

Завдання Г.8. Обчислити пряму засічку з двох точок.

Формули для обчислень: 5.8 – 5.12.

Но- мери завд.	Вихідні дані			Відповіді	
	Точка А	Точка В	Кути	x	y
1	$X_A = 58\,971,3$ $Y_A = 87\,485,8$	$X_B = 61\,222,3$ $Y_B = 83\,403,2$	$\varphi = 74^\circ 27' 06''$ $\beta = 32^\circ 28' 23''$	57 102,6	85 654,6
2	$X_A = 27\,496,1$ $Y_A = 86\,171,7$	$X_B = 31\,904,2$ $Y_B = 89\,730,1$	$\varphi = 73^\circ 04' 40''$ $\beta = 36^\circ 33' 33''$	30 460,5	84 159,6
3	$X_A = 42\,517,3$ $Y_A = 55\,323,9$	$X_B = 47\,443,3$ $Y_B = 60\,822,7$	$\varphi = 73^\circ 21' 38''$ $\beta = 37^\circ 24' 24''$	46 856,5	53 280,5
4	$X_A = 63\,639,4$ $Y_A = 39\,412,8$	$X_B = 65\,050,4$ $Y_B = 44\,911,8$	$\varphi = 73^\circ 10' 02''$ $\beta = 38^\circ 15' 15''$	67 410,8	39 573,6
5	$X_A = 11\,852,4$ $Y_A = 36\,723,9$	$X_B = 15\,295,6$ $Y_B = 33\,325,6$	$\varphi = 96^\circ 18' 01''$ $\beta = 40^\circ 48' 38''$	08 245,9	33 795,5
6	$X_A = 46\,993,2$ $Y_A = 54\,959,5$	$X_B = 50\,379,4$ $Y_B = 60\,150,8$	$\varphi = 31^\circ 17' 26''$ $\beta = 104^\circ 10' 59''$	54 722,1	58 661,1
7	$X_A = 36\,327,1$ $Y_A = 86\,337,1$	$X_B = 32\,843,3$ $Y_B = 83\,898,0$	$\varphi = 31^\circ 41' 51''$ $\beta = 99^\circ 43' 35''$	30 746,2	86 015,3
8	$X_A = 46\,218,4$ $Y_A = 48\,448,3$	$X_B = 43\,798,4$ $Y_B = 44\,907,3$	$\varphi = 31^\circ 17' 51''$ $\beta = 98^\circ 54' 44''$	41 163,7	46 160,4
9	$X_A = 55\,233,5$ $Y_A = 05\,559,2$	$X_B = 52\,689,9$ $Y_B = 99\,339,5$	$\varphi = 31^\circ 44' 50''$ $\beta = 97^\circ 35' 57''$	48 266,5	00 495,5
10	$X_A = 67\,104,7$ $Y_A = 19\,777,1$	$X_B = 63\,700,0$ $Y_B = 15\,221,0$	$\varphi = 32^\circ 28' 08''$ $\beta = 96^\circ 03' 08''$	60 344,8	17 214,5
11	$X_A = 01\,325,8$ $Y_A = 33\,885,3$	$X_B = 97\,434,5$ $Y_B = 38\,113,4$	$\varphi = 31^\circ 49' 22''$ $\beta = 95^\circ 52' 43''$	99 971,9	40 981,6
12	$X_A = 36\,249,9$ $Y_A = 84\,934,5$	$X_B = 32\,343,4$ $Y_B = 89\,332,3$	$\varphi = 31^\circ 39' 54''$ $\beta = 94^\circ 41' 32''$	34 992,1	92 104,6
13	$X_A = 51\,465,3$ $Y_A = 43\,247,3$	$X_B = 47\,041,2$ $Y_B = 49\,553,1$	$\varphi = 32^\circ 25' 05''$ $\beta = 92^\circ 34' 43''$	51 033,4	52 631,0
14	$X_A = 64\,594,5$ $Y_A = 97\,156,2$	$X_B = 63\,133,3$ $Y_B = 04\,172,3$	$\varphi = 32^\circ 00' 55''$ $\beta = 91^\circ 25' 39''$	67 566,0	05 210,8
15	$X_A = 97\,873,6$ $Y_A = 38\,375,1$	$X_B = 02\,074,1$ $Y_B = 33\,281,0$	$\varphi = 31^\circ 19' 52''$ $\beta = 90^\circ 57' 25''$	98 984,3	30 645,3

