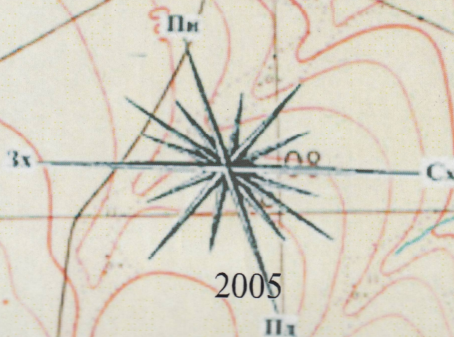


МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ

ВІЙСЬКОВА ТОПОГРАФІЯ

*Основи
топогеодезичної підготовки
позиційного району підрозділу
радіотехнічних засобів*



МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ

Житомирський військовий інститут радіоелектроніки
імені С.П.Корольова

ВІЙСЬКОВА ТОПОГРАФІЯ
ОСНОВИ ТОПОГЕОДЕЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ
ПОЗИЦІЇ ПІДРОЗДІЛУ РАДІОТЕХНІЧНИХ
ЗАСОБІВ

За редакцією кандидата військових наук,
доцента А. П. Багмета

Затверджено начальником
військового інституту
як навчальний посібник
для курсантів, студентів
та офіцерів

Житомир
2005

ББК Ц934

Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського військового інституту радіоелектроніки імені С.П. Корольова (протокол № 8 від 21 березня 2005 року).

Військова топографія. Основи топогеодезичної підготовки позиції підрозділу радіотехнічних засобів: Навчальний посібник / А. П. Багмет, С. С. Бучик, О. М. Охріменко та ін. ; за ред. А. П. Багмета. – Житомир: ЖВІРЕ, 2005. – 172 с.: іл.

У навчальному посібнику розглянуто загальні поняття топогеодезичного забезпечення, на підставі законів розповсюдження ЕМК детально розглянуто вибір та оцінку позиційного району для підрозділів радіотехнічних засобів як за картою, так і на місцевості, основні прилади та інструменти для проведення вимірювань кутів і відстаней на місцевості, сутність та заходи щодо прив'язки елементів бойового порядку підрозділу, зміст основних топогеодезичних документів щодо оцінки району позиції та прив'язки бойового порядку на позиції підрозділу радіотехнічних засобів.

Для курсантів, студентів та офіцерів.

Навчальний посібник розробили: кандидат військових наук, доцент А. П. Багмет (§ 3.1, 5.1, 5.4.1, 5.5, 5.6, 5.7, гл.6), С. С. Бучик (§ 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3), І. В. Лисенко (гл.2, § 3.2, 5.4.2), О. М. Охріменко (гл.1, § 4.2.4, 4.2.5, 4.2.6, 4.2.7), С. П. Пасюк (§ 4.1, 5.2, 5.3).

Рецензенти:

А.І. Новожилов, кандидат військових наук, доцент;

В.М. Котенко, кандидат технічних наук, доцент.



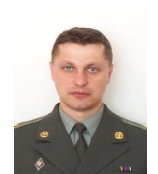
Багмет Анатолій Петрович – полковник, кандидат військових наук, доцент. У Збройних Силах з 1961 по 1993 рр. Освіта: Житомирське радіотехнічне училище військ ППО країни, ВКА ППО імені Маршала Радянського Союзу Жукова Г.К. Проходження військової служби - від офіцера наведення до командира *зрдн* середньої дальності (1964-1974), викладацька робота - від викладача кафедри тактики ЖВУРЕ ППО до начальника кафедри (1980-1993). З 1993 р. - доцент кафедри тактики ЖВІРЕ імені С.П. Корольова. Автор ряду навчальних посібників (“Військова топографія”, “Тактика”, “Військова екологія”) та понад 80 наукових праць.



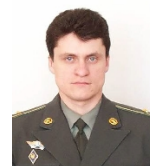
Бучик Степан Степанович – підполковник. У Збройних Силах з 1964 по 1991рр. Освіта: Житомирське РТУ військ ППО країни, ВКА ППО імені Маршала Радянського Союзу Жукова Г.К. Проходження військової служби - на технічно-командних посадах від техніка до командира *зрдн* середньої дальності (1967-1980, з них 3 роки - військовий радник у Сирійській АР), від начальника курсу до старшого викладача ЖВУРЕ ППО. З 2003 р. - викладач кафедри тактики ЖВІРЕ імені С.П. Корольова. Автор ряду навчальних та методичних посібників, зокрема “Військової топографії”.



Лисенко Ігор Вольович – полковник. У Збройних Силах з 1970 по 2004 рр. Освіта: Київське вище військове інженерне училище зв'язку імені М.І. Калініна. Проходження військової служби: від начальника зміни радіоцентру до командира військової частини зв'язку військ ППО країни (1975 - 1990), викладацька робота – від викладача циклу зв'язку ЦОК військ ППО країни до начальника зв'язку - старшого викладача кафедри тактики ЖВІРЕ імені С.П. Корольова (1990 - 2004). З 2004р. – начальник групи радіомоніторингу філії Центру “Укр-частотнагляд”. Автор ряду навчальних та методичних посібників з “Організації та засобів зв'язку”.



Охрімєнко Олег Миколайович – підполковник. У Збройних Силах з 1988 р. Освіта - Санкт-Петербурзьке ВВТКУ. Проходження військової служби: командно-штабні посади топогеодезичних та топографічних підрозділів і частин ВТУ ЗСУ (1992 – 2000), викладач кафедри тактики ЖВІРЕ імені С.П.Корольова (2000 –2003), з 2003 – старший офіцер відділу Головного управління оперативного забезпечення Командування сил підтримки Збройних Сил України. Автор ряду навчальних та методичних посібників з “Військової топографії”, статей з використання космічних навігаційних систем.



Пасюк Сергій Петрович – підполковник. У Збройних Силах з 1989р. Освіта - Санкт-Петербурзьке ВВТКУ. Проходження військової служби: технічно-командні посади редакційно-видавничого відділу ВТУ ЗСУ (1993 – 2001), з 2001 р. - старший офіцер служби Головного управління оперативного забезпечення Командування сил підтримки Збройних Сил України. Автор ряду статей з навігаційного забезпечення.

Вступ

Виконання бойового завдання може здійснюватися на будь-якій місцевості, у будь-яку пору року і за будь-якої погоди. У військовій справі під поняттям “місцевість” мається на увазі будь-яка ділянка земної поверхні з усіма її елементами, де будуть виконуватися бойові завдання (бойові дії).

Для виконання бойового завдання підрозділи (частини) розгортаються на позиціях у бойовий порядок. Ділянка місцевості, яка призначена для розгортання у бойовий порядок на значній території, є позиційним районом. У позиційному районі обладнуються позиції підрозділів, система командних пунктів, місця розташування інших елементів бойового порядку та шляхи маневру. Залежно від роду військ позиції та позиційні райони класифікуються за певною ознакою. Вони можуть бути основними, запасними, тимчасовими або хибними.

Топографічні елементи місцевості (рельєф та місцеві предмети) можуть суттєво впливати на виконання бойового завдання підрозділом з урахуванням його озброєння, пори року і часу доби, а також метеорологічних умов і характеру дій противника. З метою якісного виконання бойових завдань здійснюються заходи забезпечення, в тому числі й бойового. До бойового забезпечення відноситься й топогеодезичне забезпечення.

Топогеодезичне забезпечення - це комплекс заходів з підготовки та доведення до штабів і військ топогеодезичних даних, які необхідні для успішного вирішення поставлених бойових завдань. До однієї з задач топогеодезичного забезпечення відноситься утворення геодезичної основи та здійснення топогеодезичної прив'язки бойового порядку.

Вихідною геодезичною основою є пункти державної, спеціальної мережі або контурні точки, координати і висоти яких та азимути на орієнтирні пункти визначені з необхідною точністю.

Топогеодезична прив'язка полягає у передачі координат від пунктів (точок) вихідної геодезичної основи до позицій підрозділів радіотехнічних засобів, а також в орієнтуванні радіотехнічних систем у необхідному напрямку.

Топогеодезична прив'язка здійснюється, як правило, бойовими обслугами підрозділів радіотехнічних засобів.

Г л а в а 1

ЗАГАЛЬНІ ОСНОВИ ТОПОГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК

Топогеодезичне забезпечення є одним з основних видів бойового забезпечення військ. Це цілий комплекс заходів з підготовки та доведення до штабів і військ топогеодезичних даних, які необхідні для успішного вирішення поставлених бойових задач. Воно організується і здійснюється з метою вивчення та оцінки місцевості під час підготовки та ведення бою, а також для більш ефективного використання зброї і бойової техніки.

Топогеодезичне забезпечення становить собою: створення, періодичне оновлення і доведення до військ топографічних карт; забезпечення військ астрономо-геодезичними та гравіметричними даними; здійснення топогеодезичної прив'язки; забезпечення штабів та військ спеціальними картами і фотодокументами; ведення топографічної розвідки.

Найважливішою вимогою до топогеодезичного забезпечення є його своєчасність. Топогеодезичними даними командири та штаби повинні забезпечуватися завчасно або одночасно з постановкою їм бойових задач.

Топогеодезичне забезпечення організовують штаби на основі рішення командира на виконання бойової задачі і розпорядження з топогеодезичного забезпечення вищого штабу. Здійснення топогеодезичного забезпечення військ покладено на частини і підрозділи Топографічної служби Збройних Сил України, а у з'єднаннях, частинах і підрозділах, де їх немає - на командирів і штаби силами своїх з'єднань, частин і підрозділів. Топогеодезичну прив'язку своїх бойових засобів на позиціях виконують топографічні підрозділи видів Збройних Сил і родів військ на основі отриманих від частин і підрозділів Топографічної служби необхідних вихідних даних або безпосередньо самими підрозділами.

1.1. Створення, періодичне оновлення і доведення до військ топографічних карт

Оскільки місцевість суттєво впливає на бойову діяльність військ та ефективність використання систем озброєння, то її вивчення є обов'язковим для командирів усіх рівнів. Для вивчення місцевості використовуються різні способи:

- шляхом безпосереднього огляду та обстеження;
- за картою;
- за аерофотознімком;
- за іншими джерелами (описи місцевості, опитування місцевих мешканців, свідчення полонених тощо).

Топографічні карти призначені для вивчення місцевості та оцінки її тактичних властивостей під час планування бойових дій, організації взаємодії та управління військами у бою, для орієнтування на місцевості і цілеуказання, для визначення координат своїх об'єктів та об'єктів противника, вимірів та розрахунків при інженерному обладнанні місцевості. Топографічні карти як основне джерело інформації про місцевість є одним з основних документів управління військами, тому забезпечення ними військ є основним завданням топогеодезичного забезпечення Збройних Сил України.

Забезпечення військ топографічними картами становить собою виготовлення і оновлення топографічних карт, утворення необхідного їх запасу, своєчасне доведення карт до військ під час підготовки до бою і дозабезпечення картами під час бою. Для створення, періодичного оновлення і доведення до військ топографічних карт у Збройних Силах України створена відповідна система частин і підрозділів.

Зміст топографічних карт містить докладні та важливі відомості про місцевість, дозволяє точно визначити координати будь-яких точок та об'єктів на місцевості як господарського, так і військового характеру, що нанесені на карту. Така інформація відноситься до таємних відомостей.

Топографічні карти залежно від масштабу видаються без грифа таємності або з грифом "Таємно". Але карта будь-якого масштабу, на яку нанесена обстановка (розташування та дії частини, рішення командира на виконання бойової задачі), має гриф таємності. Гриф таємності ("Таємно" або "Цілком таємно") визначається офіцером залежно від важливості обстановки, яка наноситься відповідно до положень наказу Міністра оборони України.

З метою підбору необхідних аркушів топографічних карт на необхідний район та швидкого визначення їх номенклатури використовуються спеціальні збірні таблиці або схеми розграфлення аркушів карт.

Топографічні карти із складів довольчих органів видаються в частини на основі заяви встановленого зразка. Отримані карти в частині зберігаються на рівні таємних документів у таємному відділенні частини незалежно від грифа топографічних карт. Виконавці одержують карти у таємному відділенні і зберігають у робочій папці або валізі, виконуючи встановлений порядок обліку, зберігання та використання таємних документів.

Зарахування частини на постачання топографічними картами здійснюється на основі атестата, який видається вищим постачальним органом за місцем попереднього розташування частини або за наказом при формуванні частини. Видача топографічних карт частині здійснюється за заявою-нарядом, які поділяються на одноразові та річні. Під час перевезення таємних карт *забороняється*:

- залишати карти без охорони або передавати охорону їх стороннім особам;

- перевозити карти у неопечатаному ящику, валізі або у мішках із тканини;
- здавати карти в камери зберігання або залишати їх в інших місцях на тимчасове зберігання;
- допуск сторонніх осіб в автомобіль, купе вагона чи каюти пароплава, в яких перевозяться карти;
- використовувати попутний та міській транспорт;
- заходити в інші частини або заклади, які не пов'язані з виконанням завдання з доставки карт.

Зберігання топографічних карт в частині - це створення умов, які виключають їх пошкодження, крадіжку, знищення полум'ям та дозволяють швидко підібрати та видати карти споживачу; в частині карти зберігаються у приміщенні таємного відділення окремо від інших документів. Вони повинні зберігатися на стелажах (шафах) розкладеними по масштабах та номенклатурах, відповідно до збірних таблиць. Навчальні, географічні та спеціальні карти зберігаються окремо.

Доведення карт до посадових осіб частини (підрозділу) здійснюється тільки у тимчасове користування та враховується в книзі видачі топографічних карт. Кожна карта, яка видається в особисте користування, маркується. Особа, яка отримала карту, повинна врахувати її в опису документів, що знаходиться у виконавця.

Під час виїзду частини (підрозділу) на навчання таємні топографічні карти видаються військовослужбовцям по прибутті у район навчання. Під час навчання отримані карти повинні зберігатися в польовій сумці або робочій папці.

З метою зберігання грифованих документів та топографічних карт на навчаннях, польових заняттях, в бойових умовах необхідно дотримуватися таких порад:

- не замовляти та не склеювати зайві аркуші карт;
- складати склеєні аркуші карт за форматом стандартного аркуша паперу або за розміром папки (планшета) для зберігання карт, переносити карту у папці (планшеті);
- писати та наносити обстановку на карту спеціальними олівцями, проводячи тонкі та чіткі лінії;
- дані, які більше не потрібні, знімати з карти м'якою гумкою;
- аркуші топографічних карт, у яких відпала необхідність, здати за місцем отримання.

По закінченні навчання карти здаються в таємне відділення.

Прийом від підрозділів та посадових осіб раніше виданих топографічних карт оформляється начальником таємного відділення частини (підрозділу) з відміткою у облікових документах. Карти, які ще можна використовувати,

зберігаються на стелажах, при цьому маркування карти закреслюється, а непридатні - зберігаються окремо у тканинних мішках для знищення. Для знищення використаних та знятих з постачання карт розпорядженням начальника штабу частини утворюється спеціальна комісія.

При склеюванні декількох карт виникає необхідність у обрізанні полів окремих суміжних аркушів карт. Обрізки полів із зарамковим оформленням знищуються за правилами знищення звичайних службових документів.

Повернення використаних карт на постачальні склади здійснюється за заявою-нарядом. Підсумкові дані про топографічні карти, які повернуті на склади, знищені в штабі частини та зареєстровані в таємному відділенні частини (підрозділу), включаються до річного звіту про наявність та рух топографічних карт.

Постійний контроль обліку, зберігання та використання топографічних карт є важливим обов'язком начальника штабу частини (підрозділу). При обліку карт ведуться облікові, прибутково-видаткові та звітні документи. Записи в них робляться обов'язково чорнилом (пастою). Помилковий запис закреслюється, а над ним робиться правильний запис. Виправлений запис повинен бути завірений підписом особи, яка зробила виправлення.

До облікових документів в частині (підрозділі) відносяться: книга обліку наявності та руху топографічних карт; книга видачі топографічних карт; схема графічного обліку карт.

Начальник таємного відділення частини (підрозділу) веде прибутково-видаткові документи на топографічні карти.

Частина (підрозділ) звітує про наявність та видаток топографічних карт. Звіт про наявність та рух топографічних карт у мирний час надається в установленний термін, в ході бойових дій - по закінченні бою. Разом із звітом подається стисле донесення про картографічне забезпечення частини (підрозділу) на час складання звіту.

Звіт складається у двох примірниках, один - для довольчого органу, другий - залишається в частині (підрозділі).

Кожен командир підрозділу та офіцер повинні мати карти тих масштабів, які найкращим чином забезпечують вирішення поставленого перед ними бойового завдання. Вищі командири, крім призначених для них карт, забезпечуються також картами тих масштабів, які необхідні підлеглим їм командирам. Це необхідно для узгодженого і надійного управління однаковими (за масштабом і роком видання) картами.

1.2. Забезпечення військ астрономо-геодезичними та гравіметричними даними

Ефективне застосування окремих видів систем озброєння залежить від всебічного їх забезпечення, в тому числі й астрономо-геодезичними даними.

Вихідні астрономо-геодезичні дані служать основою топогеодезичної підготовки запусків ракет, стрільби артилерії, а також для забезпечення роботи радіотехнічних засобів.

До вихідних астрономо-геодезичних та гравіметричних даних відносять-ся:

- параметри загального земного еліпсоїда та гравіметричного поля Землі;
- координати і висота пунктів державної та спеціальної геодезичної мережі, контурних точок та інших об'єктів (орієнтирів) місцевості;
- дирекційні кути сторін державної та спеціальної геодезичної мережі та напрямів на орієнтирні пункти, а також азимуті орієнтирних напрямів;
- значення прискорення вільного падіння, відхилення прямовисних ліній, висот квазігеоїда над загальним земним еліпсоїдом та референц-еліпсоїдом, поправка до астрономічного азимуту для переходу до геодезичного азимуту.

При топогеодезичному забезпеченні вихідні дані, а в наступному усі розрахунки здійснюються в системах вимірювання:

- координати об'єктів - у системі координат 1942 року;
- висота точки на поверхні Землі - у Балтійській системі висот;
- дирекційні кути напрямів - у шестиградусній зоні проекції Гаусса;
- значення прискорення вільного падіння - в гравіметричній системі 1971 року;
- відхилення прямовисної лінії - відносно нормалі до референц-еліпсоїда.

Вихідною геодезичною основою, яка створюється Топографічною службою завчасно, а також під час підготовки і в ході бойових дій, війська і штаби забезпечуються у вигляді каталогів (списків) координат геодезичних пунктів, карток і спеціальних карт:

- каталог (список) координат геодезичних пунктів;
- каталог (список) опорних гравіметричних пунктів;
- спеціальний каталог (витяг з каталогу) астрономічних, геодезичних та гравіметричних даних;
- спеціальні карти, які містять астрономо-геодезичні та гравіметричні дані.

Каталоги координат геодезичних пунктів складаються до видань аркушів топографічних карт масштабу 1:200 000.

Каталоги опорних гравіметричних пунктів містять значення прискорення вільного падіння на гравіметричних пунктах. Вони складаються та видаються по аркушах карт масштабу 1:200 000.

Спеціальні каталоги астрономічних, геодезичних та гравіметричних даних складаються на аркуші карт масштабу 1:200 000 на окремі райони і доводяться до штабів частин (підрозділів), де вони потрібні.

Спеціальні карти:

- карти висот квазігеоїда над еліпсоїдом Красовського та загальним земним еліпсоїдом складаються та видаються за збірними таблицями карт масштабу 1:200 000;

- гравіметричні карти складаються та видаються у масштабах 1:200 000 та 1:1 000 000. Вони призначені для визначення прискорення вільного падіння;

- карти (схеми) відхилення прямовисної лінії та поправок до астрономічних азимутів для переходу до геодезичних азимутів складаються на бланкових картах масштабу 1:1 000 000 і видаються у зменшенні у два рази;

- карти з координатами контурних точок масштабу 1:100 000 призначені для підвищення надійності та скорочення часу під час топогеодезичної прив'язки елементів бойових порядків частини (підрозділу) по топографічних картах.

Терміни створення геодезичної основи і порядок доведення до частин і підрозділів астрономо-геодезичних даних повинні забезпечувати своєчасну топогеодезичну прив'язку і готовність військ до виконання бойових задач.

Забезпечення частин (підрозділів) документами з вихідними астрономо-геодезичними та гравіметричними даними, які підготовлені заздалегідь, здійснюється згідно з правилами, які встановлені для забезпечення топографічних карти.

Каталоги координат геодезичних пунктів доводяться до штабів частин згідно з нормами, які встановлені наказом Міністра оборони України.

Результати астрономо-геодезичних та гравіметричних робіт, які виконуються під час бойових дій, доводяться до штабів частин (підрозділів), для яких вони виконувались, у вигляді таких документів:

- списки координат пунктів державної (спеціальної) геодезичної мережі;
- списки гравіметричних пунктів;
- картки еталонних орієнтирних напрямів;
- картки контролю топогеодезичної прив'язки;
- списки обстежених та відновлених геодезичних пунктів.

Ці документи доводяться до штабів частин (підрозділів), так як і топографічні карти.

Списки координат державної (спеціальної) геодезичної мережі складаються окремо на кожен район роботи (розгортання військ) за формою каталогу координат геодезичних пунктів.

У списках гравіметричних пунктів вказують координати та висоти гравіметричних пунктів, а також значення прискорення вільного падіння, які визначені для них.

У картках еталонних орієнтирних напрямів вказуються значення дирекційних кутів напрямів, відомості про місце встановлення приладів та візирної цілі. На зворотній стороні картки дається схема еталонних орієнтирних на-

прямів.

Картки контролю топогеодезичної прив'язки складаються, як правило, окремо на кожну конкретну позицію. В них даються значення координат та висот об'єктів, що підлягають контролю прив'язки, значення основних та контрольних напрямів.

Списки обстежених та відновлених геодезичних пунктів складаються на кожен район робіт. У списках вказується стан збереження зовнішніх знаків та центрів геодезичних пунктів, орієнтирних пунктів, видимість на ближні геодезичні пункти, а також результати робіт щодо відновлення геодезичних пунктів.

1.3. Здійснення топогеодезичної прив'язки

Топогеодезична прив'язка полягає у передачі координат від пунктів (точок) вихідної геодезичної основи до стартових (вогневих) позицій ракетних (артилерійських) частин і підрозділів, позицій радіолокаційних станцій і постів радіотехнічних підрозділів, а також в орієнтуванні ракет, гармат, радіотехнічних систем у необхідному напрямку. За координатами позицій і цілей обчислюються вихідні геодезичні дані для пуску (стрільби), відстань від пускових установок (гармат) до цілей, дирекційні кути напрямів з позицій на цілі і перевищення між ними.

1.4. Забезпечення штабів та військ спеціальними картами та фотодокументами

Спеціальні карти та фотодокументи призначені для інформування командирів і штаби про сучасний стан місцевості, її зміни у районі бойових дій, а також про інші спеціальні дані, які необхідні для виконання поставлених бойових завдань. Обсяг додаткових відомостей, які наносяться на спеціальні карти і фотодокументи, залежить від вимог військ до топогеодезичних даних. Види і зміст основних спеціальних карт і фотодокументів, їх кількість, терміни виготовлення і порядок доведення до військ установлюються відповідними штабами.

Спеціальні карти та плани міст відрізняються від топографічних карт додатковими даними про місцевість та іншою інформацією, яка необхідна командирам і штабам. На спеціальних картах, залежно від їх призначення, відображаються:

- зміни місцевості, які відбулися внаслідок бойових дій військ;
- зміни місцевості, які відбулися внаслідок сезонних і погодних явищ;
- астрономо-геодезичні та гравіметричні дані;
- додаткові детальні характеристики об'єктів або ділянок місцевості, які мають важливе значення;
- спеціальні дані, які необхідні для управління військами та організації

взаємодії між радами військ.

Спеціальні карти розподіляються на дві основні групи. До першої групи відносяться карти, які виготовляють завчасно, до другої групи - спеціальні карти, які виготовляють у ході бойових дій або під час підготовки до них.

Основними спеціальними картами, які виготовляють завчасно, є карти оглядово-географічні, бланкові, аеронавігаційні, рельєфні, шляхів сполучення, геодезичних даних, цифрові та інші.

Плани міст складають у масштабах 1:10 000 або 1:25 000 на територію міст, важливих залізничних вузлів, військово-морських баз та інші важливі населені пункти й околиці. Вони призначені для детального вивчення міст та підходів до них, орієнтування, виконання точних вимірів і розрахунків під час організації та виконання бойових завдань (ведення бою). На планах міст точно відображені місцезнаходження, стан, контури та характер споруд, а також приміська місцевість.

Для більш повного та швидкого вивчення плану міста, а також забезпечення точного цілеуказання складають довідку (список назв вулиць і майданів, пам'ятників, перелік виділених на плані об'єктів й інше) на вільних місцях плану або видають окремим додатком до плану.

Повітряне фотографування - це фотографування місцевості або окремих об'єктів з літальних апаратів (літака, вертольота, штучного супутника Землі) за допомогою аерофотоапаратів (АФА). В результаті повітряного фотографування отримують аерофотознімок (аерознімки).

У військах аерознімки використовують для розв'язання таких задач:

- розвідки противника (виявлення угруповань та пересування військ, його вогневих засобів, бойової техніки, оборонних споруд);
- розвідки місцевості;
- складання або оновлення топографічних карт та інших топографічних документів;
- контролю за діями своїх військ (виявлення результатів поразки цілей, перевірка якості маскуванню своїх військ тощо);
- топогеодезичної підготовки позицій;
- орієнтування на місцевості, виявлення перешкод та шляхів їх обходу.

Зображення місцевості на аерознімках більш детальне і сучасне, ніж на топографічній карті. Але на них немає підписів об'єктів місцевості, їх кількісних та якісних характеристик, немає горизонталей, за допомогою яких на карті математично точно передаються характеристики всіх форм рельєфу. Крім того, до недоліків можна віднести і складність читання (дешифрування) об'єктів противника.

За своєю конструкцією аерофотоапарати можуть відрізнитися, але за принципом побудови та роботи вони однакові. Аерофотоапарати класифікуються за певними ознаками:

- за величиною фокусної відстані - фотокамери короткофокусні (менше 150 мм), середньофокусні або універсальні (150-300 мм), довгофокусні (більше 300 мм);

- за кутом зору об'єктива – фотокамери вузькокутові (до 45 град.), середньокутові (45 - 75 град.), ширококутові (більше 75 град.);

- за характером роботи механізмів – фотокамери автоматичні, напівавтоматичні, неавтоматичні;

- за призначенням - фотокамери для розвідки противника, для картографування, універсальні, спеціальні.

Крім того, повітряне фотографування поділяється таким чином:

- планове або перспективне (за положенням оптичної вісі АФА під час фотографування);

- кадрове, щільове, панорамне (за типом АФА) ;

- поодинокі, маршрутні, площинні (за способом виконання фотографування місцевості);

- денне, нічне (за часом доби фотографування);

- чорно-біле, кольорове, спектрозональне (за кольором фотозображення);

- літнє, зимове, перехідного періоду (за порою року фотографування).

Масштаб повітряного фотографування вибирають залежно від деталістості даних, які необхідно отримати про противника або місцевість. Чим більший масштаб фотографування, тим більше подробиць можна виявити, але при збільшенні масштабу фотографування збільшується кількість аерознімків, що збільшує тривалість їх обробки і веде до затримки інформації. Приблизні масштаби аерофотографування з метою розвідки наведені в табл.1.1.

Таблиця 1.1

Масштаби фотографування з метою розвідки

Масштаб	Об'єкт розвідки
1:2 000 - 1:6 000	Малорозмірні цілі (засоби ядерного нападу, пункти управління)
1:6 000 - 1:8 000	Війська, бойова та інша техніка в районах зосередження
1:8 000 - 1:12 000	Оборонні смуги та рубежі
1:10 000 - 1:15 000	Природні рубежі (водні перешкоди, ділянки зруйнування, завалів тощо)

Матеріали аерофотознімання використовують для виготовлення фотодокументів.

Фотодокументи – це фотографічне зображення ділянки місцевості, яке доповнене топографічними, картографічними та розвідувальними даними, оформленими відповідними умовними знаками.

Основними фотодокументами, якими може забезпечуватись частина, є аерофотознімки з координатною сіткою, фотосхеми, фотоплани і фотокарти.

1.5. Проведення топографічної розвідки

Топографічна розвідка проводиться з метою виявлення даних про умови прохідності, захисту від зброї масового ураження, орієнтування, спостереження, маскування, ведення вогню та інженерного обладнання місцевості, а також встановлення особливостей місцевості у зв'язку з її сезонними змінами.

Питання для самоконтролю

1. Мета топогеодезичного забезпечення.
2. Завдання топогеодезичного забезпечення військ.
3. Сутність створення, періодичного оновлення і доведення до військ топографічних карт.
4. Сутність забезпечення військ астрономо-геодезичними та гравіметричними даними.
5. Сутність здійснення топогеодезичної прив'язки бойового порядку.
6. Сутність забезпечення штабів та військ спеціальними картами і фотодокументами.
7. Сутність ведення топографічної розвідки.

Г л а в а 2

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОЛИВАНЬ

2.1. Класифікація електромагнітних коливань

Електромагнітні коливання (радіохвилі) – це електромагнітні хвилі з частотою до 3000 ГГц (довжина хвилі (λ) більше 100 мкм).

Радіохвилі з різною довжиною різняться особливостями розповсюдження у просторі, за методами генерації, підсилювання та випромінювання.

За довжиною хвилі електромагнітні коливання (ЕМК) прийнято поділяти так:

- наддовгі хвилі ($\lambda > 10$ км);
- довгі хвилі ($\lambda = 10 - 1$ км);
- середні хвилі ($\lambda = 1000 - 100$ м);
- короткі хвилі ($\lambda = 100 - 10$ м);
- ультракороткі хвилі ($\lambda < 10$ м).

У свою чергу ультракороткі радіохвилі прийнято поділяти на метрові (мх), дециметрові (дцх), сантиметрові (смх), міліметрові (ммх) та дециміметрові (субміліметрові) радіохвилі (дцммх).

Під терміном “процес вільного розповсюдження радіохвиль” розуміється розповсюдження хвиль в атмосфері, уздовж Землі або водної поверхні, у товщі Землі та в космічному просторі.

Радіохвилі, що вільно поширюються, знаходять різноманітне застосування: для передачі на малі і великі відстані різного роду інформації (телеграфія, телефонія, фототелеграфія, телебачення, передача даних), виявлення різноманітних об'єктів, їх напрямку руху та відстані до них (радіолокація), для управління на відстані механізмами і пристроями (телеуправління), визначення напрямку на випромінюючу станцію і місця розташування об'єкту (радіонавігація), передачі на відстань результатів вимірів (радіотелеметрія) та з іншою метою.

Незважаючи на істотні розходження в особливостях використання радіохвиль, під час їх застосування спостерігається багато спільного і, насамперед, те, що в усіх випадках для передачі інформації використовується так звана радіолінія.

У кожній радіолінії розрізняють три складові частини: передавач, приймач і середовище, у якому розповсюджуються радіохвилі. Середовище розповсюдження ЕМК утворюється атмосферою, що оточує Земну кулю, рельєфом та місцевими предметами.

2.2. Характеристика середовища розповсюдження електромагнітних коливань

Атмосфера Землі - газоподібна оболонка із загальною масою $6,25 \cdot 10^{16}$ т. До висот 80-100 км хімічний склад сухого повітря однорідний. У міру віддалення від поверхні Землі розрізняють такі основні шари атмосфери: тропосфера, стратосфера, іоносфера і сферу розсіювання (екзосфера).

Тропосфера - приземна область атмосфери з висотою, що збільшується в міру просування від полюса до екватора, висотою від 7 до 18 км і містить 0,8 маси атмосфери. З висотою температура і тиск повітря, а також вміст водяних парів у повітряній масі тропосфери змінюються, але газовий склад її практично постійний: азот і кисень.

Стратосфера - частина атмосфери від верхньої межі тропосфери до висоти 80-90 км, що характеризується сильними і постійними вітрами і значною зміною температури. Ознаками переходу до стратосфери є припинення зниження температури, що у верхній частині тропосфери падає до мінус 50 - 60°C. У стратосфері температура до висоти близько 40 км змінюється мало, а потім приблизно до висоти 60 км росте до +80°, далі ж знову падає. Підвищення температури пояснюється поглинанням енергії ультрафіолетового випромінювання Сонця, що утримується в повітрі озоном.

Іоносфера - частина атмосфери, розташована над стратосферою до висот 800 км, яка характеризується наявністю вільних позитивних і негативних зарядів, що утворюються під дією сонячних і космічних випромінювань. Концентрація вільних електронів визначається інтенсивністю іонізуючого випромінювання Сонця і залежить від висоти, часу доби і сезону року.

Екзосфера (сфера розсіювання) - область простору над іоносферою, що поступово переходить у навколоремний космічний простір.

З метою дослідження розповсюдження ЕМК використовується так звана стандартна атмосфера - модель будівлі атмосфери, яка являє собою результат осереднення багаторічних спостережень і вимірів параметрів атмосфери, таких, як атмосферний тиск, щільність, температура, вологість, хімічний склад повітря, хмарний покрив, струминні течії.

Атмосферний тиск - тиск, що здійснюється повітрям на тіло, яке знаходиться в заданій точці простору, Н/м^2

$$P = P_0 e^{-\frac{gH}{kT}}, \quad (2.1)$$

де P_0 - тиск над рівнем моря ($P_0 = 1013 \text{ мбар} = 760 \text{ мм рт.ст.} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$), Па;

g - прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

H - поточне значення висоти, м (км);

$k = 287$ - газова постійна для сухого повітря, $\text{м}^2/\text{с}^2 \cdot \text{град}$;

$T = t^0 + 273,15^\circ$ - температура повітря, К (Кельвіна).

Для спрощення розрахунків атмосферний тиск може бути апроксимований таким співвідношенням:

$$P = P_0 e^{-\frac{H}{H_0}}, \quad (2.2)$$

де $H_0 = 8000 T/T_0$ - умовна висота "однорідної" атмосфери, м (км);

$T_0 = 273,15\text{K}$ - нульова точка за шкалою Цельсія (точка затвердіння води).

Залежність атмосферного тиску від висоти наведена на рис.2.1.

Щільність повітря - маса повітря, що утримується в одиниці об'єму, кг/м^3

$$\rho = \rho_0 e^{-\frac{H}{H_0}}, \quad (2.3)$$

де $\rho_0 = P_0/RT = 1,27 \text{ кг/м}^3$ - щільність сухого повітря.

Залежність щільності повітря від висоти наведена на рис.2.1.

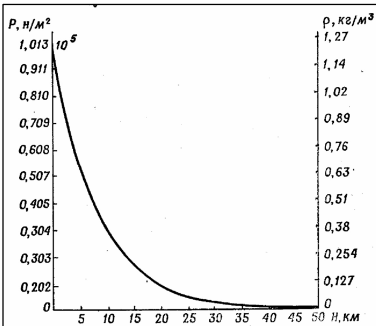
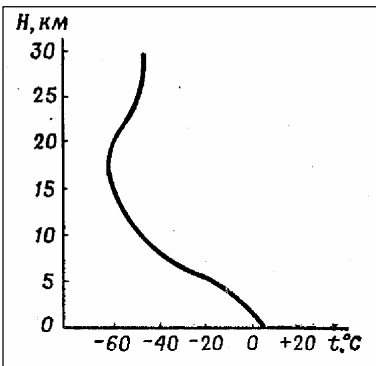


Рис.2.1. Залежність атмосферного тиску і щільності повітря від висоти



Температура повітря - ступінь його нагріву, що вимірюється у градусах за термодинамічною шкалою Кельвіна або стоградусною шкалою Цельсія ($^{\circ}\text{C}$). Залежність середньої температури повітря для стандартної атмосфери від висоти для північної півкулі наведена на рис.2.2.

Рис.2.2. Залежність температури повітря від висоти

Відносна вологість повітря R_0 - відношення пружності водяної пари e_0 в даній точці до пружності парів E_0 , що насичують простір при заданій температурі $t^{\circ}\text{C}$ над плоскою поверхнею чистої води

$$R_0 = \frac{e_0}{E_0} \cdot 100\%, \quad (2.4)$$

де $E_0 = 6,1 \cdot 10^{273+H^0}$.

Абсолютна вологість повітря - кількість грамів водяної пари в 1 м³ повітря:

$$a_0 = 216,7 \frac{e}{T}. \quad (2.5)$$

Хімічний склад повітря - для висот до 100 км від поверхні Землі характеризується наявністю азоту (78,09%), кисню (20,95%), аргону (0,95%), вуглекислого газу (0,03%) та ін.

Хмарний покрив прийнято поділяти на яруси. Хмари верхнього ярусу (вище 6 км) - перисті, перисто-купчасті, перисто-шаруваті – складаються з крижаних кристаликів. Хмари середнього ярусу (від 6 до 2 км) - висококупчасті, високошарові. Хмари нижнього ярусу (нижче 2 км) - шарувато-купчасті, шаруваті, шарувато-дошові. Кількість хмар виражається в десятих частках поверхні небозводу, покритою ними в даний момент. Зовсім ясному небу відповідає - 0 балів, зовсім похмурому - 10 балів.

Струминні течії - області тропосфери, у межах яких спостерігаються стійкі потоки повітря з великими швидкостями. Вони, як правило, спостерігаються на широтах між 25° і 70° у кожній півкулі. Максимальні швидкості течії розташовуються на висотах 9 - 14 км (вісь струминних течій). Довжина струминних течій досягає декількох тисяч кілометрів, ширина і висота - сотні і декількох кілометрів відповідно.

Рельєф - сукупність різних нерівностей на земній поверхні. Незважаючи на те, що рельєф місцевості різноманітний, прийнято виділяти п'ять його типів: гора (гору висотою до 200 м називають горбом, штучний горб – курганом), хребет, улоговина, лощина, сідловина.

Місцеві предмети - всі об'єкти місцевості, які створені природою чи працею людини (грунтово-рослинний покрив, гідрографія, мережа доріг, населені пункти, окремі місцеві предмети-орієнтири тощо).

2.3. Вплив середовища на розповсюдження електромагнітних коливань

В однорідних та ізотропних середовищах радіохвилі розповсюджуються по прямолінійних траєкторіях з постійною швидкістю. Але при проходженні крізь неоднорідну атмосферу Землі ЕМК можуть зазнати спотворення траєкторії розповсюдження та розсіювання.

Рефракція ЕМК - скривлення траєкторії розповсюдження радіохвиль. Явище рефракції обумовлено зміною діелектричної проникності повітря (ϵ , залежить від метеорологічних параметрів – абсолютної температури, тиску

повітря та вологості повітря у провідному шарі) і відповідно коефіцієнта заломлення (n) середовища:

$$n = \sqrt{\varepsilon}. \quad (2.6)$$

Просторово-часові зміни коефіцієнта заломлення можуть бути регулярними і нерегулярними. Біля поверхні Землі $n_0 = 1,00026 - 1,00046$ (середнє значення $N_0 = 325$), тому зручніше ввести індекс заломлення $N = (n-1) \cdot 10^6$, що показує, на скільки мільйонних частинок коефіцієнт заломлення $n > 1$. Характер та величина рефракції залежать від значення та знака вертикального градієнта (швидкості зміни) індексу заломлення. Градієнт $dN/dH = -4 \cdot 10^{-2}$ (1/м), звідки

$$N = N_0 - 4 \cdot 10^{-2} \cdot H. \quad (2.7)$$

Абсолютна вологість повітря над водною поверхнею - більш нестабільний параметр, ніж над землею поверхнею при одних і тих же зовнішніх явищах, що впливає на зміну неоднорідності прошарків середовища розповсюдження ЕМК.

Зі зменшенням тиску і вологості з висотою індекс заломлення зменшується за лінійним законом, графік зміни градієнта наведено на рис.2.3.

Над водною поверхнею (приводний шар) найбільш нестабільним параметром є абсолютна вологість повітря.

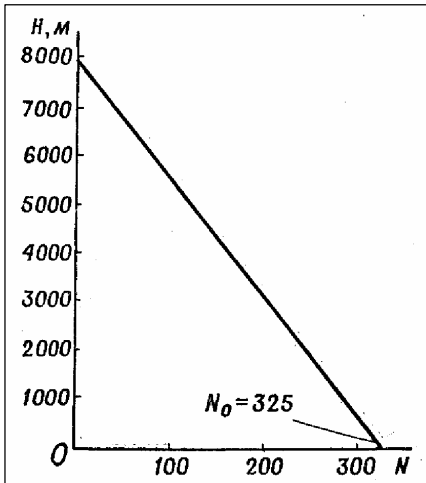


Рис.2.3. Залежність індексу заломлення від висоти:
біля поверхні Землі середнє значення
 $N_0 = 325$

Тропосферна рефракція - спотворення траєкторії ЕМК при їх поширенні в середовищі зі змінним коефіцієнтом заломлення. Зміна коефіцієнта заломлення Δn (або ΔN) з висотою приводить до зміни фазової швидкості, що викликає спотворення траєкторії розповсюдження ЕМК.

Рефракція буває позитивною або негативною (субрефракція). При позитивній рефракції траєкторія променя, що йде від антени, відхиляється униз від прямої лінії (об'єру) антена – об'єкт (ціль). При негативній рефракції – траєкторія променя відхиляється уверх від прямої лінії.

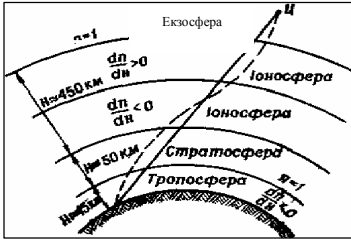


Рис.2.4. Залежність рефракції від величини і знака вертикального градієнта індексу заломлення

При $dN/dH > 0$ має місце негативна рефракція (відхилення променя вверху), при $dN/dH < 0$ - позитивна (відхилення променя вниз), що супроводжується огинанням ЕМК поверхні Землі.

Типи рефракції і середні значення радіусів кривизни наведені в табл.2.1.

Таблиця 2.1

Параметри типів рефракції

Тип рефракції	Градієнт рефракції dN/dH , 1/м	Радіус кривизни променя ЕМК (геометричний радіус Землі), км
Нормальна	$-4 \cdot 10^{-8}$	$\rho_{\text{кпн}} = 25\,000 (4R_z)$
Критична	$-0,157 \cdot 10^{-6}$	$\rho_{\text{кпк}} = 6370 (R_z)$
Сверхрефракція	Менш $-0,157 \cdot 10^{-6}$	$\rho_{\text{кпс}} < R_z$

Рефракція ЕМК приводить до виникнення помилок по дальності (ΔD) і збільшення значень кута місця об'єкта, що спостерігається ($\Delta \varepsilon$). Максимальні значення помилок можуть бути апроксимовані за формулами:

$$\left. \begin{aligned} \Delta D &= 0,007 N_0 \cos \varepsilon; \\ \Delta \varepsilon &= 0,0034 N_0 \operatorname{ctg} \varepsilon. \end{aligned} \right\} \quad (2.8)$$

Значення помилок ΔD і $\Delta \varepsilon$ залежно від дальності і кута місця наведені на рис. 2.5 і 2.6.

Іоносферна рефракція - спотворення траєкторії ЕМК при поширенні в області іонізованих газів. Коефіцієнт заломлення іонізованого середовища

$$n = \sqrt{1 - 80,8 \frac{N_e}{f^2}}, \quad (2.9)$$

де N_e - концентрація вільних електронів, ел/м²;

f - частота ЕМК, Гц.

При плавному убаванні n з висотою у визначеному шарі іонізованої області настає повне внутрішнє відбиття ЕМК під кутом, рівним куту падіння θ_0 . Умова відбиття ЕМК заданої частоти (Γ_e) визначається за формулою

$$f = \frac{\sqrt{80,8N_e}}{\cos \theta_0}, \quad (2.10)$$

де θ_0 - кут падіння ЕМК на нижню межу іоносфери, відрахований від нормалі до неї.

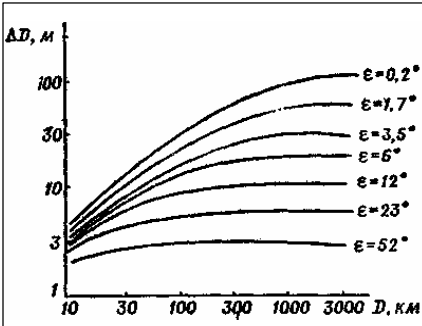


Рис. 2.5. Помилки тропосферної рефракції по дальності

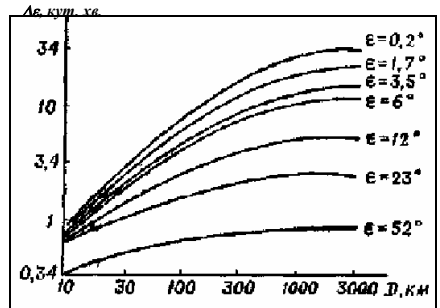


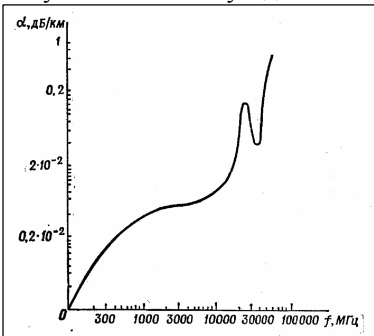
Рис. 2.6. Помилки тропосферної рефракції по куту місця

З цього виразу визначається значення критичної частоти

$$f_{кр} = \sqrt{80,8N_e}. \quad (2.11)$$

У тропосфері відбувається *поглинання і послаблення ЕМК* за рахунок кіню й водяної пари тропосфери, а також за рахунок розсіювання від гідрометеорів.

При розрахунку дальності дії радіотехнічних засобів (РТЗ) це явище враховується шляхом введення коефіцієнта поглинання й ослаблення ЕМК (α ,



характеристик середовища. Усереднене значення коефіцієнта α залежно від частоти наведено на графіку (рис. 2.7).

Рис. 2.7. Усереднене значення коефіцієнта загасання залежно від частоти

Через сферичну форму поверхні Землі частина діапазону радіохвиль, що розповсюджуються над нею, зазнає дифракції.

Дифракція – це здатність радіохвиль огинати земну поверхню й інші перешкоди, що лежать на шляху їх розповсюдження. Явище дифракції помітно виявляється в тих випадках, коли розміри перешкоди на шляху розповсюдження хвиль порівняні з довжиною хвилі. Це явище виявляється тим менше, чим коротше довжина хвилі і дає можливість встановлення радіолінії при відсутності прямої видимості між антенами передавального та приймального пункту. Такою перешкодою можна вважати кульовий сегмент, висотою h (рис.2.8), що відтинається поверхнею, перпендикулярною площині хорди AB , яка з'єднує пункти передачі A і прийому B .

Значення висоти сегмента від довжини радіолінії наведені в табл.2.2.

Таблиця 2.2

Висота сегменту від довжини радіолінії

Довжина радіолінії, км	1	5	10	50	100	500	1000	5000
Висота кульового сегмента, м	0,031	0,78	3,1	78	310	7800	$3,1 \cdot 10^4$	$3,75 \cdot 10^5$

Для радіохвиль оптичного діапазону розмір h настільки більше довжини хвилі, що останні практично на земній кулі дифракції не зазнають і розповсюджуються по прямолінійних траєкторіях (рис.2.8, а). Радіохвилі, довжина яких вимірюється кілометрами і метрами, задовольняють умовам виникнення явища дифракції (рис.2.8, б).

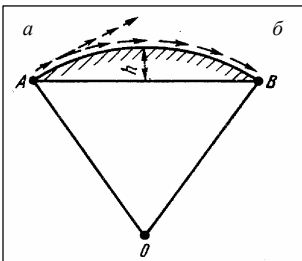


Рис.2.8. Дифракційне розповсюдження радіохвиль навколо земної кулі:

- а – траєкторія розповсюдження ЕМК, що не зазнають дифракції;
- б – траєкторія розповсюдження ЕМК, що зазнали дифракції

Радіохвилі, що розповсюджуються в безпосередній близькості від поверхні Землі і частково огинають опуклість земної кулі внаслідок явища дифракції, одержали назву земних, або поверхневих хвиль.

Тропосфера являє собою неоднорідне середовище, властивості якого під дією метеорологічних умов змінюються в часі і яке характеризується не тільки поступовим зменшенням коефіцієнта заломлення з висотою, але і має локальні (місцеві) неоднорідності коефіцієнта заломлення. Локальні неоднорідності зазнають флуктуації.

Флуктуація - випадкове відхилення величин параметрів середовища від їх середнього значення. Ці параметри безупинно змінюються в часі й у просторі, тобто постійно змінюють свою конфігурацію і переміщуються. Одні неоднорідності зникають, на їх місці виникають нові. Локальні неоднорідності тропосфери викликають розсіювання радіохвиль, і розсіяні хвилі можуть потрапляти на відстані до 1000 км від передавача (рис.2.9).

Радіохвилі, що розповсюджуються на значні (приблизно до 1000 км) відстані за рахунок розсіювання в тропосфері і направляючих (хвилевідних) дій тропосфери, одержали назву тропосферних хвиль. Як тропосферні хвилі можуть розповсюджуватися тільки хвилі, коротші 10 м. Для радіохвиль, довших 10 м, іоносфера, що знаходиться вище тропосфери, є непрозорою, і ці хвилі, як правило, не можуть залишити межі земної атмосфери.