Завдання Г.9. Перерахувати прямокутні координати точки в суміжну зону та визначити поправку за перехід у суміжну зону.

Формули для обчислень: $X_n = X_o + \Delta X \cdot m + \Delta Y \cdot n - \Delta_{2x}K$,

$Y'_n = Y_o + \Delta Y \cdot m - \Delta X \cdot n + \Delta_{2y}K$.

Но- мери завд.	Вхідні дані		В яку зону	Відповіді		$\Delta\alpha$	
	X	Y		X	Y	град.	п. к.
1	5 919 729	4 305 568	3	5 920 179	3 704 901	+4°49,1'	0-80
2	6 285 350	8 408 245	7	6 293 416	7 775 889	+5 00,8	0-84
3	6 315 425	8 424 348	7	6 324 815	7 789 317	+5 01,8	0-84
4	5 724 610	3 291 188	2	5 724 523	2 706 767	+4 42,1	0-78
5	6 318 793	6 587 415	7	6 327 137	7 222 711	-5 01,6	0-84
6	5 384 250	2 315 425	1	5 387 142	1 758 252	+4 30,0	0-75
7	5 341 408	5 720 340	6	5 341 624	6 274 055	-4 28,5	0-74
8	5 378 469	5 310 730	4	5 381 007	4 754 021	+4 29,9	0-75
9	5 786 236	5 680 340	6	5 788 297	6 269 926	-4 44,5	0-79
10	5 823 432	3 274 835	2	5 821 651	2 682 326	+4 45,7	0-79
11	5 897 481	2 315 420	1	5 898 820	1 716 600	+4 48,4	0-80
12	5 934 561	4 685 354	5	5 935 714	5 287 298	-4 49,4	0-80
13	6 008 732	5 318 320	4	6 009 939	4 710 105	+4 52,1	0-81
14	6 082 910	9 675 840	10	6 084 358	10 290 398	-4 54,3	0-82
15	6 120 001	8 362 400	7	6 124 603	7 744 534	+4 55,7	0-82
16	6 257 094	8 69 5000	9	6 256 238	9 324 535	-5 00,0	0-83
17	6 231 283	8 362 840	7	6 235 558	7 735 350	+4 59,2	0-83
18	6 268 380	8 695 320	9	6 267 452	9 325 837	-5 00,4	0-83
19	6 305 479	7 312 755	6	6 305 116	6 678 974	+5 01,3	0-84
20	5 148 215	2 369 248	1	5 155 788	1 830 190	+4 21,1	0-73

Для нотаток

A large, empty rectangular box with a black border, intended for taking notes. It occupies most of the page's vertical space.

Навчальне видання

Трофименко Павло Євгенович,
Приходько Анатолій Іванович,
Кривошесєв Андрій Михайлович,
Мешков Олександр Петрович

ТОПОГЕОДЕЗИЧНА ПРИВ'ЯЗКА ЕЛЕМЕНТІВ БОЙОВОГО ПОРЯДКУ АРТИЛЕРІЇ

Навчальний посібник

За загальною редакцією П. Є. Трофименка

Художнє оформлення обкладинки П. Є. Трофименка
Головний редактор П. Є. Трофименко
Редактор О. Ф. Дубровіна
Комп'ютерне верстання П. Є. Трофименка, А. І. Приходька

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 26,97. Обл.-вид. арк. 24,88. Тираж 300 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.