Для більш коротких хвиль, у тому числі і для радіохвиль оптичного діапазону, іоносфера є цілком прозорим середовищем. При однократному відбитті від іоносфери радіохвилі можуть перекидати відстані, що не перевищують 4000 км. Однак, падаючи на напівпровідну поверхню Землі, хвилі також відбиваються від неї і, поширюючись нагору, можуть знову відбитися від іоносфери. Внаслідок подібного багаторазового відбиття від іоносфери і поверхні Землі ЕМК можуть потрапити у найбільш віддалені точки земної поверхні і навіть кілька разів обігнути Земну кулю (рис.2.10).

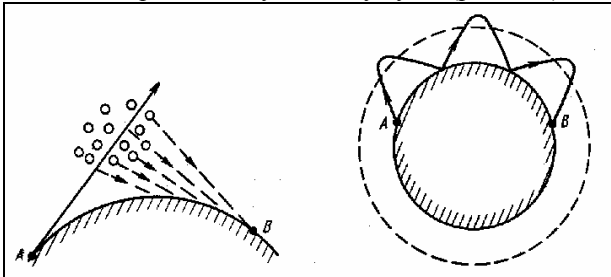


Рис.2.9. Розсіювання радіохвиль на локальних неоднорідностях тропосфери:
A – передавач, B – приймач

Рис.2.10. Розповсюдження радіохвиль за рахунок багаторазового відгалуження від іоносфери

Крім здатності відбивати радіохвилі, іоносфера, завдяки наявності в ній дрібних неоднорідностей, має властивість розсіювати падаючі на неї радіохвилі. Крім того, метеори, що вторгаються в атмосферу Землі, утворюють іонізовані стовпи повітря, так звані іонізовані сліди метеорів, що мають здатність відбивати падаючі на них радіохвилі. Але розсіюватися від неоднорідностей іоносфери і відбиватися від метеорних слідів можуть хвилі і коротші 10 м, тобто хвилі, що вже не мають здатності зазнавати регулярного відбиття від іоносфери. Метрові хвилі за рахунок розсіювання від іоносфери і відбиття

від іонізованих слідів метеорів можуть поширюватися на відстані до 2000 км.

Подібно до тропосфери іоносфера являє собою утворення, властивості якого безупинно змінюються. На поступові зміни накладаються більш швидкі бесистемні флуктуації.

Радіохвилі, що поширюються на великі відстані й обгинають земну кулю в результаті одноразового або багаторазового відбиття від іоносфери (у діапазоні хвиль довших 10 м), а також хвилі, що розсіюються на неоднорідностях іоносфери і відбиваються від іонізованих слідів метеорів (у діапазоні метрових хвиль), одержали назву іоносферних, або просторових хвиль.

Розповсюдження ЕМК уздовж земної поверхні істотно залежить від рельєфу місцевості та фізичних властивостей землі. Ці залежності виявляються у різній формі і різному ступені при різних довжинах хвиль ЕМК, але можна визначити такі закономірності:

- в однорідному середовищі хвилі поширюються прямолінійно;
- у середовищах з неоднорідними властивостями відбувається рефракція, тобто відхилення траєкторії розповсюдження ЕМК від прямої;
- на межах однорідних середовищ з різними властивостями спостерігаються заломлення і відбивання хвиль;
- у середовищах зі зниженою прозорістю, наприклад через вміст у них частинок пилу або води, відбувається часткове поглинання хвиль;
- якщо на шляху поширення зустрічаються перешкоди, що непроникні для хвиль, то спостерігається дифракція або відбивання ЕМК.

Крім рельєфу, на розповсюдження ЕМК впливають електричні параметри верхнього шару землі (електропровідність і діелектрична проникність). Від електропровідності ґрунту залежать втрати в ньому енергії хвиль. У реальних умовах енергія ЕМК, що падають на землю або поширюються уздовж неї, частково поглинається.

Таблиця 2.3

Провідність ґрунту

Рід ґрунту	Питома провідність, 1/Ом•м	Питомий опір, Ом•м
Чорнозем	0,5—3,3•10 ⁻²	30—200
Глина	1 — 1,6•10 ⁻²	65—100
Суглинок	0,4—1,25•10 ⁻²	80—250
Пісок	0,1—0,2•10 ⁻²	1000—500
Торф	5•10 ⁻²	20
Ліс (сухий)	0,4•10 ⁻²	250
Змішаний ґрунт (глина + вапно + щебінь)	0,8—1,0•10 ⁻²	100—125

Довжина хвилі *діапазонів НДХ, ДХ і СХ* (з довжиною хвилі від 10 до 1 км) перевищує розміри більшої частини нерівностей ґрунту і перешкод, тому при їх поширенні помітно виявляється дифракція. Завдяки дифракції хвилі обгинають земну поверхню, пагорби і навіть гірські хребти. Оскільки, однак, обігнувши високу перешкоду, хвилі далі поширюються у вільному просторі прямолінійно, можливе утворення “мертвої зони”, у межах якої прийом сигналів ускладнений або неможливий (рис.2.11).

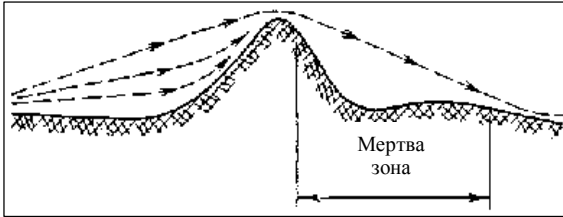


Рис.2.11. Поняття “мертвої зони” при поширенні радіохвиль

Енергія поверхневих (земних) хвиль низькочастотних діапазонів пропорційна частоті коливань, тому струми в землі, а відповідно і втрати, зростають з підвищенням частоти. Навпаки, зі зниженням частоти втрати енергії хвиль зменшуються. Тому хвилі діапазонів ДХ і НДХ при однаковій потужності випромінювання здатні розповсюджуватися на більші відстані, ніж більш короткі. Просторові (небесні) хвилі цих же діапазонів, якщо вони розповсюджуються в напрямку іоносфери, відбиваються нею й проходять на Землю на великих відстанях (рис.2.12).

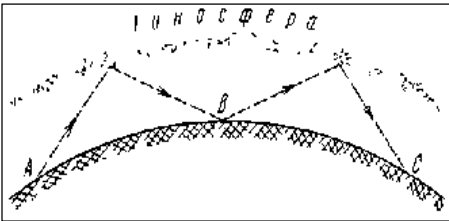


Рис.2.12. Поняття багатострибкового поширення радіохвиль

Висота і ступінь іонізації відбивного шару залежать від інтенсивності сонячної радіації. Тому протягом доби й у різні сезони умови поширення змінюються. На ці умови впливають також зміни сонячної активності.

Якщо в зону прийому одночасно приходять поверхневі й просторові хвилі, то в пункті прийому (B) відбувається додавання (оптінтерференція) радіохвиль. (рис.2.13, B). Через далеке іоносферне поширення хвиль можуть бути негативні наслідки. При взаємному накладенні інтерферуючих хвиль амплітуда сумарних коливань залежить від кута їх взаємного зсування по фазі, що за різними параметрами середовища може змінюватися.

Явище ослаблення радіосигналів унаслідок різних процесів при поши-

ренні хвиль називається завмиранням сигналу.

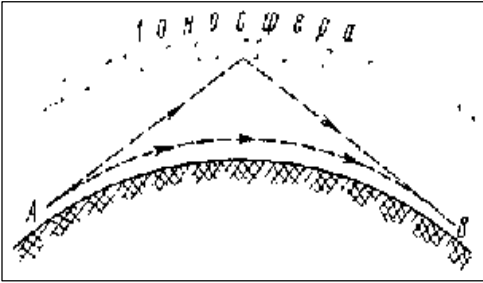


Рис. 2.13. Поняття оптичної інтерференції ЕМК

Розповсюдження ЕМК у місці прийому по різних шляхах називається багатопроменевим. Завмирання, викликані інтерференцією при багатопроменевому поширенні, називаються інтерференційними завмираннями. В діапазонах ДХ і НДХ глибокі інтерференційні завмирання порівняно рідкісні.

Хвилі діапазону НДХ мають здатність проникати на порівняно велику глибину в поверхневий шар землі і навіть у морську воду.

Значні втрати енергії в ґрунті поверхневими хвилями *діапазону КХ* зменшують дальність радіолінії. Просторове поширення хвиль, навпаки, з підвищенням частоти поліпшується завдяки зменшенню втрат.

Повна картина фізичних процесів, що відбуваються при проходженні хвиль через іоносферу, дуже складна. Одна з головних причин цієї складності полягає в тому, що фактично іоносфера не являє собою один шар, а складається з ряду шарів (*Д, Е, F₁*), які мають неоднакові властивості. Мала щільність атмосфери на великих висотах приводить до зменшення числа вільних електронів, тоді як на малих висотах іонізуюча дія сонячних променів ослаблена при проходженні їх через більш товстий шар повітря.

Відбиття хвиль від гладкої поверхні, як відомо, дзеркальне (кут падіння хвиль дорівнює куту відбиття). Іоносфера, на відміну від дзеркала, неоднорідна і нерівна, тому хвилі відбивають від неї в різних напрямках, тобто має місце не точне дзеркальне, а суттєвою мірою розсіяне віддзеркалення (рис.2.14, *І*).

Між порівняно невеликою зоною поширення поверхневої хвилі і територією, у яку приходять просторові хвилі, утворюється “мертва зона” (рис.2.14).

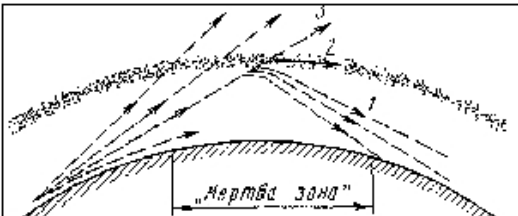


Рис.2.14. Поняття “розсіяне віддзеркалення” радіохвиль

Частина енергії хвиль може взагалі не відбитися до Землі, а поширюється в шарі, як у провіднику (рис.2.14, 2). Якщо хвилі в іонізованому шарі отримали недостатнє заломлення, то вони виходять за заатмосферний простір (рис.2.14, 3).

Відсутність віддзеркалення спостерігається при випромінненні хвиль під великим кутом стосовно поверхні Землі й при відносно високих частотах. Максимальна частота, при якій при даному куті спостерігається віддзеркалення, має назву “максимально використовуваної частоти”. Хвилі з більш високими частотами ідуть у світовий простір.

Хвилі *діапазонів УКХ* (мх, дцх, смх) розповсюджуються прямолінійно. Дифракція в цих діапазонах виявляється слабо. Хвилі, що випромінюються під кутом до земної поверхні, йдуть у заатмосферний простір практично без зміни траєкторії. Нездатність хвиль цих діапазонів обгинати земну поверхню вимагає від радіолінії забезпечення геометричної видимості між передавальною і приймальною антенами. Виконання цієї умови забезпечується завдяки достатньо високому підняттю антен (рис.2.15, *a* – радіолінія відсутня, *b* – радіолінія ϵ).

Оскільки хвилі відбиваються від земної поверхні, у місці прийому можлива інтерференція променів, внаслідок чого виникають інтерференційні замирання і перекручування переданих сигналів (рис.2.15, *в*).

Наявність на окремих ділянках території, над якою розповсюджується ЕМК, нерівностей земної поверхні, неоднакового ґрунтового-рослинного покриття, річок і водойм, а також селищ й інженерних споруд приводить до утворення в атмосфері зон з різною температурою і вологістю, локальних потоків повітря тощо. У цих зонах, що виникають на висотах до декількох кілометрів, відбувається розсіювання хвиль. У цьому випадку частина енергії хвиль утворює радіолінію довжиною, що перевищує дальність геометричної видимості (рис.2.15, *г*).

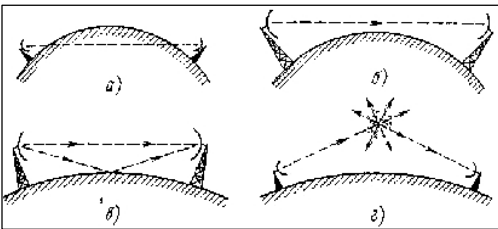


Рис.2.15. До умов розповсюдження радіохвиль

Існують й інші види збільшення довжини радіолінії переважно діапазонів УКХ (дцх) і УКХ (смх). Це можливо, коли в атмосфері утворюються протяжні і порівняно чітко виражені неоднорідності у вигляді шару. Хвилі поширюються усередині подібного шару, послідовно відбиваючись від його граней, або між поверхнею землі і нижньою межею шару (рис.2.16).

Одним із видів далекого розповсюдження в мікрохвильових діапазонах є віддзеркалення від слідів метеорів.



Рис.2.16. Розповсюдження радіохвиль уздовж шарових неоднорідностей

Виходячи з умов розповсюдження ЕМК в середовищі застосовуються радіолінії трьох типів.

Радіолінія найпростішого типу (рис.2.17) характеризується тим, що передавач (передавач та приймач, приймач) і приймач (об'єкт, передавач) розташовані на одній лінії по її кінцях. Як окремий приклад такої лінії є радіолінія, коли радіохвилі досягають пункту прийому внаслідок відбиття від іоносфери.

У випадках, коли з якихось причин неможливо безпосередньо передавати (передавати й приймати) інформацію в кінцевий пункт, використовується *радіорелейна лінія*. Така радіолінія характеризується тим, що передана інформація не попадає безпосередньо в кінцевий пункт, а за посередництва проміжних пунктів (радіоретрансляційних станцій) (рис.2.18). Прийнятий сигнал ретранслятором підсилюється і випромінюється в напрямку на сусідню станцію, як правило, на трохи зміненій частоті.

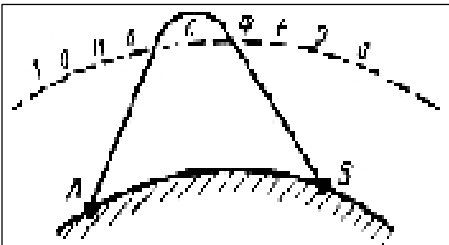


Рис.2.17. Найпростіша радіолінія:

A – передавач, *B* – приймач.

Лінія показує шлях розповсюдження радіохвиль

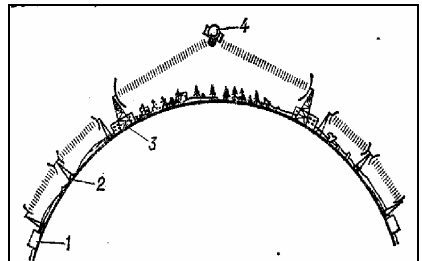


Рис.2.18. Радіорелейна лінія:

1 – кінцеві пункти лінії;

2 – проміжні пункти (ретранслятори);

3 – наземні станції зв'язку зі ШСЗ,

4 – ШСЗ з активним ретранслятором

До третього типу радіоліній відносяться так звані *вторинні радіолінії*. Їх особливість полягає в тому, що сигнал, створений передавачем *A*, попередньо опромінює штучне або природне тіло *C*, яке за своїми електричними параметрами відрізняється від навколишнього середовища.

Тіло C створює в цих умовах вторинне випромінювання, що і приймається в пункті B (рис.2.19).

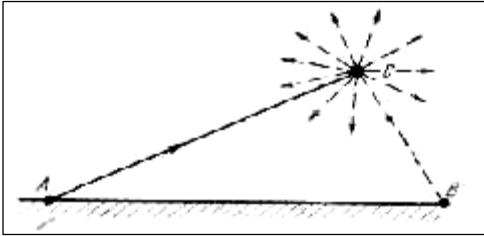


Рис.2.19. Вторинна радіолінія:
 A – передавач; B – приймач;
 C – об'єкт, що опромінюється

Таким чином, під час організації виконання завдань із застосуванням радіотехнічних засобів виникає необхідність враховувати вплив зовнішнього середовища на умови розповсюдження радіохвиль конкретного діапазону.

Питання для самоконтролю

1. Одиниці вимірювання електромагнітних коливань.
2. Визначення діапазону та довжини хвиль радіоелектронних засобів за спеціалізацією.
3. Складові середовища розповсюдження електромагнітних коливань.
4. Структура та основні параметри атмосфери Землі.
5. Вплив атмосфери на розповсюдження електромагнітних коливань для різних діапазонів.
6. Сутність явища рефракції радіохвиль для різних діапазонів.
7. Сутність явища дифракції радіохвиль для різних діапазонів.
8. Сутність впливу земної поверхні на розповсюдження електромагнітних коливань для різних діапазонів.
9. Поняття “радіолінія” та її складові елементи.

Г л а в а 3

ОСНОВИ ВИБОРУ ПОЗИЦІЇ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

3.1. Місцевість та показники оцінки реалізації можливостей радіотехнічних засобів

У Збройних Силах України широко використовуються радіотехнічні засоби для управління силами та засобами, ведення розвідки та для розв'язання інших завдань.

Радіотехнічні засоби використовуються комплексно. В інтересах виконання загальної бойової задачі характеристики та режими роботи радіотехнічних засобів суворо погоджуються за часом та рубежами застосування.

Місцевість району, в якому розгорнуті радіотехнічні засоби у бойовий порядок, не повинна негативно впливати на реалізацію потенційних можливостей цих засобів.

До основних показників оцінки реалізації потенційних можливостей підрозділів радіотехнічних засобів (РТЗ), не залежно від їх тактичного призначення, можна віднести:

- розміри зони дії РТЗ у вертикальній (максимальна дальність дії на висотах) та горизонтальній площині (верхня границя зони дії для заданої висоти);
- кути закриття на даній позиції РТЗ;
- мінімальний радіус площадки навколо РТЗ, де висоти нерівностей місцевості не перевищують встановленого значення;
- кут підйому (нахилу) місцевості у районі позиції.

Максимальна дальність дії імпульсного РТЗ у вільному просторі визначається (рис.3.1) за *формулою радіолокації*

$$D_{РТЗ} = \sqrt[4]{K_{РТЗ} \lambda^2 \sigma_{\text{ц}}}, \quad (3.1)$$

де $K_{РТЗ}$ – коефіцієнт, що враховує технічні параметри РТЗ;

λ – довжина хвилі ЕМК РТЗ, м;

$\sigma_{\text{ц}}$ – ефективна відбивна поверхня цілі (ЕВП), м.

Максимальна дальність дії РТЗ у режимі активної відповіді (рис.3.2) визначається за *формулою радіозв'язку*

$$D_{РЗ} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{K_{РТЗ}}. \quad (3.2)$$

У формулах радіолокації та радіозв'язку присутній параметр довжина хвилі (λ) ЕМК РТЗ, на умови розповсюдження яких впливає зовнішнє середовище розповсюдження хвиль.

Для правильного формування зони видимості РТЗ необхідна рівна горизонтальна площадка з однорідним ґрунтом. Радіус рівної площадки визнача-

ється, як правило, за формулою

$$R_{nl} = 4,12\sqrt{27\lambda^{2/3} + h_{ант}} - 21\sqrt{\lambda}, \quad (3.3)$$

де $h_{ант}$ – висота від фізичної поверхні землі до електричного центра антенної системи радіотехнічного засобу, м;

λ – довжина хвилі РТЗ, м.

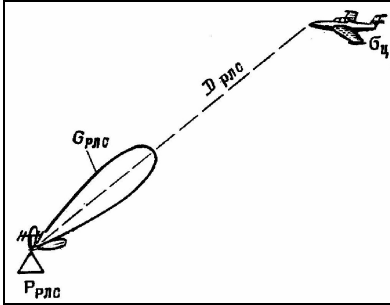


Рис.3.1. До формули радіолокації

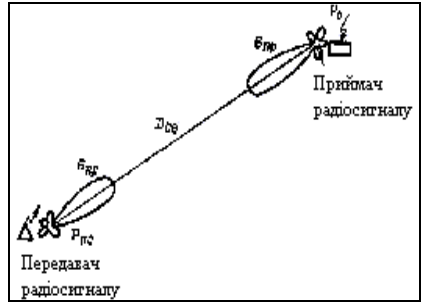


Рис.3.2. До формули радіозв'язку

Розміри цих площадок можуть наводитися в технічній документації до РТЗ.

Припустима величина нерівностей залежить від довжини хвилі РТЗ, висоти антени, відстані від основи антени до нерівності і визначається за формулою

$$\Delta h_n \leq \frac{\lambda \cdot l_n}{(16 \div 32)} h_{ант}, \quad (3.4)$$

де Δh_n – допустима висота нерівності, м;

l_n – відстань від основи антени до нерівності, м;

$16 \div 32$ – постійний коефіцієнт, величина якого залежить від діапазону РТЗ (16 – дециметровий діапазон, 32 – метровий діапазон хвиль).

Пологий підйом (нахил) позиції викликає підйом (нахил) зони видимості РТЗ. Великі кути підйому (нахилу) позиції приводять до перекручування зони видимості РТЗ у вертикальній площині й утворення провалів.

Залежно від довжини хвилі РТЗ та висоти розташування електричного центра антенної системи на форму зони виявлення впливає рельєф місцевості:

$$D(\varepsilon) = D_{РТЗ} F_c(\varepsilon) \Phi(\varepsilon), \quad (3.5)$$

де $D_{РТЗ}$ – максимальна дальність дії РТЗ у вільному просторі;

$F_c(\varepsilon)$ – нормальна діаграма направленості РТЗ у вільному просторі;

$\Phi(\varepsilon)$ – інтерференційний множник (множник Землі).

При зміні кута міста ε інтерференційний множник змінюється від нуля

до двох, при цьому нижня (перша) пелюстка максимуму досягає, коли

$$\varepsilon \approx 15 \frac{\lambda}{h_{\text{ант}}} (\text{град}), \quad (3.6)$$

де λ , $h_{\text{ант}}$ – довжина хвилі та висота антени РТЗ у одній одиниці вимірювання довжини.

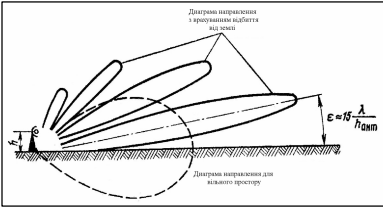


Рис.3.3. Діаграма направленості РТЗ у наявності відбиття від поверхні землі

Зона виявлення може бути зображена у вигляді таблиці значень дальностей виявлення або графіка у вертикальній площині. У них, як правило, вказують дальності виявлення цілі на різних висотах, значення мінімального $\varepsilon_{\text{мін}}$ і максимального $\varepsilon_{\text{макс}}$ кутів місця безпровального спостереження цілі і радіус мертвої воронки $R_{\text{мв}}$ на максимальній висоті зони спостереження. Як правило, сім'ю напівперетинів зони виявлення будують у координатах висота-дальність на даному азимуті з урахуванням кривизни Землі (рис.3.4).

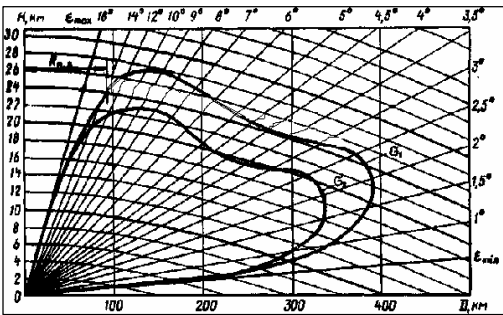


Рис.3.4. Зона виявлення РТЗ у вертикальній площині (варіант)

Властивість електромагнітних хвиль огинати опуклу поверхню Землі в метровому й особливо дециметровому та сантиметровому діапазонах хвиль виражена досить слабо. Кривизна Землі обмежує дальність радіолокації дальністю прямої видимості.

Дальність прямої видимості розраховується за формулою

$$D_{\text{пр.вид}} = k(\sqrt{h_{\text{ант}}} + \sqrt{H}) \quad (\text{км}), \quad (3.7)$$

де k – коефіцієнт (без урахування рефракції радіохвиль 3,57, з урахуванням нормальної рефракції - 4,12);

$h_{\text{ант}}$ – висота антени радіолокаційного засобу, м;

H – висота цілі, м.

При рефракції дальність радіолокаційного обрію зростає в середньому на 15% у порівнянні з дальністю оптичного обрію.

При $k = 4,12$ та $h_{ант} = 0$ виходячи з (3.7) визначається величина пониження поверхні Землі відносно горизонту

$$h_n = \frac{D_{пр.вид}^2}{16,9}, \quad (3.8)$$

де h_n – пониження обрію, м;

$D_{пр.вид}$ – відстань, км.

Таблиця 3.1

Залежність пониження обрію від відстані

Відстань, км	5	10	15	20	30	40	50
Пониження обрію, м	1,5	6,0	13,0	23,5	53	94	147

Дальність прямої видимості може істотно обмежувати дальність дії РТЗ на малих і гранично малих висотах, особливо за наявності кутів закриття $\varepsilon_{закр}$ антен РТЗ (рис.3.5). У цьому випадку дальність прямої видимості без урахування потенціалу РТЗ розраховується за формулою

$$D_{пр.вид.закр} = -R_3 \sin \varepsilon_{закр} + \sqrt{(R_3 \sin \varepsilon_{закр})^2 + 2(R_3 H)} \quad (\text{км}), \quad (3.9)$$

де R_3 – геометричний радіус Землі, що дорівнює 6370 км (з урахуванням нормальної рефракції - 8500 км);

$\varepsilon_{закр}$ – кут закриття антени РТЗ;

H – висота цілі.

Дальності прямої видимості для різних значень висоти і висоти антени, яка дорівнює 5 м, наведені в табл.3.2, для гранично малих і малих висот при кутах закриття, обчислених за формулою (3.5), – у табл.3.3.

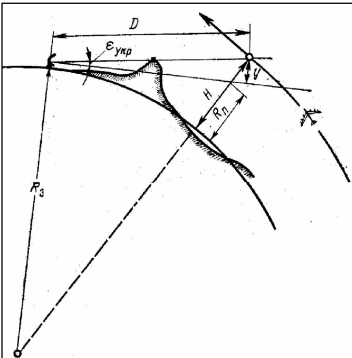


Рис.3.5. Вплив кута закриття на відстань прямої видимості

Таблиця 3.2

Дальності прямої видимості для висоти цілі

$H, \text{ м}$	$D_{\text{пр. вид.}} \text{ км}$	
	без урахування рефракції	з урахуванням рефракції
100	44	50
300	70	81
500	88	101
1000	121	139
2000	168	193
5000	260	301
10000	365	421
20000	510	590

Таблиця 3.3

Дальності прямої видимості (км) для різних кутів закриття
(з урахуванням нормальної рефракції)

$\varepsilon_{\text{закр.}}$ град	При висоті $(H - h_{\text{ант}}), \text{ м}$					
	20	50	100	300	500	1000
0	16	28	40	71	92	130
0,25	3,3	9,2	18	43	62	98
0,5	-	3,8	10	28	44	75
1	-	-	5,3	16	26	49
2	-	-	-	8,3	14	27

Як показник реалізації розміру зони ($D_{\text{реал}}$) для даної висоти застосовується умова

$$D_{\text{реал}} = \min \{D(\varepsilon); D_{\text{пр. вид.}}; D_{\text{пр. вид. закр.}}\}. \quad (3.10)$$

3.2. Вимоги до позиції радіотехнічних засобів

Для правильного формування зони видимості РТЗ необхідна рівна горизонтальна площадка з однорідним ґрунтом. Розміри цих площадок та допустима нерівність наводяться в технічній документації до даного засобу або розраховуються за формулами (3.3, 3.4).

Пологий підйом (нахил) позиції викликає підйом (нахил) зони видимості станції. Великі кути підйому (нахилу) позиції приводять до перекручування зони видимості РТЗ у вертикальній площині й утворення провалів.

При виборі позиції враховуються кути закриття в ближній зоні, що утворюються місцевими предметами і рельєфом місцевості й обмежують можливості РТЗ щодо виявлення цілей на малих висотах. Тому для кожного РТЗ, виходячи з його призначення і типу, встановлюється припустимий кут закриття.

Припустимі кути закриття в ближній зоні можуть бути визначені за формулою

$$\varepsilon_{закр} \leq 3,44 \frac{H - h_{ант}}{D} - \frac{\bar{D}}{5}, \quad (3.11)$$

де H – висота польоту цілі над підстилаючою поверхнею, м;

\bar{D} – середньостатистична дальність виявлення цілі на висоті H , км;

$h_{ант}$ – висота електричного центра антени РТЗ над підстилаючою поверхнею, м.

Для РТЗ сантиметрового діапазону не ставляться тверді вимоги до розмірів і нерівностей позиції. Розміри позиції (площинки) повинні бути достатніми для зручного розміщення всіх об'єктів РТЗ. Для зменшення кутів закриття антенні елементи РТЗ розміщують, як правило, на пануючих висотах, естакадах, вишках.

На приморських напрямках найбільш повно задовольняють вимоги позиції, які розташовані на островах, мисах, що панують висотою над водною поверхнею, але враховується допустима близькість РТЗ до водної поверхні.

Для підрозділів, що мають на озброєнні РТЗ різних діапазонів хвиль, позиція повинна задовольняти вимоги усіх РТЗ або хоча б основний з них.

Для забезпечення живучості підрозділу позиції вибирають на безпечній відстані від можливих об'єктів можливого удару зброєю масового ураження, зон затоплення і пожеж. У більшості випадків підрозділи розгортаються не ближче 3-10 км від вогневих позицій зенітних ракетних комплексів, аеродромів, великих адміністративних і промислових об'єктів. Для зменшення порази підрозділів РТЗ у прикордонній смузі вогнем артилерії і мінометів противника вони розташовуються не ближче 5-10 км від державного кордону.

Не слід розташовувати позиції в безпосередній близькості від високовольтних ліній електропередач, телефонно-телеграфних ліній, великих металевих веж, ферм та інших споруд, що екранують електромагнітну енергію.

При виборі позицій враховують наявність під'їзних шляхів, гірських зсувів, маскувальні та захисні властивості місцевості, близькість джерел води й енергопостачання, засобів зв'язку інших відомств, умови життя і побуту особового складу, сейсмічні умови і геологічні перспективи району, перспективи розвитку населених пунктів, організацій і підприємств промисловості.

Ділянки місцевості для довгострокового розташування підрозділів РТЗ повинні відповідати таким вимогам:

- прості інженерно-геологічні умови;
- стійкий ґрунт, що допускає побудову фундаментів будинків і споруд звичайного типу;
- рівень залягання ґрунтових вод повинний бути нижче відміток закладення фундаментів будинків;
- відсутність заболоченості або можливість осушення території найпрос-

тішими методами;

- не затоплятися паводковими водами;
- відсутність несприятливих фізико-геологічних процесів (карст, зсуви, сель тощо) або можливість ліквідації їх шляхом застосування простих захисних заходів;
- спокійний рельєф з невеликим ухилом поверхні, що забезпечує стік води.

Ділянки місцевості для будівництва підземних (горизонтальних) споруд повинні відповідати таким вимогам:

- ґрунти, що складають ділянку, повинні бути однорідні за складом і бути слабкотріщинуватими та монолітними, необхідноувальними і слабкообводнювальними скельними ґрунтами;
- відсутність тектонічних порушень і контактних зон шарів, що значно розрізняються за своїми властивостями;
- відсутність несприятливих для будівництва фізико-геологічних процесів і явищ (карст, льохові рівнини тощо);
- рельєф повинний дозволяти будувати споруди з горизонтальним входом;
- косогори і схили повинні бути стійкими.

Розташування елементів бойового порядку повинно виключати взаємні перешкоди при одночасній роботі всіх РТЗ та інших радіотехнічних пристроїв.

Відповідно до положень законодавства України щодо використання земельних ресурсів не допускається вибір позиції підрозділу для довгострокового розташування на таких ділянках місцевості:

- над родовищами корисних копалин;
- у 1-му поясі зони санітарної охорони курортів і джерел водопостачання, установлюваних відповідно до діючого законодавства;
- у санітарно-захисних і спеціальних зонах від промислових підприємств і складів;
- на території археологічних та інших заповідників, а також охоронних зон пам'яток матеріальної культури (архітектури, мистецтва, історії).

Крім того, не допускається розташування позиції підрозділу РТЗ на ділянках місцевості:

- у зонах обвалень від гірських вироблень;
- ближче 1000 м від смітників, скотомогильників і 500 м від цвинтарів;
- у гірських районах на території, що знаходиться під загрозою руйнівної дії селевих потоків або сніжних лавин;
- на територіях, що мають неприпустиму радіоактивність ґрунту і повітря.

У випадку неможливості вибору позиції, що цілком задовольняє вказані

вимоги, можливі окремі відхилення від них, допустимість цих відступів вирішується рекогносцирувальною групою і затверджується одночасно з матеріалами на вибір позиції.

Конкретні вимоги, які ставляться до позиції кожним зразком радіотехнічного озброєння, визначені в інструкціях з експлуатації, формулярах і посібниках з бойової роботи або застосування.

Питання для самоконтролю

1. Напрямки використання радіотехнічних засобів у ЗСУ.
2. Основні просторові показники бойових можливостей радіотехнічних засобів.
3. Сутність формули радіолокації та радіозв'язку.
4. Сутність формування зони виявлення радіотехнічного засобу.
5. Вплив кутів закриття на дальність дії РТЗ.
6. Основні вимоги до ділянки місцевості для бойового порядку підрозділу РТЗ.

Г л а в а 4

ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ТОПОГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИБАДІВ ТА ІНСТРУМЕНТІВ

4.1. Координатні системи

4.1.1. Математичний опис фігури поверхні Землі

Дані про форму і розміри Землі використовуються при розв'язанні багатьох задач як на поверхні Землі, так і в повітрі. Фізична поверхня Земної кулі, особливо поверхня суші, дуже складна і не може бути виражена одним будь-яким математичним рівнянням.

Говорячи про форму Землі, мають на увазі не фізичну її поверхню зі всіма нерівностями (горами, низинами тощо), а деяку уявну середню поверхню рівня Світового океану в спокійному стані, умовно проведену під материками. Уявна поверхня Світового океану отримала назву *рівневої поверхні*, а фігура Землі, обмежена такою поверхнею, – *геоїда*.

Фігура геоїда пов'язана з напрямком сили тяжіння та істотно залежить від нерівномірного розподілу мас у земній корі. Тому поверхня геоїда має неправильну, у геометричному відношенні досить складну фігуру з нерівномірною кривизною. Дослідженнями встановлено, що поверхня геоїда в загальному близька до поверхні еліпсоїда обертання з невеликим стиском по напрямку малої (полярної) вісі. Відхилення по висоті точок поверхні геоїда від поверхні еліпсоїда характеризується в середньому величиною від 50 м до 150 м. Такі розходження настільки незначні порівняно з розмірами Землі, що на

практиці її форму приймають за еліпсоїд, який називають земним еліпсоїдом (рис.4.1), або сфероїдом. Еліпсоїд підбирають певних розмірів і розміщують його на тілі геоїда таким чином, щоб його поверхня в межах окремої території, тобто території держави, найближче підходила до поверхні геоїда.

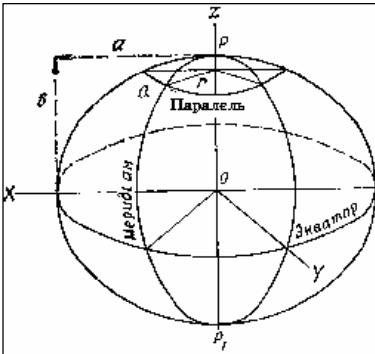


Рис.4.1. Земний еліпсоїд

Розміри земного еліпсоїда визначалися багатьма вченими різних країн. Однак єдиних для всіх країн розмірів земного еліпсоїда до теперішнього часу не визначено.

Елементами земного еліпсоїда вважаються:

- велика піввісь - a ;

- мала піввісь - b ;

- полярний радіус кривизни меридіана - $c = \frac{a^2}{b}$;

- екваторіальний радіус кривизни меридіана - $\rho = \frac{b^2}{a}$;

- полярне стиснення - $\alpha = \frac{a-b}{b}$;

- ексцентриситет - $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$;

- другий ексцентриситет - $e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b}$,

де a, b, c, ρ - лінійні величини;

α, e, e' - відносні величини.

Лінійні величини характеризують розмір (і форму, якщо лінійних величин не менш двох), а відносні - тільки форму земного еліпсоїда. Вони називаються елементами земного еліпсоїда.

Для наближених розрахунків користуються значеннями елементів земного еліпсоїда:

$$a = 6\,400\,000 \text{ м};$$

$$\alpha = 1:300.$$

При розв'язанні деяких практичних задач фігуру Землі приймають за кулю, площа поверхні якої дорівнює площі поверхні земного еліпсоїда. Радіус такої кулі, обчислений за параметрами еліпсоїда Красовського, відповідає 6 371 116 м.

4.1.2. Система географічних координат

Для визначення місця розташування точок на поверхні еліпсоїда, як правило, застосовують такі системи координат, початок координат і координатні лінії яких розташовуються в тілі або на поверхні еліпсоїда. При будь-якому переміщенні еліпсоїда в просторі координати точок його поверхні в таких системах залишаються незмінними.

Такою системою є система декартових просторових прямокутних координат. За початок координат у ній приймається центр еліпсоїда, вісь Z сполучається з віссю обертання, осі X і Y розташовуються в площині екватора, утворюючи праву систему (рис.4.1)

Інші системи координат розташовуються на поверхні еліпсоїда. Побудова таких систем полягає у виборі двох сімей координатних ліній на поверхні еліпсоїда і встановленні способу їх нумерації. Оскільки координатні лінії на поверхні еліпсоїда являють собою криві лінії, координати в цих системах

називаються *криволінійними*. Меридіани приймаються як перша сім'я координатних ліній. Паралелі приймаються як друга сім'я координатних ліній.

Положення будь-якого меридіана визначається двограним кутом між площинами початкового і даного меридіанів. Значення цього кута для всіх точок меридіана однакове. Він називається *геодезичною довготою* (L). У картографії рахунок довгот ведеться від початкового меридіана до сходу (зі знаком „плюс“) і до заходу (зі знаком „мінус“) від 0° до 180° . Відповідно довготи називаються східними і західними.

Паралель являє собою окружність, усі точки якої однаково розташовані від осі обертання еліпсоїда, а також від площини екватора. У геодезії паралелі нумеруються залежно від кутової величини. На практиці використовуються три таких кутових величини.

Першою такою величиною є кут B , утворений нормаллю в заданій точці Q до поверхні еліпсоїда і площиною екватора. Цей кут B називається *геодезичною широтою*. Він має те саме значення для всіх точок даної паралелі. Геодезична широта змінюється від 0° (на екваторі) до 90° (на полюсах). Для точок північної півсфери широти додатні, а для точок південної півсфери – від'ємні.

Система геодезичних координат B і L є основною системою криволінійних координат на поверхні земного еліпсоїда.

Другою величиною, використовуваною для нумерації паралелей, є кут Φ (рис.4.2), названий *геоцентричною широтою*. Він утворюється площиною екватора і геоцентричним радіусом-вектором ρ , проведеним з центра еліпсоїда O в дану точку Q .

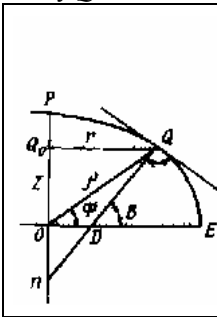


Рис.4.2. Геодезична і геоцентрична широти

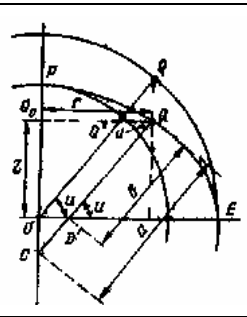


Рис.4.3. Приведена широта

Третьою кутовою величиною, що має постійне значення для паралелі, є *приведена широта*. З центра еліпсоїда O радіусами a і b проведемо поверхні описаної й вписаної кулі (рис.4.3). Описана куля торкається поверхні еліпсо-

їда в точках екватора, а вписана - у точках полюсів. Лініями, перпендикулярними площині екватора й осі обертання еліпсоїда, спроекуємо задану точку Q на поверхні описаної і вписаної кулі і одержимо точки Q' і Q'' , які з центром еліпсоїда знаходяться на одній прямій. Кут, утворений цією прямою і площиною екватора, і є приведена широта u точки Q .

У даний час географічними координатами називаються широта і довгота, обумовлені напрямком нормалі до поверхні кулі, еліпсоїда або геоїда, а в математиці - до будь-якої поверхні обертання. Тому геодезична широта і довгота являють собою географічні координати.

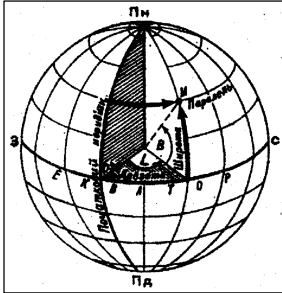


Рис.4.4. Геодезичні координати

Використовуючи наведену широту і геодезичну довготу як параметри, записуються параметричні рівняння поверхні еліпсоїда обертання (рис.4.3):

$$r = a \cdot \cos u; \quad (4.1)$$

$$Z = b \cdot \sin u. \quad (4.2)$$

На площині паралелі з радіусом r для точки Q з довготою L (рис.4.5) можна записати:

$$X = r \cdot \cos L; \quad Y = r \cdot \sin L, \quad (4.3)$$

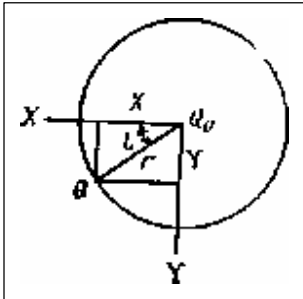


Рис.4.5. Площина паралелі заданої точки

де вісь X декартової просторової прямокутної системи координат сполучена з площиною початкового меридіана.

Рівності (4.3) із заміною значення r (4.1) і рівність (4.2) утворюють систему параметричних рівнянь поверхні еліпсоїда:

$$\left. \begin{aligned} X &= a \cdot \cos u \cos L \\ Y &= a \cdot \cos u \sin L \\ Z &= b \cdot \sin u \end{aligned} \right\} \quad (4.4)$$

Провівши перетворення, одержимо рівняння

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{a^2} + \frac{Z^2}{b^2} = 1 \cdot \quad (4.5)$$

Рівняння (4.5) є рівнянням поверхні еліпсоїда обертання в канонічній формі.

Система геодезичних координат є однією з найпоширеніших систем координат на поверхні еліпсоїда. Основна перевага цієї системи полягає в тому, що геодезичні координати B і L відрізняються від астрономічних координат φ і λ на невеликі величини:

$$\begin{aligned} \varphi - B &= \xi; \\ \lambda - L &= \eta \sec \varphi, \end{aligned} \quad (4.6)$$

де: ξ і η — складові відхилення схилю в меридіані й у першій вертикалі, що можуть бути визначені гравіметричним методом;

φ і λ — координати, обумовлені астрономічними методами незалежно від геодезичних вимірів.

Система геодезичних координат є основою для переходу до будь-якої іншої системи координат на поверхні еліпсоїда.

4.1.3. Світова геодезична система координат

Світова геодезична система координат — WGS-84, у ній поверхнею віднесення є еліпсоїд обертання з такими параметрами:

- велика піввісь $a = 6\,378\,137$ м,
- стиснення $\alpha = 1:298,2572221$;
- мала піввісь $b = 6\,356\,752,314$ м;
- зональна гармоніка другого степеня $C_{2,0} = -484,166\,85 \cdot 10^{-6}$;
- кутова швидкість обертання Землі $\omega_E = 7\,292\,115 \cdot 10^{-11}$ рад·с⁻¹;
- гравітаційна стала Землі $\mu = 3\,986\,005 \cdot 10^8$ м³ с⁻².

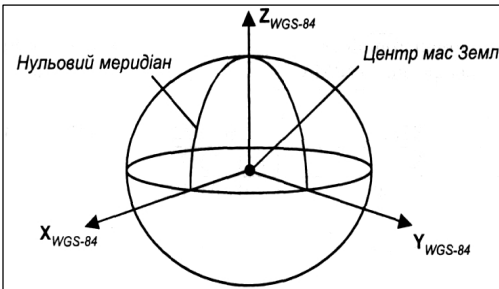


Рис.4.6. Система координат WGS-84

Початок та осі системи WGS-84 задаються таким чином:

- початок координат — центр мас Землі;
- вісь Z — спрямована на Умовний земний полюс (IRP), як рекомендований Міжнародною службою обертання Землі (IERS). Цей напрямок відпові-

дає напрямку на Загальноземний полюс (СТР) за визначенням Міжнародного Бюро Часу (BTS) на епоху 1984 р. з похибкою 0,005";

- вісь X — спрямована в точку перетину нульового меридіана (IRM) з площиною екватора (СТР), які встановлені Міжнародною службою обертання Землі;

- вісь Y — завершує правосторонню ортогональну систему координат з початком у центрі мас Землі. Вона розміщена в площині екватора (СТР) під кутом 90 градусів на схід від осі X .

Координатна система WGS-84 суміщена з геометричним центром загальноземного еліпсоїда WGS-84, а вісь Z - з віссю обертання цього еліпсоїда.

Положення точки може бути представлено як у декартових (X, Y, Z), так і в еліптичних (тобто геодезичних φ, λ, h) координатах.

З метою інтеграції України у світову та європейську економічні системи, запровадження сучасних систем навігації транспортних засобів, участі в міжнародних наукових дослідженнях глобальних екологічних і геодинамічних процесів, вивчення фігури Землі, картографування території, розвитку та модернізації Державної геодезичної мережі Кабінетом Міністрів України прийнята від 1999 р. Постанова № 2359 “Про впровадження на території України Світової геодезичної системи координат WGS-84” та розпорядження № 320-р. від 2000р. “Про затвердження планових заходів щодо впровадження на території України Світової геодезичної системи координат WGS-84”.

Основною ланкою всієї структури реалізації системи WGS-84 на території України є перманентна мережа супутникових радіонавігаційних спостережень (ПМСРС), яка є складовою частиною Фундаментальної геодезичної мережі (ФГМ). Її пункти (Київ (Голосіїв), Ужгород, Полтава та Львів) обладнані постійно діючими супутниковими приймачами і працюють у рамках європейського проекту EUREF та міжнародної служби IGS (Міжнародна служба вивчення геодинаміки за допомогою GPS). Пункти перманентної мережі включені в мережу високоточного нівелювання.

Оскільки пункти перманентної мережі не є пунктами існуючої на території України Державної геодезичної мережі (ДГМ), то для встановлення зв'язку національної системи координат із системою WGS-84 визначаються координати пунктів Державної геодезичної мережі у Світовій геодезичній системі.

4.1.4. Система плоских прямокутних координат

Прямокутні координати вперше були введені в науку французьким ученим Декартом у 1637 р. По імені автора їх називають декартовими координатами. Вони широко застосовуються і в даний час.

У системі плоских прямокутних координат залежність між координатами

точок, відстанями і напрямками значно простіша, ніж у геодезичній системі, внаслідок цього обчислення прості і менш трудомісткі.

В основі будь-якої геодезичної референц-системи лежить земний еліпсоїд, або референц-еліпсоїд. Референц-еліпсоїдом називається земний еліпсоїд, прийнятий для обробки геодезичних вимірів і встановлення системи геодезичних координат. Однією з основних умов вибору референц-еліпсоїда є найбільший його збіг з геоїдом (квазігеоїдом) даної країни або декількох суміжних країн.

З 1946 р. для геодезичних, топографічних і картографічних робіт на всій території СРСР уведена система координат 1942 р. Система прямокутних координат 1942 р. визначається:

- параметрами еліпсоїда Красовського;
- застосуванням методу проектування в сполученні з методом розгортання при редукуванні точок на поверхню референц-еліпсоїда;
- вихідними геодезичними даними B_0 , L_0 центра круглого залу Пулковської обсерваторії і геодезичним азимутом A_0 на пункт Бугри Саблінської базисної мережі, висота (ξ_0) геоїда над еліпсоїдом у цьому пункті дорівнює нулю.

Система плоских прямокутних координат застосовується по зонах. Координатні зони обмежуються меридіанами, що відстоять від осьового на $\pm 3^\circ$. Осьовими меридіанами є середні меридіани аркушів карти масштабу 1:1000000. Колони аркушів карти 1:1 000 000 нумеруються від 1 до 60, починаючи від меридіана з довготою $L = 180^\circ$ по напрямку на схід. У межах України колони мають нумерацію 34, 35, 36, 37. Довгота осьового меридіана L_0 у кожній зоні визначається за формулою

$$L_0 = 6n - 3, \quad (4.7)$$

де $n = N - 30$ — номер зони (N — номер колони).

У кожній зоні за координатні осі приймаються: осьовий меридіан — за вісь абсцис, екватор — за вісь ординат (рис.4.7). Абсциса X точки є довжиною дуги осьового меридіана від екватора, обумовленої за законом проекції Гаусса, а ордината Y вказує положення точки щодо осьового меридіана і для точок на схід осьового меридіана вважається додатною, а на захід — від'ємною.

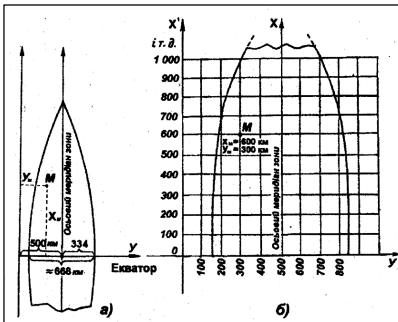


Рис.4.7. Зображення координатної зони на площині: а - однієї зони; б - частини зони

Для уникнення від'ємних Y початок відліку виноситься за межі зони на захід на відстань 500 км від перетину осьового меридіана з екватором. У цьому випадку Y будь-якої точки на захід від осьового меридіана зони завжди буде додатним і за абсолютним значенням менше 500 км, а Y точки на схід від осьового меридіана - завжди більше 500 км. Оскільки ширина зони на екваторі становить близько 668 км (рис.4.7 а), то в межах однієї зони Y може бути від 0 до 834 км, а X — від 0 до 10 000 км.

Крім того, перед отриманими значеннями ординати приписують номер зони (від нульового Гринвіцького меридіана), у якій розташовується відповідна точка.

Застосування прямокутних координат у 6-градусних зонах забезпечує обчислення зйомок масштабу 1:10000 і дрібніше, при цьому лінійні перекручування на краю зони досягають 1:1200, що відповідає точності виміру ліній стрічками (і точності топографічної зйомки масштабу 1:10000).

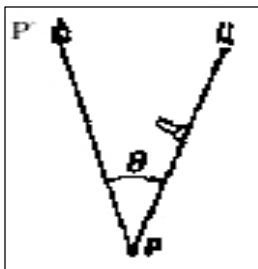
Дуже близька за своїми властивостями і розподілом перекручувань до проекції Гаусса застосовувана в даний час у багатьох країнах так звана універсальна поперечно-циліндрична проекція Меркатора в 6-градусних зонах. Основна відмінність її від проекції Гаусса полягає в тім, що масштаб на осьовому меридіані дорівнює не одиниці, а 0,9996.

Система координат 1963 р. — система прямокутних координат на площині в триградусних зонах, яка має зв'язок з системою координат 1942 р.

4.1.5. Система полярних координат

Для визначення взаємного положення точок у багатьох випадках зручно користуватися системою полярних координат. Часто розв'язання задач у системі полярних координат є найбільш простим і наочним. Незалежно від виду поверхні елементами полярної системи координат є (рис.4.8):

- полюс (задана початкова точка системи - P);
- полярна вісь (задана лінія, що проходить через полюс системи і виконує функцію осі координат — PP');
- радіус-вектор (відстань від полюса системи до поточної точки поверхні — D);
- полярний кут (кут між полярною віссю і радіусом-вектором — θ).



Полярний кут прийнято вважати додатним при відліку від полярної осі в напрямку руху годинникової стрілки і від'ємним при відліку в зворотну сторону.

Рис.4.8. Система полярних координат на площині

У полярній системі координат за полярну вісь можна використовувати лінію істинного чи магнітного меридіанів, кілометрової сітки або напрямок на один з віддалених орієнтирів.

Кут положення від істинного меридіана, магнітного меридіана або вертикальної лінії кілометрової сітки називається відповідно істинним азимутом, магнітним азимутом або дирекційним кутом.

Різновидом полярних координат є біполярні координати. Біполярні координати - це дві лінійні чи дві кутові величини (рис.4.9), які визначають місцезнаходження точки відносно двох вихідних точок-полюсів.

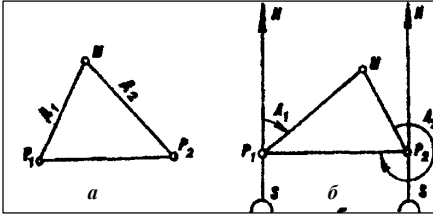


Рис.4.9. Біполярні координати:
а - відстані D_1 і D_2 ; б - кути A_1 і A_2

Лінійними величинами служать відстані (дистанції) від полюсів до точки, яку визначають.

Кутові величини – лінія (магнітного чи істинного азимута, дирекційного кута або кута, що вимірюється від полярної осі), яка з'єднає вихідні точки.

У світовій практиці застосовуються декілька систем координат, параметри референц-еліпсоїдів яких наведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1

Параметри деяких референц-еліпсоїдів

Система координат	Референц-еліпсоїд	Велика піввісь, м	Стиснення α
ITRF-93	GRS-80	6 378 137	298,257 222 101
WGS-84	WGS-84	6 378 137	298,257 223 563
СК-42	Красовського	6 378 245	298,300
ПЗ-90		6 378 136	298,257 839 303

Система ПЗ-90 є координатною основою в супутниковій навігаційній системі ГЛОНАСС.

4.1.6. Система висот

Висота точки земної поверхні H є однією з координат, що визначає фігуру фізичної поверхні Землі щодо прийнятого референц-еліпсоїда.

За допомогою висот зображується рельєф на топографічних картах, виробляється проектування і будівництво різних споруд. Висота точки над поверхнею земного еліпсоїда називається геодезичною висотою.

Безпосередньо вимірювати висоти над поверхнею еліпсоїда з достатньою точністю неможливо. Прийнято одержувати геодезичні висоти H як суму

двох обмірюваних додатків: відстані від референц-еліпсоїда до рівня моря (N_M) і відстані від рівня моря до відповідної точки поверхні Землі (H'_M). Обидва додатки є відрізками однієї нормалі до поверхні референц-еліпсоїда (рис.4.10):

$$H_M = H'_M + N_M \quad (4.8)$$

або

$$H_M = H'_M + \xi_M. \quad (4.9)$$

Перша частина (H'_M або H'_M) геодезичної висоти називається *висотою над рівнем моря*. Друга частина (N_M або ξ_M) геодезичної висоти — *висота рівня моря над поверхнею референц-еліпсоїда*.

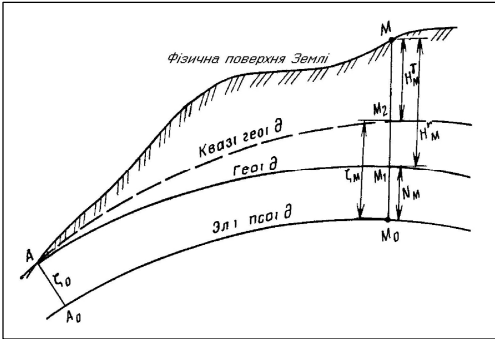


Рис.4.10. До визначення висоти точки земної поверхні

У формулі (4.8) H'_M — висота точки M над поверхнею геоїда (ортометрична висота), а N_M — висота точки M_1 над поверхнею референц-еліпсоїда.

Дослідження показали, що точно, без застосування гіпотез про внутрішню будову Землі, обидва вирази, що складаються (4.8), обчислити неможливо. Складові правої частини виразу (4.9) можна обчислити точно. У цій формулі H'_M — висота точки M над поверхнею квазігеоїда є *нормальною висотою*, а ξ_M — *аномалія висоти*.

Таким чином, при обчисленні висот приходиться мати справу з двома відліковими поверхнями: поверхнею референц-еліпсоїда для обчислення геодезичних висот H та поверхнею квазігеоїда для обчислення нормальних висот H' . **Нормальна висота показана на топографічних картах при зображенні рельєфу.**

Висоту H' визначають точно, застосувавши метод геометричного нівелювання із використанням гравіметричних даних. Аномалію висоти ξ визначають методом астрономо-гравіметричного нівелювання.

З 1977 р. застосовується Балтійська система висот. Висоти всіх пунктів даються в цій системі висот.

4.1.7. Перехід від однієї системи координат до іншої системи координат

Усі лінії на поверхні земного еліпсоїда, за винятком осьового меридіана й екватора, зображуються на площині кривими. У зв'язку з тим, що в конформній проекції сторони трикутників зображуються на площині кривими лініями, то застосувати прості формули аналітичної геометрії для рішення геодезичних задач неможливо. Тому криволінійні сторони трикутника на площині замінюють хордами. Крім того, розроблений математичний апарат, що дозволяє обчислити з необхідною точністю плоскі прямокутні координати x, y вихідного пункту в точці I по його геодезичних координатах - широті B і довготі L та переходу від x, y до B і L .

Для обчислення прямокутних координат x, y по геодезичних координатах, залежно від необхідної точності, використовується відповідний математичний апарат.

Для обчислення координат з точністю 5-7 м, що достатня для рішення багатьох практичних задач, можна застосовувати такі формули ("Настанова з обчислення азимута і довжини геодезичної лінії на поверхні еліпсоїда Красовського" М., 1960):

$$\left. \begin{aligned} x &= X + \frac{N}{2\rho^2} \sin B \cos Bl^2; \\ y &= \frac{N}{\rho} \cos Bl + \frac{N}{6\rho^3} \cos^3 B \cdot (1 - \operatorname{tg}^2 B) \cdot l^3. \end{aligned} \right\} \quad (4.10)$$

Обчислення геодезичних координат по прямокутних координатах Гаусса-Крюгера за формулами (4.11) забезпечує точність обчислення геодезичних координат B і L до 0,0001":

$$\left. \begin{aligned} B &= B_x - [1 - (b_4 - 0,12z^2) * z^2] * z^2 b_2 \rho^{-2}; \\ L &= L_0 + l; \\ l &= [1 - (b_3 - b_3 z^2) * z^2] * z \rho^{-1}, \end{aligned} \right\} \quad (4.11)$$

де

$$B_x = \beta + \{50221746 + [293622 + (2350 + 22 \cos^2 \beta) \cos^2 \beta] 0^{-10} \sin \beta \cos \beta \rho^{-2};$$

$$\beta = (x / 6367558,4969) \rho^{-1};$$

$$z = y / (N_x \cos B_x);$$

$$N_x = 6399698,902 - [21562,267 - (108,973 - 0,612 \cos^2 B_x) \cos^2 B_x] \cos^2 B_x;$$

$$b_2 = (0,5 + 0,003369 \cos^2 B_x) \sin B_x \cos B_x;$$

$$b_3 = 0,3333333 - (0,166667 - 0,001123 \cos^2 B_x) \cos^2 B_x;$$

$$b_4 = 0,25 + (0,16161 + 0,00562 \cos^2 B_x) \cos^2 B_x;$$

$$b_5 = 0,2 - (0,1667 - 0,0088 \cos^2 B_x) \cos^2 B_x.$$

Перетворення прямокутних координат Гаусса-Крюгера з однієї зони в іншу може здійснюватися декількома способами. Використовуючи формули (4.11), переходять від прямокутних координат точки x_1, y_1 , заданих у системі I зони з осьовим меридіаном L_0^I , до геодезичних координат B_1, L_1 . Потім від

геодезичних координат B , L_1 цієї точки переходять за формулами (4.10) до прямокутних координат x_{II} , y_{II} у системі другої зони з осьовим меридіаном L_0^{II} .

4.2. Прилади та інструменти

4.2.1. Мірні стрічки

При визначенні координат додаткових вихідних пунктів і елементів бойового порядку на позиції підрозділу РТЗ методом полігонометрії (прокладення теодолітного ходу) вимір довжин сторін ходу виконується за допомогою мірних стрічок (рис.4.11).

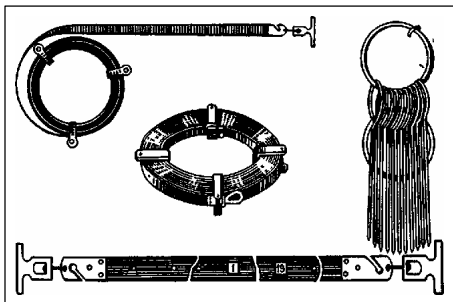


Рис.4.11. Штрихова мірна стрічка з комплектом шпильок

Мірна стрічка виготовляється зі сталевий смуги шириною близько 20 мм і товщиною 0,3-0,4 мм. При прокладенні теодолітних ходів застосовуються, як правило, стрічки довжиною 20 і 24 м (є стрічки довжиною 30, 50 і 100 м).

Комплект робочих стрічок складається, як правило, з однієї 20-метрової й однієї 24-метрової стрічок і 11 сталевих шпильок на застібальному кільці до кожної стрічки.

На 20-метровій стрічці метри відзначені особливими занумерованими мідними пластинками, а напівметри - пластинками іншої форми і без номера. Дециметри відзначені круглими отворами. На 24-метровій стрічці пластинки укріплені через 1,2 і 0,6 м, а круглі отвори зроблені через 12 см.

На кінцях стрічки підписується її довжина в метрах і номер. Початок і кінець стрічки відзначені штрихами, у штрихів мають вирізи для установки шпильок. Для зручності натягування стрічки уздовж вимірюваної лінії мають ручки.

Перед виміром лінії мірні стрічки порівнюються з довжиною нормальної стрічки. Цей процес називається *компаруванням*. У результаті компарування робочої стрічки визначається виправлення в довжину обмірюваної лінії даною стрічкою ($\Delta l_{п.р.с}$). Нормальні стрічки використовуються тільки для порівняння робочих стрічок.

Вимір лінії проводиться в денний час двома мірниками, один із яких є переднім, а другий - заднім.

Перед початком виміру стрічку розмотують і витягають у напрямку вимірюваної лінії. Передній мірник бере в ліву руку стрічку і десять шпильок на кільці. Задній мірник сполучає нульовий штрих стрічки з початком вимірюваної лінії (з центром вихідного пункту), установлює прямовисно у виріз стрічки 11-ту шпильку і встромляє її якомога глибше в землю. Потім установлює переднього мірника так, щоб стрічка була в створі вимірюваної лінії (у створі виставлених віх). Передній мірник, струшуючи і злегка натягуючи стрічку, встромляє шпильку в землю через виріз на іншому кінці стрічки. Таким чином довжина стрічки відкладається на лінії вперше.

За сигналом переднього мірника “ГОТОВО” задній виймає свою шпильку, вішає на своє кільце, і вони йдуть зі стрічкою вперед доти, поки задній, дійшовши до поставленої переднім шпильки, не дасть сигнал “СТІЙ”. Після цього стрічка укладається другий раз і т.д.

Якщо довжина лінії більш 200 м, то, після того як передній мірник поставив останню (10-ту) шпильку, задній передає йому десять шпильок, що накопичилися, і позначає цю передачу в себе в журналі. Передній мірник, приймаючи шпильки, обов’язково їх перераховує, після чого протягає стрічку вперед. Задній мірник надягає кінець стрічки на шпильку, що залишилася в землі, і вимір продовжується в тім же порядку.

Вимірюючи залишок, передній мірник протягає стрічку так, щоб її кінець вийшов за останню точку лінії, повертається до цієї точки і робить відлік за стрічкою.

Потім обчислюється довжина D_1 усієї лінії за формулою

$$D_1 = 200 N + 20 n + r, \quad (4.12)$$

де N — число передач шпильок;

n — число шпильок у заднього мірника (шпилька, уткнута в землю, за яку зачеплений кінець стрічки заднього мірника, у це число не входить);

r — довжина відрахованого за стрічкою залишку лінії.

Кожну лінію вимірюють два рази. Повторний вимір лінії виконується 24-метровою стрічкою, що називається контрольною. Виміри здійснюються в такому ж порядку, після чого результати звіряються. Внаслідок неминучих помилок вимірів результати можуть бути неоднакові, але вони не повинні перевищувати таких допусків:

- для сприятливої місцевості (сухий луг, степ, дорога, розчищена просіка тощо) - не більш 1:1000 від довжини вимірюваної лінії;

- для несприятливої місцевості (луг з купинами, свіжозоране поле, погано розчищена просіка тощо) - не більш 1:700.

Якщо розбіжності перевищують зазначені допуски, то виміри повторюються.

Для підвищення точності виміру ліній стрічкою в результаті вимірів вводять поправку на порівняння довжини робочої стрічки з нормальною, на

зміну температури стрічки і на приведення обмірюваних ліній до горизонту.

Поправка довжини обмірюваної лінії на порівняння робочої стрічки з нормальною. Виправлення розраховується за формулою

$$\Delta D_1 = \Delta l_{\text{п.р.с}} \cdot n. \quad (4.13)$$

Якщо довжина робочої стрічки більша від нормальної, то отримана відстань буде зменшеною, тому виправлення потрібно додавати. Якщо ж довжина робочої стрічки менша від нормальної, то виправлення потрібно віднімати:

$$D = D_1 \pm \Delta D_1. \quad (4.14)$$

Такий результат буде отриманий, якщо температура стрічки під час компарування і при вимірі лінії була однаковою.

Поправка довжини обмірюваної лінії на зміну температури стрічки. Для 20-метрової стрічки величина Δl_T складає 0,25мм на один градус, а для 24-метрової — 0,30 мм на один градус:

$$\Delta D_2 = \Delta l_T \cdot (t_k - t_n) \cdot (10N + n), \quad (4.15)$$

де t_k — температура стрічки при компаруванні;

t_n — температура стрічки при вимірі лінії.

Вважається припустимою помилка обмірюваної лінії, викликана зміною температури стрічки, що не перевищує 1:10000 її довжини. Відповідно до цього виправлення в довжину обмірюваної лінії за зміну температури стрічки вводять лише в тому випадку, якщо температура стрічки при вимірі лінії відрізняється від її температури при компаруванні на 8° і більше:

$$D = D_1 \pm \Delta D_1 + \Delta D_2. \quad (4.16)$$

Приведення обмірюваних ліній до горизонту. Обмірювана на місцевості сторона ходу, як правило, являє собою ламану лінію. Тому необхідно увести поправку на нахил лінії.

З трикутника ABB_0 (рис.4.12) $\delta_d = D - D_0$. Після перетворень поправка на нахил лінії розраховують за формулами:

$$\delta_d = -2D \sin^2 \frac{\alpha}{2}. \quad (4.17)$$

$$D_0 = D + \delta_d. \quad (4.18)$$

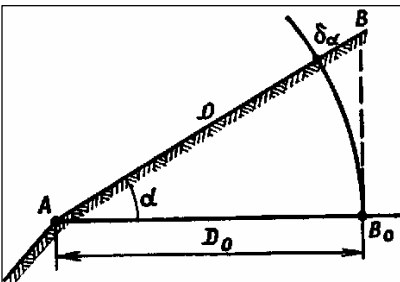
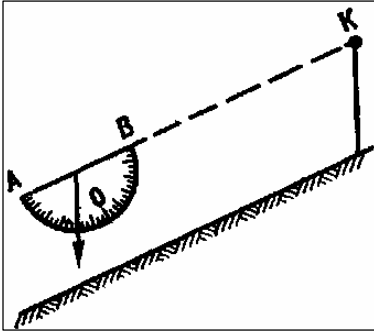


Рис.4.12. Горизонтальна проекція похилого відрізка лінії:

D - довжина похилого відрізка АВ обмірюваної сторони ходу; D_0 - проекція довжини цього відрізка на горизонтальну площину; α - кут нахилу місцевості; δ_d - поправка на приведення до горизонту довжини похилого відрізка

При вимірі довжин сторін теодолітного ходу при крутості схилів, що не перевищує 1° , поправка δ_a на приведення ліній до обр'ю можна знехтувати, тому що ця помилка буде менше 1:10 000 довжини лінії ходу.

Приведення довжин ліній, обмірюваних стрічкою, до горизонту здійснюється у всіх випадках, коли кути їх нахилу перевищують 2° .



Кути нахилу вимірюються теодолітом, бусоллю або екліметром.

Рис.4.13. Екліметр

Відлік кута нахилу здійснюється по нитці виска, закріпленого в центрі півкола, розділеного на градуси і 30-хвилинні роз-

поділи

Точність укладання стрічки у створі вимірюваної лінії. Відхилення стрічки від створу за характером виникаючих помилок аналогічне нахилу вимірюваної лінії.

Застосувавши формулу $\delta_a = -2D \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ і вважаючи, що значення функцій

синусів і тангенсів малих кутів близькі до значень цих кутів, можна вважати, що відносна помилка відхилення стрічки від створу вимірюваної лінії не більша 1:10 000. Після підрахунку припустимого значення відхилення, що дорівнює $\pm 0,14$ м, таке відхилення легко помітне на око і точність укладання стрічки виправляється на місці.

При вимірі ліній через яри, бугри, чагарник може відбутися провисання стрічки, що завжди приводить до збільшення результату вимірів. Для зменшення впливу цих помилок потрібно, по можливості, вибирати трасу так, щоб вимір ліній виконувався в найбільш сприятливих умовах.

4.2.2. Далекомірні рейки

При зйомці ділянок місцевості, де розташована позиція підрозділів РТЗ, а також при вимірі відстаней у деяких випадках використовуються оптичні далекоміри. Оптичні далекоміри бувають з постійним кутом і з постійною рейкою (базою).

У теодолітах застосовується нитяний далекомір з постійним кутом. Цей далекомір складається з додаткових тонких прямих ліній, награвірованих на скляній пластинці паралельно до центральної горизонтальної лінії. Відстань q (рис.4.14) між крайніми нитками далекоміра постійна.

Якщо візирну вісь зорової труби направити на рейку, установлену перпендикулярно до неї, і сфокусувати так, щоб зображення ab рейки знаходилося в площині ниток, то зображення точок a і b збіжиться з зображенням точок A і B рейки.

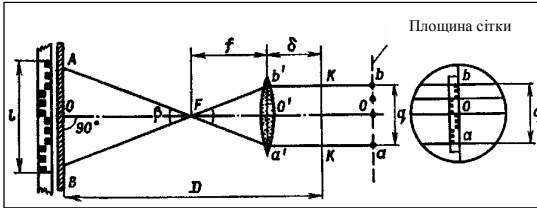


Рис. 4.14. Схема нитяного далекоміра

З трикутника AOF

$$OF = \frac{1}{2}l \cdot \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} = \frac{f}{q}l, \quad (4.19)$$

де l – величина відрізка по рейці між далекомірними нитками, що проєктуються на рейку;

β – постійний кут оптичної системи, що не залежить від фокусування зорової труби приладу;

f – фокусна відстань об'єктива зорової труби теодоліта.

Відношення f/q є величиною постійної і називається коефіцієнтом далекоміра (C). Відповідно до цього

$$OF = C \cdot l. \quad (4.20)$$

Обчислення відстані зручно робити, якщо коефіцієнт далекоміра дорівнює 100. Цього можна досягти тоді, коли відстань між крайніми нитками при гравіруванні буде в 100 разів менша від фокусної відстані об'єктива теодоліта, тобто $q = 0,01f$.

При $C = 100$ кожен сантиметр рейки, що уклався між крайніми нитками сітки, буде відповідати 1 м відстані на місцевості. На сітці ниток зорової труби мається середня нитка. Відстань від середньої нитки до крайніх дорівнює $0,5q$. При використанні цих ниток як далекомірних відлічені по рейці відстані треба збільшити у два рази. Допущені при цьому помилки у відліках по рейці також збільшуються у два рази.

Практично не завжди вдається виготовити далекоміри з коефіцієнтом, що дорівнює 100. Його можна визначити за формулою

$$C = \frac{D_{\text{від}}}{l}, \quad (4.21)$$

де $D_{\text{від}}$ – відома відстань від приладу до рейки;

l – видимий між крайніми нитками відрізок на рейці.

Щоб уникнути додаткових обчислень для кожного приладу виготовляють рейку з розподілами такої величини, щоб відлічене по далекоміру число розподілів незалежно від значення коефіцієнта C дорівнювало числу метрів на місцевості. Для цього здійснюється розбивка рейок. На рівній місцевості вивіреною стрічкою виміряється відстань 200 м. На одному кінці лінії встановлюється теодоліт, на іншому – точно вертикально рейка, підготовлена для розбивки (рис.4.15).

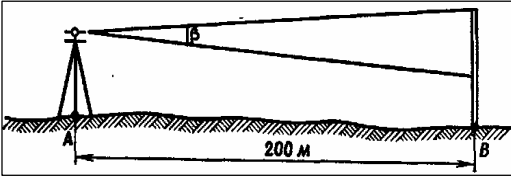
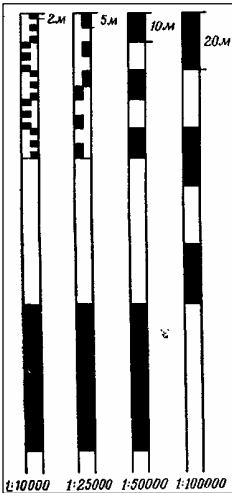


Рис.4.15. Розбивка рейки

Зорув трубу крайньою ниткою наводять на верхній кінець рейки, а проєкцію другої крайньої нитки на рейку помічник відзначає олівцем. Відстань від верхнього кінця рейки до зробленої відмітки поділяється навпіл, а потім на більш дрібні відрізки. Після розбивки рейка розфарбовується так, як показано на рис.4.16.



Розфарбована рейка перевіряється шляхом вимірювання відомих відстаней далекоміром за її допомогою.

Рис.4.16. Зразки рейок

При вимірі дальності рейка повинна встановлюватися перпендикулярно до лінії візування. Але оскільки рейку прийнято ставити завжди прямовисно, то на нерівній поверхні рейка не перпендикулярна до візирної лінії. Тому виникають помилки через неперпендикулярність рейки до лінії візування і через нахил лінії візування до горизонту ($\Delta D_{\text{лв}}$). Після виправлення цих помилок одержують горизонтальне проложення обмірних ліній. Зазначені поправки визначаються за таблицею поправок на нахил ліній, обмірваних далекоміром (табл.4.2).

Поправки ($\Delta D_{\text{лв}}$) на нахил ліній, обмірюваних далекоміром (м)

Кут нахилу, α°	Відлік по рейці, м								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
5	1	2	2	3	4	5	6	6	7
6	1	2	3	4	6	7	8	9	10
7	2	3	5	6	7	9	10	12	13
8	2	4	6	8	10	12	14	16	17
9	2	5	7	10	12	15	17	20	22
10	3	6	9	12	15	18	21	24	27
11	4	7	11	15	18	22	26	29	33
12	4	9	13	17	22	26	30	35	39
13	5	10	15	20	25	30	35	40	46
14	6	12	18	23	29	35	41	47	53
15	7	13	20	27	34	40	47	54	60
16	8	15	23	30	38	46	53	61	68
17	9	17	26	34	43	51	60	68	77
18	10	19	29	38	48	57	67	76	86
19	11	21	32	42	53	64	74	85	95
20	12	23	35	47	58	70	82	94	105
21	13	26	38	51	64	77	90	103	116
22	14	28	42	56	70	84	98	112	126
23	15	30	46	61	76	92	107	122	137
24	16	33	50	66	83	99	116	132	149
25	18	36	54	71	89	107	125	143	161
26	19	38	58	77	96	115	134	154	173
27	21	41	62	82	103	124	144	165	186
28	22	44	66	88	110	132	154	176	198
29	24	47	70	94	118	141	164	188	212
30	25	50	75	100	125	150	175	200	225

Горизонтальне проложення D_0 обмірюваної лінії за допомогою далекоміра обчислюється за формулою

$$D_0 = D - \Delta D_{\text{лв}}. \quad (4.22)$$

Виправлення $\Delta D_{\text{лв}}$ завжди віднімається з обмірюваної довжини лінії. Величина виправлення не враховується, якщо вона не перевищує 0,2 мм у масштабі зйомки. Якщо ж обмірювана відстань використовується для обчислення висот точок, то виправлення потрібно враховувати при кутах нахилу більше, ніж 5° .

При необхідності можуть враховуватися поправки на товщину далекомірних ниток, нахил положення рейки, повітряні конвекційні потоки, заломлення променів в атмосфері (рефракція), округлення при відліку.

4.2.3. Перископічна артилерійська бусоль

Перископічна артилерійська бусоль (ПАБ-2А) призначена для визначення магнітних азимутів напрямків і виміру горизонтальних і вертикальних кутів на місцевості, а також для виміру відстаней до 400 м за допомогою спеціальної рейки. У підрозділах РТЗ бусоль використовується під час топогеодезичних робіт з прив'язки й орієнтування елементів бойового порядку.

Основні дані бусолі ПАБ-2 А

Збільшення – 8^x.

Поле зору труби – 5° (0-83).

Перископічність – 350 мм.

Межі виміру горизонтальних кутів – 00-00 - 60-00 (0 – 360°).

Межі виміру вертикальних кутів – 0±3-00 (0 – ±18°).

Ціна розподілів:

кутомірної шкали у полі зору – 0-05;

кутомірного і бусольного кілець, шкали монокуляра – 1-00;

кутомірного і бусольного барабанів, барабана вертикального наведення – 0-01 (в градусній мірі – 3,6°);

далекомірної шкали (далекомірні шкали на сітці монокуляра розраховані для двометрової рейки (оцифрована в метрах):

50—100 м – 2 м;

100—150 м – 5 м;

150—200 м – 10 м;

200—300 м – 20 м;

300—400 м – 50 м.

У комплект бусолі входять: бусоль ПАБ-2А з футляром, азимутальна насадка АНБ-1, два світлофільтри до насадки, перископ (знімний) з футляром, тринога, висвітлення (1 комплект). Загальна маса комплекту – 11,9 кг.

Загальна будова бусолі ПАБ-2А

Бусоль складається з трьох основних частин: вертикальної осі, корпусу бусолі і верхньої частини бусолі з монокуляром.

Вертикальна вісь (рис.4.17, 11) є основою, на якій зібрані всі механізми бусолі. Вона закінчується кульовою п'ятою, яка призначена для кріплення її в підп'ятнику триноги. На вертикальній осі кріпиться корпус бусолі, що може вільно обертатися, якщо буде виключений нижній черв'як за допомогою рукоятки, яка виключає. Нижній навідний черв'як (рис.4.17, 10) призначений для наведення бусолі за певних умов у потрібному напрямку й точного орієнтування бусолі.

На *корпусі бусолі* маютьяся два кільця: верхнє (нерухоме) – бусольне кільце (рис.4.17, 3), нижнє – кутомірне (рис.4.7, 2, може вільно обертатися, як-

що звільнити гальмову колодку).

Бусольне і кутомірне кільця розділені на 60 частин. Ціна одного розподілу дорівнює 1-00. Оцифровка розподілів на бусольному кільці зроблена в напрямку по ходу годинникової стрілки, а на кутомірному кільці – проти ходу годинникової стрілки.

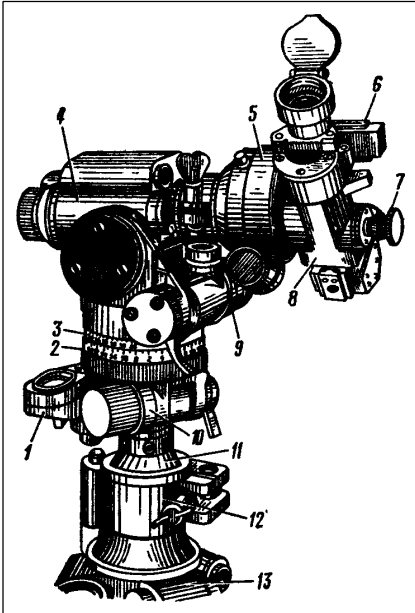


Рис.4.17. Перископічна артилерійська бусоль ПАБ-2А с азимутальною насадкою АБН-1:

- 1 - орієнтир-бусоль; 2 - кутомірне кільце;
- 3 - бусольне кільце; 4 - монокуляр;
- 5 - азимутальна насадка; 6 - рівень; 7 - маховичок повороту голівки візира;
- 8 - візир; 9 - корпус відлікового черв'яка; 10 - корпус настановного черв'яка; 11 - вертикальна вісь-шестірна з кульовою п'ятою; 12 - затиска чашка;
- 13 - голівка триніги

Верхня частина бусолі складається з корпусу відлікового механізму, на якому за допомогою стійки кріпиться монокуляр (рис.4.17, 4). Відлік розподілів на кільцях йде проти покажчиків, закріплених на верхній частині бусолі. Покажчик для бусольного кільця позначений буквою “Б”, для кутомірного кільця - буквою “У”, на кутомірному кільці нанесені точки для визначення синусів кутів.

Штрихи і цифри на бусольному кільці залиті чорною, а на кутомірному кільці - червоною фарбою.

З корпусом бусолі з'єднана коробка магнітної стрілки (рис.4.17, 1), на кришці якої нанесені букви “С” і “Ю”, що відповідають північному і південному напрямкам. У середині дна коробки укріплена голка, на вістря якої спирається магнітна стрілка. По закінченні роботи стрілка повинна обов'язково притискатися до скла за допомогою аретира.

Черв'як відлікового механізму закріплений на корпусі (рис.4.17, 9). На правому кінці відлікового черв'яка (якщо дивитися з боку окуляра) закріпле-

ний маховик, у якому знаходиться барабан бусолі. Маховик установлений так, що його нульовий відлік відповідає цілому числу розподілів на бусольному кільці.

На лівому кінці відлікового черв'яка міститься барабан кутоміра. Барабан кутоміра може бути поставлений на нульові установки при будь-якому положенні монокуляра.

Барабани розділені на 100 частин. Повному обороту барабана відповідає зсув верхньої частини приладу на 1-00 (ціна одного розподілу барабана відповідає одному розподілу кутоміра 0-01).

Монокуляр (рис.4.17, 4) являє собою зорову трубу восьмикратного збільшення з рухливим окуляром. Оптична система монокуляра складається з об'єктива, двох призм, що обертають, сітки й окуляра.

Окуляр можна сфокусувати обертанням діоптрійного кільця.

Сітка встановлена у фокальних площинах об'єктива й окуляра і являє собою плоскопаралельну скляну пластинку. На пластинці нанесені кутомірна шкала і дві далекомірні шкали – горизонтальна і вертикальна (рис.4.18).

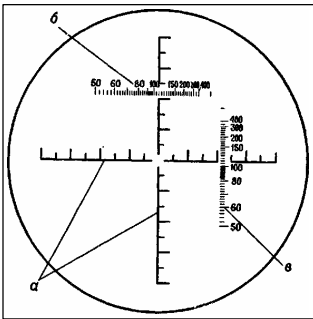
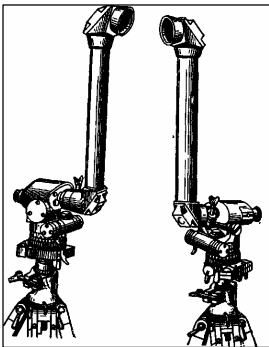


Рис.4.18. Сітка монокуляра:

а - кутомірні шкали;
б, в - далекомірні шкали

Загальна величина кутомірної шкали дорівнює 0-80; ціна одного малого розподілу дорівнює 0-05. Далекомірні шкали оцифровані в метрах і розраховані для виміру відстаней у межах 50 – 400 м за допомогою спеціальної двометрової рейки.



Для приблизного наведення монокуляра на об'єкт на його корпусі маєсь візир у вигляді жолобка. Точне наведення монокуляра у вертикальній площині здійснюються за допомогою механізму вертикального наведення.

Рис.4.19. Бусоль з перископом

Кульовий рівень служить для установки бусолі в горизонтальне положення.

Перископ являє собою окрему оптичну насадку (рис.4.19), він застосовується при роботі з бусоллю через укриття й залежно від місцевих умов може бути установлений вертикально, похило або горизонтально.

Тринога призначена для установки бусолі в робоче положення. Вона складається з голівки триноги, чашки і трьох розсувних ніжок.

Футляри призначені для запобігання від ушкоджень бусолі, перископа, азимутальної насадки під час перевезення і перенесення приладів.

Висвітлення служить для роботи з бусоллю в нічний час. Комплект висвітлення складається з акумулятора напругою 2,5 В, штепселя, лампи сітки і переносної лампи.

Азимутальна насадка АНБ-1 служить для визначення напрямку на полюс Світу по розташуванню на небозводі зірок α (Полярна зірка) і β сузір'я Мала Ведмедиця, а також для відзначань по Сонцю, Місяцеві, зірках і місцевих предметах (шкала 1950 – 2000 pp.).

Підготовка бусолі до роботи

Послідовність переведення бусолі з похідного положення в робоче:

1) установити триногу так, щоб вона знаходилася в стійкому положенні і щоб зручно було працювати з бусоллю стоячи, з коліна або лежачи залежно від умов місцевості. Для цього:

- відстебнути ремінь, що стягає ніжки триноги;
- послабити всі баранчики триноги і, висунувши розсувні ніжки на необхідну довжину, закріпити баранчики;
- розставити триногу, міцно вдавивши її башмаки в ґрунт (натиснувши ногою на виступи вздовж стійки), при необхідності відцентрувати відносно точки вимірювання і закріпити болти баранчиками;
- звільнити затискний гвинт чашки і відкинути її другу половину;

2) відкрити футляр, вийняти бусоль і установити її в чашці, закріпивши затискний гвинт;

3) зробити орієнтування бусолі за магнітною стрілкою;

4) сфокусувати окуляр по оку спостерігача;

5) при роботі в нічний час увімкнути висвітлення і за допомогою переносної лампи знімати відліки за шкалами.

Перевід бусолі у похідне положення:

- закріпити магнітну стрілку;
- завести під корпус запобіжний важіль;
- зняти перископ (якщо робота велася з перископом) і укласти його у футляр;
- на шкалах установити нульові відліки (чотири нулі);

- зняти бусоль із триноги, послабивши затискний гвинт чашки, і укласти бусоль у футляр, застебнути запор кришки;
- скласти триногу, закріпити баранчики і застебнути ремінець;
- освітлювальні прилади вкласти в сумку.

Виміри за допомогою бусолі ПАБ-2А

Перед вимірами бусоль треба встановити в горизонтальне положення за рівнем над точкою, з якої здійснюються вимірювання.

Вимір кутів

Вимір магнітного азимута. Для визначення магнітного азимута необхідно:

- установити бусоль на тринозі над точкою виміру;
- відцентрувати бусоль за виском і відгоризонтувати прилад за кульовим рівнем;
- звільнити стопором магнітну стрілку орієнтирів-бусолі і, обертаючи корпус бусолі механізмом настановного черв'яка (рис.4.17, 10) навколо вертикальної осі, зорієнтувати бусоль за магнітною стрілкою;
- навести вертикальну нитку перехрестя сітки (рис.4.18) на центр предмета (об'єкта, цілі) спочатку приблизно, а потім точно за допомогою відлікового черв'яка (рис.4.17, 9);
- зняти відліки по бусольному кільцю (рис.4.20, 1) і барабану (4.20, 2) проти показників, позначених буквою "Б".

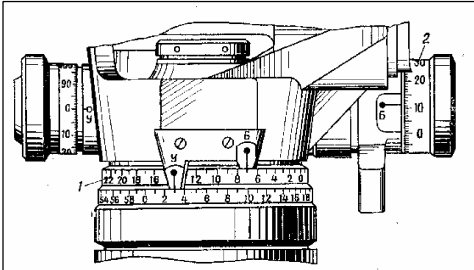


Рис.4.20. Відліковий пристрій бусолі:

- 1 – бусольне кільце;
- 2 – бусольний барабан; (показаний відлік 7-11)

Вимір горизонтальних кутів. Горизонтальні кути можна вимірювати декількома способами.

Вимір горизонтального кута за кутомірними шкалами. Щоб виміряти кути між двома предметами, необхідно:

- за допомогою відведення і маховика горизонтального відлікового черв'яка (рис.4.17, 9) навести вертикальну нитку перехрестя сітки (рис.4.18) на правий предмет;
- установити на кутомірному кільці (рис.4.20, а) і барабані (рис.4.20, б) відлік, що дорівнює нулю, для чого, натиснувши одною рукою на гальмову

клавішу, іншою рукою підвести нульовий розподіл кутомірного кільця під індекс “У” (рис.4.21, а). Потім, натиснувши на кнопку і, утримуючи пальцями за маховик, як показано на рис.4.21, б, повернути кутомірний барабан до сполучення з індексом “У”, після чого відпустити кнопку та перевірити правильність нульової установки;

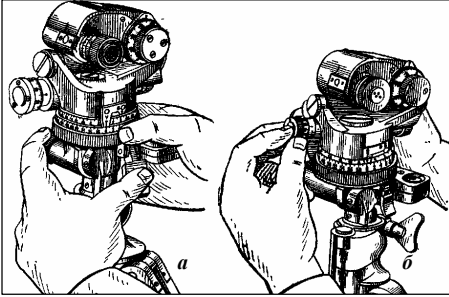


Рис. 4.21. Установка нулів кутомірних шкал

- за допомогою маховика горизонтального відлікового черв'яка (рис.4.17, 9) навести вертикальну нитку перехрестя сітки на лівий предмет;
- зняти відлік по кутомірному кільцю і барабану.

Вимір горизонтального кута за бусольними шкалами. Для виміру кута між двома предметами необхідно:

- за допомогою відведення і маховика горизонтального відлікового черв'яка (рис.4.17, 9) навести вертикальну нитку перехрестя сітки (рис.4.18) на одну з точок місцевості і зняти відлік по бусольному кільцю (рис.4.17, 3) і бусольному барабану;

- за допомогою маховика горизонтального відлікового черв'яка навести вертикальну нитку перехрестя сітки на другу намічену точку і знову зняти відлік по бусольному кільцю і бусольному барабану;

- відняти з відліку на праву точку відлік на ліву точку, різниця дасть величину обмірюваного кута. Якщо виявиться, що правий відлік менший, то до нього попередньо додати 60-00, а потім робити розрахунки.

Вимір горизонтального кута по сітці монокуляра. Для виміру кута необхідно:

- обертаючи маховики відлікових черв'яків (рис.4.17, 9), навести перехрестя сітки на один із предметів;

- відрахувати число цілих розподілів сітки (рис.4.18) від перехрестя до другого предмета й оцінити на око частку розподілу;

- помножити отримане число цілих розподілів на 0-05 і до отриманого результату додати оцінену на око частку розподілу. У тих випадках, коли кут між предметами не укладається між перехрестям і крайнім штрихом сітки, на один із предметів варто наводити крайній штрих сітки.

Вимір вертикальних кутів. Вертикальні кути вимірюються для визначен-

ня перевищення однієї точки над іншою, а також для приведення обмірюваних відстаней до горизонту. Вертикальний кут може бути виміряним шляхом нахилу візирної осі монокуляра з наступним відліком по шайбі і барабану або по сітці в полі зору при нерухомому монокулярі.

При вимірі вертикальних кутів вихідним напрямком є горизонтальне положення візирної осі. Межі вимірюваних кутів обмежені величиною $\pm 3-00$ при відліку по шайбі і барабану і величиною $\pm 0-40$ при користуванні сіткою.

Визначення кутової відстані між двома точками зводиться до почергового виміру кутів місця кожної з точок і розрахунку кутової відстані між двома точками залежно від знаків кутів (“+” або “-”).

Перед виміром вертикальних кутів бусоль треба ретельно установити в горизонтальне положення за рівнем.

Визначення кута місця цілі шляхом нахилу візирної осі монокуляра. Для визначення кута місця цілі (об’єкта) необхідно:

- обертаючи маховики відлікових черв’яків, сполучити горизонтальну нитку перехрестя сітки з ціллю;
- відрахувати число великих розподілів на відліковій шайбі і число малих розподілів на барабані.

Визначення кута місця цілі по сітці монокуляра. Для визначення кута місця цілі необхідно:

- установити монокуляр на відлік 0-00 по відліковій шайбі і барабану;
- обертаючи маховик горизонтального відлікового черв’яка, сполучити вертикальну нитку сітки з ціллю,
- відрахувати від перехрестя сітки до зображення цілі величину кута (кожен розподіл сітки дорівнює 0-05).

Якщо ціль знаходиться вище перехрестя сітки, то отриманий кут місця додатний, а якщо ціль знаходиться нижче перехрестя – від’ємний.

Визначення вертикального кута між двома точками шляхом нахилу візирної осі. Для визначення вертикального кута між двома точками необхідно:

- виміряти по черзі кут місця кожної точки, користуючись прийомами, зазначеними вище;
- скласти отримані результати, якщо обмірювані кути мають різні знаки, або відняти менший результат від більшого, якщо знаки однакові.

Визначення вертикального кута між точками по сітці монокуляра. Для визначення вертикального кута необхідно:

- обертаючи маховики відлікових черв’яків, навести перехрестя сітки на один із предметів;
- обертаючи горизонтального відлікового черв’яка, навести вертикальну нитку перехрестя на другий предмет;
- відрахувати кут від перехрестя до другого предмета, знаючи, що ціна розподілу сітки дорівнює 0-05.

У тих випадках, коли кут між предметами не укладається між перехрест'ям сітки і крайнім штрихом, на перший предмет варто наводити верхній або нижній штрих сітки залежно від того, який предмет вищий, і цей крайній штрих прийняти за початок відліку.

Перехід від кута в поділках кутоміра до кута в градусах і навпаки здійснюється за формулами:

$$K_{град} = \frac{K_{п.к.} \cdot 3,6}{60} (град); \quad K_{п.к.} = \frac{K_{град} \cdot 60}{3,6} (поділок \text{ кутоміра}), \quad (4.23)$$

де $K_{град}$ – кут у градусах;

$K_{п.к.}$ – кут у поділках кутоміра.

Вимір відстаней

Визначення відстаней за далекомірною шкалою сітки. Відстань за далекомірною шкалою перископічної артилерійської бусолі визначається за допомогою далекомірної (базової) рейки (рис.4.22). Рейка може бути металевую з двома щитками, на які нанесені білі смуги з комплекту бусолі, або виготовлена з дерев'яного бруска довжиною близько 2,5 м із двома щитками розміром 20х15 см кожний. Щитки укріплені на бруску так, що відстань між вертикальними осями марок-ромбів на щитках становить 2 м. Щитки офарблюються білою фарбою, ромби - чорною або червоною.

Залежно від умов місцевості і маскування рейку встановлюють горизонтально або вертикально, визначаючи відстань за відповідною далекомірною шкалою.

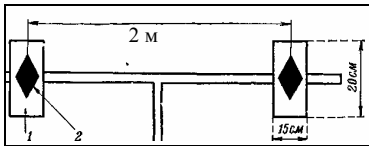


Рис.4.22. Далекомірна (базова) рейка:
1 - щиток; 2 - марка-ромб (відмітка)

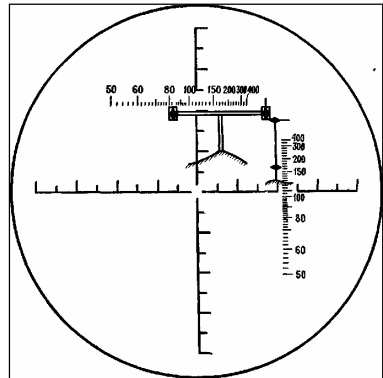


Рис.4.23. Визначення відстаней за далекомірними шкалами

Відстань при горизонтально розташованій рейці визначається в такій послідовності:

- на одній із двох точок, між якими визначається відстань, установлюється бусоль;
- на другій точці виставляють горизонтально рейку перпендикулярно до лінії спостереження;

- сполучають правий (неоцифрований) штрих далекомірної шкали з правою маркою (рискою), відраховують відстань на далекомірній шкалі зліва проти лівої марки.

При визначенні відстаней за вертикальною далекомірною шкалою верхній штрих цієї шкали сполучають з верхньою маркою (рискою), установленою вертикально, і відраховують відстань на далекомірній шкалі знизу проти нижньої марки.

На рис.4.23 показані відліки відстаней за горизонтальною (83 м) і вертикальною (165 м) шкалами.

Кожна бусоль повинна мати свою рейку, вивірену на визначеній відстані.

Обслуговування бусолі ПАБ-2А та її збереження

По закінченні роботи бусоль необхідно перевести з робочого в похідне положення.

Бусоль, як і всякий оптичний прилад, вимагає дбайливого й обережного поводження. Несправну бусоль варто відправляти в ремонтну майстерню.

Бусоль необхідно охороняти від падіння на землю і від ударів.

Під час роботи й у перервах слід стежити, щоб на бусоль не попадали краплі дощу й снігу. Футляри повинні бути завжди сухими і чистими. При чищенні зовнішніх поверхонь оптичних деталей потрібно спочатку змахнути з поверхні скла пил і тверді частинки фланелевою серветкою. Скло слід протирати не натискаючи.

Намоклу триногу необхідно очистити від бруду, вологи і просушити.

Після роботи на морозі бусоль не слід відразу виймати з футляра в приміщенні протягом 2 годин.

Обслуговування акумуляторів повинно здійснюватися відповідно до інструкції.

Бусолі повинні зберігатися в сухому і чистому приміщенні, завжди у футлярі, на полці, у стоячому положенні.

Поблизу бусолей не повинні зберігатися залізні предмети на відстані менше 2 м, у цьому приміщенні не повинно бути також лугів, кислот та інших хімікатів.

При одержанні бусолі зі складу треба обов'язково перевірити їх комплектність, справність і наявність супровідної документації (формуляр, паспорт, технічний опис).

4.2.4. Теодоліт

Геодезичні кутомірні інструменти залежно від їх точності підрозділяються на три групи: високоточні, точні і малої точності.

Високоточні інструменти призначені для виміру кутів при розвитку державної астрономо-геодезичної мережі I класу.

У групу точних інструментів входять теодоліти, призначені для виміру кутів у триангуляції і полігонометрії II, III і IV-го класів.

До інструментів малої точності відносяться 1-хвилинні і 30-секундні теодоліти-тахеометри і малі оптичні теодоліти. Найбільш поширений теодоліт цієї групи ТТ-4 застосовується в підрозділах радіотехнічних засобів для вимірювання кутів на місцевості.

Теодоліт ТТ-4 - геодезичний кутомірний інструмент з оптичним мікрометром і мікроскопом для відліку по одній стороні горизонтальних і вертикального скляних кіл. Окуляр відлікового мікроскопа розташований поруч з окуляром зорової труби. Теодоліт ТТ-4 призначений для виміру горизонтальних і вертикальних кутів і визначення магнітних і астрономічних азимутів.

Температурний діапазон використання теодоліта становить від -40° до $+50^{\circ}\text{C}$. Інструмент електрифікований і пристосований для виконання вимірів уночі.

Точність виміру горизонтального кута одним прийомом становить 8-12".

Таблиця 4.3

Основні дані теодоліта ТТ-4

Характеристики	Значення
а) оптичні	
Збільшення зорової труби	25,2 ^x
Поле зору труби	1°25'
Межа фокусування зорової труби	від 2 м до ∞
Збільшення відлікового мікроскопа вертикального кола	31,7 ^x
Збільшення відлікового мікроскопа горизонтального кола	24,9 ^x
Коефіцієнт далекоміра	100
б) конструктивні дані	
Ціна розподілу горизонтального і вертикального кола	20'
Ціна розподілу шкали оптичного мікрометра	10"
Ціна розподілу рівня на алідаді горизонтального кола	35-55"
Ціна розподілу рівня на алідаді вертикального кола	25-35"
Загальна маса комплекту (теодоліт, футляр, штатив)	14 (4, 5, 5) кг

До комплекту теодоліта ТТ-4 входять: власне теодоліт, тринога (підставка), футляр теодоліта, штатив, орієнтир-бусоль, окулярна насадка, висок із пластинкою (зберігається на штативі), сонячна бленда, маслянка з маслом, комплект викруток, розвідний ключ, дві шпильки, серветка (із фланелі або байки), ключ для штатива, патрон із проводом для підсвічування відлікової системи, чохол для теодоліта.

Основними частинами теодоліта ТТ-4 є тринога, зорова труба, вертика-

льна вісь з горизонтальним колом, горизонтальна вісь з вертикальним колом, аліадна частина інструмента, колонка теодоліта з відліковим мікроскопом і оптичним мікрометром.

Підготовка теодоліта до роботи включає:

1. Для приведення теодоліта в *робоче положення* необхідно:

а) установити штатив над пунктом - вершиною вимірюваного кута, для чого:

- розстібнути ремінець, що скріплює ніжки;
- послабити кріплення висувних планок між напрямними;
- ніжки штатива висунути по росту спостерігача, голівка штатива повинна бути приблизно в горизонтальному положенні і над вершиною кута, що вимірюється;

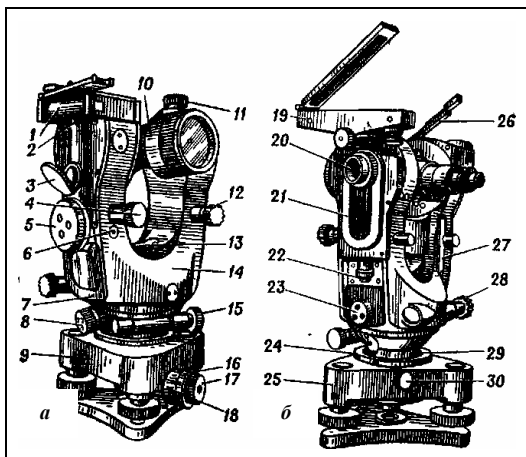


Рис. 4.24. Теодоліт ТТ-4

a - вид з боку барабана оптичного мікрометра, *б* - вид з боку затискного гвинта аліади горизонтального кола; 1 - циліндричний рівень при аліаді вертикального кола; 2 - виправний гвинт рівня при аліаді вертикального кола; 3 - дзеркало для висвітлення горизонтального і вертикального кола; 4 - настановний гвинт рівня при аліаді вертикального кола; 5 - барабан оптичного мікрометра; 6 - гніздо для штепсельної ніжки; 7 - щиток, що прикриває об'єктив мікроскопа горизонтального кола; 8 - затискний гвинт горизонтального кола; 9 - штепсельна розетка; 10 - зорова труба; 11 - затискний гвинт зорової труби; 12 - навідний гвинт зорової труби; 13 - циліндричний рівень при аліаді горизонтального кола; 14 - корпус аліадної частини; 15 - навідний гвинт горизонтального кола; 16 - кільце кремальєри для фокусування оптичного виска по предмету, 17 - кільце для фокусування сітки ниток оптичного виска; 18 - оптичний висок; 19 - орієнтир-бусоль; 20 - реостат; 21 - підставка зорової труби; 22 - виправний гвинт рівня при аліаді горизонтального кола; 23 - затискний гвинт аліади горизонтального кола; 24 - пружинний контакт, 25 - триніжник (підставка); 26 - дзеркало, що відкидається; 27 - щиток, що прикриває об'єктив мікроскопа вертикального кола; 28 - навідний гвинт аліади горизонтального кола; 29 - контактує кільце; 30 - затискний гвинт для закріплення теодоліта в триніжнику

б) вийняти теодоліт з футляра і закріпити його в триніжнику, поставити теодоліт на голівку штатива і закріпити становим гвинтом, для чого:

- поставити футляр червоними точками на ковпаку і основі футляра до себе;

- відстебнути замки, що скріплюють ковпак з основою, і зняти ковпак, обережно піднімаючи його вверх;

- викрутити гвинт і відкинути стягуючі важелі в сторони;

- зняти теодоліт з основи футляра;

- відвернути закріпний гвинт триніжника і зняти його зі стакана-стійки;

- закріпити теодоліт у триніжнику закріпним гвинтом;

в) перевірити хід піднімальних гвинтів триніжника і навідних гвинтів теодоліта й установити їх приблизно в середнє положення;

г) відцентрувати теодоліт по центру пункту - вершині кута, що вимірюється, для чого:

- підвісити на гачок станового гвинта висок із пластинкою;

- пересуваючи теодоліт у межах вирізу в голівці штатива, відцентрувати його з точністю до 1 см, якщо центрування здійснюється по оптичному виску, то необхідно установити оптичний центрир на чітку видимість перехрестя ниток і зображення центра пункту і, пересуваючи теодоліт у межах вирізу в голівці штатива, відцентрувати його над центром пункту;

д) зняти кришку з об'єктива;

е) установити вертикальну вісь теодоліта в прямовисне положення, для чого:

- установити рівень аліади горизонтального кола по напрямку двох піднімальних гвинтів триніжника;

- обертанням цих гвинтів у протилежні напрямки вивести пузирчик рівня на середину, повернути колонку теодоліта на 90° так, щоб рівень виявився в напрямку третього піднімального гвинта, і обертанням його вивести пузирчик рівня на середину;

- перевірити положення рівня по напрямку перших двох піднімальних гвинтів, якщо пузирчик рівня відійшов від середини більше ніж на два розподіли, то дії повторити, добиваючись, щоб пузирчик рівня горизонтального кола був на середині при установці теодоліта в будь-якому напрямку, відхилення допускається в межах 1-2 розподілу;

ж) на лімбі теодоліта установити відлік, наблизений до нуля, (наприклад $0^\circ 01' 30''$).

2. Для приведення теодоліта в *похідне положення* необхідно:

а) надягти кришку на об'єктив;

б) зняти нитяний висок і укласти його в піну на штативі (якщо центрування робилося по нитяному виску);

в) відвернути закріпний гвинт на триніжнику і зняти теодоліт, для чого

відвернути становий гвинт, зняти триніжник (теодоліт три цьому тримати вертикально в лівій руці) і укласти його на стакан-стійку, закрутити закріпний гвинт;

г) установити трубу теодоліта в горизонтальне положення і закрутити застисні гвинти, сполучити червоні точки на теодоліті на одній вертикальній лінії і поставити теодоліт на плато так, щоб навідний гвинт горизонтального кола був нижче, а навідний гвинт колонки вище плато і червоні точки на теодоліті були проти червоної точки на основі футляра;

д) звести стягуючі важелі і закрутити гвинт до упору;

е) обережно надягти чохол на ковпак так, щоб червона точка на ньому виявилася проти червоної точки на основі, і скріпити ковпак з основою футляра замками.

У випадку користування орієнтиром-бусоллю її попередньо слід укласти у своє гніздо і закрутити закріпний гвинт.

Перевірка теодоліта ТТ-4. Щоб одержати якісні результати кутових вимірів, теодоліт, що надійшов для виконання робіт, повинний бути перевірений щодо дотримання геометричних умов, покладених в основу його конструкції.

Перевірку необхідно робити після одержання теодоліта зі складу або з ремонту, а також періодично під час роботи з ним, тому що геометричні умови можуть порушуватися внаслідок перевезення інструмента і дії на нього навколишнього середовища.

Перевірки теодоліта починаються із загального огляду. Після огляду здійснюються такі перевірки і регулювання:

- перпендикулярність осі циліндричного рівня при алідаді горизонтального кола до вертикальної осі обертання теодоліта;
- прямовисне положення вертикальної лінії зорової труби;
- перпендикулярність візирної осі зорової труби до горизонтальної осі обертання труби;
- перпендикулярність горизонтальної осі обертання зорової труби до вертикальної осі обертання теодоліта;
- визначення місця нуля вертикального кола;
- перевірка оптичного центрира (виска);
- визначення рена оптичного мікрометра (різниця між конструктивним значенням ціни поділки кутомірною кола та значенням, вимірним за допомогою шкали мікрометра).

Основні положення щодо поводження з теодолітом:

- знімати і надягати футляр на підставу обережно, щоб не зачепити ковпаком за виступаючі частини теодоліта й укладки, знімати і ставити теодоліт

на плато без зусиль;

- при обертанні колонки братися тільки за колонку;
- рухливі частини теодоліта переміщати плавно, без зусиль;
- не допускати ударів по штативу, осаджувати ніжки штатива плавним натисканням на башмаки. При перервах у роботі прикривати теодоліт чохлам. Штатив із закріпленням на ньому теодолітом не можна притуляти до стіни або до інших предметів, а також класти на землю;
- після закінчення роботи теодоліт протерти: вологий теодоліт висушити і протерти. Сушити теодоліт поблизу джерела тепла забороняється;
- при внесенні теодоліта в тепле приміщення з морозу слід вийняти його з футляра не менше, ніж через 2 год і насухо протерти. При виносі з тепла на мороз не рекомендується протягом 20-30 хв виймати теодоліт з футляра;
- зовнішні отвори оптичних деталей протирати чистою м'якою серветкою (байкою або фланеллю), а внутрішні - ватяним тампоном, змоченим у чистому етиловому спирті або ефірі. При чищенні оптики не натискати на оптичні деталі (тиск руки не повинний відчуватися);
- тримати в чистоті піднімальні і навідні гвинти теодоліта, не загвинчувати і не викручувати піднімальні гвинти до кінця;
- орієнтир-бусоль охороняти від струсів, ударів і не розташовувати поблизу залізних предметів;
- при роботі теодоліт бажано захищати від безпосередньої дії сонячних променів;
- при короткочасному дощі теодоліт укрити під чохлам, при тривалому - укласти у футляр.
- На відстань до 1 км теодоліт можна переносити в зібраному вигляді при дотриманні таких умов:
 - перед перенесенням на наступну точку необхідно укласти висок (якщо центрування проводилося по нитяному виску) у спеціальний пенал на висувній планці штатива, надягти на об'єктив кришку й установити трубу об'єктивом униз, закрутити затискні гвинти, укласти орієнтир-бусоль у футляр, закрити теодоліт чохлам;
 - вийняти ніжки штатива з землі, стряхнути їх і стягти ремінцем, протерти башмаки від бруду. Переносити прилад у вертикальному положенні на руках перед собою;
 - при перенесенні стежити за тим, щоб не зачепити теодолітом які-небудь предмети, пересуватися плавно кроком.

Перед перевезенням теодоліта укласти його у футляр і закріпити замки (рис.4.25). Футляр з теодолітом рекомендується ставити в передню частину кузова автомобіля (тягача). На дно кузова під футляр кладуть м'який матеріал і закривають брезентом.

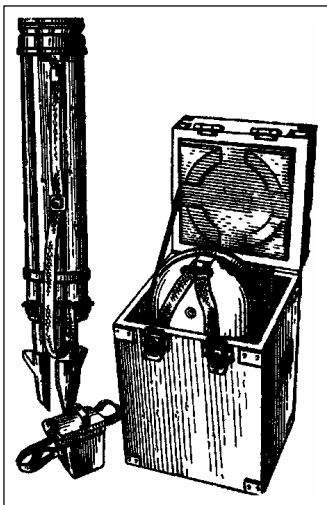


Рис.4.25. Укладання теодоліта у футляр

Основні положення щодо збереження теодолітів:

- приміщення, де зберігаються прилади, повинне бути чистим, сухим й опалюваним з постійною температурою не нижче $+8 - 10^{\circ}\text{C}$. Різкі коливання температури викликають на металевих деталях окислювання, на оптиці – наліт, на дерев'яних деталях – цвіль;
- не допускається збереження в тім же приміщенні кислот, акумуляторів, солей і мастильних матеріалів;
- теодоліти зберігаються у футлярах, розміщують їх на верхніх полках стелажів, а штативи – на нижніх. Накладати штативи один на одного допускається не більше, ніж у два ряди;
- стелажі повинні бути розташовані не менше, ніж на 0,5 м від зовнішніх стін.

Сама конструкція теодоліта як складного кутомірного приладу з великою кількістю оптичних деталей вимагає дбайливого й обережного відношення до нього. Не рідше одного разу на рік (вважаючи з моменту приймання приладу) здійснюється змащення горизонтальної і вертикальної осей теодоліта.

У випадку виявлення ушкоджень або поломок теодоліт відправляється в майстерню.

4.2.5. Квантові топографічні далекоміри

Для розв'язання задач топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку можуть використовуватися квантові топографічні далекоміри КТД-1 або КТД-2-2.

Вимір приладами відстані засновано на визначенні часу проходження

світлового імпульсу до цілі і назад. Величина вимірюваної відстані визначається за формулою

$$D = 0.5 \cdot c \cdot t \text{ (м)}, \quad (4.24)$$

де c – швидкість світла ($2,99705 \cdot 10^8$ м/с);

t – час проходження світлового випромінювання, с.

Квантовий топографічний далекомір КТД-1

Квантовий топографічний далекомір КТД-1 являє собою комбінований прилад, призначений для виміру відстаней, горизонтальних і вертикальних кутів, магнітних азимутів напрямків при визначенні координат і висот пунктів спеціальної геодезичної мережі (СГМ) та інших точок. Він дозволяє вимірювати без відбивачів відстані до місцевих предметів (цілей).

У комплект далекоміра КТД-1 входять приймач-передавач з кутомірною частиною, штатив, дві акумуляторні батареї і комплект ЗИП. Загальний вигляд далекоміра КТД-1 у робочому положенні показаний на рис.4.26.

З метою підготовки далекоміра до роботи раз у рік проводиться перевірка приладу. При цьому перевіряють: перпендикулярність осі циліндричного рівня при алідаді горизонтального кола до вертикальної осі обертання приладу; правильність обертання алідади горизонтального кола; перпендикулярність горизонтальної осі обертання приймача-передавача до вертикальної осі обертання приладу; паралельність приймально-передавального тракту та візирної осі зорової труби, а також визначають місце нуля вертикального кола і постійного виправлення далекоміра. Перевірка здійснюється відповідно до інструкції з експлуатації. При невеликих відхиленнях параметрів, що перевіряються, виконують регулювання, при великих відхиленнях параметрів, що перевіряються, - прилад відправляють у ремонт.

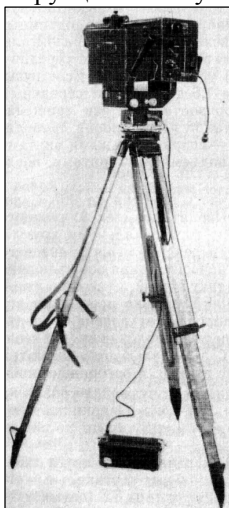


Рис. 4.26. Квантовий топографічний далекомір КТД-1

Визначення постійної поправки далекоміра КТД-1 виконують раз на рік (у випадку ремонту електронної частини далекоміра постійну поправку визначають заново) в умовах доброї видимості на лініях довжиною порядку 0,15; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 7,5 і 10,0 км, обмірюваних світло- або радіодалекомірами з точністю не нижче 0,2 м. Кожну лінію вимірюють далекоміром КТД-1 3–2 прийомами, використовуючи щитові відбивачі. Значення постійної поправки для кожної лінії обчислюють за формулою

$$\delta_{k_i} = D - (D_{cp} + \delta_v), \quad (4.25)$$

де D – відома довжина лінії;

D_{cp} – середнє значення обмірюваної довжини лінії;

δ_v – поправка за метеоумовами.

Якщо отримані значення поправок δ_{k_i} розрізняються не більше, ніж на 0,5 м, обчислюють середнє значення постійної поправки для усіх відстаней. При великих розбіжностях будують графік постійних поправок (рис.4.27), що використовують надалі для одержання виправлень δ_{k_i} за аргументом D_i .

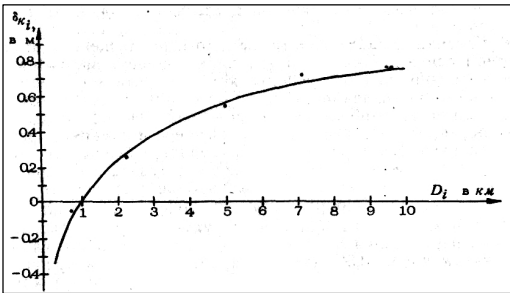


Рис.4.27. Графік постійних поправок

Отримане середнє значення або графік постійних поправок заносять у формуляр приладу.

Вимір відстаней, горизонтальних і вертикальних кутів. Для проведення вимірювань далекомір установлюють на штатив (столік сигналу) і горизонтують. Установлюють тумблери ДАЛЬНОМЕР, УГЛОМЕР та СЕТКА у нижнє положення, приєднують акумуляторну батарею і кабель з кнопкою ПУСК.

Перевіряють кутомірну і далекомірну частини приладу в такому порядку:

- відкидають захисну кришку з об'єктивів приймальної і передавальної трубок;

- установлюють перемикачі на приймачі-передавачі в такі положення: МИНИМ. ДАЛЬНОСТЬ – “95”, ВЫБОР ЦЕЛИ – “1”; ЭОЗ - у положення, що відповідає показанню температури далекоміра;

- включають тумблером УГЛОМЕР висвітлення горизонтального і вертикального кіл і перевіряють чіткість зображення штрихів шкал і ноніусів у полі зору відлікового мікроскопа, після чого тумблер УГЛОМЕР виключають;

- перевіряють роботу далекомірної частини приладу, включають тумблер ДАЛЬНОМЕР, через кілька секунд (після загоряння червоної сигнальної лампочки в контрольному вікні окуляра) натискають кнопку КОНТРОЛЬ і, не відпускаючи її, натискають і відразу ж відпускають кнопку ПУСК - на світловому табло в окулярі зорової труби висвітиться число в межах 80 - 110. Аналогічно виконують перевірку далекомірної частини при положеннях перемикача МИНИМ. ДАЛЬНОСТЬ “950” і “30250”. Якщо числа на світловому табло не висвічуються або виходять за межі 810 - 1090 і 25710 - 34790, прилад відправляють у ремонт.

При роботі вночі додатково перевіряють висвітлення сітки ниток включенням тумблера СЕТКА.

З метою економії енергоресурсу акумуляторної батареї необхідно включати тумблери УГЛОМЕР і ДАЛЬНОМЕР тільки перед самими вимірами, а СЕТКА – тільки при вимірах уночі.

Вимір відстаней далекоміром КТД-1 роблять трьома прийомами. Кожен прийом виконують у такому порядку:

- наводять перехрестя сітки ниток на центр візирної цілі (об'єкта);
- включають тумблер ДАЛЬНОМЕР і через 4-5 с натискають і відразу ж відпускають кнопку ПУСК”;
- знімають відлік зі світлового табло і записують його, а також положення перемикачів МИНИМ. ДАЛЬНОСТЬ, ВЫБОР ЦЕЛИ і УСИЛЕНИЕ у розділ “Вимір відстаней” журналу;
- виключають тумблер ДАЛЬНОМЕР.

При виконанні другого і третього прийомів вимірів уточнюють наведення далекоміра на ціль.

Розбіжність значень відстаней, обмірюваних окремими прийомами, не повинні перевищувати 3 м. При великих розбіжностях виявляють і усувають причини, після чого виміри відстаней повторюють.

У точці установки приладу вимірюють температуру повітря з точністю до 5°С, атмосферний тиск із точністю 10 мм рт ст. і записують у журнал.

У процесі роботи з далекоміром на кожному пункті записують у журнал число вимірів n (наростаючим підсумком), а по заповненні журналу його заносять у формуляр далекоміра КТД-1, у розділ “Облік роботи”.

Вимір відстаней далекоміром КТД-1 з підвищеною точністю - із середньою квадратичною похибкою 1 м. Вимірюють далекоміром відстань AB двома прийомами з основної точки A (рис.4.28).

Вибирають у створі вимірюваної лінії допоміжну точку A' або A'' на від-

стані 1,3 м від точки A , установлюють далекомір над допоміжною точкою A' з точністю 0,1 м і вимірюють лінію $A'B$ двома прийомами. Результати виміру виправляють поправкою на позациентровість установки далекоміра щодо точки A .

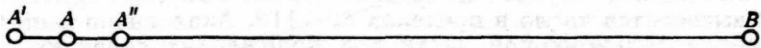


Рис. 4.28. Схема виміру відстані з підвищеною точністю

Вимір горизонтальних кутів здійснюють двома напівприйомами: у першому - при обертанні алідади за годинниковою стрілкою, у другому - проти. Перед виконанням другого напівприйому роблять перестановку лімба на 90° . Якщо використовується більше двох напрямків, здійснюють замикання обр'ю. Результати виміру горизонтальних кутів записують у відповідні графи журналу.

Замикання обр'ю в напівприйомах і розбіжність напрямків між напівприйомами, зведеними до нуля, не повинні перевищувати $0,8'$. Якщо відстані D до візирних цілей менші ніж 900 м, в обмірювані напрямки вводять поправку $\Delta\beta$ за позациентровість труби, що обчислюють за формулою (або з таблиці)

$$\Delta\beta = -\frac{86'}{D_m} \quad (4.26)$$

Визначення елементів центрування і редуції здійснюють один раз. При цьому поправки на центрування і редуцію вводять у результати вимірів тільки у випадку, якщо величини лінійних елементів перевищують $(3 \cdot D_{км})$ см, де $D_{км}$ – мінімальна сторона, вимірювана з даного пункту.

Зведення обмірюваних горизонтальних напрямків до центрів пунктів здійснюють у журналі.

Виправлені значення напрямків одержують додаванням середніх обмірюваних напрямків із сумарними поправками, зведеними до початкового напрямку.

Вимір вертикальних кутів проводять двома напівприйомами. У кожному напівприйомі перед зняттям відліку контролюють положення пузирчика рівня, а при необхідності уточнюють горизонтування приладу і наведення горизонтальної нитки сітки нуля зору труби на візирну ціль. Якщо з пункту вимірюють вертикальні кути на кілька візирних цілей, у першому напівприйомі вимір кутів виконують послідовно за ходом годинникової стрілки. Обмірювані значення вертикальних кутів записують у відповідні графи журналу.

Розбіжності обмірюваних вертикальних кутів у напівприйомах не повинні перевищувати $0,8'$.

Обчислення вертикальних кутів α на візирні цілі роблять за формулою

$$\alpha = \frac{I_B + II_B}{2} + MO + \Delta\alpha, \quad (4.27)$$

де $\Delta\alpha = \frac{179'}{D_m}$ – поправка на позacentровість труби (враховують при від-

станях менше, ніж 900 м).

Висоту установки приладу i та висоту зовнішнього знака пункту l вимірюють з точністю до 0,1 м.

Зведення обмірюваних відстаней на площину в проекції Гаусса виконують за формулою

$$d = D_{cp} + \delta_c + \delta_r + \delta_k + \delta_v + \delta_h + \delta_H + \delta_L, \quad (4.28)$$

де D_{cp} – середнє значення обмірюваної відстані;

δ_c, δ_r – поправка на центрування і редуцію;

δ_k – постійна поправка;

δ_v – поправка на метеоумови;

$\delta_h, \delta_H, \delta_L$ – поправка на зведення обмірюваної відстані до обрїю, на рівень моря і на площину в проекції Гаусса.

Поправки δ_c і δ_r обчислюють (визначають графічно) безпосередньо на центрувальних аркушах. Поправку на метеоумови обчислюють за формулою

$$\delta_v = -(K_v \cdot D_{км}), \quad (4.29)$$

де K_v – коефіцієнт, що вибирають залежно від температури повітря й атмосферного тиску.

Поправку δ_k беруть з формуляра приладу; поправки δ_h, δ_H і δ_L для кожної відстані D – з таблиць, відповідно по перевищення кінцевих точок вимірюваних сторін h' , по середній висоті району робіт над рівнем моря H_m і по середній для кожної сторони ординаті y_m .

Усі поправки обчислюють з точністю до 0,1 м.

Обчислення перевищень здійснюється за формулою

$$h = h' + i - l + \Delta h_r, \quad (4.30)$$

де $h' = D \sin \alpha$;

Δh_r – поправка у перевищенні на кривизну Землі і рефракцію (табл.4.4).

Таблиця 4.4

Поправка у перевищенні на кривизну Землі і рефракцію

$K=0,13$	$D, \text{ км}$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta h_r, \text{ м}$	0,1	0,3	0,6	1,1	1,7	2,5	3,3	4,4	5,5	6,8

Розбіжності між прямим $h_{пр}$ і зворотним $h_{звор}$ перевищеннями не повинні бути більшими ($0,4 D_{км}$) м. Остаточні значення перевищень h_{cp} обчислюють

за формулою

$$h_{cp} = 0,5(h_{np} - h_{звор}). \quad (4.31)$$

Висоти обумовлених пунктів обчислюють за формулою

$$H = H_0 + h_{cp}, \quad (4.32)$$

де H_0 – висота пункту спостереження.

Квантовий топографічний далекомір КТД-2-2

Квантовий топографічний далекомір КТД-2-2 дозволяє вимірювати відстань від 100 до 10000 м із середнім квадратичним відхиленням похибка не більше, ніж 0,5 м.

Дальність дії приладу залежить від розміру та форми цілі (об'єкта), коефіцієнта її відбиття, метеоумов, а похибка виміру залежить від нахилу цілі до лінії візування.

Прилад може працювати при температурі навколишнього повітря від мінус 30 до + 50⁰С, живлення здійснюється від зовнішньої акумуляторної батареї напругою (12±2) В.

У приладі передбачена спеціальна система, що дозволяє враховувати вплив атмосферного повітря (температури й тиску) на швидкість світла і, отже, на результат виміру.

До комплекту приладу КТД-2-2 входять: приймально-передавальний пристрій ППУ-10 (рис.4.29), батарея акумуляторна БА-02, механізми наведення МН-9 та МН-10 (рис.4.31, 12; 3.31, 3), підставка (рис.4.31, б), штатив ШР-160, комплект ЗИП. Крім того, до комплект постачання ППУ-10 також входять:

- відбивачі призмові (можуть установлюватися на штатив ШР-160);
- діафрагма (для регулювання величини прийнятого сигналу. Видгляд ППУ-10 із установленою діафрагмою показаний на рис. 4.29);
- кабель (для приєднання ППУ-10 до акумуляторної батареї);
- пристрій шкальний (для визначення величини коефіцієнтів КМУ);
- ліхтар (для висвітлення робочого місця оператора);
- гвинт (для установки підставки на столик геодезичного знака);
- бленда (для захисту індикатора від улучення прямих сонячних променів);
- інструменти, запасні частини і матеріали (для проведення обслуговування і дрібного ремонту силами розрахунку).

Розташування основних частин приймально-передавального пристрою ППУ-10 наведені на рис.4.29.

Установка КТД-2-2 на точці. Для проведення вимірів з використанням КТД-2-2 прилад установити над опорною точкою на штативі ШР-160 або аналогічний штатив. На штатив установити підставку і закріпити її гвинтом штатива. На посадкове місце підставки установити і закріпити гвинтом меха-

нізм наведення, установити пузирчик кульового рівня в центр кільцевих рисок за допомогою піднімальних гвинтів підставки. На механізм наведення встановлюється приймально-передавальний пристрій ППУ-10.

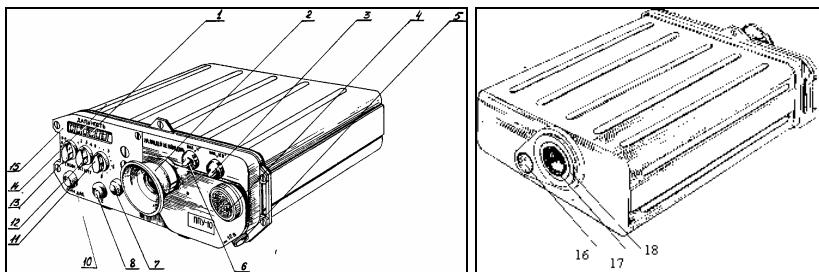


Рис.4.29. Приймально-передавальний пристрій ППУ-10

1 - цифроіндикатор табло; 2 - окуляр; 3 - тумблер включення живлення; 4 - патрон осушення із силікагелем; 5 - роз'єм підключення кабелю живлення; 6 - тумблер включення підсвічування сітки; 7 - роз'єм виводу інформації на ЕОМ; 8 - ручка калібрування потенціометр (К); 10 - потенціометр МИН. ДАЛЬН.; 11, 12 - ручки установки КМУ; 13 - ручка РЕЖИМ; 14 - кожух; 15 - кришка; 16, 17 - захисні стекла оптичних каналів; 18 - діафрагма

Квантовий топографічний далекомір КТД-2-2, установлений на теодоліт, без акумуляторної батареї, показаний на рис.4.30, а, установлений на штатив ШР-160 – на рис.4.30, б.

Наведення ППУ-10 на ціль. Для приблизного наведення ППУ-10 на ціль (об'єкт) в горизонтальній площині натиснути рукою на рукоятку 7 (рис.4.31, а) і, спостерігаючи в окуляр ППУ-10, підвести перехрестя сітки приладу (рис.4.32) до цілі. Відпустити рукоятку 7 і, обертаючи ручку 5, плавно навести сітку ППУ-10 на ціль в горизонтальній площині. Наведення ППУ-10 на ціль у вертикальній площині здійснюється за допомогою ручки 2.

Наведення ППУ-10, який встановлений на теодоліті 2Т2, на ціль в горизонтальній площині здійснюється за допомогою ручок наведення теодоліта. Наведення на ціль у вертикальній площині здійснюється ручкою 7 механізму наведення МН-10 (рис.4.30).

Наведення ППУ-10 на ціль можна робити одночасно обертанням ручок горизонтального і вертикального переміщення.

Перевірка працездатності КТД-2-2. Для перевірки працездатності КТД-2-2 при встановленому ППУ-10 на штативі ШР-160 або теодоліті необхідно підключити акумуляторну батарею кабелем живлення до рознімів (рис.4.29, 5), так, щоб кнопка ПУСК, що установлена на кабелі, знаходилася у рознімі, що підключається до ППУ-10. Включити тумблер живлення на акумуляторній батареї. Закрити об'єктиви ППУ-10 кришкою. Установити перемикач РЕЖИМ поз. 13 у положення “0-1”, інші органи управління можуть знаходи-

тися в довільному положенні.

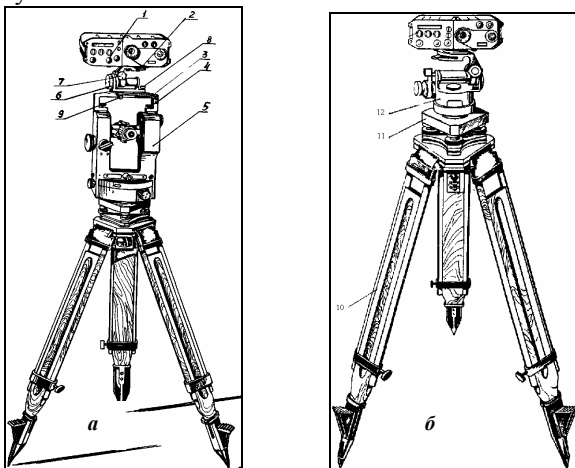


Рис.4.30. Установка квантового топографического далекометра КТД-2-2
а - на теодолит; б - на штатив ШР-160:

1 - приемально-передающий пристрой ППУ-10; 2 - затиск; 3 - механизм наведения МН-10; 4 - гвинт; 5 - теодолит 2Т2; 6 - шкала; 7 - ручка; 8, 9 - гвинты; 10 - штатив ШР-160, 11 - подставка, 12 - механизм наведения МН-9

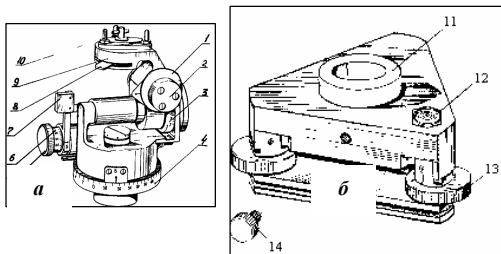


Рис.4.31. Элементы КТД-2-2
а - механизм наведения МН-9;
б - подставка:

1, 3, 4, 6 - шкала; 2, 5, 8 - ручка;
7 - рукоятка; 9 - кронштейн; 10 - посадочный штир; 11 - посадочное место подставки; 12 - пузырьчик культового уровня, 13 - подъемный гвинт, 14 - гвинт

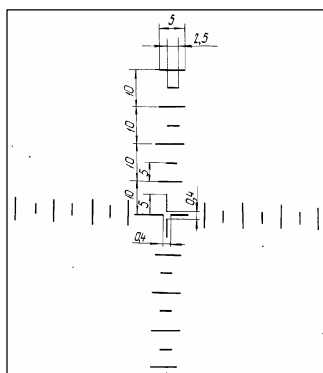


Рис.4.32. Сетка визира ППУ-10
(размеры наведены в тысячных дистанции)

Далі слід перевести тумблер живлення з ППУ-10 у положення “Вкл 12В”, при цьому на табло цифроіндикатора на службовому індикаторі загоряється сегмент 1 (рис.4.33), що інформує про заряд накопичувальних конденсаторів у блоці живлення випромінювача (БПИ-1). Натиснути кнопку ПУСК на кабелі живлення й утримувати її в натиснутому стані, при цьому сегмент 1 повинний згаснути, а на табло цифроіндикатора в старшому розряді висвітлиться буква П (рис.4.33, НЛ 6). Установити перемикач РЕЖИМ на панелі управління в положення “СК”. Відпустити кнопку ПУСК, натиснути кнопку ПУСК знову й утримувати її в натиснутому стані, спостерігати висвітлення величини “Строба” на табло цифроіндикатора. Обертаючи ручку МИН. ДАЛЬН. (рис.4.29, 10) спостерігати зміни показань. Показання на табло цифроіндикатора повинні змінюватися від 100 до 4000 м або й більш. Виключити тумблер живлення ППУ-10.

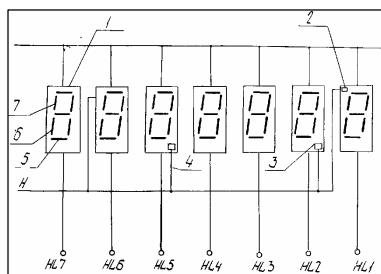


Рис.4.33. Табло цифроіндикатора:

1 - індикація заряду накопичувача в блоці БПИ-1 (Готовність); 2 - індикація наявності другої цілі за стробом; 3 - розряд одиниць метрів; 4 - індикація наявності цілі в стробі; 5 - індикація про розряд акумуляторної батареї; 6 - індикація про рівень 1 сигналу (нормальний рівень сигналу); 7 - індикація про рівень 2 сигналу (підвищений рівень сигналу)

Вимір відстаней. При вимірі відстаней необхідно знаходити такі ділянки поверхні цілі (об'єкта), які розташовані до променя передавача далекоміра під кутом, наближеним до прямого або проводити виміри по відбивачу з комплекту КТД-2-2.

Вимір дальності з гарантованою точністю може здійснюватися на відстанях до 3000 м практично по будь-якій довільній цілі, на відстанях від 3000 до 6000 м — по плоских цілях, що мають кут нахилу не більше 30° , на відстанях від 6000 до 10000 м — по плоских цілях, що мають кут нахилу не більше 10° .

При вимірах на відстанях більше 10 км доцільно використовувати відбивач з комплекту КТД-2-2. Цей же відбивач можна використовувати і при вимірах менших відстаней, якщо на місцевості відсутні чіткі орієнтирні предмети, по яких можна робити виміри або при поганій видимості через метеоумови. При цьому число використовуваних призм відбивача залежить від величини вимірюваної відстані та стану атмосфери й визначається оператором з досвіду роботи з далекоміром.

При роботі з відбивачем по близько розташованих цілях (менше, ніж

1000 м) необхідно **обов'язково** використовувати діафрагму (рис.4.29, 18). Роботу щодо вимірювання починати з повністю закритою діафрагмою.

Підготовка КТД-2-2 до роботи. Перед початком роботи з приладом необхідно провести калібрування і виставити необхідний коефіцієнт корекції метеоумов за допомогою перемикачів 2-КМУ-1 на панелі управління ППУ-10, а в обмірюваній відстані слід встановити приладову поправку.

Калібрування. Перевести перемикач РЕЖИМ (рис.4.29, 13) у положення “К”. Включити живлення, установивши тумблер 3 у положення “Вкл 12 В”, натиснути кнопку ПУСК і, утримуючи її в натиснутому стані, обертайте потенціометр (К) (рис.4.29, 8) доти, поки на табло цифроіндикатора не буде отримано число $9988,0 \pm 0,1$. Відпустити кнопку ПУСК, коли буде стійка індикація даного числа на табло цифроіндикатора.

Визначення і введення коефіцієнта корекції метеоумов (КМУ). Для зменшення впливу атмосфери на похибку виміру необхідно:

1) визначити коефіцієнт корекції “К” за допомогою шкального пристрою (рис.4.34);

2) увести коефіцієнт корекції за допомогою двох перемикачів 2-КМУ-1 на панелі управління ППУ-10.

Для визначення коефіцієнта корекції “К” за допомогою шкального пристрою необхідно:

1) визначити в місці проведення вимірів величину тиску в мм рт.ст. і температуру в °С;

2) обертаючи навколо осі диск пристрою шкального, установити за шкалою 2 проти риски 3 обмірювану величину тиску (на рис.4.34 установлений тиск 750 мм рт.ст.);

3) за обмірюваною температурою визначити коефіцієнт корекції “К” за шкалою 1 (рис.4.34, при температурі $+23^{\circ}\text{C}$ коефіцієнт корекції дорівнює 300, при температурі мінус 20°C — дорівнює 267);

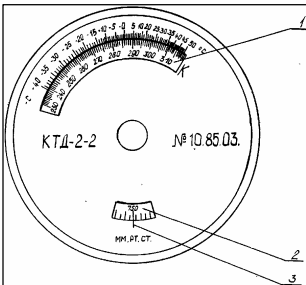


Рис.4.34. Пристрій шкальний:
1 - шкала коефіцієнта корекції;
2 - шкала тиску; 3 - риска

4) увести перемикачами 11 і 12 (рис.4.29) знайдений коефіцієнт КМУ (для першого випадку: на перемикачі 12 установити число 3; на перемикачі 11 установити число 0; у другому випадку - на перемикачі 12 установити число 2; на перемикачі 11 установити число 7).

Визначення приладової поправки. Значення приладової поправки визна-

чають в умовах доброї видимості за виміром зразкової лінії довжиною 100 м з похибкою не більше, ніж 10 см.

Вимір зразкової лінії далекоміром КТД-2-2 виконують двома програмами з інтервалом між ними не менше двох годин із застосуванням марки КВЦ або фанерного щита, пофарбованого в сірий колір. Лінії вимірюють із застосуванням діафрагми.

Програма виміру відстані включає наведення далекоміра на ціль, установку номінального рівня сигналу і вимір двома прийомами.

Програму вимірів виконують аналогічно вимірові відстані до першої цілі з деякими уточненнями.

Приєм виміру відстані включає уточнення наведення далекоміра на ціль і зняття з табло двох достовірних відліків вимірюваної відстані, що відрізняються один від одного не більше, ніж на 1 м.

Максимальна розбіжність між відліками в прийомі – V_{\max} і середніми значеннями відстані з двох прийомів – V'_{\max} не повинна перевищувати 1 м. При недотриманні зазначених допусків прийом або обидва прийоми бракують і повторюють виміри.

Результати вимірів записують у журнал і обробку результатів вимірів проводять у звичайному порядку.

Порядок проведення вимірів. Вимір відстані до першої цілі. Якщо ціль нормально помітна і не перекривається іншими об'єктами, то вимір відстані до неї проводиться в режимі виміру до першої цілі, для цього:

- 1) установити перемикач РЕЖИМ у положення “0-1” (рис.4.29, 13);
- 2) установити ручку потенціометра МИН. ДАЛЬН. (рис.4.29, 10) у крайнє ліве положення за годинниковою стрілкою;
- 3) установити тумблер “ВКЛ Н” (6) підсвічування сітки у виключений стан при роботі вдень;
- 4) спостерігаючи в окуляр візира, навести центр перехрестя сітки ППУ-10 (рис.3.32) на ціль;
- 5) увімкнути тумблер живлення, перевівши його в положення “Вкл 12В”;
- 6) після висвітлення сегменту 1 (рис.4.33, 1) натиснути кнопку ПУСК приладу;
- 7) утримуючи кнопку в натиснутому стані, прочитати на табло цифроіндикатора величину вимірюваної відстані.

Світіння цифр на табло цифро індикатора продовжується доти, поки натиснуто кнопку “ПУСК”. Після відпускання кнопки ПУСК цикл виміру можна повторити. Якщо при проведенні вимірів стійко запалюється сегмент 6 (рис.4.33) службового індикатора, що інформує про нормальний рівень сигналу, то забезпечується мінімальна похибка виміру.

Якщо від виміру до виміру запалюється сегмент 7 (рис.4.33), що інформує про високий рівень сигналу або сегменти 6, 7 не висвітлюються, то при

цьому похибка вимірів не гарантується. У випадку високого рівня сигналу мінімальної похибки вимірів можна досягнути за допомогою діафрагми з комплекту КТД-2-2. Діафрагма встановлюється на приймально-візирний об'єктив (рис.4.29, 18). Змінюючи за допомогою діафрагми вхідний отвір, потрібно досягти стійкого запалювання сегмента 6 (рис.4.33), що інформує про нормальний рівень сигналу.

Якщо не горять обидва сегменти 6 і 7 (рис.4.33), то це свідчить про низький рівень сигналу (на “порозі”). При цьому оператор (номер обслуги) повинний сам вирішити питання про доцільність проведення вимірів залежно від досвіду роботи і вимог до якості вимірів.

При проведенні вимірів на табло цифроіндикатора будуть висвічуватися також інші інформаційні сигнали, які свідчать (рис.4.33) про стан акумуляторної батареї, про перебування цілі в стробі і за стробом, про наявність або відсутність старт- та стоп-імпульсів. Світіння сигналу переповнення (літера “П”) на табло цифроіндикатора (рис.4.33, HL6) інформує про відсутність стоп-імпульсу. При цьому вимір необхідно повторити. Якщо літера “П” повторюється неодноразово, то це свідчить про те, що до даної цілі вимір зробити неможливо. Висвітлення нулів на табло цифроіндикатора інформує про відсутність старт-імпульсу, тобто про несправності приладу.

Якщо процес вимірів тривалий, то можлива зміна метеоумов у місці проведення вимірів. Тоді необхідно уточнити калібрування й у комутатор метеоумов (2-КМУ-1) КТД-2-2 ввести новий коефіцієнт корекції.

Вимір відстані по другій цілі при наявності перешкод від об'єктів, розташованих перед ціллю. Якщо одна ціль перекриває іншу таким чином, що в приймально-візирний канал приладу надходить сигнал від обох цілей і при цьому на табло цифроіндикатора засвічується точка 2 (рис.4.33) (“ціль за стробом”), що показує, що число цілей більше однієї, то відстань до другої цілі можна виміряти, установивши перемикач РЕЖИМ на панелі управління ППУ-10 у положення “0-2”. Вимір відстані при цьому проводиться аналогічно виміру відстані до першої цілі.

Помилкові сигнали, що надходять у приймально-візирний канал від атмосферних перешкод (дощу, снігу) і об'єктів, розташованих перед ціллю, можна усунути також за допомогою потенціометра МИН. ДАЛЬН., розташованого на панелі управління приладом (стробування цілей). Застосовуючи стробування, можна виключити відбиті сигнали від всіх об'єктів, що знаходяться на відстані від 100 до 4000 м, змінюючи величину строба за допомогою потенціометра МИН. ДАЛЬН.. Для цього, установлюючи великі значення строба потенціометром МИН. ДАЛЬН., слід збільшувати мінімальну відстань, яку можна виміряти приладом. Таким чином, вимір при наявності перешкод зводиться до установки такого строба, щоб сигнали від об'єктів, що дають помилкові відліки, заглушувалися, і першим сигналом, що надходить у

приймально-візирний пристрій після закінчення дії строба, був би сигнал, відбитий від цілі, при цьому буде горіти точка 4 (рис.4.33) “ціль у стробі”. Для установки потрібної величини строба слід перевести перемикач РЕЖИМ на панелі управління ППР-10 у положення “СК”, увімкнути живлення приладу і, обертаючи ручку потенціометра МИН. ДАЛЬН., установити необхідну мінімальну відстань, при якій горить сигнал “ціль у стробі”, потім перейти на потрібний режим виміру до першої цілі “0-1” або до другої цілі “0-2”. При вимірі відстаней до цілей уночі слід підсвітити штрихи сітки візира, установивши тумблер підсвічування сітки в положення “Вкл Н” (рис.4.32, б).

Вимір кутів за допомогою механізмів наведення. Для виміру кутів у горизонтальній площині за допомогою механізму наведення МН-9 необхідно:

- 1) установити механізм наведення за кульовому рівню;
- 2) навести перехрестя сітки візира ППУ-10 на одну з цілей на місцевості і зняти відлік за шкалами 4 і 6 (рис.4.31, а). Ціна поділки шкали 4 становить $6''$, шкали 6 — $5''$.

Обертаючи ручку 5 у тім же напрямку, навести перехрестя сітки візира на другу ціль на місцевості і зняти відлік за шкалами 4 і 6.

Визначити величину обмірюваного кута по різниці відліків кутів на першу і другу цілі.

Для виміру кутів у вертикальній площині необхідно:

- 1) установити механізм наведення за кульовим рівнем;
- 2) навести прилад на одну з цілей на місцевості, а потім на іншу і знімати відлік за шкалами 1 і 3 (рис.4.31, а). Ціна поділки шкали 1 - $6''$, шкали 3 - $3''$.

- 3) по різниці відліків кутів визначається величина обмірюваного вертикального кута.

При установці ППУ-10 на теодоліт за допомогою механізму наведення МН-10 кути на ціль вимірюються за допомогою теодоліта (рис.4.30, а).

Крім того, приблизний вимір вертикальних кутів може здійснюватися за допомогою шкал механізму наведення так само, як це описано з механізмом наведення МН-9. Для сполучення площин наведення ППР-10 і теодоліта необхідно:

- 1) навести теодоліт на ціль, що розташована на відстані не менше, ніж 2000 м, і зняти показання по вертикальному лімбу X_1 ;
- 2) ручкою 7 (рис.4.30, а) установити за шкалами механізму наведення МН-10 відлік X_2 , що дорівнює X_1 ;
- 3) відпустити гвинт 8 (рис.4.30, а) і, обертаючи ключем гвинт 9, установити наведення ППР-10 на ту ж ціль;
- 4) затягти гвинт 8.

Перевірка технічного стану КТД-2-2 полягає ось у чому:

- 1) перевірка стану акумуляторної батареї;

- 2) перевірка роботи приладу в режимі СК;
- 3) перевірка роботи приладу в режимі виміру до першої цілі;
- 4) перевірка підсвічування сітки ППР-10;
- 5) перевірка кольору силікагелю в патроні осушення.

Основні правила щодо техніки безпеки при роботі з квантовими далекомірами

До експлуатації квантових далекомірів допускаються особи, що вивчили інструкцію з експлуатації та дотримання таких правил:

- 1) пил з поверхні оптичних деталей видаляти пензликом, а вологу - серветкою, що знаходяться в комплекті ЗИП;
- 2) не залишати ППУ з механізмом наведення, не закріпленим на штативі;
- 3) не залишати ППУ увімкненим;
- 4) при великих перепадах температур переміщати ППУ з холоду в тепло і навпаки необхідно в шухляді, з витримкою після переміщення не менше, ніж 0,5 години;
- 5) після внесення з холоду в тепло і появи на корпусі ППУ роси слід протерти його поверхню насухо і вмикати не раніше, ніж через 3 години.

Зарядку акумуляторної батареї проводити згідно з технічним описом й інструкцією з експлуатації акумуляторних батарей.

Не допускається транспортування КТД без укладальної шухляди.

ВИПРОМІНЮВАННЯ КТД У РАЗІ ПОТРАПЛЯННЯ В ОЧІ ЛЮДИНИ МОЖЕ ВИКЛИКАТИ ПОВНУ АБО ЧАСТКОВУ ВТРАТУ ЗОРУ.

Небезпечний рівень для очей від випромінювання передавального пристрою ППУ-10 при сприятливій прозорості атмосфери виникає на відстані до 1,5 км, якщо дивитися прямо в об'єктив ППУ-10 неозброєним оком, до 3,5 км - при спостереженні в бінокль з діаметром об'єктива 30 мм, до 5 км, якщо діаметр об'єктива 50 мм.

У зв'язку з цим необхідно дотримуватися таких правила:

НЕ ДИВИТИСЯ В ОБ'ЄКТИВ ПЕРЕДАВАЧА.

НЕ НАВОДИТИ КТД НА ЛЮДЕЙ, НА ДЗЕРКАЛЬНІ ПОВЕРХНІ, ЩО ВІДБИВАЮТЬ.

При найменшій підозрі на можливість потрапляння лазерного випромінювання від КТД в очі потерпілий повинний бути негайно обстежений лікарем і знаходитися під його спостереженням протягом декількох днів, оскільки порушення зору може виявитися не відразу.

4.2.6. Топоприв'язник

В окремих родах Сухопутних військ застосовується автономна наземна навігаційна апаратура, що встановлюється як на машинах та гусеничних тягачах, та і на рухомих засобах розвідки і командних машинах. Топоприв'язник призначений для розв'язання таких задач:

- визначення координат вогневих (стартових) позицій, а також позицій, постів і пунктів підрозділів розвідки;
- ведення колон військ, особливо на місцевості, бідній орієнтирами, або вночі і для нанесення на карту не позначених на ній доріг і колонних шляхів;
- передача дирекційних кутів орієнтирних напрямків на точки, що прив'язуються.

Робота навігаційної апаратури щодо визначення координат точок, що прив'язуються, ґрунтується на безперервному послідовному розв'язанні прямої геодезичної задачі.

Склад і взаємозв'язок основних приладів топоприв'язника показані на рис.4.35.

До складу навігаційної апаратури входять:

датчик шляху (електронний або механічний датчик шляху/швидкості), призначений для виміру збільшень шляху (ΔS_{II}) і всього шляху (S);

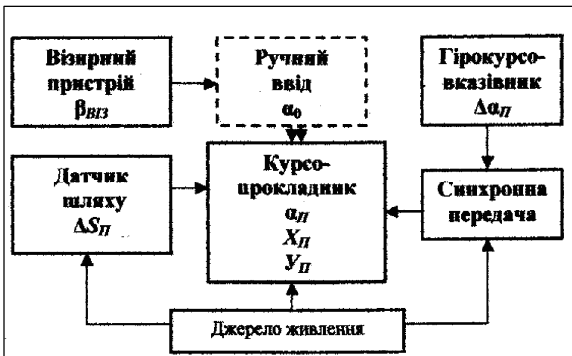


Рис. 4.35. Блок-схема і склад топоприв'язника

гірокурсовказівник (рис. 4.36, сукупність трьох самостійних приладів: гіроазимута, перетворювача струму і пульта управління), призначений: для безперервного виміру кутів повороту машини в русі й вироблення електричних сигналів, що відповідають величині і напрямкові цих кутів; для перетворення постійного струму напругою 27В від акумулятора або генератора в трифазний змінний струм напругою 36В 400 Гц, що необхідний для живлення гіромоторів і синхронної передачі; для включення і вимикання гіроазимута і перетворювача струму, а також для формування електричних сигналів, що компенсують відхід осі гіроскопа по азимуту при регулюваннях у процесі

перевірки гірокурсовказівника;

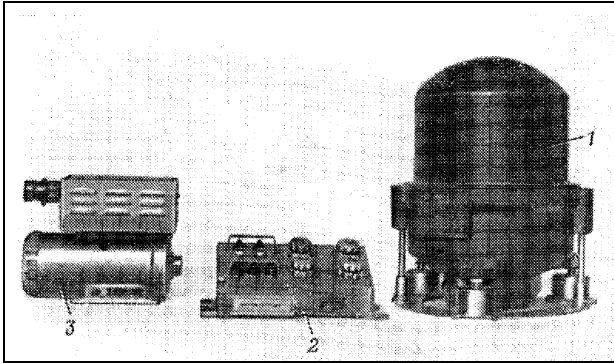


Рис. 4.36. Гірокурсовказівник:

1 - гіроазимут; 2 - пульт управління; 3 - перетворювач струму

курсопрокладник або лічильно-розв'язувальний прилад (рис. 4.37), призначений для безперервного автоматичного вироблення поточних координат положення топоприв'язника (машини) і креслення маршруту руху топоприв'язника на карті;

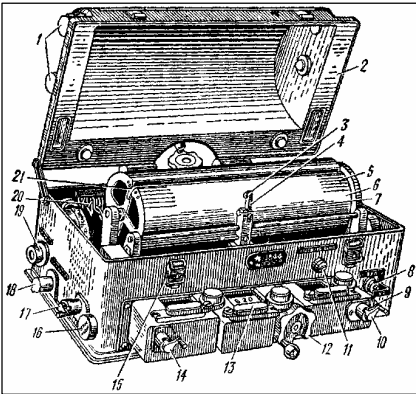


Рис. 4.37. Курсопрокладник:

1 - патрони ламп висвітлення; 2 - кришка;

3 - гвинт; 4 - важіль записуючого пристрою;

5 - риска; 6 - барабан; 7 - фіксатор; 8 - вимикач У; 9 - вимикач ОСВЕЩ.; 10 - ручка КООР. Х.;

11 - лампа МАСШТАБ ВЫКЛ.; 12 - маховик ПУТЬ; 13 - кришка лічильника; 14 - ручка КООР. У; 15 - замок; 16 - ручка ПЕРЕКЛ. МАСШТ.; 17 - ручка У; 18 - ручка КООР. ПУТИ; 19 - ручка ПУТЬ; 20 - шкала КООР. ПУТИ;

21 - планка

візирний пристрій або візир орієнтування (візир панорамного типу з великою перископічністю), призначений для виміру кута між поздовжньою віссю машини і орієнтирним напрямком при визначенні дирекційного кута поздовжньої осі топоприв'язника на початковій точці або при передачі орієнтування;

синхронна передача, призначена для передачі кутів повороту машини, вимірних гірокурсказівником, у курсопрокладник;

джерела живлення, прилади електроустаткування.

У комплект топоприв'язника, крім навігаційної апаратури, входять: гірокомпас, перископічна артилерійська бусоль, далекомір, зчислювач, номограма інструментального ходу, приладдя для роботи з картою, а також радіостанція і дозиметричні прилади.

З метою забезпечення безпеки особового складу в процесі експлуатації топоприв'язника необхідно суворо дотримуватися основних правил:

- не замінювати запобіжники і лампи, що вийшли з ладу, при ввімкненому живленні;

- до підключення кабелів не подавати напругу до приладів і не від'єднувати кабелі при ввімкненому живленні;

- не залишати вимикачі після закінченні роботи в інших положеннях, крім ВЬКЛ.;

не знаходитися в зоні опромінення високочастотного пристрою при ввімкненому електронному датчику.

З метою виключення пошкодження приладів топоприв'язника і досягнення необхідної точності визначення координат при використанні його необхідно дотримуватися таких правил:

- прилади топоприв'язника вмикати тільки на стоянці;

- рух починати не раніше, ніж через 3 хв після вмикання гіроскопа, а у випадкових випадках - через 1 хв;

- до виконання прив'язування приступати не раніше, ніж через 15 хв після ввімкнення гіроскопа;

- систематично контролювати правильність установок регульовальних потенціометрів і механізму коректури шляху;

- синхронну передачу (вимикач У2) вмикати тільки після того, як ввімкнені інші прилади топоприв'язника;

- дирекційний кут поздовжньої осі машини встановлювати після вмикання вимикача У2 маховичком КУРС - РАБОТА;

- при необхідності розв'язування прямої геодезичної задачі на курсопрокладнику при вимкненій апаратурі дирекційний кут уводити маховичком КУРС - КОНТРОЛЬ;

- при русі машини без креслення шляху на карті виключити масштаб або підняти олівець;

- у процесі роботи з топоприв'язником стежити за показаннями вольтметра, що повинні бути в межах 27 ± 3 В, і за показаннями амперметра, стрілка якого не повинна відхилитися вліво від нульового значення;

- підзарядку акумуляторних батарей робити протягом усього періоду експлуатації топоприв'язника, включаючи і холості перегони машини;

- при холостих перегонах більше, ніж 100 км привідний ремінь генератора зняти із метою запобігання перезарядження акумуляторної батареї, генератора - від зайвого зносу, а двигуна - від втрати потужності;
- при використанні електронного датчика шляху не рекомендується робити часті обгони транспорту, що рухається; якщо в цьому все-таки є необхідність, то варто перейти на режим МДП (механічного датчика шляху);
- при вимиканні гірокурсовказівника під час руху перемикач аретира РАБОТА - СТОПОР у положення СТОПОР повинний бути поставлений через 15 хв після вимикання гіроскопа.

При використанні топоприв'язника **забороняється**:

- переключати рукоятку ПУТЬ у русі;
- обертати маховичок ручного введення шляху при ввімкненій рукоятці ПУТЬ;
- змінювати установку ручок регулювальних потенціометрів, якщо немає необхідності в регулюванні, і повертати ці ручки з затягнутими затискними гайками;
- вмикати вимикач ОБОГРЕВ акумуляторної батареї 12САМ-28 при непрацюючому двигуні.

Рух машини з увімкненим топоприв'язником **забороняється**:

- з відкритою кришкою візира орієнтування;
- при працюючому гірокурсовказівнику, коли перемикач РАБОТА - СТОПОР знаходиться в положенні СТОПОР;
- при вимкненому вимикачі ГИРОСКОП, коли перемикач РАБОТА - СТОПОР знаходиться в положенні РАБОТА;
- з увімкнутою апаратурою і вимкнутою рукояткою ПУТЬ;
- заднім ходом при ввімкненій рукоятці ПУТЬ.

Перед ввімкненням топоприв'язника здійснюється зовнішній огляд приладів і перевіряється, чи знаходяться вимикачі і перемикачі у вихідному положенні. Для ввімкнення топоприв'язника необхідно перевірити напругу акумуляторних батарей, запустити двигун машини, перевірити роботу генератора, увімкнути гірокурсовказівник і курсопрокладник.

Для перевірки напруги акумуляторних батарей необхідно увімкнути вимикач ТМ-АГ на центральному розподільному щиті (ЦРЩ) і за вольтметром на ЦРЩ перевірити напругу, що повинна бути не менше, ніж 22 В.

Напруга генератора перевіряється за вольтметром на ЦРЩ після запуску двигуна, вона повинна становити 27 ± 3 В.

Увімкнення гірокурсовказівника здійснюється з пульта управління ГАК, для чого необхідно:

- при температурі навколишнього повітря нижче 0°C увімкнути вимикач

ОБОГРЕВ, при цьому на пульті загоряється біла сигнальна лампочка;

- подати живлення на перетворювач, для чого увімкнути вимикач ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, при цьому загоряються три зелені сигнальні лампочки 1Ф, 2Ф, 3Ф, що сигналізують про справну роботу перетворювача і про наявність напруги на всіх трьох фазах;

- увімкнути вимикач КОНТРОЛЬ, при цьому до керуючої обмотки корекційного азимутального мотора підключаються потенціометри ПОПРАВКА НА ТРЕНИЕ (потенціометри УСТАНОВКА ШИРОТЫ й ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА підключені до цієї обмотки постійно);

- розаретувати гіроскоп, для чого перемикач РАБОТА - СТОПОР перевести в положення РАБОТА, при цьому чується клацання і загоряється зелена лампочка на пульті управління;

- подати живлення на гіромотори, для чого увімкнути вимикач ГИРОСКОП, при цьому починається розгін гіроскопів.

Для увімкнення курсопрокладника необхідно:

- увімкнути вимикач ОСВЕЩЕНИЕ;

- подати живлення на синхронну передачу, для чого увімкнути вимикач У2 (УСИЛИТЕЛЬ);

- підключити курсопрокладник до датчика шляху, для чого ручку ПУТЬ поставити в положення ВКЛ. (на топоприв'язниках з електронним датчиком шляху, крім того, перемикач ЭДП- ВЫКЛ.-МДП поставити в положення ЭДП).

Прилади апаратури топоприв'язника можна вимикати як на місці, так і в русі. Для вимикання приладів на місці необхідно:

- на пульті управління ГАК вимкнути вимикач ГИРОСКОП, перемикач РАБОТА - СТОПОР перевести в положення СТОПОР, вимкнути вимикач ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, перемикач КОНТРОЛЬ поставити в положення ОТКЛ., вимкнути вимикач ОБОГРЕВ (якщо він був увімкнутий);

- на курсопрокладнику вимкнути вимикач У2, вимкнути освітлення, ручку ПУТЬ поставити в положення ВЫКЛ. (у таке ж положення перевести перемикач ЭДП - ВЫКЛ. - МДП в апаратурі з електронним датчиком шляху).

Прилади апаратури топоприв'язника в русі вимикаються в тій же послідовності, що і на місці, але перемикач РАБОТА-СТОПОР у положення СТОПОР устанавлюється через 15-20 хв після вимикання гіроскопа.

Використання топоприв'язника являє собою комплекс дій і операцій, що виконує командир (механік-водій) перед початком і в процесі руху.

До цих дій відносяться:

- підготовка вихідних даних;
- початкове орієнтування об'єкта;
- підготовка курсопрокладника до роботи;
- робота з топоприв'язником у русі.

Підготовка вихідних даних полягає у визначенні координат вихідного пункту і дирекційного кута на який-небудь орієнтир, видимий з цього пункту. Як правило, ця робота виконується завчасно.

Вихідний пункт повинний задовольняти вимогам щодо зручності наїзду на нього об'єктом або під'їзду впритул та можливості візування з цього пункту на який-небудь віддалений орієнтир.

Вихідним пунктом є контурна точка на місцевості, а саме:

- підготовлені вихідні пункти в парках, у районах зосередження;
- тригонометричні пункти, віхи, піраміди, пункти полігонометрії;
- головні хрести церков;
- пам'ятники;
- центри перехресть постійних доріг;
- залізничні переїзди, мости і тощо.

Координати вихідних пунктів визначаються по карті за допомогою поперечного масштабу або по каталогу пунктів триангуляції. У більшості тригонометричних пунктів винесені орієнтирні пункти, координати яких можна визначити, виходячи з даних, наведених у цьому ж каталозі (дирекційний кут вносу і відстань від тригонометричного пункту до орієнтирного пункту).

Початкове орієнтування топоприв'язника полягає у визначенні дирекційного кута поздовжньої осі машини.

Для визначення дирекційного кута поздовжньої осі машини на вихідній точці використовують орієнтирний напрямок, дирекційний кут якого відомий (α_{OP}).

Якщо дирекційний кут орієнтирного напрямку відомий і можливий наїзд топоприв'язника на вихідну точку, то для визначення вихідного дирекційного кута поздовжньої осі машини (α_{BIC}) топоприв'язник з візиром устанавлюють над точкою (похибка установки не повинна перевищувати 1/1000 відстані до орієнтира) і відзначаються по орієнтирній точці, знімаючи відлік β_{BIZ} .

Дирекційний кут поздовжньої осі машини (рис.4.38) обчислюють за формулою

$$\alpha_{BIC} = \alpha_{OP} - \beta_{BIZ}. \quad (4.33)$$

Якщо топоприв'язник не можна встановити на вихідну точку або в безпосередній близькості від неї (ближче 1/1000 дальності до орієнтира), то топоприв'язник устанавлюють на деякій відстані від вихідної точки. У цьому випадку для визначення дирекційного кута осі машини необхідно:

- устанавити бусоль на вихідній точці й орієнтувати її по дирекційному куту;
- навести монокуляр бусолі на візир топоприв'язника, зняти відлік α_T по

бусольному кільцю і, змінивши знятий відлік на 30-00, одержати дирекційний кут орієнтирного напрямку α_{OP} (візир - орієнтирна точка);

- навести візир у бусоль і зняти відлік β_{BIZ} ;

- обчислити дирекційний кут поздовжньої осі машини за формулою (4.33).

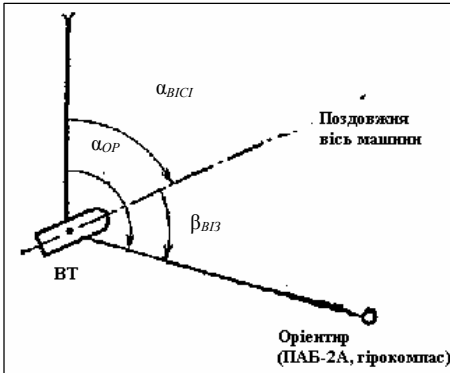


Рис.4.38. Орієнтування топоприв'язника на вихідній точці

У тому випадку, коли дирекційний кут орієнтирного напрямку невідомий і визначається за допомогою магнітної стрілки бусолі одночасно з підготовкою топоприв'язника до роботи, бусоль установлюють перед топоприв'язником на відстані 40-50 м, визначають дирекційний кут напрямку на візир і, змінивши його на 30-00, одержують величину α_{OP} . Потім наводять візир на бусоль, знімають відлік β_{BIZ} і обчислюють α_{BICL} .

Підготовка курсопрокладника до роботи включає:

- підготовку і закріплення карти на барабані (планшеті);
- установку на лічильниках X і Y координат вихідної точки, узгодження з ними положення олівця записуючого пристрою і ввімкнення масштабу;
- уведення вихідного дирекційного кута поздовжньої осі машини;
- установку (якщо необхідно) коефіцієнта коректури шляху;
- ввімкнення датчика шляху.

Для підготовки карти і закріплення її на барабані необхідно:

- зняти з карти і записати в навігаційному журналі координати початкової і кінцевої точки маршруту прив'язки;
- підігнути праве і ліве поле карти по її рамці;
- відкрити кришку курсопрокладника;
- відтягнути фіксатор записуючого пристрою і відвести цей пристрій до упору на себе; опустивши фіксатор, зафіксувати записуючий пристрій у цьому положенні;
- обертаючи ручку переміщення записуючого пристрою, відвести олівець праворуч (ліворуч) до упору;

- обертаючи барабан на себе, повернути його до упору;
- від'єднати притискні планки від магнітних замків барабана;
- уставити північний кінець карти в нижній проріз барабана; уставити планку в проріз і установити карту так, щоб одна з горизонтальних ліній сітки карти збіглася з однією з ліній, нанесених на барабані; натягаючи карту, повернути барабан від себе до упору, після чого вставити нижній кінець карти в проріз і, підтягуючи карту, установити її так, щоб горизонтальні лінії сітки карти збіглися з лініями, нанесеними на барабан, після чого вставити другу планку в проріз; підтримуючи пальцями записуючого пристрій, відтягнути фіксатор і опустити записуючий пристрій на карту;

- закрити кришку курсопрокладника.

Для установки на лічильниках X і Y координат вихідної точки, узгодження положення олівця записуючого пристрою з ними і ввімкнення масштабу слід:

- ручкою переміщення записуючого пристрою і ручкою переміщення карти установити олівець записуючого пристрою в лівий нижній кут квадрата карти, у якому знаходиться вихідна точка;

- відкрити кришки лічильників X і Y та натисканням до упору відповідних штовхачів установити координати початку квадрата, у якому знаходиться вихідна точка;

- закрити кришки лічильників;

- увімкнути масштаб, який відповідає масштабу карти, для чого повертати ручку ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ МАСШТАБА доти, поки покажчик не виявиться проти цифри потрібного масштабу;

- ручками уточнення координат установити на лічильниках координати вихідної точки, олівець записуючого пристрою при цьому повинний бути на вихідній точці.

Вихідний дирекційний кут осі машини $\alpha_{ВИХ}$ вводиться не раніше, ніж через 3 хв після ввімкнення вимикача УСИЛИТЕЛЬ обертанням маховика КУРС - РАБОТА. Зчитується дирекційний кут осі машини по шкалах приблизного і точного відліку.

Для установки коефіцієнта коректури шляху необхідно натиснути на ручку КОРРЕКТУРА ПУТИ і, повертаючи її в потрібному напрямку, установити на шкалі значення коефіцієнта.

Для ввімкнення датчика шляху необхідно повернути по ходу годинникової стрілки рукоятку ПУТЬ до упору. При цьому згасне сигнальна лампочка на курсопрокладнику ПУТЬ ВЫКЛ.

Використання топоприв'язника в русі. Після виконання підготовчих заходів і підготовки приладів топоприв'язника до роботи починається рух топоприв'язника на точку, що прив'язується. Перед початком руху необхідно

перевірити відповідність установок регульовальних потенціометрів і механізму коректури шляху необхідним значенням, а в процесі руху - вчасно змінювати коректуру шляху залежно від зміни дорожніх умов. Контроль правильності роботи навігаційної апаратури здійснюється звіренням маршруту, що викреслюється олівцем побудованого механізму курсопрокладника на карті, з реальною місцевістю.

Рухатися по маршруту необхідно з максимально можливою в даних умовах швидкістю і не допускати різкого гальмування.

У випадку вимушених зупинок слід враховувати відхід осі гіроскопа за час стоянки на маршруті.

Якщо на маршруті руху топоприв'язника зустрінеться важкопрохідна ділянка шляху, при подоланні якої необхідне ввімкнення переднього ведучого моста машини і можливе пробуксовування коліс, то з метою виключення грубих помилок у результатах прив'язки довжину цієї ділянки вимірюють і вводять у курсопрокладник вручну. Для цього топоприв'язник зупиняють перед початком важкопрохідної ділянки шляху, знімають і записують α_{BICl} зі шкали КУРС, вимикають датчик шляху і встановлюють на нуль коректуру шляху. Потім за допомогою далекоміра вимірюють відстань до орієнтира (місцевого предмета), який розташований на протилежному кінці цієї ділянки шляху і лежить на продовженні маршруту руху топоприв'язника або в безпосередній близькості від нього. Візором топоприв'язника знімають відлік β_{BIZ} за цим орієнтиром й обчислюють дирекційний кут напрямку на нього α_{OP} за формулою

$$\alpha_{OP} = \alpha_{BICl} + \beta_{BIZ} . \quad (4.34)$$

Обчислене значення дирекційного кута напрямку на орієнтир установлюють на шкалі КУРС і маховичком ПУТЬ вводять виміряну відстань до орієнтира. На лічильниках X і Y курсопрокладника після виконання зазначених операцій автоматично встановлюються координати орієнтира, обраного на кінцевій точці важкопрохідної ділянки шляху. Перед початком руху по цій ділянці відновлюють показання шкали КУРС (записані на момент зупинки) і показання шкали КОРРЕКТУРА ПУТИ, а потім вмикають передній міст і відновлюють рух.

При під'їзді до орієнтира, координати якого встановлені на курсопрокладнику, топоприв'язник зупиняють, вимикають передній міст, вмикають датчик шляху і продовжують рух у звичайному порядку.

У деяких випадках рух топоприв'язника по обраному або заданому маршруту буде пов'язаний з переїздом на місцевість, що відповідає новому аркушу карти, у тому числі й аркушу суміжної координатної зони.

Аркуш карти під час руху топоприв'язника в межах однієї і тієї ж зони

заміняють у такому порядку. При підході олівця побудованого механізму до краю карти зупиняють топоприв'язник, вимикають масштаб і здійснюють заміну карти або планшета із заздалегідь закріпленою на ньому картою. Після заміни карти ручками переміщення олівця і карти встановлюють олівець на найближчу контурну точку на шляху подальшого руху топоприв'язника. У момент, коли топоприв'язник після поновлення руху буде проїжджати цю точку, вмикають масштаб.

При переміщенні топоприв'язника в суміжну зону заміну аркуша карти здійснюють у такому порядку. При підході олівця до границі зони топоприв'язник зупиняють, знімають і записують зняті зі шкал координати і дирекційний кут поздовжньої осі машини.

Координати точки стояння топоприв'язника переобчислюють у суміжну зону. Одночасно визначають і вводять у дирекційний кут поздовжньої осі топоприв'язника поправку $\Delta\alpha$ за перехід з однієї зони в іншу. Переобчислені координати і виправлений дирекційний кут поздовжньої осі машини встановлюють на лічильниках X та Y і шкалах КУРС курсопрокладника, після чого рух топоприв'язника відновлюється.

Після прибуття топоприв'язника на найближчу контурну точку суміжної зони контролюють правильність установки координат.

Після прибуття на точку, що прив'язується, топоприв'язник встановлюють над точкою або в безпосередній близькості від неї. Координати цієї точки зчитують з лічильників X і Y курсопрокладника і записують у журнал.

При неможливості установки топоприв'язника над точкою, що прив'язується, або під'їзду до неї ближче, ніж на 10 м її координати визначаються розв'язанням прямої геодезичної задачі на курсопрокладнику. Для цього з точки стояння топоприв'язника вимірюють відстань d до точки, що прив'язується, і визначають дирекційний кут на неї шляхом підсумовування відліку, знятого зі шкал КУРС курсопрокладника, і відмітки візира за визначеною точкою. Значення отриманого дирекційного кута встановлюють на шкалах КУРС курсопрокладника, виміряну відстань d вводять маховичком ПУТЬ і на лічильниках координат зчитують координати X і Y точки, що прив'язується.

Після визначення координат точки, що прив'язується, розв'язанням прямої геодезичної задачі на курсопрокладнику, перш ніж продовжувати рух по маршруту, необхідно відновити на лічильниках X і Y записані раніше координати точки стояння топоприв'язника. Для цього досить обертанням маховичка ПУТЬ у зворотну сторону зняти (відняти) раніше уведено відстань d . Крім того, необхідно відновити показання шкали КУРС відповідно до значень дирекційного кута поздовжньої осі машини на момент зупинки, установити необхідне значення коефіцієнта коректури шляху, увімкнути датчик шляху і тільки після цього продовжувати рух на другу точку, що

прив'язується, або на кінцеву точку.

Крім координат, по карті визначають і абсолютну висоту точки, що прив'язується. Якщо орієнтування на точці, що прив'язується, буде виконуватися гіроскопічним або астрономічним способом, то за допомогою карти визначають геодезичні координати (широту B і довготу L) точки, що прив'язується.

Після прибуття топоприв'язника на кінцеву точку, якщо вона доступна для безпосереднього наїзду, координати її, вироблені навігаційною апаратурою, зчитуються з лічильників координат курсопрокладника.

Якщо кінцева точка недоступна для наїзду на неї топоприв'язника або якщо під'їзд до неї пов'язаний зі значним збільшенням маршруту прив'язки (точка знаходиться за водною перешкодою, важкопрохідною ділянкою дороги або місцевості тощо), то координати кінцевої точки визначають розв'язанням прямої геодезичної задачі також, як це робиться при визначенні координат точки, що прив'язується.

Після визначення координат кінцевої точки топоприв'язником їх порівнюють з координатами цієї ж точки, знятими з карти або узятими з каталога координат, і визначають розбіжність між ними:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= x_T^K - x_K^K \\ \Delta y &= y_T^K - y_K^K \end{aligned} \right\} \quad (4.35)$$

де x_T^K , y_T^K - координати кінцевої точки, визначені топоприв'язником;

x_K^K , y_K^K - координати кінцевої точки, зняті з карти або узяті з каталога координат.

Розбіжність у координатах кінцевої точки розімкнутого маршруту, отримані за допомогою топоприв'язника і зняті з карти (узяті з каталога), не повинні перевищувати припустимої величини.

Якщо різниця координат (Δx або Δy) не перевищує припустимого значення, то прив'язка вважається виконаною вірно. Якщо розбіжності в координатах перевищують припустиме значення, то прив'язку повторюють заново, використовуючи інші вихідні точки.

При припустимих розбіжностях точність визначення координат точки, що прив'язується, може бути підвищена, якщо кінцеву точку прийняти за початкову, а потім повернутися з цієї точки на точку, що прив'язується. У цьому випадку координати точки, що прив'язується, визначаються як середнє арифметичне з її координат, отриманих при русі топоприв'язника від вихідної точки до кінцевої, і координат, отриманих після руху топоприв'язника від кінцевої точки на точку, що прив'язується.

Якщо топоприв'язник за умовами виконання бойової роботи не може проїхати на кінцеву точку, а маршрут руху закінчується на точці, що прив'язується, то контроль визначення координат точки, що прив'язується, здійснюється по карті прийомами окомірної зйомки або за допомогою кутівимірювальних і далекомірних приладів, що є в комплекті топоприв'язника.

4.2.7. Прилади споживачів супутникових радіонавігаційних систем ГЛОНАСС/GPS

Для визначення місця розташування підрозділів, координат точок елементів бойового порядку залежно від необхідної точності можуть використовуватися різноманітні приймачі супутникових навігаційних систем "ГЛОНАСС" (Росія) або "GPS NAVSTAR" (США).

Супутникові радіонавігаційні системи (СРНС) "ГЛОНАСС" і "GPS NAVSTAR" працюють у гринвіцькій просторовій прямокутній геоцентричній системі координат. Початок координат розташований у центрі мас Землі. Вісь Z спрямована на умовний земний полюс, який відповідає середньому за 1900-1905 рр. положенню, прийнятому за Міжнародний умовний початок. Вісь X лежить на перерізі екватора й площини гринвіцького меридіана, вісь Y в площині екватора доповнює систему координат до правої. Геоцентричні координатні системи встановлюються за високоточними вимірюваннями й закріплюються за допомогою пунктів геодезичних мереж. Геоцентричні координатні системи ГЛОНАСС і GPS установлені незалежно. GPS діє в координатній системі WGS-84, орієнтованій, насамперед, на потреби Північної Америки. У Росії без інтеграції з західними країнами створена координатна система ПЗ-90 (Параметри Землі 1990р.). Природно, ці дві системи не збігаються і положення точки в просторі в зазначених системах можуть відрізнятися до десятка метрів. Крім того, координатні системи базуються хоча й на близьких, але все-таки на різних еліпсоїдах. Тому геодезичні широти, довготи й висоти різнитимуться, навіть якщо збігаються прямокутні геоцентричні координати X, Y, Z .

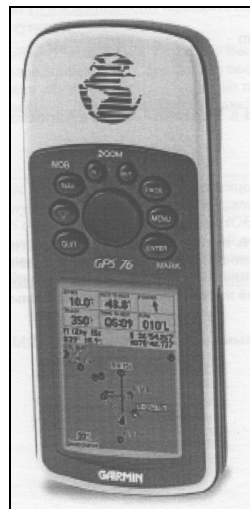
В окремих країнах діють національні координаційні системи. Центри референц-еліпсоїдів часто не сумісні з центром мас Землі. Вони встановлюють квазігеоцентричні координати. В Україні поки що діє система координат 1942р. (СК-42) на референц-еліпсоїді Красовського, центр якого зміщений від центра мас Землі на більше, ніж 150 м. Різниця геоцентричних і квазігеоцентричних координат можуть досягати й понад 100 м. З 1995 року в Росії використовується нова геоцентрична система координат СК-95.

Переносний навігатор. У користуванні знаходиться значна кількість персональних навігаторів або персональні навігаційні приймачі (ПНП). Їх характеристики та можливості щодо розв'язання навігаційних задач залежать від держави-виробника та сфери використання ПНП.

Персональний навігаційний приймач СН-4001 (рис. 4.39) – 24 каналний ГЛОНАСС/GPS/SBAS ручний персональний навігаційний приймач призначений для визначення за сигналами супутникових навігаційних систем ГЛОНАСС, GPS, SBAS (WAAS, MSAS і EGNOS) у реальному масштабі часу поточних значень координат положення, вектора швидкості споживача в будь-якій точці земної кулі, у будь-який момент часу і незалежно від метеоумов (за умови прийому сигналів СНС).



Рис.4.39. Персональний навігаційний приймач СН-4001



4.40. Персональний навігатор серії GPS 76

Основні технічні характеристики та функціональні можливості персонального навігаційного приймача СН-4001 наведені в табл.4.5.

Переносні GPS приймачі серії GPS 76 призначені для наземного і водного застосування. Основні технічні характеристики наведені в табл.4.6

Функції програмного забезпечення, що використовується в навігаційних приймачах серії GPS 76 такі:

маршрути: обернути + функція МОВ (“Людина за бортом”) і функція ТрасВаск (повернення по пройденій траєкторії);

траєкторії: зберігши траєкторію, можливо пізніше пройти “по власному сліду” як у прямому, так і у зворотному напрямках;

координатні сітки: широта/довгота, UTM/UPS, MGRS та інші, включаючи Maidenhead;

точки бази даних (для моделі GPS 76): морська база даних і населені пункти Європи, по Україні - аж до дрібних сіл;

Основні характеристики ПНП СН-4001

Характеристика	Значення
24 універсальних канали	All-in-view режим
ГЛОНАСС	L1-діапазон (1595-1610 МГц), СТ-код
GPS/WAAS/MSAS/EGNOS	L1-діапазон (1575,42 МГц), C/A-код
Кодовий прийом сигналів C/A та СТ на частоті L1 з можливістю вимірів псевдовідстані по фазі коду й фазі несучої	
Вбудовані функції тестування і калібрування приймальних каналів	
Вихід мітки часу 1с, синхронізація роботи приймача від зовнішньої тимчасової мітки	
Контроль цілісності сигналів СНС (RAIM)	
Забезпечує роботу в диференціальному режимі – робота з локальними диф. системами, робота із широкозонними диф. системами	
Точність визначення координат:	
- по СНС GPS/ГЛОНАСС	10-20м
- по СНС GPS/ГЛОНАСС із використанням сигналів WAAS/MSAS/EGNOS	3-5м
- по СНС GPS/ГЛОНАСС із використанням диф.режиму	1-3м
Погрішність визначення вектора швидкості:	
- по СНС GPS/ГЛОНАСС	0,1 м/с
- по СНС GPS/ГЛОНАСС із використанням дифрежиму	0,1 м/с
Час початкового визначення	“холодний” / ”теплий” старт 90/50с
Система координат	WGS-84, ПЗ-90, СК-42;
Тимчасова мітка 1Гц синхронізована по UTC (систем GPS або ГЛОНАСС)	
Введення і збереження до 1000 маршрутних точок, до 50 маршрутів по 30 точок	
Пам'ять для збереження картографічних даних	не менше, ніж 16 Мб
Дисплей графічний, монохромний (ЖКИ)	240x160 пікселей
Частота відновлення інформації на ЖКИ	1 Гц
Антенa вбудована, з можливістю роботи з виносною антенною	
Розміри приймача	65x180x42 мм
Маса	не більш, ніж 0,5 кг (з елементами живлення)
Напруга живлення	6 елементів типу АА
Споживана потужність	не більше, ніж 2,4 Вт

базова карта (для моделей GPS76MAP і GPS76S): вбудована карта Атлантичного регіону (від 75° півн.ш. до 60° півд.ш. і від 30° сх.д. до 60° зах.д.). Охоплює Західну і Східну Європу, Україну, захід Росії, Африку і Близький

Схід з відображенням основних населених пунктів, доріг, аеропортів, озер і рік. Крім того, відображаються державні кордони і найбільш великі міста по всьому світу. На території України відображені населені пункти - великі селища, районні центри і міста. Можливе завантаження більш детальних карт із компакт-дисків.

Таблиця 4.6

Технічні характеристики приймачів серії GPS 76

	GPS 76	GPS 76MAP	GPS 76S
Навігаційні характеристики			
Кількість точок шляху	500, з ім'ям, символом, коментарем і властивістю відображення		
Кількість обернути маршрутів	50		
Кількість точок у маршруті	50		
Кількість точок пройденого шляху	2048	2048	5000
Карта рухлива	Морська база даних	Базова карта+ MapSource	Базова карта+ MapSource
Обсяг пам'яті для збереження карт, що завантажуються	1 Мб	8 Мб	24 Мб
Приймач	12 каналів		
Час позиціонування	“теплий старт”	15 с	
	“холодний старт”	45 с	
	автолокація	2 хвилини	
Період відновлення	1 с		
Точність позиціонування	(автономно)	< 15 м	
	DGPS	< 3 м	
Точність визначення швидкості	0.05 м/с у сталому режимі		
Загальні характеристики			
Розмір екрана (у пікселях)	180×240		
Живлення	батареї AA (1,5 В), 2 шт.		
Час роботи батарейок	до 16 годин		до 10 годин
Габаритні розміри	6,9×15,7×3,0 см		
Вага (з батарейками)	218 г		

Навігаційний комплекс топогеодезичного та часового забезпечення СН-3210 призначений для застосування в підрозділах та частинах з метою топогеодезичного забезпечення, оперативного контролю за місцезнаходженням об'єктів, вироблення та передавання споживачам часових відміток у сис-

темі UTC та диференційних поправок. Для вирішення навігаційних задач на рухомому наземному об'єкті до складу НАК СН-3210 входить приймач різних модифікацій. Навігаційні приймачі працюють у космічній навігаційній системі ГЛОНАСС або GPS NAVSTAR у будь-який час, незалежно від метеоумов і видають дані на пристрій індикації споживачам навігаційної інформації (рис.4.41).



Рис.4.41. Навігаційний приймач СН-3003 для жорстких умов експлуатації

Приймач СН-3003 забезпечує:

- автоматичний вибір оптимального сузір'я навігаційних космічних апаратів;
- інтегральну оцінку очікуваної точності визначення поточних координат об'єкта;
- видачу на зовнішні пристрої обумовлених параметрів;
- введення та обробку коригувальної інформації відповідно до RTCM SC-104, розв'язання навігаційної задачі при роботі в диференціальному режимі;
- введення і збереження до 500 маршрутних точок і до 50 маршрутів руху;
- запам'ятовування поточних координат як маршрутної точки;
- розрахунок відстані і напрямку між двома точками руху по маршруту;
- вивід координат у системі координат WGS-84 (Всесвітня геодезична референсна система - World Geodetic System, 1984), ПЗ-90 (Параметри Землі 1990р., Росія), СК-42 (система координат 1942 року) або в системі координат, параметри якої задаються користувачем;
- індикацію координат на дисплеї в географічній проекції і проекції Гаусса-Крюгера;
- автоматичний контроль функціонування апаратури;
- точність визначення координат (висоти) в автономному режимі роботи (СКО): GNSS - 10-20 (15-35)м, ГЛОНАСС - 10-30 (15-50)м, GPS - 25-40

(70)м;

- точність визначення координат (висоти) в диференціальному режимі (СКО) до 5 м (до 7 м);
- похибка визначення вектора швидкості: GNSS - 0,1 м/с, ГЛОНАСС - 0,1 м/с, GPS - 0,5 м/с.

Навігаційна інформація видається у відповідних формулярах, що відображається на дисплеї.

Формуляр **POS** призначено для відображення поточних координат споживача в обраній системі координат і включення режиму управління приймачем диференційних поправок. Формуляр POS вибирається встановленням PPP в положення "POS". Залежно від обраної системи відображення координат формуляр має такий вигляд:

а) градуси, мінути,
частка мінути

1	<50°26.425N	0040
2	030°33.171E	+285
3	CtrRec OFF	145.0 456
4	BeaconF	251.3 R 246
5	000	SNR 25 SS 02

б) градуси, мінути,
секунди, частка секунди

1	< 59°26'25.5N	0040
2	030°33'10.3E	+285
3	CtrRec OFF	145.0 456
4	BeaconF	251.3 R 246
5	000	SNR 25 SS 02

с) прямокутна система проекції Гаусса-Крюгера

1	< 5592792.7	0040
2	06 326311.9	
3		
4	+285	
5	CtrRec OFF	145.0 456
	BeaconF	251.3 R 246

Перший рядок

1) широта, залежно від обраної системи:

а) 50°26'425N - широта (N-північна, S-південна);

б) 59°26'25.5N - широта (N-північна, S-південна);

с) 5592792.7 - у прямокутній системі в проекції Гаусса-Крюгера координата X, м;

2) 0040 - СКП, м (середня квадратична похибка - це прогнозована похибка визначення навігаційних параметрів, яка залежить від кількості навігаційних супутників, їх якості, геометричного чинника тощо).

Другий рядок

1) довгота, залежно від обраної системи :

а) 030°33'171E (градуси, мінути, частка мінути) - довгота (E - східна, W - західна);

б) 030°33'10.3E (градуси, мінути, секунди, частка секунди) довгота (E - східна, W - західна);

с) 06 326311.9 - у прямокутній системі проекції Гаусса-Крюгера номер зони і координата Y, (м);

2) 285 - висота антени щодо геоїда або еліпсоїда, м.

Третій рядок (з третього по п'ятий рядок - використовується під час роботи апаратури в диференційному режимі)

1) ввімкнення режиму управління приймачем диференційних поправок (CtrRec) (OFF - увімкнено, ON - вимкнено), параметр, що вводиться;

2) 145.0 - частота необхідного радіомаяка, кГц, параметр, що вводиться;

3) 456 - швидкість передачі необхідного радіомаяка, бод, параметр, що вводиться.

Четвертий рядок

1) 251.3 - несуча частота робочого радіомаяка (BeaconF),кГц;

2) 246 - швидкість передачі працюючого радіомаяка, (R) бод.

П'ятий рядок

1) 000 - ідентифікатор працюючого радіомаяка;

2) 25 - відношення сигнал/шум (SNR);

3) 2 - рівень сигналу (SS).

Формуляр **NAV** призначається для відображення швидкості і напрямку руху споживача, а також допоміжної інформації (часу, дати, напрацювання апаратури з моменту останнього ввімкнення і загального напрацювання апаратури). Для вибору формуляра NAV необхідно PPP перевести в положення "NAV".

1
2
3

<07:59:47	13/05/98
K 025° 05	Sp 155.3
Tw 00:53:11	00002.2

Перший рядок

1) 07:59:47 - поточний час (години, хвилини, секунди);

2) 13/05/98 - поточна дата (число, місяць, рік).

Другий рядок

1) 025° - напрям руху (курс), градуси;

2) 05 - кількість каналів РПП, що стежать за навігаційними космічними апаратами;

3) 155.3 - швидкість, (Sp) км/г.

Третій рядок

1) 00:53:11 - напрацювання апаратури з моменту останнього вимкнення (Tw) (години, хвилини, секунди);

2) 00002.2 - загальне напрацювання апаратури, годин.

Формуляр **WPT** призначається для відображення, а також:

- введення в пам'ять ПП координат маршрутних точок;
- зберігання поточних координат у вигляді маршрутної точки;
- визначення відстані і напрямку між двома маршрутними точками.

Для вибору формуляра **WPT** небідно **PPP** перевести в положення "WPT".

а) градуси, манути,
частка мінути

1	WPT>001* 00°00.043N
2	F No 079°00.042E
3	From 001* to 005
4	RNG 250.623
5	BRG 123°00' 44.99
6	DirA 145°00' 45-14

б) градуси, мінути, секунди,
частка секунди

1	WPT>001* 00°00'02.6N
2	F No 079°00'02.5E
3	From 001* to 005*
4	RNG 250.623
5	BRG 123°00' 44.99
6	DirA 145°00' 45-14

с) прямокутна система проекції Гаусса-Крюгера

1	WPT>001* 0000079.0
2	F No 14 277389.8
3	From 001* to 005
4	RNG 250.623
5	BRG 123° 00' 44.99
6	DirA 145 °00' 45-14

Перший рядок

1) номер маршрутної точки (**WPT**), параметр, що вводиться, символ "*" свідчить про те, що координати **MT** не задано;

2) широта маршрутної точки, залежно від обраної системи:

а) 00°00'043 N - широта маршрутної точки;

б) 00°00'02.6N - широта маршрутної точки;

с) 0000079.0 - у картографічній проекції Гаусса-Крюгера - координата **X**, м (параметр, що вводиться).

Другий рядок

1) операції з маршрутними точками, (**F**) параметри, що вводяться:

Save - зберігання поточних координат у поточній маршрутній точці;

Del - вилучення поточної маршрутної точки;

Clall - вилучення всіх маршрутних точок;

NO - відмова від виконання функції (під час вводу параметра) або завершення виконання функції;

2) довгота маршрутної точки, залежно від обраної системи:

а) 079°00'042 Е (градуси, мінути, частка мінути) - довгота маршрутно́ї точки;

б) 079°00'02.5Е (градуси, мінути, секунди, частка секунди) - довгота маршрутно́ї точки;

с) 14 277389.8 - у картографічній проекції Гаусса-Крюгера - номер зони і координата Y, м (параметр, що вводиться).

Третій рядок

1) 001 - номер початкової маршрутно́ї точки, (From), параметр, що вводиться;

2) 005 - номер кінцевої маршрутно́ї точки (to), параметр, що вводиться.

Четвертий рядок

250.623 - відстань між початковою і кінцевою маршрутно́ю точками, (RNG), км.

П'ятий рядок

1) 123° - напрям з початкової в кінцеву МТ, (BRG), градусів;

2) 44-99 - напрям з початкової в кінцеву МТ, поділок кутоміра.

Шостий рядок

1) 145° - дирекційний істинний азимут (Dira), градусів;

2) 45-15, дирекційний істинний азимут, поділок кутоміра.

Формуляр **PLN** призначається для планування маршрутів. Для вибору формуляра PLN необхідно PPP перевести в положення "PLN".

1	Tr>00* 10 Fun No
2	004 005 006

Перший рядок

1) 00* - номер маршруту (Tr), параметр, що вводиться, символ "*" свідчить про те, що маршрут не задано;

2) 10 - номер відрізка маршруту, параметр, що вводиться;

3) функції коригування маршруту (Fun), параметри що вводяться:

Add - додати нову маршрутну точку;

Del - вилучити маршрутну точку;

Clr - вилучити маршрут;

NO - відмова вод виконання функції (під час вводу параметра) або завершення виконання функції (під час відображення).

Другий рядок

1) 004 - номер попередньої точки маршруту;

2) 005 - номер поточної точки маршруту, параметр, що вводиться;

3) 006 - номер наступної точки маршруту.

Формуляр **TRK** призначається для розрахунку руху споживача по маршруту. Для вибору формуляра TRK необхідно PPP перевести в положення

“TRK”.

1	>OFF Tr 04* 07 020
2	RNG 240.54 BRG 030°
3	RNG_END 0355.8

Перший рядок

1) розрахунок руху по маршруту :

ON - ввімкнено;

OFF - вимкнено, параметр, що вводиться;

2) 04* - номер активного маршруту, (Tr), параметр, що вводиться, символ “*” свідчить про те, що маршрут не активізовано;

3) 07 - номер поточного відрізка маршруту, параметр, що вводиться;

4) 020 - номер маршрутної точки, до якої рухається споживач.

Другий рядок

1) 240.54 – відстань (RNG), км;

2) 030 - напрям від місця перебування споживача до маршрутної точки, до якої рухається споживач, (BRG), град.

Третій рядок

1) 0355.8 - відстань до кінця маршруту (RNG END), км.

Прийомоіндикатор для управління та вибору режимів роботи має й інші формуляри.

Геодзичний комплекс споживачів супутникових радіонавігаційних систем ГЛОНАСС/GPS СН-3603 (ТОНІК) призначений для високоточного визначення (по відкритих для споживачів радіосигналах супутникових радіонавігаційних систем ГЛОНАСС і GPS) координат пунктів і об’єктів місцевості та створення державної геодзичної мережі.

До основних елементів апаратури СН-3603 відносяться:

- антена Г102 (являє собою закінчену конструкцію, що складається з антенного випромінювача і малошумливого підсилювача);

- прийомоіндикатор ПІ (рис.4.42, для обробки інформації космічних апаратів, що приймається антеною Г102, накопичення інформації, видачі результатів обробки інформації на дисплей ПІ і зовнішнім споживачам по стандартному інтерфейсу RS 232);

- акумуляторний блок (призначений для подачі напруги живлення на ПІ при експлуатації апаратури в польових умовах);

- адаптер мережі живлення (призначений для перетворення змінної напруги мережі 220 В, 50/400 Гц у постійну напругу для живлення ПІ в стаціонарних умовах, а також для живлення зарядного пристрою при заряджанні акумуляторного блока);

- зарядний пристрій (для зарядки акумуляторного блока);

- пристрій сполучення (для підключення акумуляторного блока до прийомоіндикатора при живленні ПІ від АБ);
- програмно-математичне забезпечення ПМЗ (для післясеансної обробки, представлено у вигляді пакета програм, адаптованого до роботи на комп'ютері);
- комплект кабелів (для підключення елементів апаратури СН-3603 між собою);
- штатив ШР-120 (для встановлення антени Г-102 над плановою точкою);
- трегер ТГ-1 (для суміщення вказівника центра оптичного центрира з плановою точкою);
- центрир оптичний ЦО-1 (для точної установки трегера ТГ-1 над плановою точкою);
- бусоль БГ-1.

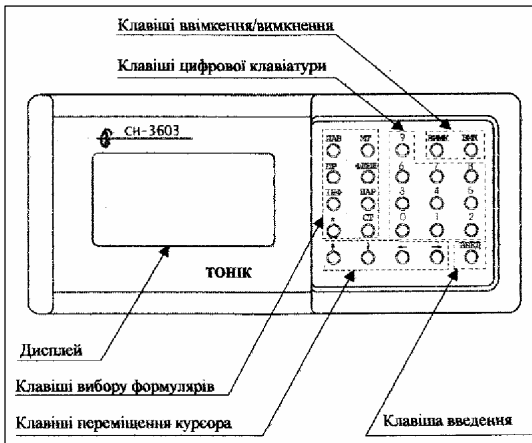


Рис.4.42. Прийомоіндикатор
(вигляд спереду)

Абсолютні визначення місцезнаходження (поточні координати) виконуються одним комплектом апаратури СН-3603.

Відносні визначення місцезнаходження в режимі статичної та кінематичної зйомки з післясеансною обробкою результатів вимірювань виконуються двома або більше комплектами апаратури СН-3603 за допомогою спеціального ПМЗ післясеансної обробки результатів вимірювань.

Апаратура СН-3603 забезпечує розв'язання таких задач:

- прийом і обробку сигналів СРНС ГЛОНАСС (СТ-код, фаза) і GPS (С/А-код, фаза) у будь-яких умовах;
- накопичування та обробку результатів вимірювань для відносних визначень місцезнаходження в режимі статичної, а також кінематичної зйомки з післясеансною обробкою результатів вимірювань за допомогою спеціального

програмно-математичного забезпечення;

- видачу на індикацію та зовнішнім споживачам поточних координат у системі координат WGS-84, ПЗ-90, СК-42, у проекції Гаусса, а також у системі координат опорного еліпсоїда, параметри якого вводяться користувачем;
- відображення на дисплеї ПІ ознак режиму роботи апаратури;
- формування та прийом інформації відповідно до стандартів BINR, NMEA 0183, RINEX, RTCM SC-104;
- накопичування інформації в режимі відносних вимірювань протягом 8 годин з темпом запису інформації 1 с та 24 години з темпом запису 10-20 с (при середній кількості супутників – 12);
- безперервну роботу від акумуляторного блока протягом 4 годин (у комплект апаратури входять два акумуляторні блоки, які забезпечують роботу в польових умовах протягом 8 годин);
- автоматичний вибір робочої СРНС ГЛОНАСС і GPS з урахуванням технічного стану СРНС;
- оцінку точності визначення координат місця та видачу її на індикацію;
- прийом, збереження та оновлення альманахів СРНС ГЛОНАСС і GPS;
- відображення на дисплеї прийомоіндикатора (ПІ):
 - ознак режиму роботи апаратури і параметрів, що вводяться та тільки відображаються на ПІ,
 - значення геометричного фактора сузір'я супутників СРНС, що спостерігається,
 - кількості та номерів супутників, які знаходяться в зоні видимості, кількості та номерів супутників, які обрані для спостереження, їх азимутів і висот;
 - співвідношення сигнал/шум;
- автоматичний контроль та діагностику функціонування апаратури, індикацію несправностей;
- введення за допомогою клавіатури координат до 498 маршрутних точок;
- запам'ятовування поточних координат як координат маршрутної точки;
- зв'язок із зовнішніми приладами та системами за протоколами NMEA, BINR;
- синхронізацію від зовнішнього стандарту частоти.

Апаратура СН-3603 в *навігаційному режимі* забезпечує:

- абсолютні визначення місцезнаходження (поточні координати) та розрахунок навігаційних параметрів (напрямок, відстань та інше) для виходу в точку з визначеними координатами;
- обчислення дирекційних кутів і дистанцій до об'єктів і між об'єктами при проведенні вимірювань;

- облік коригувальної інформації відповідно до рекомендацій RTCM SC-104;
- визначення та видачу оперативних навігаційних параметрів та часу в системі UTC;
- видачу зовнішнім споживачам та прийом часової відмітки в системі UTC;
- роботу в диференціальному режимі.

Пакет програм післясеансної обробки забезпечує виконання таких функцій:

- планування сеансів накопичування інформації;
 - перенесення результатів вимірювань з ПІ апаратури
 - СН-3603 в ПК;
 - проведення післясеансної обробки результатів вимірювань;
 - зрівняння результатів післясеансної обробки;
 - проведення документування результатів післясеансної обробки.
 - Апаратура СН-3603 забезпечує:
 - середньоквадратичну похибку визначення:
 - поточних координат місцезнаходження по сигналах СРНС: GPS - 40 м (15м)*; ГЛОНАСС – 30 м; GPS/ГЛОНАСС - 20 м (10 м)*;
 - висоти по сигналах СРНС: GPS - 60 м (22 м)*; ГЛОНАСС - 45 м; GPS/ГЛОНАСС - 30 м (15 м)*;
 - визначення координат у диференціальному режимі (за умови віддалення опорної станції до 100-250 км):
 - місця по сигналах СРНС: GPS - 8 м (3 м)*; ГЛОНАСС - 5 м; GPS/ГЛОНАСС - 3 м (2 м)*;
 - висоти по сигналах СРНС: GPS - 12м (4м)*; ГЛОНАСС - 8 м; GPS/ГЛОНАСС - 5 м (3 м)*.
- * Наведено значення похибки при відключеному режимі селективного доступу системи GPS.

Вказані похибки забезпечуються при прийомі сигналів не менше п'яти супутників однієї системи з кутами спостереження над горизонтом не менше 10°. Значення геометричних факторів не повинні перевищувати: HDOP – 1,5, GDOP – 3.

Похибки по сигналах СРНС ГЛОНАСС забезпечуються при штатному розгортанні системи.

Апаратура СН-3603 забезпечує видачу зовнішнім споживачам відмітки часу з параметрами:

- період повторення імпульсу відмітки часу – 1 с;
- середньоквадратична похибка прив'язки переднього фронту імпульсу відмітки часу до системи UTC – не більше 100 нс.

Час одержання першого відліку поточних навігаційних параметрів від

моменту вмикання апаратури при відсутності альманаху (“холодний старт”) не перевищує 6 хвилин.

При наявності збережених даних альманаху КА, часу та координат користувача (якщо обумовлені координати не відрізняються від збережених більше, ніж на 300 км) час одержання координат із заданою похибкою (“теплі старт”) не перевищує 1,5 хвилини.

Дискретність відновлення навігаційної інформації не перевищує 1 с.

В апаратурі СН-3603 реалізовано абсолютний і відносний методи визначення координат споживачів.

Абсолютний метод визначення координат полягає в тому, що приймач обчислює свої координати у реальному часі тільки на основі інформації, яка отримана безпосередньо із супутників. Абсолютний метод дозволяє одержувати координати одним приймачем. При цьому реалізується традиційний метод просторової лінійної засічки (пряма геодезична засічка) положення приймача відносно супутників.

Метод відносних визначень виконується за допомогою КА та мінімум двох супутникових приймачів, один із яких суміщений з об'єктом (пунктом), координати якого визначаються, а другий встановлюється на опорному пункті.

Результатом об'єднання даних, отриманих цими двома приймачами, є просторовий вектор між опорним пунктом і пунктом, координати якого визначаються. Цей вектор називається базовою лінією.

Для визначення положення об'єкту відносно опорного пункту використовуються різні методи вимірювань. Ці методи відрізняються тривалістю виконання вимірювань.

Методи вимірювань із постобробкою вимагають запису даних на місцевості і подальшої їх спільної обробки на офісному комп'ютері за допомогою комплексу програм постобробки.

Відносний метод забезпечує одержання координат пунктів, координати яких визначаються з найбільш високою точністю порівняно з абсолютним методом.

В абсолютному і відносному методах визначення координат можуть бути застосовані статичний та кінематичний режими роботи.

Спостереження при *статичному методі* визначення координат на точці проводяться протягом деякого часу з наступною математичною обробкою рядів багаторазових визначень планових координат і висот (осереднення, виключення приблизних результатів, оцінка точності).

Статичний метод потребує тривалого часу спостережень на пункті, координати якого визначаються. Час вимірювань у статичному методі залежить від довжини базової лінії (відстань між опорним пунктом та пунктом, координати якого визначаються) і може коливатися від 30 хвилин до 2 годин.

Кінематичний метод передбачає проведення супутникових визначень під час руху. В цьому випадку важливе значення має точна прив'язка координат, що визначаються, до шкали єдиного часу.

Апаратура СН-3603 формує координати в таких системах координат: у системі координат WGS-84; загальноземному еліпсоїді 1990 року (ПЗ-90); у системі координат 1942 року (СК-42); в локальній (місцевій) системі координат.

Координати в кожній з систем можуть відображатись на дисплеї ПІ в різних форматах:

- широта і довгота в градусах, хвилинах, частках хвилин;
- широта і довгота в градусах, хвилинах, секундах, частках секунд;
- номер зони і координат X, Y у картографічній проекції Гауса в метрах.

Крім того, виводиться додаткова інформація про координати: система координат та оцінка їх прогнозованої точності.

Апаратура працює за всесвітнім координованим часом з урахуванням поправки на місцевий час, що вводиться споживачем.

Апаратура СН-3603 має вбудовану систему контролю, що дозволяє автоматично знайти несправність апаратури з точністю до блока, який відмовив.

До роботи з апаратурою допускаються особи, що вивчили настанову з експлуатації, навчені безпечним методам праці на робочому місці в стаціонарних умовах, які пройшли інструктаж з техніки безпеки і мають посвідчення не нижче третьої кваліфікаційної групи з електробезпеки.

При вмиканні апаратури категорично **забороняється** здійснювати: ремонтні роботи; від'єднання і приєднання кабелю живлення, штепсельних рознімів; приєднання зовнішніх пристроїв.

Для забезпечення надійного визначення навігаційних параметрів антена апаратури повинна розміщатися в місці, що забезпечує максимально можливий огляд небосхилу. **Не допускається розміщувати антену** в приміщеннях, тунелях, глибоких укриттях.

Усі параметри, що відображаються на дисплеї ПІ, об'єднані в групи (формуляри).

Формуляри апаратури СН-3603:

1. Формуляри НАВ:

- 1.1 Формуляр НАВ1 – навігаційний.
- 1.2 Формуляр НАВ2 – час і дата.

2. Формуляри МТ – маршрутні точки.

3. Формуляр ФЛЕШ – робота з flash-пам'яттю:

- 3.1. Формуляр ФЛЕШ1 – робота з flash-пам'яттю.

3.2. Формуляр ФЛЕШ2 – очищення flash-пам'яті.

4. Формуляри ПР - розклад і параметри прогнозу КА:

- 4.1. Формуляр ПР1 – розклад КА GPS.
- 4.2. Формуляр ПР2 – розклад КА ГЛОНАСС.

5. Формуляри ПАР – режими роботи апаратури:

- 5.1. Формуляр ПАР1 – установка режимів роботи апаратури.
- 5.2. Формуляр ПАР2 – перехід у локальну систему координат.
- 5.3. Формуляр ПАР3 – заборона/дозвіл використання супутників.
- 5.4. Формуляр ПАР4 – поправка ГЧЗ.

6. Формуляр ІНФ – інформаційний

- 6.1. Формуляр ІНФ1 – тестування апаратури.
- 6.2. Формуляр ІНФ2 - стан каналів РПП.
- 6.3. Формуляр ІНФ3 – стан каналів РПП (продовження).

7. Формуляр СТ – обчислення статистичних параметрів.

8. Формуляр «*» – технологічний.

Для організації прийому та збереження в дисковому файлі інформації, яка накопичена апаратурою СН-3603 в процесі запису вимірювань у flash-накопичувач використовується програма FlashMan “Збереження даних flash-накопичувача апаратури СН-3603 у файлі ОС Windows-95/98”. Програма працює в середовищі Windows 95/98. Для прийому даних в ПК використовується будь-який з доступних послідовних портів RS-232.

Виклик необхідного формуляра здійснюється натисканням однієї з керуючих клавіш: “НАВ”, “МТ”, “ПР”, “ФЛЕШ”, “ІНФ”, “ПАР”, “СТ.”, “*”. Клавіші “НАВ”, “ФЛЕШ”, “ПР”, “ІНФ”, “ПАР”, “*” керують переключенням декількох формулярів. Для виклику другого і наступного формулярів необхідно повторно натискання цієї клавіші.

Використання апаратури. Для роботи з апаратурою в режимі абсолютного визначення необхідно *ввести* такі параметри:

- робочу систему (GPS, GLON, GNSS);
- значення поправки місцевого часу (Т XX:XX);
- систему координат (SK-42, WGS-84, PZ-90);
- режим відображення координат;
- спосіб визначення висоти антени (Geoid Alt OFF);
- значення кута піднесення КА (Elevation XX°);
- значення верхньої межі СКП (LimitRMS XXX);
- режим контролю розряду акумулятора (Control Batt ON).

Для введення початкових даних використовуються відповідні формуляри. Введені дані зберігаються в пам'яті ПІ при вимкненні апаратури. При наступному ввімкненні апаратури вводити початкові дані не потрібно за умови, якщо раніше введені дані задовольняють споживача.

Визначення навігаційних параметрів. Виведення на дисплей ПІ навігаційних параметрів (формуляр **НАВ1**) здійснюється натисканням клавіші "НАВ" (на дисплеї ПІ будуть відображені поточні координати положення центра антени – широта, довгота, висота).

У формулярі НАВ1 споживач може:

- задати супутникову навігаційну систему GPS, GLON або GNSS;
- вибрати систему координат SK-42, WGS-84 або PZ-90.

При відсутності дати в складі переданих кадрів СРНС (при роботі тільки по системі ГЛОНАСС) споживач вводить поточну дату. Після обнулення ДЗП (довготривалий запам'ятовуючий пристрій) буде відобразитись дата останньої епохи.

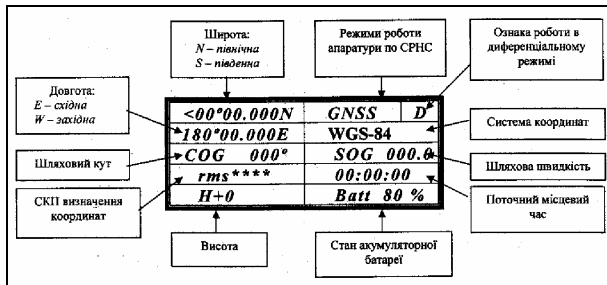


Рис.4.43. Формуляр НАВ1 (навігаційний)

Інформація про параметри часу знаходиться в формулярі НАВ2. Для виводу інформації про час на дисплей ПІ необхідно повторно натиснути клавішу "НАВ".

У формулярі **НАВ2** споживач може ввести поправку місцевого часу.

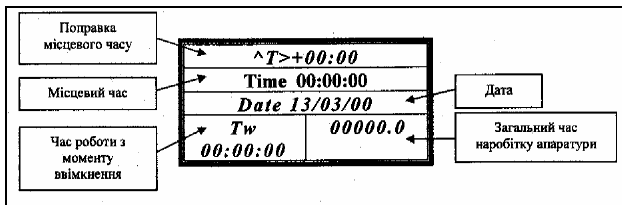


Рис.4.44. Формуляр НАВ2 (час і дата)

Введення координат маршрутних точок здійснюється в такій послідовності:

- вивести на дисплей III формуляр МТ (натиснути клавішу “МТ”);
- ввести номер маршрутної точки;
- ввести широту маршрутної точки;
- ввести довготу маршрутної точки.

Після цих дій координати маршрутної точки введені в пам'ять III. Аналогічно слід ввести координати інших маршрутних точок.

Апаратура має можливість зберігати до 498 маршрутних точок. Якщо координати маршрутної точки не задані, поруч з номером маршрутної точки з'являється знак “*”. Маршрутна точка з номером 499 завжди зберігає поточні координати і може використовуватися для розрахунку відстані від поточного положення споживача до будь-якої маршрутної точки.

Розрахунок відстані і напрямку між маршрутними точками робиться в такій послідовності (формуляр МТ):

- ввести номер початкової маршрутної точки (параметр From);
- ввести номер другої (або кінцевої) маршрутної точки (параметр to).

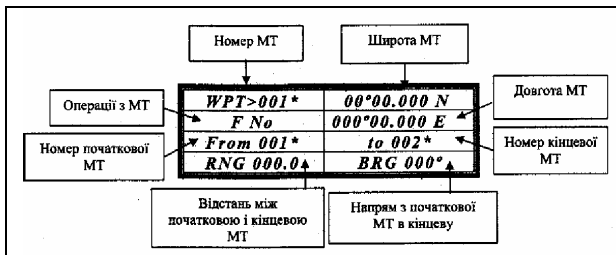


Рис.4.45. Формуляр МТ (маршрутні точки)

Після введення номерів маршрутних точок на дисплеї III відображається розрахована відстань і напрямок між цими маршрутними точками (параметри RNG і BRG).

Якщо початковою маршрутною точкою ввести маршрутну точку з номером 499, то на дисплеї III буде відображатись відстань і напрямок від поточного положення споживача до наступної обраної точки маршруту.

Основним режимом роботи геодезичної апаратури є *режим відносного місцевизначення* при проведенні геодезичних робіт.

В апаратурі СН-3603 передбачено можливість збереження результатів спостережень, що дозволяє споживачу провести більш детальний аналіз та обробку накопиченої інформації.

Організація робіт з апаратурою СН-3603 розбивається на три основні етапи:

- а) планування проведення спостережень;
- б) підготовка апаратури і проведення спостережень;

в) аналіз і обробка отриманої інформації.

Для збільшення ефективності проведення вимірювань і забезпечення узгодженості в спостереженнях необхідно провести попереднє *планування робіт на пунктах*, координати яких підлягають уточненню або визначенню.

Для проведення планування передбачуваного обсягу робіт необхідно:

а) скласти список пунктів, по яких передбачається провести уточнення або визначення місця розташування з вказівкою:

- приблизних координат, системи координат, до якої вони прив'язані;
- секторів затінення, обумовлених природними перешкодами для прийому супутникового сигналу;

б) орієнтовно визначити координати опорного пункту спостережень і вказати систему координат, до якої вони прив'язані при плануванні відносно-го місцевизначення;

в) визначити час проведення передбачуваних навігаційних спостережень;

г) визначити інтервал часу спостережень на кожному пункті;

д) визначити кількість сеансів набору інформації на кожному пункті;

е) підготувати інформацію альманаху СРНС, що покриває визначений час спостережень;

ж) виконати планування проведення сеансів спостережень за допомогою програми SaturnPro.

За результатами планування складається план проведення спостережень для кожного учасника польової кампанії, де вказуються:

- пункт проведення спостережень;
- найбільш сприятливий час проведення спостережень;
- тривалість сеансу спостереження;
- кількість сеансів спостережень.

Підготовка апаратури до проведення спостережень включає:

а) діагностування апаратури;

б) зарядку акумуляторного блока;

в) очищення flash-накопичувача.

Проведення спостережень. Прибувши, відповідно до плану проведення спостережень, на черговий пункт, необхідно:

- установити штатив з антеною над плановою точкою (точкою, координати якої визначаються);

- установити апаратуру СН-3603 в робоче положення.

Для візуальної прив'язки фазового центра антени до планової точки, з похибкою 1-2 мм, використовуються штатив, трегер, висок і оптичний центрир, що входять до складу апаратури.

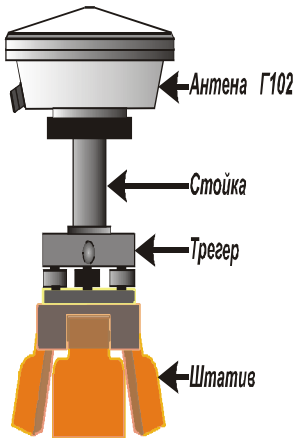
Установити штатив із трегером над плановою точкою. Для центрування використати висок. При центруванні необхідно пересувати штатив над плановою точкою, доки вістря виска не опиниться безпосередньо над точкою.

Після цього натиснути ногою на виступ ніжок штативу і вдавнити в ґрунт так, щоб головка штатива була встановлена горизонтально, а вістря виска було максимально наближене до планової точки.

Подальшу установку штатива над плановою точкою провести за допомогою оптичного центрира, який встановити на трегер.

За допомогою органів регулювання трегера слід провести суміщення покажчика центра оптичного центрира з плановою точкою. Після цього вийняти оптичний центрир з трегера і замість нього встановити стойку, на якій закріпити антену (рис.4.46).

Антену повинна бути встановлена так, щоб мітка на корпусі антени була зорієнтована в напрямку на північ з похибкою $\pm 2^\circ$. Встановлювати антену замість оптичного центрира необхідно так, щоб не змінити положення штатива над плановою точкою, інакше необхідно повторити процес прив'язки фазового центра антени.



Після установки антени слід визначити відстань між плановою точкою і фазовим центром антени. Значення цієї відстані використовується при обробці інформації програмою SaturnPro.

Рис.4.46. Установка антени Г-102 над плановою точкою

Підготувати апаратуру до проведення вимірювань, для чого:

- підстикувати акумуляторний блок до прийомоіндикатора за допомогою пристрою сполучення;

- підстикувати антену до прийомоіндикатора за допомогою ВЧ-кабелю.

Підготувати апаратуру до запису інформації в flash-накопичувач.

Для проведення запису вимірювань необхідно:

- а) ввімкнути запис результатів вимірювань (ввімкнення запису в flash-накопичувач повинно відбуватися приблизно в один і той же час на всіх апаратурах, якими проводиться спостереження).

Мінімальний час для розколу фазової неоднозначності й одержання рішення складає 20 хвилин за умов:

- кількість супутників, які використовуються в роботі, становить не мен-

ше 7;

- геометричний фактор GDOP - не більше 3;
- значення прогнозованого СКП - не більше 20 м;
- інтервал запису в накопичувач - 1 с.

У процесі запису результатів вимірювань у flash-накопичувач необхідно контролювати наявність параметра SAVE ON у формулярі ФЛЕШІ, а також відсутність сигналізації розряду акумуляторного блока (звукового сигналу й мерехтіння підсвічування дисплея);

б) вимкнути запис результатів вимірювань у flash-накопичувач.

При необхідності проведення декількох сесій вимірювань необхідно повторити проведення запису вимірювань.

Після проведення вимірювань:

- вимкнути прийомоіндикатор, для чого натиснути клавішу “ВИМК”;
- роз’єднати складові частини апаратури;
- підготувати апаратуру до транспортування в наступну планову точку.



Рис.4.47. Формуляр СТ (обчислення статистичних параметрів)

Після виконання робіт, передбачених планом проведення спостережень, апаратура СН-3603 доставляється на пункт збору і обробки спостережень. На пункті збору кожен учасник проведення вимірювань повинен:

а) знати план проведення спостережень з відповідними відомостями про виконання спостережень і положення антени щодо планової точки спостереження з зазначенням порядкового номера або часу проведення спостереження на пункті (для співвіднесення інформації на flash-накопичувачі з точкою спостереження);

б) скопіювати інформацію з flash-накопичувача зі збереженням інформації про план, за яким ці спостереження накопичувалися;

в) очистити flash-накопичувач.

Перенесення результатів вимірювань здійснюється по послідовному COM-порту.

Для перетворення результатів вимірювань у формат RINEX використовується програма RICO. Запускається програма RICO подвійним натискан-

ням лівої клавіші “миші” на файлі RICO.exe. При успішному завершенні перетворення на моніторі ЕОМ у рядку стану відображається напис “Преобразование успешно завершено”.

Результатом роботи програми RICO є сформовані на диску RINEX-файли, що відповідають обробленому файлу вимірювань. Одному файлу вимірювань відповідають два або три RINEX-файли:

- файл спостережень (з розширенням «*.**o»),
- файл ефемерид GPS (з розширенням «*.**n»),
- файл ефемерид ГЛОНАСС (з розширенням «*.**g»).

Післясеансна обробка фазових (разом з кодовими) вимірювань виконується за допомогою програми SaturnPro. Запускається програма SaturnPro подвійним натисканням лівої клавіші “миші” на файлі SaturnPro.exe. Програма SaturnPro виконує такі сервісні функції:

- прогноз супутникової обстановки в будь-якій заданій точці земної поверхні;
- зміна дискретності вимірювань;
- зміна тривалості вимірювань.

Для роботи програми необхідні файли вимірювань у форматі RINEX:

- файл вимірювань, проведених на опорному пункті;
- файл вимірювань, проведених у точці, координати якої визначаються (плановій точці);
- файли ефемерид супутників СРНС ГЛОНАСС, GPS, які використовувались у вимірах.

Процес обробки вимірювань складається з етапів:

- введення вхідних даних;
- установлення параметрів обробки;
- відображення результатів обробки.

Для роботи в *диференціальному режимі* апаратуру необхідно настроїти на прийом диференціальних поправок, для чого:

- підключити вихід приймача диференціальних поправок до входу COM1 або COM2 прийомоіндикатора;
- вивести на дисплей ПІ формуляр ПАР1;
- настроїти порт COM1 або COM2 (обрати швидкість передачі, обрати темп обміну відповідно до швидкості обміну приймача, параметр “стан порту” установити на прийом дифпоправок – DIFF).

У режимі роботи з диференціальними поправками апаратура здійснює прийом відповідних сповіщень.

Визначення навігаційних параметрів здійснюється по СРНС, для якої є дифпоправки. Це враховується також при прогнозуванні точності отриманих рішень (СКП у формулярі НАВ1).

Старіння поправок враховується у вигляді зміни ступеня довіри до цих

вимірювань. Поправки, що мають термін більше однієї хвилини, вважаються недійсними.

Технічне обслуговування апаратури проводиться з метою забезпечення працездатності апаратури протягом усього терміну експлуатації. Єдина система комплексного обслуговування апаратури, що знаходиться в експлуатації, включає такі види технічного обслуговування:

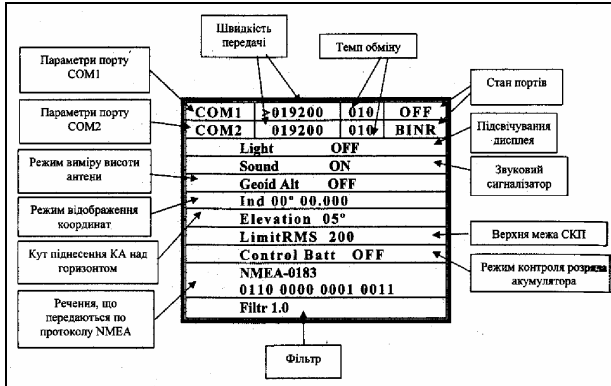


Рис.4.48. Формуляр PAR1 (установка режимів роботи апаратури)

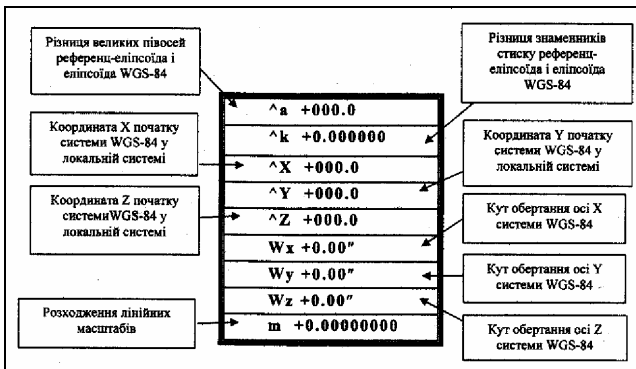


Рис.4.49. Формуляр PAR2 (перехід у локальну систему координат)

- контрольний огляд;
- технічне обслуговування номер один (ТО-1).

Усі несправності, виявлені при проведенні ТО-1, повинні бути усунуті в процесі проведення ТО.

При виникненні несправності в процесі експлуатації апаратури необхідно визначити несправність до конструктивно-знімного блока. Тестова систе-

ма вбудованого контролю дозволяє автоматично знайти несправність апаратури з точністю до блока, що відмовив, або функціонального вузла. Ремонт несправного блока, пов'язаний з розкриттям блока, здійснюється підприємством-виробником апаратури чи організаціями, які мають доручення від підприємства-виробника на право проведення ремонтних робіт.

Апаратуру слід зберігати упакованою в опалювальних і вентиляційних приміщеннях, з кондиціонуванням повітря при температурі навколишнього середовища від 5 до 40°C і відносній вологості повітря не більше 80 % при температурі 25°C.

Питання для самоконтролю

1. Параметри земного еліпсоїда, який застосовується в Україні.
2. Сутність системи географічних координат.
3. Сутність світової геодезичної системи WGS-84.
4. Сутність системи плоских прямокутних координат, що застосовується в межах України.
5. Сутність системи відліку висот, що застосовується на території України.
6. Сутність переходу від однієї системи координат до іншої.
7. Порядок визначення відстані мірною стрічкою.
8. Порядок визначення відстані далекомірною рейкою.
9. Порядок визначення відстані перископічною артилерійською бусоллю.
10. Порядок визначення горизонтальних та вертикальних кутів перископічною артилерійською бусоллю.
11. Принцип визначення відстані квантовими далекомірами.
12. Правила безпеки поводження та застосування квантових топографічних далекомірів.
13. Визначення координат точки та дирекційного кута орієнтирного напрямку за допомогою топоприв'язника.
14. Можливості щодо визначення місцезнаходження об'єкта за допомогою персональних навігаційних приймачів ГЛОНАСС/GPS.
15. Можливості геодезичного комплексу споживачів СНС типу "ТОНІК" щодо визначення навігаційних параметрів.

Г л а в а 5

ТОПОГЕОДЕЗИЧНА ПІДГОТОВКА ПОЗИЦІЇ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

5.1. Сутність топогеодезичної підготовки позиції радіотехнічних засобів

Топогеодезична підготовка позиції РТЗ – комплекс заходів, які проводяться з метою одержання топогеодезичних даних (координат і висот позицій, пунктів і постів РТЗ, а також дирекційних кутів орієнтирних напрямків), необхідних для роботи радіотехнічних засобів. Вона включає створення вихідної геодезичної основи та топогеодезичну прив'язку позицій, постів, пунктів та інших спеціальних точок.

Прямокутні координати елементів бойового порядку підрозділу визначаються в системі координат 1942 р. або в системі географічних координат.

Висоти точок елементів бойового порядку на поверхні Землі визначаються у Балтійській системі висот.

Дирекційні кути орієнтирних напрямів визначаються у шестиградусній зоні проекції Гаусса в градусній системі відліку або в поділках кутоміра.

Під вихідною геодезичною основою для топогеодезичної прив'язки розуміють мережу закріплених на місцевості геодезичних пунктів (точок), координати яких і дирекційні кути (істинні азимуту) орієнтирних напрямів з них на інші пункти визначені в єдиній системі координат з необхідною для військ точністю, а також топографічні і спеціальні карти й аерофотознімки з координатною сіткою.

Державна геодезична мережа є плановою і висотною основою для топографічних зйомок і складання карт, проведення інших вимірів і робіт на місцевості. Вона створюється силами і засобами Департаменту геодезії, картографії і кадастру України, а також підрозділами топографічної служби ЗСУ.

5.2. Навігаційні та геодезичні задачі

Навігаційні задачі

Перша навігаційна задача – визначення плоских прямокутних координат X і Y місця розташування наземного рухомого об'єкта і його дирекційного кута α . Для розв'язування першої навігаційної задачі використовуються параметри руху наземного рухомого об'єкта: швидкість і дирекційний кут. Принцип визначення координат X та Y місця розташування об'єкта при його русі по горизонтальній ділянці зводиться ось до чого.

Припустимо, що наземний рухомий об'єкт (НРО) пересувається з точки

О (рис.5.1) до точок 1, 2 і т.д. Припускається, що за дуже малий проміжок часу Δt швидкість v об'єкта та його дирекційний кут α залишаються незмінними. За цієї умови криволінійний шлях наземного рухомого об'єкта можна замінити прямолінійними ділянками $\Delta S_{1Г}$, $\Delta S_{2Г}$ і т. д.

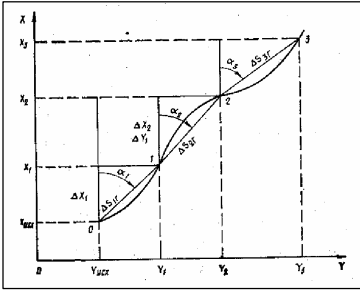


Рис.5.1. Розв'язання першої навігаційної задачі

Збільшення координат ΔX і ΔY на цих ділянках будуть дорівнювати:

$$\left. \begin{aligned}
 \Delta X_1 &= v_1 \Delta t_1 \cos \alpha_1 = \Delta S_1 \cos \alpha_1; \\
 \Delta X_2 &= v_2 \Delta t_2 \cos \alpha_2 = \Delta S_2 \cos \alpha_2; \\
 &\dots\dots\dots \\
 \Delta X_n &= v_n \Delta t_n \cos \alpha_n = \Delta S_n \cos \alpha_n. \\
 \sum_{i=1}^n \Delta X_i &= \sum_{i=1}^n v_i \Delta t_i \cos \alpha_i = \sum_{i=1}^n \Delta S_i \cos \alpha_i \\
 \text{та} \\
 \Delta Y_1 &= v_1 \Delta t_1 \sin \alpha_1 = \Delta S_1 \sin \alpha_1; \\
 \Delta Y_2 &= v_2 \Delta t_2 \sin \alpha_2 = \Delta S_2 \sin \alpha_2; \\
 &\dots\dots\dots \\
 \Delta Y_n &= v_n \Delta t_n \sin \alpha_n = \Delta S_n \sin \alpha_n. \\
 \sum_{i=1}^n \Delta Y_i &= \sum_{i=1}^n v_i \Delta t_i \sin \alpha_i = \sum_{i=1}^n \Delta S_i \sin \alpha_i
 \end{aligned} \right\} \quad (5.1)$$

Координати НРО у будь-який момент можуть бути отримані алгебраїчним підсумовуванням вихідних координат $X_{ВНХ}$ і $Y_{ВНХ}$ зі збільшеннями координат $\sum \Delta X_i$ і $\sum \Delta Y_i$, тобто:

$$\left. \begin{aligned}
 X_{П_i} &= X_{ВНХ} + \sum_{i=1}^n \Delta X_i = X_{ВНХ} + \sum_{i=1}^n \Delta S_i \cos \alpha_i; \\
 Y_{П_i} &= Y_{ВНХ} + \sum_{i=1}^n \Delta Y_i = Y_{ВНХ} + \sum_{i=1}^n \Delta S_i \sin \alpha_i.
 \end{aligned} \right\} \quad (5.2)$$

З наведених формул випливає, що для розв'язування першої навігаційної задачі необхідно:

- безупинно вимірювати швидкість v руху НРО або відповідне їй збільшення шляху $\Delta S_i = v_i \cdot \Delta t_i$;
- безупинно вимірювати дирекційний кут α_i наземного рухомого об'єкта;
- обчислювати тригонометричні функції $\sin \alpha_i$ і $\cos \alpha_i$ дирекційного кута НРО;
- алгебраїчно підсумовувати збільшення координат ΔX і ΔY як відповід-

ний добуток $\Delta S_i \sin \alpha_i$ і $\Delta S_i \cos \alpha_i$;

- підсумовувати отримані збільшення координат з координатами вихідної точки;

- ресерувати поточні координати і поточний дирекційний кут, а при необхідності і пройдений шлях наземним рухомих об'єктом.

Таким чином, вхідною інформацією для розв'язування першої навігаційної задачі є швидкість НРО, його дирекційний кут і координати вихідної точки; вихідною інформацією - поточні координати і дирекційний кут наземного рухомого об'єкта.

Друга навігаційна задача – визначення дирекційного кута на пункт призначення α_{III} і дальності S_{III} до нього.

Вихідними даними для розв'язування другої навігаційної задачі є координати X_{III} і Y_{III} пункту призначення та поточні координати X_{II} і Y_{II} НРО.

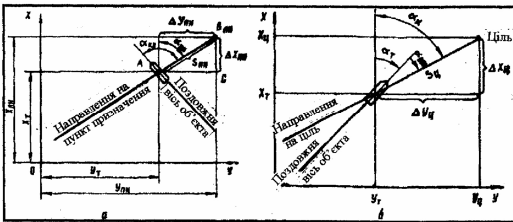


Рис.5.2. Розв'язання другої (а) та третьої (б) навігаційних задач

З прямокутного трикутника ABC (рис.5.2, а) дальність до пункту призначення S_{III} і дирекційний кут α_{III} на нього визначаються за формулами:

$$S_{III} = \sqrt{\Delta X_{III}^2 + \Delta Y_{III}^2}$$

$$\text{та } \alpha_{III} = \arctg \frac{\Delta Y_{III}}{\Delta X_{III}}. \quad (5.3)$$

У деяких випадках друга задача розв'язується не в повному обсязі, а обмежується визначенням α_{III} і збільшень по координатних осях ΔX_{III} і ΔY_{III} від наземного рухомого об'єкта до пункту призначення.

Третя навігаційна задача – визначення плоских прямокутних координат цілі $X_{Ц}$ і $Y_{Ц}$ за відомими плоскими прямокутними координатами НРО, дальності та дирекційного кута на ціль. Знаючи поточні координати НРО X_{II} і Y_{II} та його дирекційний кут α_i , можна визначити координати $X_{Ц}$ і $Y_{Ц}$ цілі по куту візування $\alpha_{ВЗ}$ на ціль і дальність $S_{Ц}$ до неї (рис.5.2, б):

$$X_{Ц} = X_{II} + \Delta X_{Ц} = X_{II} + S_{Ц} \cos \alpha_{Ц}; \quad (5.4)$$

$$Y_{Ц} = Y_{II} + \Delta Y_{Ц} = Y_{II} + S_{Ц} \sin \alpha_{Ц},$$

де $\alpha_{Ц}$ - дирекційний кут цілі, який дорівнює:

$$\alpha_{Ц} = \alpha_i + \alpha_{ВЗ}$$

$$\text{при } \alpha_i + \alpha_{ВЗ} < 60 - 00$$

або

$$\alpha_{Ц} = \alpha_i + \alpha_{ВЦ} - (60 - 00) \quad \text{при} \quad \alpha_i + \alpha_{ВЦ} > 60 - 00.$$

Для визначення дальності до цілі і кута візування на ціль використовуються спеціальні прилади і пристрої (квантовий або оптичний далекомір, візирні і кутомірні пристрої), що входять до складу устаткування НРО.

Геодезичні задачі

Пряма геодезична задача. При визначенні координат додаткових вихідних точок або елементів бойового порядку на позиції РТЗ використовуються методи полігонометрії, особливо в напівзакритих і закритих районах. При цьому теодолітні ходи, залежно від місцевості в позиційному районі і кількості вихідних пунктів прокладаються у вигляді замкнутих ходів, розімкнутих ходів або у вигляді системи пересічених ходів, що утворюють вузлові точки (рис.5.3)

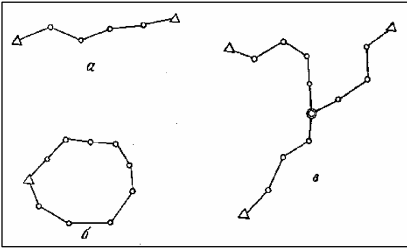


Рис.5.3. Види теодолітних (бусольних) ходів:
 а – розімкнутий; б – замкнутий;
 в – система теодолітних ходів з одною вузловою точкою

Внаслідок здійснення теодолітного ходу одержують кут напрямку з однієї точки на іншу і відстань між ними.

Спосіб визначення координат точки на площині за відомими прямокутними координатами заданої (вихідної) точки, відстанню між ними і дирекційним кутом, із заданої точки на точку, що визначається, отримав назву “пряма геодезична задача”.

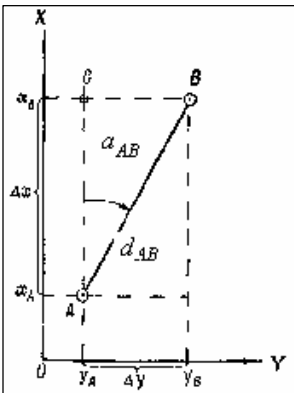


Рис.5.4. Графічна сутність прямої та зворотної геодезичної задачі

Сутність прямої геодезичної задачі полягає в розрахунку координат другої точки (рис.5.4, точка B) на підставі знання координат першої точки (точка A) та дирекційного кута (α_{AB}) і відстані (d_{AB}) між ними.

Враховуючи те, що на місцевості здійснюється вимірювання, як правило, істинного або магнітного азимуту, то необхідно перейти до дирекційного кута за формулами:

$$\alpha_{AB} = A_{LAB} - (\pm\gamma)$$

або

$$\alpha_{AB} = A_{MAB} + (\pm\Pi\Pi), \quad (5.5)$$

де A_{LAB} – істинний азимут з точки A на точку B ;
 γ – зближення меридіанів для даного району;
 A_{MAB} – магнітний азимут з точки A на точку B ;
 $\Pi\Pi$ – поправка напрямку для даного району.

Значення приросту координат розраховується за прямокутним трикутником ABC . Знак приросту координат визначається чвертю, у якій знаходиться дирекційний кут, що приводиться до першої чверті (табл.5.1).

Таблиця 5.1

Знаки приросту координат

Чверть кола, в якій знаходиться дирекційний кут, α_{AB}	Формула переходу до першої чверті кола, α'	Знак приросту координат	
		Δx	Δy
I	$\alpha' = \alpha_{AB}$	+	+
II	$\alpha' = 180 - \alpha_{AB}$	-	+
III	$\alpha' = \alpha_{AB} - 180$	-	-
IV	$\alpha' = 360 - \alpha_{AB}$	+	-

$$\Delta x = d_{AB} \cos \alpha';$$

$$x_B = x_A + (\pm \Delta x); \quad (5.6)$$

$$\Delta y = d_{AB} \sin \alpha';$$

$$y_B = y_A + (\pm \Delta y).$$

Зворотна геодезична задача - визначення на площині дирекційного кута (α_{AB}) з однієї точку на іншу і відстані між ними (d_{AB}) за відомими прямокутними координатами цих точок (рис.5.4, точки A і B).

За прямокутним трикутником ABC (рис.5.4):

$$\Delta x = X_B - X_A, \quad \Delta y = Y_B - Y_A, \quad (5.7)$$

$$\alpha' = \arctg \frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}.$$

$$d_{AB} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}. \quad (5.8)$$

При розв'язанні зворотної геодезичної задачі в загальному випадку визначається не дирекційний кут (α_{AB}), а гострий кут α' . Перехід від гострого кута α' до дирекційного кута (α_{AB}) здійснюється залежно від знаків приросту координат у координатних чвертях (табл.5.2).

Таблиця 5.2

Перехід від гострого до дирекційного кута

Знак приросту координат		Чверть кола	Формула переходу від гострого до дирекційного кута, α_{AB}
Δx	Δy		
+	+	I	$\alpha_{AB} = \alpha$
-	+	II	$\alpha_{AB} = 180 - \alpha$
-	-	III	$\alpha_{AB} = 180 + \alpha$
+	-	IV	$\alpha_{AB} = 360 - \alpha$

Розрахувавши дирекційний кут (α_{AB}) шляхом розв'язання зворотної геодезичної задачі та визначивши значення зближення меридіанів для позиційного району, визначають істинний азимут орієнтирного напрямку за формулою

$$A_{iAB} = \alpha_{AB} + (\pm\gamma). \quad (5.9)$$

Пряма та зворотна геодезична задача може розв'язуватися графічним або аналітичним методом. Вибір методу і засобів для розв'язання геодезичної задачі залежить від виду топогеодезичної прив'язки і необхідної точності визначення координат.

5.3. Утворення геодезичної мережі

Державна геодезична мережа (ДГМ) України є частиною ДГМ СРСР. Вона створювалася методами триангуляції, полігонометрії, трилатерації або їх сполученнями. У кожному районі побудова геодезичної мережі велася тим методом, що дає найбільшу економію сил і коштів при забезпеченні необхідної точності.

Державні геодезичні мережі підрозділяються на мережі 1, 2, 3, 4-го класу, які розрізняються між собою точністю вимірів кутів і відстаней, довжиною сторін мережі і порядком послідовності розвитку.

ДГМ 1 і 2-го класу є основою для розвитку мереж наступних класів (3 і 4-го класу), що є мережами згущення.

ДГМ 1-го класу будується у вигляді полігонів периметром 800 - 1000 км, утворених триангуляційними або полігонометричними ланками довжиною близько 200 км, розташовуваними по можливості уздовж меридіанів і паралелей (рис.5.5).

Ланка триангуляції 1-го класу складається з трикутників, наближених до рівносторонніх, або з комбінації трикутників, чотирикутників і центральних систем. На кінцях ланок триангуляції 1-го класу вимірюються базисні сторони. На обох кінцях базисних сторін (у вершинах полігонів) визначаються пункти Лапласа (Лаплас - французький фізик, астроном. Пункт Лапласа - пункт, координати якого отримані з астрономічних спостережень небесних світил з високою точністю).

ДГМ 2-го класу будується у вигляді триангуляційних мереж, що суцільно покривають трикутниками полігони, утворені ланками триангуляції або полігонометрії 1-го класу.

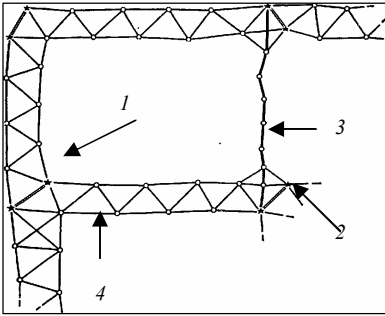
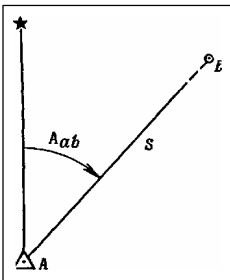


Рис.5.5. Схема побудови державної геодезичної мережі (астрономо-геодезичної мережі):
1 - пункт Лапласа (*); 2 - базис;
3 - сторона полігонометрії 1-го класу;
4 - сторона триангуляції 1-го класу

З появою гіротеодолітів особливого значення при визначенні координат пунктів ДГМ набув метод трилатерації. Сутність його полягає в тому, що горизонтальні кути не вимірюються, а вимірюються відразу напрямом істинного меридіана та істинний азимут на точку, що визначається. Істинний азимут переводиться в дирекційний кут з точністю до кутових секунд. Радіо- або світлодалекомір вимірюється відстань, і потім обчислюються координати точки, що визначається, способом полярних або біполярних координат (рис.5.6).



точки, що визначається, способом полярних або біполярних координат (рис.5.6).

Рис.5.6. Схема визначення координат пунктів методом трилатерації:
A - пункт ДГМ; B - пункт (точка), що визначається; S - відстань, що виміряна радіо- або світлодалекомір;
 A_{ab} - істинний азимут, визначений гіротеодолітом

Усі пункти ДГМ позначаються на місцевості зовнішніми знаками. Для забезпечення добрих результатів кутових вимірів зовнішні геодезичні знаки мають правильну симетричну форму і досить стійкі.

У верхній частині геодезичного знака розташовано візирне пристосування (циліндр). Циліндр є об'єктом візування при вимірі кутів із суміжних пунктів. При вимірі кутів теодоліт установлюється над центром пункту або під-

німається на визначену висоту на стіл для установки теодоліта, що споруджується на геодезичному знаку нижче візирного пристосування (циліндра) на одній прямовисній лінії з ним.

Візирне пристосування й інструментальний стіл є основними частинами зовнішнього геодезичного знака.

Зовнішніми знаками геодезичної мережі виступають сигнали, піраміди і тури.

У гористій місцевості висота сигналів коливається в межах 10-25 м. У рівнинній лісовій місцевості для забезпечення хорошої видимості сигнали будуються висотою до 40 м і більше (рис.5.7).

Здійснюється зовнішнє оформлення пункту, що полягає у викопуванні канами відповідних розмірів навколо пункту. Канава служить для стоку води й охороняє центр від розмивання. На відстані 500 - 1000 м (у лісистій місцевості 250 м) від пункту ДГМ установлюються два орієнтирних пункти (ОРП). Вони закріплюються одним монолітом у вигляді зрізаної піраміди висотою 20см, нижньою підставою 40х40 см і верхньою 15х15 см. У верхню грань моноліту зашпаровується марка, що закривається кришкою. Над центром установлюється пізнавальний дерев'яний стовп і насипається курган. Курган обкопується кільцеподібною канавою. Як орієнтирні пункти можуть використовуватися пункти ДГМ нижчих класів, вилучені не більше, ніж на 3 км. Орієнтирні пункти використовуються для визначення вихідних напрямків при відшукуванні інших пунктів ДГМ і, як виключення, можуть бути використані як вихідні напрямки при топогеодезичній прив'язці елементів бойового порядку підрозділів РТЗ.

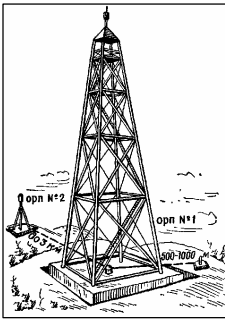


Рис.5.7. Геодезичний сигнал (ОРП - орієнтирний пункт)

Прості піраміди (рис.5.8) можуть будуватися на пунктах геодезичної мережі будь-якого класу. Висота їх звичайно не перевищує 10 м. У більшості випадків будують дерев'яні або металеві чотиригранні або тригранні піраміди.

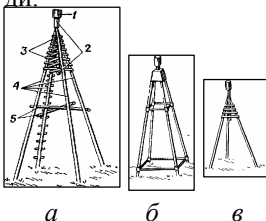
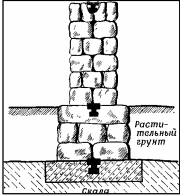


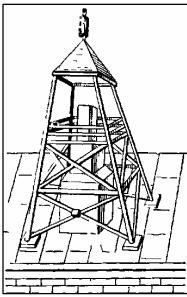
Рис.5.8. Прості піраміди:
а, б - чотиригранні дерев'яна і металева;
в - тригранна; *1* - візирний циліндр;
2 - болванка, *3* - дах; *4* - ноги (основні стовпи);
5 - поперечки

Тури споруджуються на пунктах геодезичної мережі в гірському і високогірному безлісному районах, де є скельні ґрунти. Вони являють собою кам'яні, цегельні або бетонні стовпи висотою 1-1,5 м із зацементованими в них марками.



Тур служить тільки столом для установки кутомірного інструмента під час спостережень. Для візування над туром установлюють піраміду або знімний візирний циліндр.

Рис. 5.9. Тур (кам'яний стовп)



При розвитку геодезичної мережі в місцях зовнішні знаки встановлюються на дахах будинків (рис.5.10).

Рис.5.10. Простий сигнал на даху будинку

Усі геодезичні пункти закріплюються центрами на місцевості. Вони повинні протягом тривалого часу зберігатися і залишатися нерухомими щодо інших точок місцевості, бути зручно розташованими і легко пізнавані, але в той же час досить укритими від руйнування. З метою збереження і контролю нерухомості на пунктах триангуляції і полігонометрії закладаються один під одним кілька бетонних монолітів, у верхній частині яких зашпаровується чавунна марка (рис.5.11).

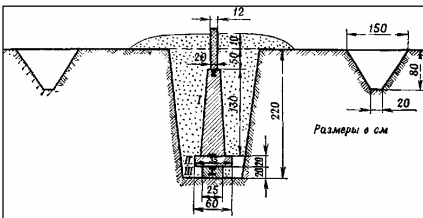


Рис.5.11. Центр пункту державної геодезичної мережі для районів неглибокого промерзання (I, II і III - моноліти)

Для полегшення відшукування пункту над його верхнім монолітом встановлюється дерев'яний стовп і насилається пагорбок висотою до 0,5 м. На відстані 1 м від сторін зовнішнього знака викопуються канали.

Знаки геодезичної мережі знаходяться під охороною місцевих органів самоврядування.

Усі пункти ДГМ незалежно від методу визначення їх координат мають

абсолютні висоти над рівнем Балтійського моря, визначені методом геометричного або тригонометричного нівелювання.

Нівелювання - визначення висот точок земної поверхні щодо деякої обраної точки або рівня моря.

Державна нівелірна мережа розділяється на нівелірні мережі I, II, III і IV класу. Нівелірні мережі I і II класу є головною висотною основою, що утворює єдину систему висот по всій державі (рис.5.12). Висоти пунктів державної нівелірної мережі відраховують від нуля Кронштадтського футштока, тобто від рівня Балтійського моря (Кронштадтський футшток - водомірний пост).



Рис.5.12. Схема побудови державної нівелірної мережі

Нівелірна мережа I класу складається з ходів, що утворюють полігони периметром 3000-4000 км. Ходи такої мережі прокладають переважно по шосейних, залізничних та інших поліпшених шляхах сполучення, а також уздовж берегів морів і великих рік. Вони безпосередньо зв'язані з основними морськими і річковими водомірними установками.

Нівелірна мережа II класу складається з ходів, що спираються на репери нівелювання I класу, й утворює полігони периметром 500-600 км.

Нівелірні мережі III і IV класу прокладають усередині полігонів нівелювання I і II класу як окремими лініями, так і у вигляді систем пересічних ходів з таким розрахунком, щоб розбити кожен полігон нівелювання II класу на 6-9 полігонів периметром 150-200 км кожний.

Нівелірні мережі розташовуються так, щоб охопити всі пункти триангуляції геометричним нівелюванням.

Розрізняють три види нівелювання: геометричне, тригонометричне (геодезичне) і барометричне.

Нівелірні лінії всіх класів закріплюються на місцевості нівелірними знаками (рис.5.13). До нівелірних знаків відносяться стінні марки, стінні і ґрунтові репери (мітка, знак), що закладаються через 5-7 км. У важкодоступних районах відстань між реперами становить 10-15 км.

Нівелірні знаки виготовляються з чавуна і закладаються в стінах бетонних, кам'яних і цегельних будинків і споруджень, розташованих поблизу нівелірного ходу.

ґрунтові репери виготовляються з бетону або залізобетону. Репер складається з бетонної плити і залізобетонного пілона у вигляді паралелепіпеда з поперечним перерізом 15x15см, зацементованого в плиту. У верхню частину

пілона закладена марка. Довжина пілона залежить від глибини промерзання ґрунту і може змінюватися від 1,3 до 2 м і більше.

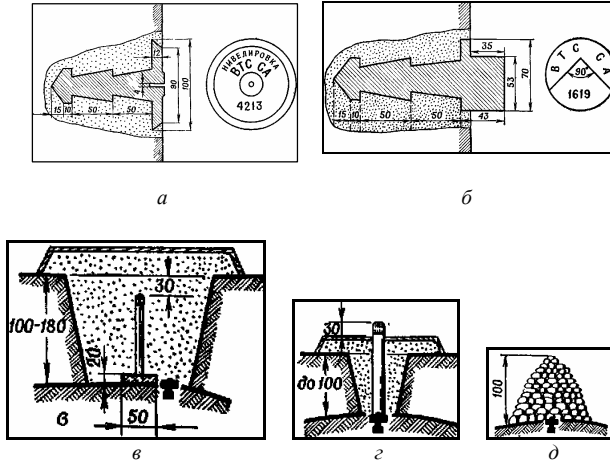


Рис.5.13. Зовнішні нівелірні знаки:

стінна: *а* – марка; *б* – репер; ґрунтовий репер: *в* або *г* – при заляганні скелі на глибину до 1,0-1,8 м; *д* – у скелі, що виходить на поверхню землі

У важкодоступних районах пілон може бути замінений металевою або склопластиковою трубою діаметром не менше 80 мм.

У районах, де щільність пунктів ДГМ недостатня для військ, ВТУ ЗСУ створює спеціальну геодезичну мережу (СГМ). Вихідними пунктами для розвитку СГМ служать геодезичні пункти ДГМ. Точність визначення елементів СГМ наведена в табл.5.3.

Таблиця 5.3

Точність визначення елементів СГМ

Вид мережі	Похибки визначення		
	координат пунктів (відносно ДГМ), м	дирекційних кутів сторін і напрямків на ОРП, "	висот пунктів, м
СГМ-15	1	15	2
СГМ-30	2	30	2
СГМ-60	5	60	5

Щільність пунктів СГМ становить, як правило, не менш одного пункту на 20 км², включаючи вихідні пункти, при необхідності й більшою щільністю.

Для кожного пункту СГМ установлюються два орієнтирних пункти на відстані 200 - 1000 м. Дирекційні кути на них визначаються з тією ж точніс-

тю, що й для СГМ, що розвивається. Пункти СГМ на місцевості закріплюються постійними або тимчасовими центрами і позначаються зовнішніми знаками. Основними зовнішніми знаками пунктів СГМ є дерев'яні або металеві піраміди або віхи.

Стандартним центром пунктів є бетонний моноліт у вигляді зрізаної чо-тиригранної піраміди, у верхню підставу якого зашпаровується чавунна марка. На орієнтирних пунктах над центром як пізнавальний знак установлюється дерев'яний стовп, на затеси якого надписується номер орієнтирного пункту.

При розвитку СГМ у скорочений термін та в бойових умовах на пунктах закладаються центри, виготовлені з підручних матеріалів, наприклад у вигляді дерев'яних стовпів, металевих труб, рейок тощо. У лісистій місцевості як центри використовуються пеньки дерев, у верхній зріз яких забивається цвях або стріляна гільза.

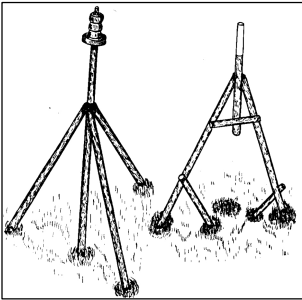


Рис.5.14. Віхи

У районах, де немає пунктів ДГМ, СГМ розвивається в місцевій системі координат щодо деякого початкового пункту. У цьому випадку для визначення координат початкового пункту місцевої системи й узгодження планового положення пунктів СГМ із великомасштабними топографічними картами в кожному СГМ включаються декілька рівномірно розташованих на місцевості контурних точок, що надійно пізнаються на карті і на місцевості.

Дані про геодезичні пункти містяться в каталогах координат геодезичних пунктів. У них указуються значення координат і висот геодезичних пунктів, назви пунктів, типи центрів, висоти геодезичних знаків, значення дирекційних кутів напрямків на орієнтирні пункти й інші геодезичні пункти з указівкою їх назв і відстаней до них. Каталоги координат геодезичних пунктів складаються, як правило, по трапеціях (аркушах карти) масштабу 1:200 000.

Дані про пункти СГМ містяться в списках координат, що складаються окремо на кожен позиційний район. До списку координат додається карта масштабу 1:50 000 або 1:100 000 з нанесеними вихідними пунктами ДГМ і пунктами СГМ.

Крім пунктів ДГМ і СГМ як вихідна геодезична основа для топогеодезичної прив'язки можуть використовуватися топографічні карти масштабів 1:100 000 і більше, а також спеціальні карти геодезичних даних, на яких надруковані координати контурних точок, аерофотознімки з координатною сіткою й ін.

5.4. Вибір та оцінка району позиції за картою

Місцевість суттєво впливає на бойову діяльність підрозділу (частини) РТЗ, її вивчення є обов'язковим для командирів усіх ступенів. Вивчити місцевість - означає визначити загальний характер даної місцевості і розкрити її тактичні властивості. На основі вивчення місцевості проводиться її оцінка, тобто, виходячи з конкретного бойового завдання, визначається, якою мірою властивості даної місцевості будуть полегшувати чи ускладнювати виконання завдання, як використати вигідні властивості і що необхідно зробити для зменшення негативного впливу місцевості. Для вивчення місцевості використовуються різні способи.

Вивчення місцевості *за картою* є основним способом, оскільки дозволяє завчасно і швидко вивчити будь-які райони місцевості, не залежить від погодних умов і часу доби. Недолік цього способу полягає у тому, що карта "старіє" і може не повністю відповідати місцевості. Крім того, на карті не відображаються сезонні та погодні зміни місцевості.

Вивчення місцевості *за аерофотознімками* дає найбільш свіжі та докладні відомості. Недоліки способу полягають у дешифруванні, наявності спотворень на рельєф і нахилу аерофотознімків, відсутності інформації про проходність боліт, глибину і швидкість течії річок, назв тощо. Тому аерофотознімки здебільшого є цінним доповненням до карт.

Вивчення місцевості шляхом *безпосереднього огляду й обстеження*. Перевага способу полягає в тому, що, маючи перед собою реальну місцевість, можна її найбільш повно і докладно вивчити. Недоліком способу є те, що він вимагає багато часу, не дозволяє вивчати великі ділянки та місцевість у глибині противника (на суміжній території), залежить від часу доби і стану погоди.

5.4.1. Вибір позиції за картою

При виборі позиції рекогносцирувальна група виходить з бойової задачі підрозділу, можливостей противника і вимог до позиції за типами РТЗ, що знаходяться на озброєнні в даному підрозділі.

Вибір позицій починається з вивчення та оцінки місцевості за топографічними картами. Залежно від типу РТЗ використовують карти масштабу 1:25 000 - 1:100 000.

На карті в зазначеному районі намічаються 3-4 позиції для попередньої їхньої оцінки. Обрана ділянка місцевості радіусом 1,5-2 км вважається попередньо придатною для позиції при виконанні таких умов:

- поверхня ділянки повинна становити в радіусі 1,5-2 км від її центра;
- на ділянці відсутні лісові масиви;
- ділянка розташована не ближче 3-5 км від окраїн населених пунктів;
- у відповідальному секторі немає підйому рельєфу місцевості і сильної

його порізаності, відсутні кути закриття;

- площа гідрографії не перевищує половини площі позиції, за винятком прибережних місць, де площадку необхідно вибирати на острові, косі, мисі з урахуванням вимог щодо відстані до водної поверхні;

- обрана площадка по можливості повинна розташовуватися поблизу шосейної дороги, ліній зв'язку й електропередачі, але не ближче допустимої відстані.

Визначення стрімкості схилу за формулою

Стрімкість схилу за картою може бути визначена за формулою

$$\alpha = 60 \cdot (h/d), \quad (5.10)$$

де: α - стрімкість схилу, градус;

h - висота перерізу, м;

d - закладення, м.

Для визначення стрімкості схилу за формулою необхідно знати величину висоти перерізу (вказується нижче лінійного масштабу карти) і визначити за картою величину закладення горизонталей (відстань на карті між двома сусідніми горизонталями).

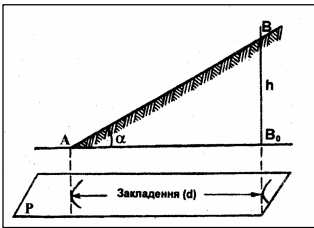


Рис.5.15. Елементи нахилена поверхні форми рельєфу:

α - стрімкість схилу; h - висота схилу (перевищення вищої точки схилу над нижчою); d - закладення схилу (відстань на карті між двома сусідніми горизонталями, чим більше стрімкий схил, тим менше закладення)

Користуватися формулою можна, якщо стрімкість схилів не перевищує 20-25°, через те, що за більшої стрімкості точність визначення стрімкості схилів знижується.

Визначення стрімкості схилу за шкалою закладення

Шкала закладення - графічне вираження оберненої пропорційної залежності між стрімкістю схилу і закладенням горизонталей. Така шкала надається на всіх картах масштабів 1:25 000 – 1:100 000 під нижньою рамкою карти праворуч від лінійного масштабу.

Для визначення стрімкості схилу за шкалою закладення необхідно відміряти циркулем, лінійкою або смужкою паперу відрізок між двома суміжними основними горизонталями, прикласти його до шкали і прочитати число градусів біля основи шкали (рис.5.16).

Якщо горизонталі розташовані близько одна до одної, тоді зручніше користуватися правою частиною шкали, беручи при цьому на карті закладення

між сусідніми потовщеними горизонталями (5 закладень).

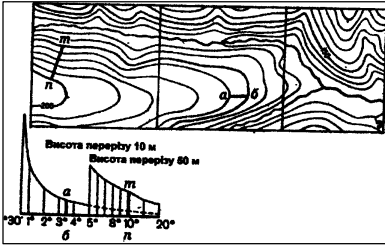


Рис.5.16. Визначення стрімкості схилу за шкалою закладення

Визначення стрімкості схилу окомірно зводиться до приблизного визначення величини закладення в міліметрах. За стандартною висотою перерізу для закладення в 1 см стрімкість схилу дорівнює приблизно $1,2^\circ$. Виходячи із залежності між закладенням, висотою перерізу і стрімкістю схилу закладенню в 1 мм відповідає стрімкість схилу 12° , закладенню в 2 мм - 6° , закладенню в 3 мм - 4° .

Щоб врахувати вимоги по кутах закриття, їх необхідно попередньо оцінити за картою. Для цього на карті в радіусі до 30 км від обраної площадки відшукуються характерні перешкоди (вершини гір, пагорби, височини тощо), вимірюються відстані до цих перешкод і визначається їх перевищення відносно електричного центра антени РТЗ. Перевищення перешкод (об'єкти, що утворюють екран), які створюють кути закриття, визначають по відмітках горизонталей карти з урахуванням висоти електричного центра антени, лісового масиву або будинків населених пунктів. Ознаки зниження висоти місцевості (рис.5.17) такі:

1. Показчик схилу завжди спрямований у бік зниження.
2. Схил починається в напрямку водоймища (хребет “лізе” у воду, а лощина від води “біжить”).
3. Висоти горизонталей вказують коричневими цифрами, кратними висоті перерізу. Верх цих цифр завжди спрямований у бік підняття схилу.
4. Зубці знаків скель та обривів завжди спрямовані в бік зниження.

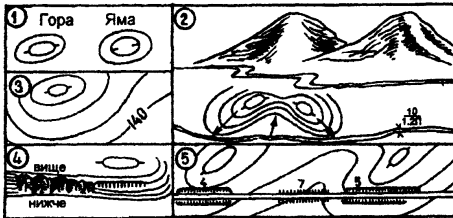


Рис.5.17. Ознаки зниження схилу

5. Виймки на дорогах робляться в позитивних формах рельєфу (гора, хребет), а насипи - у негативних (улоговина лощина).
6. Різниця двох висот показує напрямок загального зниження місцевості.

Куту закриття за картою можуть визначатися за графіком, за розрахунками або за таблицею. За графіком (рис.5.18) по вертикальній осі відкладають перевищення екрануючого об'єкта у метрах, а по горизонтальній — дальність до нього в кілометрах. У точці їх перетину на кривій (або рівнобіжній їй лінії) беруть відлік кута закриття в градусній мірі. Графік побудований з урахуванням кривизни земної поверхні.

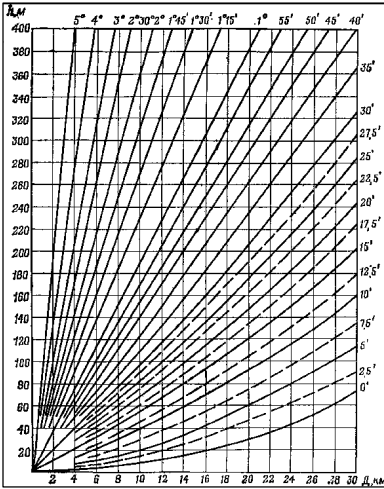


Рис.5.18. Графік кутів закриття

Розрахунок кутів закриття за вимірами з карти здійснюється за формулою

$$\alpha_{\text{закр}} = \arctg \frac{(h_{\text{м.пер}} + h_{\text{м.е}}) - (h_{\text{м.а}} + h_{\text{ант}}) - \Delta h_3}{d_{\text{пер}}}, \quad (5.11)$$

де $\alpha_{\text{закр}}$ – кут закриття для РТЗ від електричного центра антени, мінути;

$h_{\text{м.пер}}$ – висота місцевості за картою в точці перешкоди, м;

$h_{\text{м.е}}$ – висота топографічного елемента в точці перешкоди (споруд, лісового масиву тощо), м;

$h_{\text{м.а}}$ – висота місцевості за картою в точці розташування антенної системи РТЗ, м;

$h_{\text{ант}}$ – висота електричного центра антени, м;

$\Delta h_3 \approx 0,06 \cdot D(\text{км})$ – пониження горизонту з урахуванням кривизни поверхні Землі та рефракції, м;

$d_{\text{пер}}$ – відстань за картою до перешкоди з точки розташування антени РТЗ, м.

Для визначення кута закриття за таблицею (табл.5.4) необхідно за картою визначити перевищення перешкоди над електричним центром антени РТЗ і дальність до нього. По дальності і припустимому куту закриття в таблиці відшукують припустиме перевищення перешкоди і порівнюють його з визначеним за картою.

**Припустимі перевищення екрануючих перешкод
з урахуванням кривизни землі**

Відстань до перешкоди, км	Перевищення перешкоди над електричним центром антени РТЗ при припустимих кутах закриття, м						
	0'	5'	10'	15'	20'	30'	1°
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,1	2	3	4	6	9	17
2	0,3	4	6	9	12	17	35
3	0,7	5	9	13	18	27	53
4	1	7	13	18	25	36	71
5	2	9	17	24	31	46	89
6	3	11	20	29	38	55	108
7	4	14	24	34	45	65	126
8	5	17	28	40	52	75	145
9	6	19	32	45	59	85	163
10	8	22	37	52	66	95	183
11	10	25	41	57	73	105	201
12	12	29	46	63	81	116	221
13	14	32	51	70	89	126	240
14	16	35	56	76	96	137	259
15	18	39	61	83	104	148	280
16	20	43	66	90	112	160	300
17	22	47	72	96	121	170	320
18	25	51	77	104	130	181	339
19	28	55	83	111	139	194	360
20	31	60	89	118	148	205	381
21	34	65	95	126	157	216	401
22	37	70	102	133	166	228	422
23	41	75	109	141	175	242	443
24	45	80	115	150	185	254	464
25	49	85	121	158	194	267	475
26	53	90	128	164	204	278	508
27	57	96	135	175	214	293	529
28	61	102	143	183	224	305	550
29	66	108	150	193	235	319	572
30	71	114	158	201	254	332	595

Наприклад: при припустимому куті закриття 10' на дальності 15 км може бути перешкода висотою до 61 м, а на дальності 20 км - до 89 м (табл. 5.5).

По закінченні попереднього вибору позицій по карті рекогносцирувальна група виїжджає на місцевість для оцінки та топогеодезичної підготовки позиції.

5.4.2. Вибір траси радіолінії за картою

Вибір траси радіолінії складається з вивчення рельєфу місцевості і розміщення інших радіозасобів по карті, попереднього вибору місця для розміщення радіостанцій, побудови профілю інтервалу, визначення геометричних параметрів інтервалу по профілю й оцінки придатності інтервалу по величині просвіту (закриття) на його профілі.

Для вибору траси радіолінії вивчається рельєф конкретного району місцевості по картах масштабу 1:50 000 або 1:100 000.

На карті наносять опорні точки радіолінії, пункти розміщення вузлів зв'язку, місця розміщення радіозасобів, що можуть бути джерелами радіоперешкод.

На карті відзначаються пункти установки радіостанцій. По горизонталях карти визначаються висоти цих пунктів, а також найбільш піднесені точки місцевості між ними.

Орієнтована оцінка траси здійснюється шляхом порівняння напівсуми (C_1) висот точок установки радіозасобів із сумою (C_2) найбільшої висоти ($h_{\max \text{ пр}}$), що лежить на трасі, та висоти дуги кривизни земної поверхні, що відповідає відстані між радіостанціями:

$$C_1 = 0,5 \cdot (h_1 + h_2), \quad (5.12)$$

де h_1 і h_2 - висота підйому антени з урахуванням висоти місцевості, м.

Висота дуги земної кривизни для цієї оцінки може бути визначена за приблизною формулою

$$h_d = \frac{R^2}{50}, \quad (5.13)$$

де: h_d - висота дуги земної кривизни, м;

R - відстань між радіостанціями, км.

$$C_2 = h_{\max \text{ пр}} + h_d. \quad (5.14)$$

Якщо перша величина (C_1) більша за другу (C_2), то в першому наближенні трасу можна вважати відкритою. У протилежному випадку траса вважається закритою. Перевищення другої величини (C_2) над першою (C_1) характеризує ступінь закриття траси.

Детальна оцінка траси. Для більш точного визначення траси необхідно викреслити профіль місцевості на інтервалі між радіостанціями.

Профіль інтервалу є основним робочим документом при проектуванні лінії радіозв'язку. Профіль, як правило, будують по картах масштабу 1:50 000, у виняткових випадках допускається побудова профілів інтервалів по картах масштабу 1:100 000.

При побудові профілю необхідно враховувати таке:

- профіль інтервалу будується з умови еквівалентного радіусу землі $a_0 = 8500$ км;
- бланками, призначеними для побудови профілів без урахування нормаль-

ної рефракції, користуватися не можна;

- профіль будується, як правило, в масштабі висоти - 1 см = 10 м (М 1:100) і в масштабі відстаней - 1 см = 2 км (М 1:200 000).

Побудова профілю інтервалу починається з креслення дуги земної кривизни з урахуванням еквівалентного радіуса землі. Для побудови профілю на карті (рис.5.19) проводиться лінія, що з'єднує точки установки станцій 1 і 2, і визначається відстань між ними - R . Від лінії AB будується дуга земної кривизни, що відповідає довжині R даного інтервалу. Приблизне значення висоти дуги земної кривизни в точці i ($h_{ди}$) визначається для відстаней від кінців інтервалів (точок A і B), які дорівнюють 0,05 R ; 0,1 R ; 0,15 R ; 0,2 R ; 0,3 R ; 0,4 R ; 0,5 R за формулою (5.15) або за графіком (рис.5.20):

$$h_{ди} = \frac{R_{1i} \cdot R_{2i}}{17(20)} \quad (5.15)$$

де R_{1i} , R_{2i} – відстані до i -ї точки, для якої розраховується висота дуги від кінців інтервалу (рис.5.19), км;

17 (20) – коефіцієнт для нормальної (підвищеної) рефракції.

Знайдені точки дуги земної кривизни з'єднуються плавною лінією. Побудована дуга земної кривизни приймається за умовний нуль, що відповідає висоті над рівнем моря найбільш низько розташованого пункту на інтервалі (рис.5.19 – 150 м).

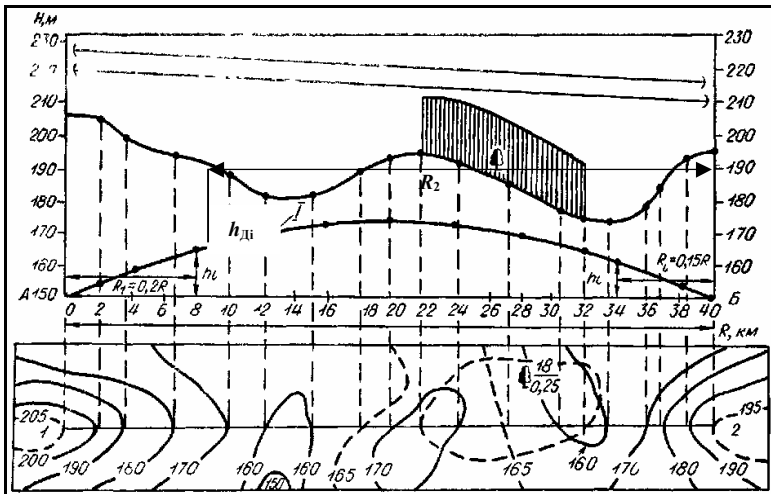


Рис.5.19. Приклад побудови профілю інтервалу:

A - рівень відліку 150 м; 1 - станція 1; 2 - станція 2

Після того, як дуга земної кривизни побудована (рис.5.19), креслиться профіль

місцевості шляхом перенесення з карти (М 1 : 50 000) точки перетину прямої Станція 1 - Станція 2 з основними і допоміжними горизонталями на лінію AB , відповідно до обраного масштабу відстаней. З кожної точки, відзначеної на прямій AB , відновлюється перпендикуляр і на ньому відкладається в масштабі висоти відповідних горизонталей (до висоти горизонталей додається висота дуги земної кривизни в даній точці). Відзначені точки висот з'єднуються плавною лінією. Отримана лінія буде профілем місцевості між пунктами установки станцій 1 і 2 з урахуванням кривизни землі для нормальної рефракції. На побудованому профілі додатково наноситься висота значних місцевих предметів (лісу, окремих споруд, населених пунктів тощо).

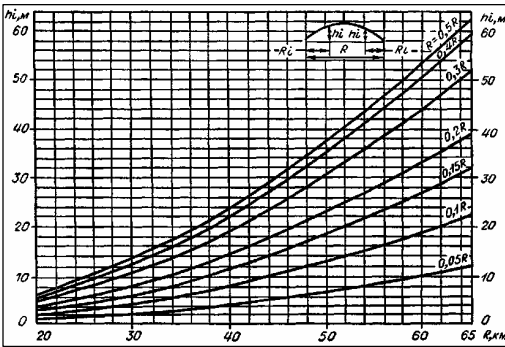


Рис.5.20. Графік для побудови дуги земної кривизни (при $a_3 = 8500$ км)

В точках установки радіостанцій (A і B) на побудованому профілі відкладаються висоти антенних опор (h_{a1} і h_{a2}), і їх верхні точки з'єднуються прямою лінією. По накресленому профілю визначаються геометричні параметри, необхідні для оцінки придатності інтервалу (рис.5.21):

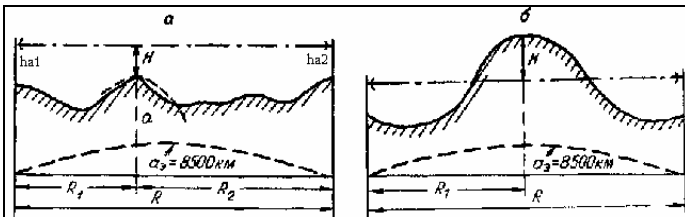


Рис. 5.21. Геометричні параметри інтервалів:

a : $R=50$ км; $R_1=19$ км; $R_2=31$ км; $H=10$ м; $\tau = R_1/R=0,38$; b : $R=50$ км; $R_1=25$ км; $H=-14$ м; $\tau = 25/50=0,5$

R - довжина інтервалу між радіостанціями, км;

R_1 - відстань від розглянутої точки інтервалу (наприклад, вершини перешкоди) до найближчої радіостанції, км;

H - просвіт (закрытия), м;

$\tau = \frac{R_1}{R}$ - відносна координата розглянутої точки інтервалу;

a - радіус кривизни перешкоди, км.

Просвіт H на інтервалі дорівнює відстані від лінії прямої видимості, що з'єднує центри антен радіостанцій, до вершини найбільш високої перешкоди (рис.5.21). Закриття на інтервалі визначається як відстань від вершини найбільш високої перешкоди, що перетинає лінію прямої видимості, до цієї лінії.

Залежно від величини просвіту інтервали класифікуються на відкриті, напіввідкриті і закриті. В основу класифікації інтервалів береться поняття критичного просвіту H_0 , що залежить від параметрів інтервалу R , τ , робочої довжини хвилі і визначається за графіком (рис.5.22). При $H \geq H_0$ інтервал відкритий, при $0 < H < H_0$ - інтервал напіввідкритий, при $H < 0$ - інтервал закритий. Таким чином, на відкритих і напіввідкритих інтервалах просвіт H завжди позитивний, а на закритих - негативний.

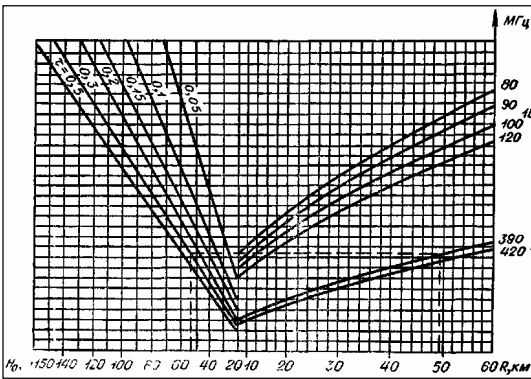


Рис.5.22. Графік для визначення величини критичного просвіту H_0

Радіус кривизни перешкоди "а" визначається шляхом накладення на профіль інтервалу сімейства апроксимуючих кривих різних радіусів (рис.5.23), побудованих на кальці в тім же масштабі, що і профіль інтервалу, і сполучення перешкоди з найбільш відповідною кривою.

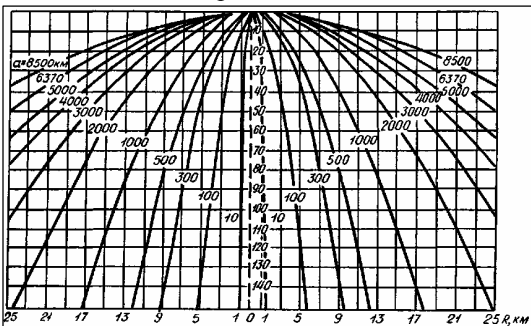


Рис.5.23. Апроксимуючі криві різних радіусів

При визначенні радіуса кривизни перешкоди цим способом точно сполучають вершину перешкоди з вершиною апроксимуючої кривої і беруть ту криву, що ближ-

че за інших підходить до профілю перешкоди (рис.5.21, а).

При виборі траси варто враховувати, що навіть незначний (до 1-2 км) зсув радіостанції убік іноді дозволяє істотно зменшити закриття траси і, як наслідок, значно поліпшити якість каналу.

5.5. Рекогносцировка позицій підрозділу радіотехнічних засобів

Для виконання бойової задачі підрозділ РТЗ розгортається на місцевості у бойовий порядок.

Позиція – це ділянка (смуга, район) місцевості, зайнята або така, що планується до зайняття підрозділами з метою виконання поставлених завдань (бойових задач). Залежно від роду військ позиції класифікуються за певною ознакою. Позиція підрозділу (частини) може бути основною, тимчасовою, запасною або хибною, а за ступенем укриття від візуального спостереження противника – відкритою або закритою.

Розміри позиції залежать від типу озброєння підрозділу і рельєфу місцевості.

Район розміщення позиції підрозділу призначається виходячи із загального задуму старшого начальника на виконання бойового завдання вищою ланкою організаційної структури.

Для безпосереднього вибору позиції підрозділу, як правило, призначається рекогносцирувальна група під керівництвом командира частини або його заступника. До складу рекогносцирувальної групи залучаються офіцери управління і служб частини, а також командир підрозділу і начальники тих РТЗ підрозділу, для яких вибирається позиція.

На рекогносцирувальну групу покладається:

- ознайомлення з характером місцевості і вибір основної і двох-трьох запасних позицій для розміщення підрозділу відповідно до вимог, які повинні задовольняти ці позиції;
- визначення на обраних позиціях місць розташування елементів бойового порядку підрозділу;
- топографічна зйомка місцевості на обраних позиціях;
- вивчення місцевих мереж зв'язку і ліній електропередачі, а також визначення можливостей використання їх для забезпечення бойової роботи підрозділу;
- визначення обсягу додаткового будівництва ліній зв'язку й електропередачі, вивчення можливостей установа засобів зв'язку;
- перевірка рівня місцевих електричних перешкод для РТЗ підрозділу;
- установа наявності і можливостей використання наявних приміщень і місцевих будівельних матеріалів;
- встановлення обсягу роботи і потрібних матеріалів для устаткування

позиції, будівництва під'їзних колій, житлових, службових приміщень, укриттів і сховищ з урахуванням захисту від зброї масового ураження;

- установлення можливостей матеріально-побутового і медичного забезпечення особового складу підрозділу;
- узгодження з місцевими органами влади питань, пов'язаних з відчуженням земельних ділянок під позиції, можливостями використання будівельних матеріалів і техніки для устрою під'їзних колій і устаткування позицій;
- вивчення санітарно-епідеміологічного стану району розгортання.

Командир частини ставить задачу і визначає обов'язки членам рекогносцирувальної групи. Рекогносцирувальна група використовує топографічні карти, прилади для виміру кутів закриття (перископічну артилерійську бусоль, теодоліт), планшет, далекомірну рейку, візирну лінійку, мензурки, бінокль, лупу, рулетку, ручний бур, креслярські інструменти і приладдя.

Робота рекогносцирувальної групи починається з попереднього вибору та оцінки декількох позицій по карті в штабі частини. В подальшому рекогносцировка обраних позицій здійснюється на місцевості. Проводиться необхідний обсяг топогеодезичних робіт на обраних позиціях, визначається найбільш придатні з них. Робота рекогносцирувальної групи закінчується складанням звітних документів, що характеризують обрані позиції, з висновками про їх придатність і пропозиціями рекогносцирувальної групи щодо їх використання.

5.6. Топогеодезична підготовки позиції на місцевості

Рекогносцирувальна група в районі, що планується для розгортання підрозділу РТЗ, вивчає особливості місцевості, оцінює її з урахуванням вимог до позицій РТЗ, закріплює на місцевості точки установки антен РТЗ і здійснює топографічну підготовку позиції, яка, залежно від типу РТЗ, може включати:

- визначення кутів закриття позиції РТЗ;
- топографічну зйомку місцевості;
- побудову профілю місцевості;
- визначення місця розташування і розмірів ділянок земної (морської) поверхні, що впливають на формування зони видимості РТЗ;
- визначення границь основних секторів позиції;
- визначення середніх кутів нахилу місцевості (для РТЗ метрового і дециметрового діапазонів);
- визначення нерівності підстилаючої поверхні;
- розрахунок області радіотіней;
- складання відповідних документів.

5.6.1. Вимір кутів закриття позиції радіолокаційних засобів

Кути закриття вимірюють з метою врахування їх при побудові зон видимості.

Для виміру кутів закриття теодоліт (перископічна артилерійська бусоль ПАБ-2А) встановлюють у точці, наміченій для установки антени станції, центрують його і нівелюють. Теодоліт (бусоль) з урахуванням магнітного схилення (δ вказується на топографічній карті) орієнтують на напрямок істинного меридіана.

Так, якщо $\delta = +6^\circ$, то північний кінець магнітної стрілки варто сполучити з розподілом лімба бусолі, що відповідає значенню 6° (1-00). Якщо $\delta = -6^\circ$, то сполучення варто робити з розподілом, що відповідає значенню 354° (59-00).

Завдяки цьому вертикальна візирна вісь труби приладу буде спрямована уздовж істинного меридіана.

Для виміру кута закриття горизонтальна лінія сітки зорової труби приладу наводиться на вершину перешкоди і знімається відлік.

Кути закриття визначаються з урахуванням величини і знака місця нуля приладу. Відстані до екрануючих перешкод визначаються за допомогою далекомірної (базової) рейки, квантового далекоміра або за картою.

При вимірі кутів закриття оптичний центр приладу варто розташовувати на висоті електричного центра антени РТЗ. Якщо цього зробити не вдається (наприклад, для антен типу УНЖА), робиться перерахування обмірюваних значень кутів закриття приладом за формулою

$$\alpha_{закр} = \alpha_{закр}^n + 3,44 \frac{h_n - h_{ант}}{d_{пер}}, \quad (5.16)$$

де $\alpha_{закр}$ - кут закриття для РТЗ від електричного центра антени, мінути;

$\alpha_{закр}^n$ - кут закриття, обмірюваний приладом, мінути;

h_n - висота оптичного центра кутомірного приладу (теодоліта або бусолі), м;

$h_{ант}$ - висота антени РТЗ, м;

$d_{пер}$ - відстань до перешкоди, км.

Перерахування обмірюваних значень приладом можна також робити за допомогою таблиці виправлень для визначення кутів закриття (табл.5.6). У ній враховуються виправлення на різницю висот оптичного центра приладу й електричного центра антени РТЗ від 1 до 30 м при відстанях до екрануючих об'єктів у межах від 100 м до 20 км. За допомогою цієї таблиці можна також визначити висоту необхідного насипу під РТЗ (місце розташування антенної системи РТЗ) для усунення кута закриття.

При поганій видимості кут закриття можна визначити за допомогою карти за формулою

Таблиця виправлень для

Дальність до екрануючого об'єкта, м	Перевищення опромінювача РТЗ					
	1	2	3	4	5	6
100	0°34'	1°08'	1°43'	2°17'	2°51'	3°26'
200	17'	0°34'	0°51'	1°09'	1°26'	1°43'
300	12'	23'	0°35'	0°46'	0°57'	1°09'
400	9'	17'	26'	34'	43'	0°52'
500	7'	14'	21'	28'	35'	41'
600	6	12	17	23	28	34
700	5	10	15	20	25	29
800	5	9	13	17	21	26
900	4	8	12	15	19	23
1000	4	7	11	14	17	21
1100	3	7	10	13	16	20
1200	3	6	9	12	14	17
1300	3	6	8	11	13	15
1400	3	5	7	10	12	14
1500	2	4	7	8	10	13
2000	2	4	5	7	8	10
3000	2	3	4	5	6	7
4000	2	2	3	4	5	5
5000	1	2	2	3	4	4
6000	1	2	2	3	3	4
7000	1	2	2	2	3	3
8000	1	1	2	2	3	3
9000	1	1	1	2	2	2
10000	1	1	1	2	2	2
11000	1	1	1	1	2	2
12000	—	1	1	1	2	2
13000	—	1	1	1	1	2
14000	—	—	1	1	1	1
15000	—	—	1	1	1	1
17000	—	—	—	1	1	1
20000	—	—	—	1	1	1

визначення кутів закриття

над зоровою трубою приладу, м							
7	8	9	10	12	15	20	30
4°00'	4°34'	5°08'	5°43'	6°52'	8°22'	11°19'	16°42'
2°00'	2°17'	2°36'	2°52'	3°26'	4°16'	5°43'	6°32'
1°20'	1°32'	1°43'	1°55'	2°18'	2°52'	3°49'	5°43'
1°00'	1°08'	1°17'	1°26'	1°44'	2°09'	2°52'	4°17'
0°48'	0°56'	1°02'	1°09'	1°22'	1°45'	2°17'	3°26'
40'	46'	0°51'	0°57'	1°08'	1°26'	1°55'	2°52'
34	40	44'	49'	0°58'	1°14'	1°38'	2°27'
30	34	39	43	52'	1°04'	1°26'	2°09'
27	30	34	38	46	0°57'	1°16'	1°55'
25	28	31	34	42	52'	1°09'	1°43'
23	26	28	31	40	47	1°02'	1°34'
20	24	26	28	34	43	0°57'	1°26'
18	22	24	26	30	40	53'	1°19'
17	20	22	24	28	37	49	1°13'
14	16	18	19	24	34	46	1°08'
12	14	15	17	20	26	35	0°51'
8	10	11	12	14	17	23	34'
6	8	9	10	10	13	17	26
5	6	7	8	9	10	14	21
5	6	6	7	8	9	13	17
3	4	5	6	7	8	11	15
3	3	4	5	6	7	10	13
2	3	4	4	5	6	8	12
2	3	3	4	4	5	7	10
2	2	3	3	4	5	6	9
2	2	3	3	4	4	6	9
2	2	2	2	3	4	5	8
2	2	2	2	3	4	5	7
1	2	2	2	3	3	5	6
1	1	2	2	2	3	4	5
1	1	1	2	2	3	4	5

$$\alpha_{закр} = 3,44 \frac{h_e}{d_{np}}, \quad (5.17)$$

де $\alpha_{закр}$ - кут закриття, кутові хвилини;

h_e – перевищення екрануючої перешкоди над горизонтальною площиною, що проходить через електричний центр антени, м.

Перевищення екрануючої перешкоди для нормальної рефракції обчислюється за формулою

$$h_e = h_{нер} - h_{ноз} - h_{ант} - \frac{d_{np}^2}{17}, \quad (5.18)$$

де $h_{нер}$ і $h_{ноз}$ - висоти перешкоди і позиції над рівнем моря, м;

$h_{ант}$ - висота антени РТЗ, м.

Значення кутів закриття, відстані до перешкод, а також характер перешкод по кожному азимутальному напрямку заносяться в таблицю (табл.5.7), за допомогою якої потім готується картка кутів закриття.

Таблиця 5.7

Таблиця кутів закриття РТЗ

Азимут, град	Кут закриття	Відстань до перешкоди, км	Характер перешкоди	Азимут, град	Кут закриття	Відстань до перешкоди, км	Характер перешкоди
0	30'	2	Ліс	180	10'	3	Пагорбок
10	30'	2	Ліс	190	20'	2	Ліс
20	30'	2	Ліс	200	20'	2	Ліс
30	30'	2	Ліс	210	20'	2	Ліс
.....
.....
.....
.....
160	10'	3	Пагорбок	340	25'	4	Пагорбок
170	10'	3	Пагорбок	350	25'	4	Пагорбок

Примітка. На азимуті 135° - вишка ретранслятора. Кут закриття 1°, відстань - 1,2 км.

Картка кутів закриття складається для кожного РТЗ окремо.

5.6.2. Топографічна зйомка місцевості

Топографічна зйомка місцевості здійснюється для оцінки й врахування впливу рельєфу та місцевих предметів на роботу радіолокаційних станцій. Вона полягає в послідовному визначенні висот усіх характерних точок рельєфу, планового положення місцевих предметів і їх контурів.

Зйомку роблять не менш, ніж по 12 азимутах у радіусі, обумовленому за формулою

$$R = 23,3 \frac{h_{\text{ант}}^2}{\lambda}, \quad (5.19)$$

де $h_{\text{ант}}$ – висота антени РТЗ, м;

λ - довжина хвилі, м.

План позиції складають у масштабі 1:5 000 при висоті перетину рельєфу місцевості 0,5-1 м. Усі роботи зі зйомки виконує команда в складі чотирьох чоловік (як правило: офіцера, сержанта і двох рядових). Офіцер керує зйомкою і складає план позиції, сержант виконує вимірвальні роботи з теодолітом (бусоллю), один з рядових веде журнал і буде профілі місцевості, другий - використовується як рейковий (для вимірювання відстані). Перед початком роботи до листа фанери 0,5x0,5 м прикріплюють щільний аркуш паперу й оформляють зовнішню частину креслення. Готують бланк журналу зйомки позиції, 12 аркушів міліметрового паперу 12x40 см для профілів місцевості, далекомірну (базову) рейку і 15-20 кілочків висотою 0,4 м для позначення перехідних точок. Установлюють бусоль (теодоліт) у точці стояння антени станції.

Прилад орієнтують по істинному азимуту, як при вимірі кутів закриття. На далекомірній рейці ставлять мітку або червону стрічку по висоті об'єкта бусолі над землею (врахування $h_{\text{п}}$ - висота оптичного центра кутомірного приладу). У напрямках зйомки, як правило, через 30° від істинного меридіана намічають рейкові точки, тобто місця постановки рейки для виміру їх висот і перевищень щодо приладу.

Рейкових точок повинно бути стільки, щоб за їх оцінкою висот передати характерні деталі і типові форми рельєфу. Розташовують їх на вододілах, водозливах, вершинах, у місцях перегинів схилів, біля окремих місцевих предметів. Рейкові точки, віддалені від антени на 250-300 м, вибираються як перехідні.

Місця обраних точок указують на місцевості рейковому. На них він установлює рейку, так щоб її поділкі і мітка були добре видні в бусоль (теодоліт). Якщо рейку не видна, її переставляють вправо або вліво за сигналами прапорцями, встановленими працюючим на приладі. Вимірюють кут нахилу місцевості, дальність до рейки.

По обмірюваному куту нахилу і відстані визначають перевищення точки щодо місця установки бусолі. Для цього використовують номограму висот (рис.5.24). Накладають лінійку на штрих лівої шкали, що виражає обмірювану відстань, і одночасно на штрих правої шкали, що відповідає куту нахилу в поділках кутоміра або градусах.

У точці перетину середньої шкали з лінійкою беруть відлік, що дорівнює величині перевищення в метрах. Знаки перевищення визначаються знаками кутів нахилу.

Можна визначати перевищення також за масштабом висот (рис.5.25).

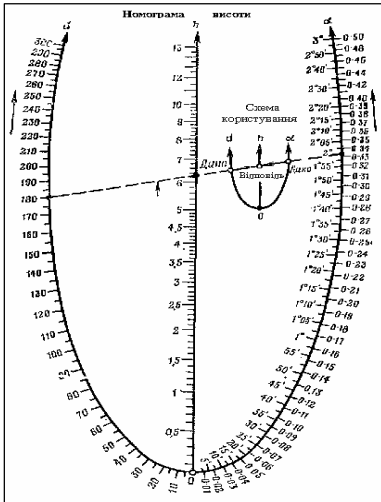


Рис.5.24. Номограма висот для визначення перевищення точок

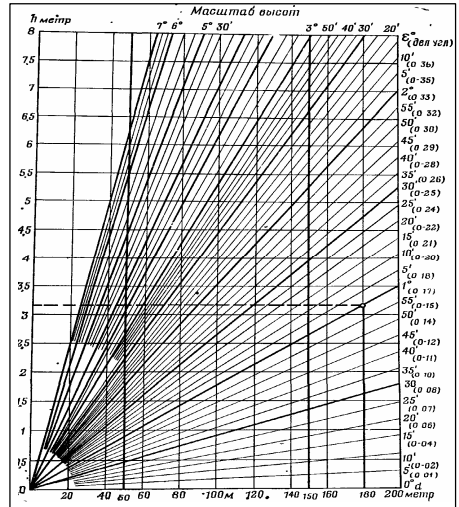


Рис.5.25. Масштаб висот

Для цього на графіку відновлюють перпендикуляр із точки, що позначає дальність (на нижній рамці), до зустрічі з прямою, яка відповідає куту нахилу. Отриману точку перетину перпендикуляра з похилою з'єднують горизонтальною прямою з лівою стороною рамки і відраховують перевищення.

На ділянках з положистими схилами перевищення рейкових точок щодо антени визначають безпосередньо по рейці.

Відстань, що виміряна від приладу до рейки, у масштабі плану (1см – 50м) відкладають на кресленні по даному азимуту. В отриманій точці ставлять відмітку перевищення й умовний знак місцевого предмета. Відповідно до визначених висот і форми рельєфу, що спостерігається, між початковою і першою перехідною точками на плані проводять горизонталі (рис.5.26). Останню рейкову точку, як перехідну, на даному азимуті визначають з найбільшою точністю. На її місці забивають кілочок з написом азимута і номера точки. До цього номера в журналі приписують літеру "П" (перехідна, табл.5.8).

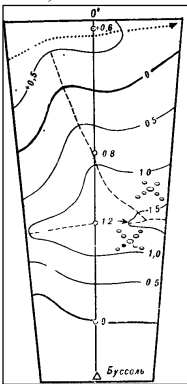


Рис. 5.26. Зйомка місцевості між початковою і перехідною точками

Журнал топографічної зйомкиКоординати центра позиції: $X = 6066640$, $Y = 4308360$, $B = 54^{\circ}41'40''$ пн.ш., $L = 18^{\circ}03'35''$ сх.д., $H = 191,0$.Прилад: ПАБ-2А (місце нуля $MO = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = 0$)

Ази мут, град	Номер точки	Відстань до рейки, м		Кут нахилу (+,-), п.к.	Перевищення точки над місцем установки, м	
		від приладу	від антени		приладу	антени
0	1	50	50	0	0	0
	2	135	135	-0—09	-1,20	-1,20
	3	200	200	-0—04	-0,80	-0,80
	4—П	300	300	+0—02	+0,60	+0,60
	5	55	355	-0—11	-0,60	0

...
60	1	80	80	0	0	0
	2	150	150	-0—05	-0,75	-0,75
	3	225	225	-0—06	-1,35	-1,35
	4—П	300	300	-0—07	-2,10	-2,10
	5	60	360	+0—10	+0,60	-1,50
	6—П	150	450	+0—05	+0,75	-1,35
	7	90	540	-0—13	-1,15	-2,50
	8	185	635	-0—12	-2,25	-3,60

У такому порядку здійснюється зйомка першої черги по всіх азимутах через 30° . По відмітках перевишень рейкових і перехідних точок на плані проводять горизонталі. Знаючи прийняту висоту перетину рельєфу ($0,5\text{м}$) і перевищення точок, можна визначити кількість горизонталей між цими точками.

Однакові по висоті відмітки з'єднують плавними лініями, враховуючи форму рельєфу (рис.5.27). Обриви, уступи, кургани, ями, насипи і виїмки, не виражені горизонталями, викреслюють особливим знаком - зубцями.

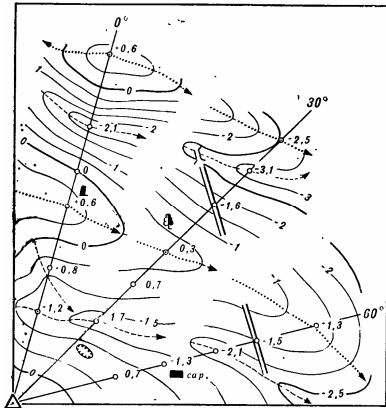


Рис.5.27. Зйомка місцевості за азимутальними напрямками

5.6.3. Побудова профілів місцевості

На позиції з рівним рельєфом профілі місцевості будуються через 30° по азимуту, на позиції з гірським - через 5° або по характерних азимутах.

Профілі місцевості в ближній зоні знімаються за планом позиції і будуються на міліметровому папері таким чином (рис.5.28):

- на плані позиції з точки стояння антени РТЗ проводиться пряма за обраним азимутом і на ній визначаються відмітки найвищих і найнижчих точок місцевості (точки перетинів прямої і горизонталей);

- потім на міліметровому папері відповідно до прийнятого вертикального масштабу (як правило, приймається в 5-10 разів більше за масштаб плану) проводяться і підписуються (проставляються) значення висот, що відповідають горизонталям карти;

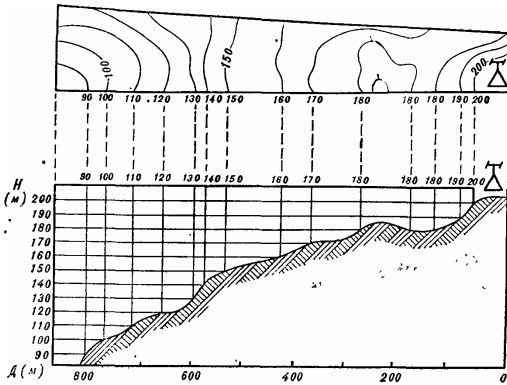


Рис.5.28. Побудова профілю у ближній зоні

- міліметровий папір прикладають до лінії, прокресленої на плані, і від усіх горизонталей опускають перпендикуляри до перетинів з відповідними горизонтальними лініями, що позначають висоти;

- отримані точки з'єднують плавною кривою.

Профілі місцевості дальньої зони (до 150 км) можуть бути оцінені за спеціально побудованою палеткою.

Палетка будується у такій послідовності (рис.5.29). В обраному масштабі (до 2000 м по висоті, до 200 км по дальності) у координатах висота-дальність наносяться лінії рівних висот з урахуванням виправлення на кривизну землі за даними табл. 5.9. Потім на палетку наносяться лінії рівних кутів місця з електричного центра антени (від'ємних і податних), для чого з нього проводять лінію горизонту. Задавши дальність D і кут місця θ (з інтервалом $4'$), визначають значення відрізка висоти Δh , що відкладається від лінії горизонту вниз або вверх залежно від знака кута місця на зазначеній дальності.

Величина відрізка визначається за формулою

$$\Delta h = D \cdot \operatorname{tg} \theta. \quad (5.20)$$

Пряма, що з'єднує точку електричного центра антени і кінець відрізка Δh , утворить лінію кута місця. Аналогічно будують лінії для інших кутів місця.

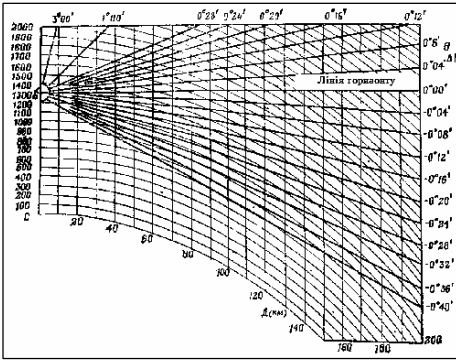


Рис. 5.29. Палетка для побудови профілю місцевості у дальній зоні

Таблиця 5.9

Виправлення на кривизну землі з врахуванням нормальної атмосферної рефракції

D , км	Δh , м	D , км	Δh , м
10	5,88	210	2594,12
20	23,52	520	2847,06
30	52,94	230	3111,76
40	94,12	240	3388,23
50	147,05	250	3676,47
60	211,76	260	3976,47
70	288,23	270	4288,23
80	376,47	280	4611,76
90	476,47	290	4976,06
100	588,24	300	5294,12
110	711,76	310	5652,94
120	847,06	320	6023,53
130	994,12	330	6405,88
140	1152,94	340	6800,00
150	1323,52	350	7205,88
160	1505,88	360	7623,53
170	1700,00	370	8052,94
180	1905,88	380	8494,12
190	2123,53	390	8947,06
200	2352,94	400	9411,76

Для побудови профілю місцевості у дальній зоні на карті з точки стояння РТЗ по обраному азимуту проводять пряму і визначають на ній відмітки най-

вищих і найнижчих точок (або характерні точки рельєфу). Координати відміток у масштабі дальність-висота переносять на палетку. Отримані точки з'єднують плавною кривою.

5.6.4. Визначення кутів нахилу місцевості

Нахил профілю позиції оцінюється величиною середнього кута нахилу ($\gamma_{\text{ср}}$). З метою спрощення розрахунків середні кути нахилу місцевості визначаються для кутів місця 3° , 6° і 12° . Середній кут нахилу, розрахований для кута місця 3° , допускається справедливим для всіх кутів, менших 4° ; для кута місця 6° - від 4° до 8° ; для кута місця 12° - понад 8° .

Для визначення середніх кутів нахилу використовуються побудовані раніше профілі місцевості ближньої зони.

Для позицій з рівним рельєфом і рівномірним нахилом (рис.5.30) $\gamma_{\text{ср}}$ може бути знайдений за формулою

$$\gamma_{\text{ср(мин)}} = 3,44 \frac{h_{(м)}}{r_{(км)}}. \quad (5.21)$$

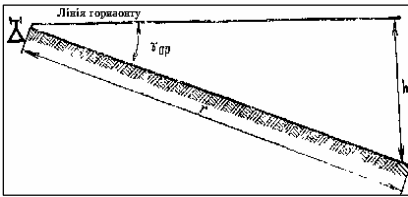


Рис.5.30. Позиція з рівномірним нахилом

Для позицій зі складним і особливо складним рельєфом місцевості $\gamma_{\text{ср}}$ визначається для кожного заданого азимута окремо на ділянках поверхні землі, що впливають на формування зони виявлення. Довжина такої ділянки розраховується за формулою

$$L = R_{\text{max}} - R_{\text{min}}, \quad (5.22)$$

де $R_{\text{max}} = \frac{23h_{\text{ант}}^2}{\lambda}$ - дальність дальньої границі ділянки землі, що впливає на формування зони виявлення, м;

$R_{\text{min}} = \frac{0,7h_{\text{ант}}^2}{\lambda}$ - дальність ближньої границі ділянки землі, що впливає

на формування зони виявлення, м;

$h_{\text{ант}}$ - висота антени РТЗ, м;

λ - довжина хвилі РТЗ, м.

Отримані величини $\gamma_{\text{ср}}$ використовуються для розрахунку і побудови діаграми виявлення РТЗ метрового і дециметрового діапазонів у вертикальній площині на даному азимуті.

5.6.5. Визначення нерівностей поверхні землі

На формування зони видимості РТЗ під малими кутами місця суттєво впливають нерівності (шорсткості) поверхні.

Для рівнинної місцевості висота припустимих нерівностей (h_n) при використанні штатних антен РТЗ визначається за формулою

$$h_n \leq \frac{\lambda \cdot d}{(16 - 32)} h_{\text{ант}} (м), \quad (5.23)$$

де λ - довжина хвилі, м;

d - відстань від антени до нерівності, м;

$h_{\text{ант}}$ - висота антени РТЗ, м.

Для РТЗ дециметрового діапазону хвиль береться коефіцієнт 16, а метрового діапазону - 32.

При використанні підвищених антен або розгортанні РТЗ на висотних позиціях середньоквадратичне значення припустимих нерівностей визначається за формулою

$$\sigma_{h_n} \leq \frac{0,1\lambda \cdot d}{h_{\text{ноз}} + h_{\text{ант}} + \frac{d^2}{2R_{3e}}}, \quad (5.24)$$

де R_{3e} - еквівалентний радіус Землі (8500км).

5.7. Топогеодезична прив'язка бойового порядку підрозділу радіотехнічних засобів

Топогеодезична прив'язка полягає у визначенні координат і висот позицій, елементів бойового порядку, постів, пунктів управління підрозділів (частин), дирекційних кутів або азимутів орієнтирних напрямів. Вона виконується підрозділами топографічної служби видів ЗСУ і родів військ, обслугами командирських машин, машин управління, а також силами вогневих, розвідувальних і радіотехнічних підрозділів (частин).

Залежно від вимог військ щодо точності і термінів топогеодезичну прив'язку виконують на геодезичній основі або по топографічній карті (аерофотознімку).

При *топогеодезичній прив'язці на геодезичній основі* координати точок, що прив'язуються, і дирекційні кути (азимуту) орієнтирних напрямів визначають за допомогою приладів щодо пунктів і напрямів (сторін) державної або спеціальної геодезичних мереж (контурних точок). Координати цих пунктів (точок) та орієнтирні напрями беруться з каталогів координат. Для визначення дирекційних кутів (азимутів) орієнтирних напрямів крім геодезичного способу можуть застосовуватися астрономічний або гіроскопічний спосіб. Топогеодезична прив'язка на геодезичній основі забезпечує високу точність, однак вимагає значного часу.

При *топогеодезичній прив'язці по топографічній карті* (аерофотознімку) координати точок, що прив'язуються, визначають за допомогою топоприв'язника або приладів щодо контурних точок (державної або спеціальної геодезичних мереж) карти (аерофотознімку). Дирекційні кути орієнтирних напрямків визначають гіроскопічним способом за допомогою гірокомпаса, астрономічним способом з астрономічних спостережень, передачею дирекційного кута кутовим ходом, за допомогою гірокурсовказівника топоприв'язника, навігаційної апаратури і по контурних точках топографічної карти (аерофотознімку). При топогеодезичній прив'язці по карті (аерофотознімку) часу потрібно значно менше, ніж при прив'язці на геодезичній основі, однак точність її дещо нижча.

У всіх випадках топогеодезична прив'язка повинна бути виконана вчасно, точно, надійно і потайки.

Топогеодезична прив'язка позицій радіотехнічних засобів проводиться з метою визначення координат і абсолютних висот елементів бойового порядку, а також вихідних істинних азимутів для орієнтування радіолокаційних засобів.

Топогеодезична прив'язка включає:

- визначення прямокутних координат точок стояння елементів бойового порядку (радіолокаційних засобів);
- визначення істинних азимутів орієнтирних напрямів;
- виміри відстаней від додаткових вихідних точок до елементів бойового порядку (антен станцій);
- визначення по великомасштабних картах абсолютних висот точок стояння елементів бойового порядку (РТЗ).

Орієнтування РТЗ полягає в точному сполученні істинного азимуту лінії максимуму діаграми направленості в горизонтальній площині з відліком пристроїв, що визначають азимут антени.

Первісна топогеодезична прив'язка елементів бойового порядку здійснюється одночасно з розгортанням РТЗ на позиції.

5.7.1. Визначення координат точок стояння елементів бойового порядку

Прив'язка РТЗ і орієнтирів може проводитися одним з таких способів:

- полярним;
- прямою засічкою;
- зворотною засічкою;
- створом з проміром.

Спосіб прив'язки вибирається при вивченні карти місцевості залежно від наявності видимих місцевих предметів-орієнтирів, а також наявності пунктів геодезичної мережі. Прив'язка здійснюється по великомасштабній карті.

Топогеодезичну прив'язку починають з орієнтування карти. Орієнтування карти може здійснюватися по лініях місцевості, за напрямком на орієнтир, за компасом або за небесними світилами. Після орієнтування карти точно визначають точку свого стояння і місця розташування об'єктів, що прив'язуються. Потім знімають з карти їх координати.

Полярний спосіб. Звіряючи карту з місцевістю знаходять дві взаємовидимі на місцевості і наявні на карті точки. Установлюють прилад в одній з обраних точок і вимірюють кут між напрямками на іншу обрану точку і на точку стояння антени РТЗ. Щоб уникнути помилок, кут вимірюють двічі. Після цього вимірюють на місцевості відстань від точки установки приладу до точки стояння антени РТЗ. На карті прокреслюють лінію через дві обрані точки і будують обмірваний кут з вершиною в точці установки приладу. На промені побудованого кута відкладають у масштабі карти обмірвану на місцевості відстань.

Координати отриманої точки і будуть координатами точки стояння антени РТЗ.

Координати можна розрахувати також шляхом розв'язання прямої геодезичної задачі (теодолітного ходу).

Спосіб прямої засічки. Поблизу позиції вибирають на місцевості три контурні точки, умовні знаки яких є на карті (приклад, перехрестя доріг, кілометровий стовп, геодезичний пункт, рис.5.31). Вимірюють відстань на місцевості від обраних трьох точок до точки стояння антени РТЗ. Після цього за допомогою циркуля радіусами, що дорівнюють обмірваним відстаням d_1 , d_2 , d_3 , на карті з відповідних контурних точок описують дуги в масштабі карти. Перетинання дуг на карті відповідає місцю розташування точки стояння РТЗ.

Якщо поблизу позиції немає контурних точок, але вони наявні вдалечині і з них проглядається точка стояння антени РТЗ, то прилад (теодоліт, бусоль) установлюється послідовно на всіх обраних контурних точках. У кожній точці стояння приладу виміряються горизонтальні кути α , β , γ (рис.5.31) між напрямками на точку стояння антени РТЗ і на суміжні контурні точки.

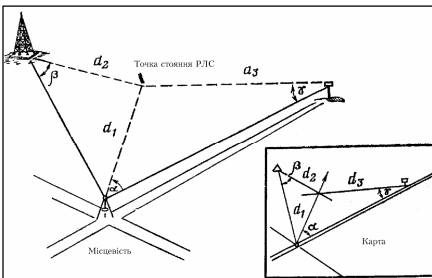


Рис. 5.31. Визначення точки стояння РТЗ способом прямої засічки

Обмірювані кути будуються на карті з відповідних контурних точок. Перетинання ліній (напрямків) дає точку стояння антени РТЗ.

Спосіб зворотної засічки. У тому випадку, коли орієнтири знаходяться на значній відстані від позиції, визначення місця розташування здійснюють способом зворотної засічки. Для цього на карті і місцевості вибирають чотири орієнтири, розташованих довкола (рис.5.32). За допомогою приладу, встановленого у точці стояння антени, вимірюють кути між обраними орієнтирами (α, β, γ).

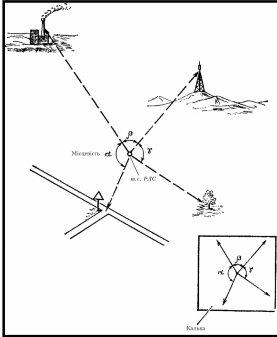


Рис. 5.32. Визначення точки стояння РТЗ способом зворотної засічки

Від центра аркуша прозорого паперу (кальки) транспортиром будують обміряні кути. Потім кальку накладають на карту так, щоб усі чотири напрямки побудованих кутів одночасно пройшли через відповідні орієнтири на карті. Таке сполучення кальки може бути тільки одне. Точку з кальки переколюють на карту. Ця точка і є точкою стояння антени РТЗ

Графічний метод розв'язання зворотної засічки не завжди застосуємо, тому що на місцевості може не виявитися чотирьох орієнтирів, що спостерігаються з точки стояння антени РТЗ, а при відсутності четвертого, контрольного напрямку, метод стає ненадійним.

Спосіб створу з проміром. Створом називається пряма лінія, що з'єднує точку стояння і два яких-небудь об'єкти на місцевості. Якщо при порівнянні карти з місцевістю виявиться, що обумовлена точка лежить у створі двох предметів A і B (рис.5.33), то її положення наносять на карту. По створу через точки A і B на карті прокреслюють пряму лінію, потім вимірюють на місцевості відстань від покажчика доріг B до місця установки антени РТЗ. Обмі-

рювану відстань відкладають у масштабі карти від точки B по напрямку прокресленої лінії. Точка O буде місцем розташування антени РТЗ.

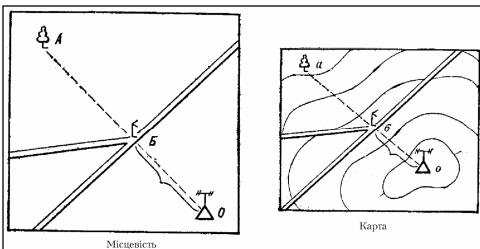


Рис.5.33. Прив'язка способом створу з проміром

Прямокутні координати X , Y точки стояння антени РТЗ визначаються по кілометровій (прямокутній) сітці, що наявна на топографічних аркушах карти. Для цього з аркуша карти (рис.5.34, *т.с.А*) випишують спочатку скорочені координати південно-західного (нижнього-лівого) кута квадрата кілометрової сітки, у якому визначена точка стояння антени РТЗ ($X = 6022$, $Y = 2388$).

Для визначення повних координат точки стояння антени РТЗ на карті вимірюються відстані Δx і Δy від точки стояння антени РТЗ до найближчих знизу (X) і ліворуч (Y) ліній кілометрової сітки. Значення Δx і Δy в метрах приписуються до раніше отриманих X і Y :

$$X = 6022350; Y = 2388500.$$

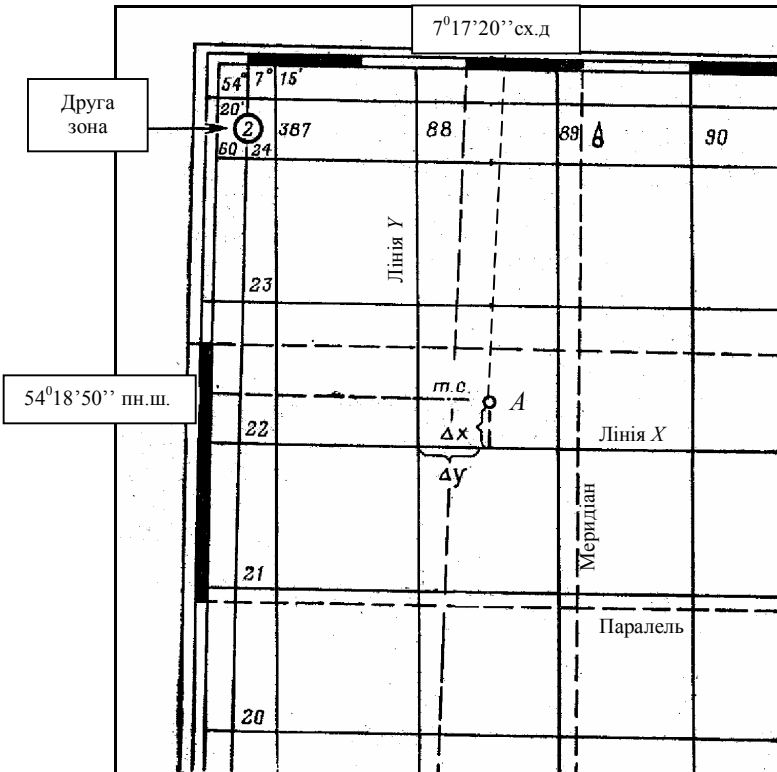


Рис. 5.34. Порядок визначення по карті прямокутних і географічних координат точки стояння антени РТЗ

Визначення географічних координат точки стояння антени РТЗ за картою виконується за відомими широтою і довготою найближчих до даної точ-

ки паралелі і меридіана. Для цього на картах масштабів 1:25 000 - 1:200 000 проводять на південь від точки паралель та на захід - меридіан і сполучають однойменні секундні (мінутні) за сторонами рамки аркуша карти (рис.5.35). Потім від проведених ліній визначають величину відрізків ($A_{m.c.b_1}$ і $A_{m.c.l_1}$) на сторонах рамки. На рис.5.35 географічні координати точки стояння антени РТЗ дорівнюють:

$$B = 54^{\circ}18'50'' \text{ пн. ш.}, \quad L = 7^{\circ}17'20'' \text{ сх. д.}$$

5.7.2. Визначення істинних азимутів орієнтирних напрямів

Визначення істинних азимутів орієнтирних напрямів може здійснюватися декількома способами, основні серед них такі:

- за допомогою дирекційного кута;
- від пунктів геодезичної мережі;
- від орієнтирних точок.

Визначення істинного азимута орієнтира за допомогою дирекційного кута. Для орієнтування антени системи РТЗ необхідно визначити істинний азимут A_i від орієнтирної точки на орієнтир.

Істинний азимут визначають у такій послідовності:

- вибрати і закріпити на місцевості кілочками дві-три орієнтирні точки (ОТ);
- здійснити топоприв'язку орієнтирних точок;
- визначити дирекційний кут (α) з орієнтирної точки на орієнтир, що знаходиться на відстані 3-4 км від РТЗ;
- визначити кут зближення меридіанів (γ);
- обчислити істинний азимут на орієнтир за формулою

$$A_i = \alpha + (\pm\gamma). \quad (5.25)$$

Дирекційний кут α визначається за картою або геодезичним способом.

Визначення дирекційного кута за картою. За картою за допомогою хордокутоміра і циркуля визначається дирекційний кут. Для цього через головну точку умовного знака ОТ й орієнтира проводять на карті тонку пряму лінію довжиною не менше 15 см (рис.5.35). З точки перетину цієї лінії з вертикальною лінією сітки карти циркулем роблять засічки на лініях, що утворюють гострий кут, радіусом, який дорівнює відстані на хордокутомірі від 0 до 10 великих поділок.

Потім вимірюють хорду - відстань між відмітками відкладеного радіуса. Для цього ліву голку циркуля-вимірника, розхил якого дорівнює хорді, пересувають по крайній лівій вертикальній лінії шкали хордокутоміра доти, поки права голка не збіжиться з яким-небудь перетином похилої і горизонтальної ліній. При цьому праву голку необхідно пересувати чітко на одному рівні з лівою (паралельно). У такому положенні циркуля роблять відлік проти його

правої голки. Якщо дирекційний кут менше $15^{\circ}00'$ (90°), по верхній шкалі відраховують великі і десятки малих поділок, а по лівій шкалі з ціною поділок $0-01$ уточнюють величину кута. На рис.5.35 хорді AB відповідає кут $5-48$. Якщо дирекційний кут більше $15^{\circ}00'$, то відлік великих і десятків малих поділок беруть по нижній шкалі, а уточнюючий відлік — по правій шкалі. Дирекційний кут з OT на орієнтир (вежа) дорівнює $26-85$. Середня помилка виміру дирекційного кута хордокутоміром становить $0-01 - 0-02$.

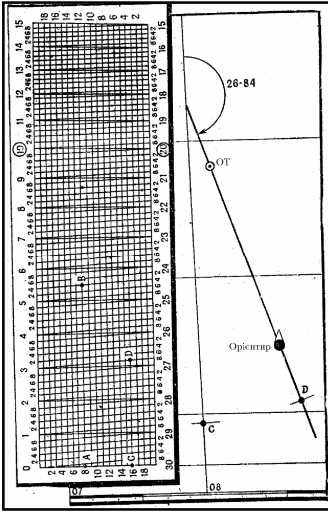


Рис.5.35. Визначення дирекційного кута за допомогою хордокутоміра (кут більше $15^{\circ}00'$)

Визначення дирекційного кута геодезичним способом. Геодезичний спосіб визначення дирекційного кута застосовується, як правило, у тому випадку, коли орієнтир візуально не спостерігається з точки проведення вимірювань на місцевості. Сутність способу полягає у розв'язанні зворотної геодезичної задачі (на підставі координат двох точок визначення дирекційного кута та відстані між ними).

Визначення істинного азимута від пунктів геодезичної мережі. З каталогу координат (витягу з каталога координат) виписуються координати потрібних точок та істинні азимуты між ними. Усі ці точки по координатах наносять на карту великого масштабу і приймається рішення про їх використання для орієнтування РТЗ.

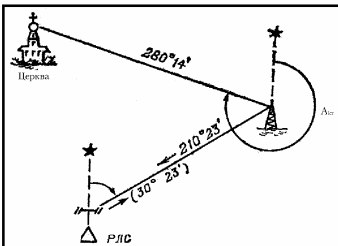


Рис.5.36. Передача істинного азимута полярним способом

Якщо з ближнього пункту геодезичної мережі *видна позиція* РТЗ, то визначення істинного азимута з цієї точки на антену станції відбувається полярним способом, тобто вимірюванням окремих кутів або прокладенням кутового орієнтирного ходу без вимірювання відстаней між точками ходу.

Якщо з точок геодезичної мережі *не видна позиція* РТЗ, то істинний азимут визначають способом орієнтирного теодолітного ходу, що прокладається від найближчого до позиції РТЗ геодезичного пункту (рис.5.37).

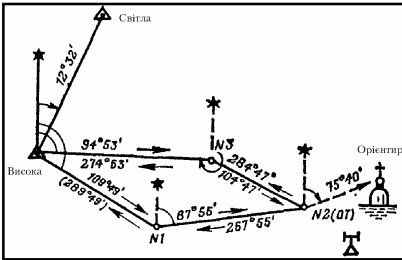


Рис.5.37. Передача істинного азимута орієнтирним ходом

Визначення істинного азимута від орієнтирних точок. У районі позиції

РТЗ вибираються дві-три орієнтирні точки (ОТ) і визначаються істинні азимути між ними. У разі наявності видимості на позицію з однієї з цих точок істинний азимут передається на антену РТЗ полярним способом.

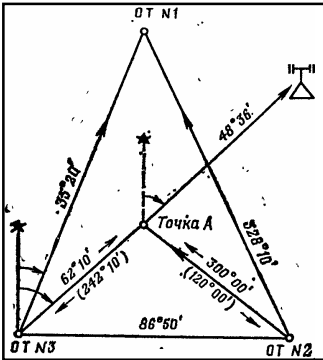


Рис.5.38. Передача істинного азимута від орієнтирних точок

5.7.3. Вибір і прив'язка опорних та орієнтирних точок

Для прив'язки елементів бойового порядку підрозділу й орієнтування РТЗ служать геодезична мережа, а також опорні й орієнтирні точки.

На позиції встановлюють, як правило, одну опорну точку і декілька (залежно від кількості РТЗ) орієнтирних точок.

Опорна точка (додаткова вихідна точка – ДВТ) вибирається так, щоб з неї мати гарний огляд всіх антен радіолокаційних станцій на даній позиції. З метою придатності до тривалого користування вона ретельно обладнується.

В середині площадки забивається залізна труба діаметром 5-6 см на гли-

бину 1 м з виступом вище землі 0,25 м (для установки віхи). Навколо труби обладнується цементна трикутна площадка зі сторонами 1 м і висотою 0,1-0,15 м. У кутах площадки робляться невеликі поглиблення під штатив теодоліта або триниогу бусолі. Опорна точка є основою визначення орієнтирних точок для кожної станції. З опорної точки повинні бути виміряні істинні азимути на два найбільш характерні та надійні орієнтири (геодезичні пункти, дзвіниці, високі труби, вежі, вишки тощо).

Опорна точка може збігатися з однією з орієнтирних точок.

Орієнтирні точки (репер) встановлюються залежно від виду РТЗ від 100 м і більше (вказується у формулярі на РТЗ). Орієнтирні точки, по можливості, обладнуються аналогічно опорній точці.

Визначення координат точок стояння та істинних азимутів опорної, орієнтирних точок, радіотехнічних засобів й інших елементів бойового порядку підрозділу здійснюється вищеописаними способами. Отримані дані заносяться в картку топогеодезичних даних.

Для кожного РТЗ з картки робляться необхідні виписки і по них здійснюється орієнтування антени.

Орієнтування РТЗ здійснюється відповідно до методик, викладених в інструкціях з експлуатації і посібниках з бойової роботи на кожен окремий зразок РТЗ.

Питання для самоконтролю

1. Сутність топогеодезичної підготовки позиції підрозділу РТЗ.
2. Сутність навігаційних та геодезичних задач.
3. Класифікація державної геодезичної мережі та її утворення.
4. Державна нівелірна мережа та її утворення.
5. Умови створення спеціальної геодезичної мережі.
6. Сутність роботи щодо вибору та оцінки позиції підрозділу РТЗ за картою.
7. Оцінка траси радіолінії за картою.
8. Визначення кутів закриття для РТЗ на місцевості.
9. Сутність оцінки рельєфу у районі позиції підрозділу РТЗ.
10. Сутність способів прив'язки елементів бойового порядку підрозділу РТЗ.
11. Способи та сутність визначення координат точок стояння елементів бойового порядку підрозділу РТЗ та істинних азимутів орієнтирних напрямів.
12. Сутність вибору та прив'язки опорних та орієнтирних точок у районі позиції підрозділу РТЗ.

Г л а в а 6

ТОПОГЕОДЕЗИЧНІ ДОКУМЕНТИ НА ПОЗИЦІЮ ПІДРОЗДІЛУ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Перелік та форма топогеодезичних документів на основну та запасну позицію підрозділу РТЗ визначаються Бойовим статутом або іншими регламентуючими документами. Найбільш поширеними є: карта району розташування позиції підрозділу, план позиції підрозділу, картка топогеодезичних даних на позицію підрозділу, карта кутів закриття на кожен радіотехнічний засіб, профіль місцевості у ближній зоні радіотехнічного засобу.

Карта району розташування позиції підрозділу (рис.6.1) – це, як правило, робоча карта командира підрозділу. Відповідно до прийнятих умовних позначень на карту наноситься: за прямокутними координатами - центр позиції підрозділу з точністю не більше, ніж 0,5 мм; ближня зона місцевості, яка впливає на формування діаграми направленості; сектори (рубежі) виконання бойових завдань та інша інформація, яка необхідна для командира підрозділу. Крім того, піднімаються вихідна точка прив'язки та природні місцеві предмети-орієнтири.

План позиції підрозділу (рис.6.2) креслять на окремому аркуші щільного паперу кольоровою тушшю (фломастерами). Одночасно з кресленням рельєфу на план наносяться під'їзні колії, будівлі, лінії зв'язку й електропередач, контури лісу, штучні узвишся і заглиблення, орієнтири і бойовий порядок підрозділу.

Картка топогеодезичних даних на позицію підрозділу (рис.6.3) оформляється, як правило, окремим документом. На документі вказується: назва документа; гриф таємності; система координат, у якій здійснена прив'язка бойового порядку; дата оформлення документа; звання, підпис та прізвище особи, яка провела (очолювала) вимірювання та розрахунки; таблиця даних для прив'язки та орієнтування РТЗ; ситуаційний план прив'язки.

На ситуаційному плані (немасштабний) відображається: вихідна точка, відносно якої здійснювалася прив'язка бойового порядку та орієнтирні пункти з неї, точки розташування елементів бойового порядку, що прив'язуються; природні або штучні орієнтирні точки для орієнтування радіотехнічних засобів підрозділу; вектори напрямків. Кожний вектор напрямку підписується: зверху (праворуч) – істинний азимут напрямку у прийнятій системі відліку, знизу (ліворуч) – відстань у метрах.

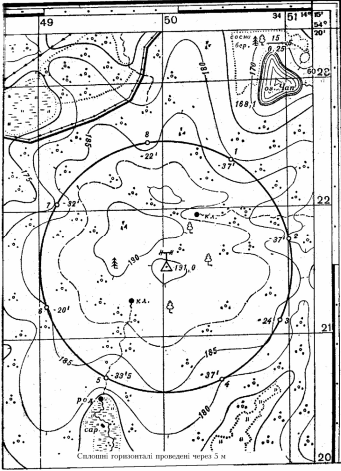


Рис. 6.1. Карта району розташування позиції підрозділу (фрагмент робочої карти командира підрозділу)

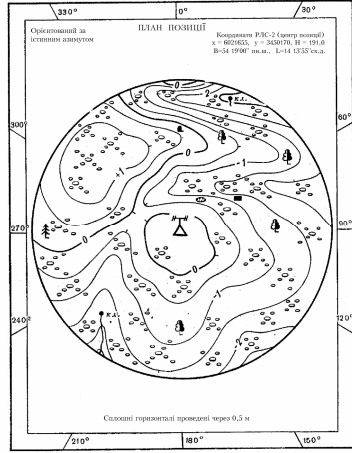
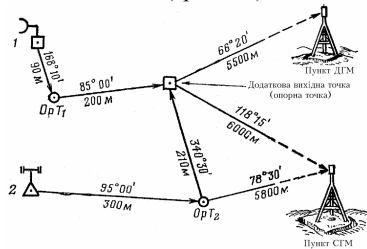


Рис. 6.2. План позиції підрозділу

Гриф таємності

Система координат 1942 р.

Картка топогеодезичних даних на позицію (підрозділу) військової частини (приклад)



Координати і висоти точок

Найменування точок	Координати		Н, м	A _з , град	На яку точку
	x	y			
Додаткова вихідна точка ДВТ (ОТ)	6021834	3450412	188	66°20'	Пункт ДГМ 182,6
РЛС-1	6021834	3450412	188	118°15'	Пункт СГМ 185
РЛС-2 (Центр позиції)	6021895	3450195	190	168°10'	Орієнтирна точка 1
	6021655	3450170	191	95°00'	OpT ₂

» »

20 р.

Роботу виконав (звання, підпис, прізвище)

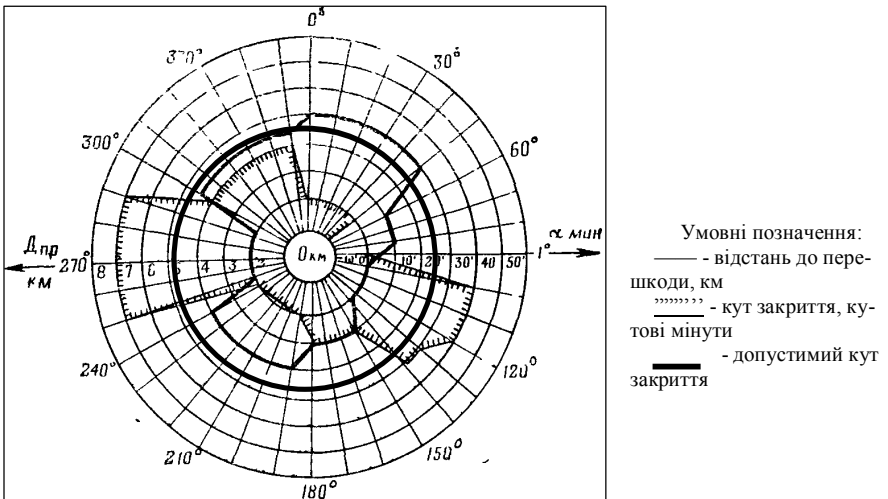
Рис. 6.3. Картка топогеодезичних даних на позицію підрозділу

Карта кутів закриття (рис.6.4) виконується, як правило, у двох частинах: таблиці кутів закриття відносно електричного центра антени РТЗ та графічного зображення кутів закриття (у двоосовій або концентричній системі координат графіка). На графіку для полегшення аналізу може бути нанесено допустимий кут закриття для конкретного РТЗ.

Таблиця кутів закриття РЛС 2

Азимут, град	Кут закриття	Відстань до перешкоди, км	Характер перешкоди	Азимут, град	Кут закриття	Відстань до перешкоди, км	Характер перешкоди
0	30'	2	Ліс	180	10'	3	Пагорбок
10	30'	2	Ліс	190	20'	2	Ліс
20	30'	2	Ліс	200	20'	2	Ліс
...
80	10'	1	Будівля	260	0°	7	...
90	0°	6		270	0°	7	
100	0°	6		280	0°	7	
...
160	10'	3	Пагорбок	340	25'	4	Пагорбок
170	10'	3	Пагорбок	350	25'	4	Пагорбок

Примітка. На азимуті 135° - вишка ретранслятора. Кут закриття 1°, відстань - 1,2 км.



,, ,,

200 р.

Роботу виконав (звання, підпис, прізвище)

Рис.6.4. Карта кутів закриття

У напрямках, де кути закриття перевищують допустиме значення, розв'язується задача визначення мінімальної необхідної висоти антени для задоволення вимог відносно допустимого кута закриття. Розрахунки здійснюються за формулою

$$h_{\text{ант.необ}} = h_n + d_{\text{пер}} (\operatorname{tg} \alpha_{\text{закр}}^n - \operatorname{tg} \alpha_{\text{доп}}), \quad (6.1)$$

де h_n – висота приладу під час вимірювання кутів закриття, м;

$\alpha_{\text{закр}}^n$ – кут закриття, виміряний з висоти приладу;

$\alpha_{\text{доп}}$ – допустимий кут закриття.

$d_{\text{пер}}$ – відстань до перешкоди, м.

Для уникнення негативного впливу кутів закриття повинна виконуватися умова $h_{\text{ант}} \geq h_{\text{ант.необ}}$.

Профіль місцевості у ближній зоні (рис.6.5) будується, як правило, через 30° (при необхідності й менше) по азимутах, на складній місцевості - додатково по характерних азимутах.

Профіль місцевості під азимутом $A_i = 30^\circ$

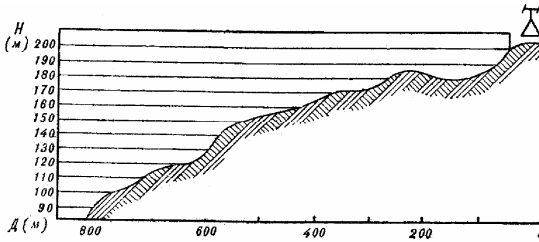


Рис.6.5. Профіль місцевості у ближній зоні (профіль місцевості під азимутом $A_i = 30^\circ$)

Питання для самоконтролю

1. Зміст карти району розташування позиції підрозділу РТЗ.
2. Зміст плану позиції підрозділу РТЗ.
3. Зміст картки топогеодезичних даних на позиції підрозділу РТЗ.
4. Правила підпису векторів напрямків на ситуаційному плані прив'язки.
5. Зміст картки кутів закриття для конкретного РТЗ підрозділу РТЗ.
6. Зміст графіків профілів місцевості у ближній зоні підрозділу РТЗ.

ВИСНОВОК

Заходи топогеодезичної підготовки району позиції підрозділу РТЗ здійснюються з метою забезпечення виконання бойового завдання, реалізації можливостей системи управління та потенційних бойових можливостей систем озброєння підрозділів радіотехнічних засобів.

Топогеодезична прив'язка бойового порядку маневрених підрозділів РТЗ здійснюється, як правило, силами та засобами самих підрозділів на створеній геодезичній основі.

Вихідна геодезична основа на території держави створюється Департаментом геодезії, картографії і кадастру України і підрозділами Військового топографічного управління ЗСУ завчасно, а також під час підготовки і в ході бойових дій силами підрозділів ВТУ ЗСУ. Вихідною геодезичною основою підрозділи РТЗ забезпечуються у вигляді каталогів (списків) координат геодезичних пунктів, карток або спеціальних карт.

Обслуги підрозділів радіотехнічних засобів повинні знати й володіти прийомами роботи з приладами вимірювання відстаней та кутів за топографічною картою та на місцевості, проводити відповідні розрахунки, аналізувати отриману інформацію в напрямку відповідності місцевості вибраного району до визначених вимог, виконувати технічні заходи щодо прив'язки та орієнтування РТЗ свого підрозділу, відпрацьовувати відповідні топогеодезичні документи на позицію.

Своєчасне та якісне виконання заходів топогеодезичної підготовки позиційного району підрозділу РТЗ сприяє виконанню бойового завдання, реалізації потенційних бойових можливостей систем озброєння підрозділів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Багмет А.П., Герасимов С.Г., Єрмаков В.О., Сергєєв В.К. Військова топографія. Частина 1. – Житомир: ЖВІРЕ, 2000.
- Бызов Б.Е., Коваленко А.Н. Военная топография. Для курсантов учебных подразделений. – М.: Воениздат, 1990.
- Військова топографія. – К., 1998.
- Военная топография. Топогеодезическое обеспечение подразделений и частей ЗРВ ПВО страны. – М.: Воениздат, 1979.
- Долуханов М.П. Распространение радиоволн. – М.: Связь, 1972.
- Лобкова Л.М. Распространение радиоволн над морской поверхностью. – М.: Радио и связь, 1991.
- Навигационная аппаратура “ТНА-3”: Инструкция по эксплуатации, 1985.
- Неупокоев Ф.К. Противовоздушный бой. – М.: Воениздат, 1989.
- Общая тактика. Военная топография. Топогеодезическое обеспечение боевых действий ЗРВ. – Ярославль: ЯВЗРКУ ПВО, 1987.
- Общая тактика. Раздел II. Военная топография: Методические рекомендации по топогеодезическому обеспечению подразделений РТВ. – К.: КВИР-ТУ, 1992.
- Полий А.И. Радиоэлектронная борьба. – М.: Воениздат, 1989.
- Постанова Кабінету Міністрів України 1998 р. № 844 “Про затвердження основних положень створення Державної геодезичної мережі України”.
- Практикум по высшей геодезии. Вычислительные работы. – М. : Недра, 1982
- Псарев А.А., Коваленко А.Н. Топографическая подготовка командира. – М.: Воениздат, 1989.
- Руководство по астрономо-геодезическим работам при топогеодезическом обеспечении войск. Часть 1. Геодезические работы. – М.: РИО ВТС, 1980.
- Справочник офицера противовоздушной обороны / Под ред. Г.В. Зимина. – М.: Воениздат, 1981.
- Теоретические основы радиолокации / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М. : Советское радио, 1970.
- Тищенко М.Г. Проектирование радиорелейных линий. – М. : Связь, 1976.
- Топографо-геодезична та картографічна діяльність : Законодавчі та нормативні акти: У 2-х частинах. — Ч. 2. Світова геодезична система координат WGS-84. Основні положення. Зв’язок з іншими геодезичними системами. Затверджено наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 2001 р. № 467. — Вінниця : Антекс, 2002.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

НДХ – наддовгі хвилі
 ДХ – довгі хвилі
 СХ – середні хвилі
 КХ – короткі хвилі
 УКХ – ультракороткі хвилі
 ЕМК – електромагнітні коливання
 К – абсолютна температура за Кельвіном
 РТЗ – радіотехнічні засоби
 ЕВП – ефективна відбивна поверхня
 B – геодезична широта
 L – геодезична довгота
 WGS-84 – світова геодезична система координат
 ПАБ-2А – перископічна артилерійська бусоль
 КТД – квантовий топографічний далекомір
 ДГМ – державна геодезична мережа
 СГМ – спеціальна геодезична мережа

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

Азимут істинний (A_i) – кут між північним напрямком істинного меридіана і напрямком на об'єкт.

Азимут магнітний (A_m) – кут між північним напрямком магнітного меридіана і напрямком на об'єкт.

Висота антени – висота від фізичної поверхні землі до електричного центра антенної системи радіотехнічного засобу.

Висота геодезична – висота точки на фізичній поверхні Землі над поверхнею земного еліпсоїда.

Висота нормальна – висота точки на фізичній поверхні Землі над поверхнею квазігеоїда. Ця висота позначається на топографічних картах.

Висота ортометрична – висота точки на фізичній поверхні Землі над поверхнею геоїда.

Геодезична мережа – система геодезичних пунктів на земній поверхні, взаємне розташування яких визначено у єдиній системі координат.

Геоїд – фігура поверхні Землі, що обмежена рівневою поверхнею, яка продовжується під континентами.

Державна геодезична мережа – планова та висотна основа для

розв'язання різноманітних задач, які потребують точних вимірів на місцевості.

Дирекційний кут (α) – кут між північним напрямком вертикальної лінії кілометрової сітки і напрямком на об'єкт.

Закладення схилу – відстань на карті між двома сусідніми горизонталями.

Зближення меридіанів (γ) – кут між північним напрямком істинного меридіана даної точки і вертикальною лінією кілометрової сітки, може бути східним (додатним) або західним (від'ємним).

Земний еліпсоїд (сфероїд) – еліпсоїд обертання, що найкращим чином відповідає фігурі Землі.

Квазігеоїд (майже геоїд) – допоміжна фігура поверхні Землі для визначення висот.

Контурна точка – місцевий предмет (точка), координати якого визначені за великомасштабною картою, а дирекційні кути (азимуги) – інструментально.

Кут візування – кут за баштовим кутоміром (візиром) між поздовжньою віссю машини та напрямком на об'єкт.

Кут закриття – вертикальний кут, що утворюється горизонтом електричного центра антени РТЗ і напрямком на гребінь перешкоди (предмет, що екранує).

Магнітне схилення (δ) – кут між істинним і магнітним меридіанами, може бути східним (додатним) або західним (від'ємним).

Поділка кутоміра (п.к.) – центральний кут кола, стягнутий дугою, що дорівнює $1/6000$ довжини кола.

Поправка напрямку (ПН) – кут між північним напрямком вертикальної лінії кілометрової сітки в даній точці і магнітним меридіаном.

Референц-еліпсоїд – земний еліпсоїд, до якого приводяться результати геодезичних вимірювань на земній поверхні в державі.

Рівнева поверхня – уявна поверхня Світового океану.

Спеціальна геодезична мережа – мережа, яка утворюється на основі державної геодезичної мережі для забезпечення військ у районах, де не достатня щільність ДГМ.

З М І С Т

Вступ	4
Глава 1. Загальні основи топогеодезичного забезпечення військ	5
1.1. Створення, періодичне оновлення і доведення до військ топографічних карт	5
1.2. Забезпечення військ астрономо-геодезичними та гравіметричними даними	8
1.3. Здійснення топогеодезичної прив'язки	11
1.4. Забезпечення штабів та військ спеціальними картами та фотодокументами	11
1.5. Проведення топографічної розвідки	14
Глава 2. Особливості розповсюдження електромагнітних коливань	15
2.1. Класифікація електромагнітних коливань	15
2.2. Характеристика середовища розповсюдження електромагнітних коливань	16
2.3. Вплив середовища на розповсюдження електромагнітних коливань	18
Глава 3. Основи вибору позиції радіотехнічних засобів	30
3.1. Місцевість та показники оцінки реалізації можливостей радіотехнічних засобів	30
3.2. Вимоги до позиції радіотехнічних засобів	34
Глава 4. Основи використання топогеодезичних приладів та інструментів	38
4.1. Координатні системи	38
4.1.1. Математичний опис фігури поверхні Землі	38
4.1.2. Система географічних координат	39
4.1.3. Світова геодезична система координат	42
4.1.4. Система плоских прямокутних координат	43
4.1.5. Система полярних координат	45
4.1.6. Система висот	46
4.1.7. Перехід від однієї системи координат до іншої системи координат	48
4.2. Прилади та інструменти	49
4.2.1. Мірні стрічки	49
4.2.2. Далекомірні рейки	52
4.2.3. Перископічна артилерійська бусоль	56
4.2.4. Теодоліт	64
4.2.5. Квантові топографічні далекоміри	70
4.2.6. Топоприв'язник	85
4.2.7. Прилади споживачів супутникових радіонавігаційних систем ГЛОНАСС/GPS	96

Глава 5. Топогеодезична підготовка позиції радіотехнічних засобів ..	120
5.1. Сутність топогеодезичної підготовки позиції радіотехнічних засобів	120
5.2. Навігаційні та геодезичні задачі	120
5.3. Утворення геодезичної мережі	125
5.4. Вибір та оцінка району позиції за картою	132
5.4.1. Вибір позиції за картою	132
5.4.2. Вибір траси радіолінії за картою	137
5.5. Рекогносцировка позиції підрозділу радіотехнічних засобів	141
5.6. Топогеодезична підготовка позиції на місцевості	142
5.6.1. Вимір кутів закриття позиції радіолокаційних засобів	143
5.6.2. Топографічна зйомка місцевості	146
5.6.3. Побудова профілів місцевості	150
5.6.4. Визначення кутів нахилу місцевості	152
5.6.5. Визначення нерівностей поверхні землі	153
5.7. Топогеодезична прив'язка бойового порядку підрозділу радіотехнічних засобів	153
5.7.1. Визначення координат точок стояння елементів бойового порядку	154
5.7.2. Визначення істинних азимутів орієнтирних напрямів	158
5.7.3. Вибір і прив'язка опорних та орієнтирних точок	160
Глава 6. Топогеодезичні документи на позицію підрозділу радіотехнічних засобів	162
Висновок	166
Список літератури	167
Список умовних скорочень	168
Словник термінів	168

**Багмет Анатолій Петрович
Бучик Степан Степанович
Охріменко Олег Миколайович та ін.**

ВІЙСЬКОВА ТОПОГРАФІЯ
Основи топогеодезичної підготовки
позиції підрозділу радіотехнічних
засобів

Навчальний посібник
Літературний редактор А.В. Ретивих

Підписано до друку 22.11.05. Формат 60x84/16.
Ум. друк. арк. 10,0. Обл.-вид. арк. 12,07. Зам. 594 офс.

Друкарня ЖВІРЕ