

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ
СЛУЖБИ УКРАЇНИ ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО**

КАФЕДРА ІНЖЕНЕРНОГО ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ОХОРОНИ КОРДОНУ

ЧАСТИНА І ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Затверджено ректором академії як навчальний посібник

Електронне навчальне видання



УДК 681.75(37):621.383(4):

T38

Рекомендовано до видання вченою радою
Національної академії Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького (протокол № 9 від 28.12.2022)

Авторський колектив:

В. А. Собченко, кандидат технічних наук;
А. Б. Добровольський, кандидат технічних наук, доцент;
М. І. Лисий, доктор технічних наук, доцент;
В. В. Купельський, доктор філософії;
А. Л. Башинський, кандидат технічних наук

Рецензенти:

В. А. Сівак, доктор технічних наук, професор;
О. Б. Фаріон, доктор військових наук, доцент;
О. М. Синюк, доктор технічних наук, професор;
А. З. Сорока, кандидат юридичних наук, доцент

Технічні засоби охорони кордону. Частина І. Технічні засоби спостереження : навчальний посібник. Електр. навч. вид. / В. А. Собченко та ін. Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2024. 218 с.

У навчальному посібнику розглянуто загальну характеристику технічних засобів охорони кордону, якими посилюється служба прикордонних нарядів. Висвітлено призначення, характеристики, склад комплекту, загальну будову, порядок підготовки до роботи зорових труб і біноклів, приладів нічного бачення, переносних тепловізорів, радіолокаційних станцій.

Призначений для здобувачів вищої освіти Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, особового складу Державної прикордонної служби України, інших закладів, що використовують у своїй діяльності технічні засоби спостереження. Може також використовуватись на курсах з підготовки та підвищення кваліфікації спеціалістів відповідного профілю.

УДК 681.75(37):621.383(4):

© Видавництво НАДПСУ, 2024

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АКБ	– акумуляторна батарея
АРМ	– автоматизоване робоче місце
АСТ	– артилерійська стереотруба
БМТ	– бінокулярна морська труба
БпЛА	– безпілотний літальний апарат
ДПСУ	– Державна прикордонна служба України
ЕОП	– електронний оптичний перетворювач
ІЧ	– інфрачервоний
ЗІП	– запасні частини, інструменти та приладдя
ЛПС	– лінія інженерних прикордонних споруд
ОЕПС	– оптико-електронний прилад спостереження
ОЕПНБ	– оптико-електронний прилад нічного бачення
ПТС	– пост технічного спостереження
РЛЗ	– радіолокаційні засоби
РЛС	– радіолокаційна станція
ТЗОК	– технічні засоби охорони кордону
ТПБ	– труба прикордонна бінокулярна

ВСТУП

Одним із головних напрямів забезпечення необхідної ефективності інтегрованого управління кордонами є своєчасне отримання інформації про стан і перспективи розвитку загроз національній безпеці держави у прикордонній сфері. Первинними джерелами інформації про правопорушення на державному кордоні є технічні засоби охорони кордону, зокрема, радіолокаційні станції, оптичні прилади, прилади нічного бачення, тепловізори. Усі ці засоби є найбільш поширеними засобами у ДПСУ і належать до технічних засобів спостереження.

Саме такі засоби забезпечують прикордонним нарядам належні умови для своєчасного виявлення правопорушників. Крім того, технічні засоби спостереження в бойових умовах забезпечують ведення розвідки в темний та в денний час доби за умов обмеженої видимості.

Розпорядженнями КМУ від 24 липня 2019 р. № 687-р із змінами і доповненнями від 24 лютого 2021 року № 145-р схвалено Стратегію інтегрованого управління кордонами на період до 2025 р., відповідно до якої здійснюється переоснащення підрозділів охорони новими засобами, у тому числі і технічними засобами охорони кордону. Це потребувало узагальнення даних, особливо про найбільший парк нових засобів – технічних засобів спостереження – і подання їх опису у структурованому вигляді відповідно до тематики навчальних занять.

Навчальний посібник призначений допомогти курсантам отримати і закріпити знання з дисциплін “Основи побудови технічних засобів охорони кордону”, “Інженерне забезпечення охорони кордону”, “Технічні засоби охорони кордону” на заняттях і під час виконання самостійної та індивідуальної роботи. У навчальному посібнику розглянуто як чинні, так і нові засоби спостереження. Для зручності сприйняття матеріал подано у вигляді порівняльних таблиць характеристик засобів, досить детально розглянуто порядок підготовки до роботи, що сприятиме якісному проведенню практичних занять.

Видання має таку структуру: перелік умовних скорочень, вступ, чотири розділи, рекомендовану літературу.

У першому розділі розкривається загальна характеристика технічних засобів охорони кордону та об'єктів спостереження.

У другому, третьому і четвертому розділах подано історію створення, основні типи, принцип роботи та особливості будови, характеристики, підготовку до роботи біноклів і зорових труб, оптико-електронних приладів спостереження, радіолокаційних засобів відповідно.

Ефективне застосування ТЗОК неможливе без знання їх призначення, можливостей, будови, а також порядку підготовки до роботи. Зазначене обумовлює актуальність вивчення існуючих та новітніх ТЗОК, що забезпечить не лише їх уміле використання, але й самостійне опанування нових зразків.

Розділ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОХОРОНИ КОРДОНУ ТА ОБ'ЄКТІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

1.1. Загальна характеристика технічних засобів охорони кордону

Технічні засоби охорони кордону – це вид техніки, призначений для посилення служби прикордонних нарядів з метою підвищення ефективності виявлення, розпізнавання, супроводження порушників кордону. Зв'язок цих функцій стосовно рухомих об'єктів показано на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Зв'язок функціональних можливостей ТЗОК за послідовністю їх реалізації в охороні кордону

Виявлення – це виділення об'єкта на фоні місцевості і віднесення його до об'єктів, які становлять інтерес, наприклад, до рухомих об'єктів.

Розпізнавання – це віднесення виявленого, рухомого об'єкта до більш вузького класу об'єктів (людина, автомобіль, тварина).

Під час *супроводження* можуть здійснюватися вимірювання координат об'єктів. Загалом виявлення, розпізнавання, супроводження є складовими процесу спостереження за об'єктами.

Також ТЗОК використовуються для спостереження за місцевістю, інфраструктурою, явищами. Здебільшого за допомогою ТЗОК спочатку отримується візуальна чи сигналізаційна інформація про те, що виявлено рух об'єкта в зоні охорони. Це можуть бути тварини, гілки дерев, опади, тобто різні завади, порушник піший або той, що пересувається на транспортному засобі, або ж контрабанда, яка переміщується

ся автономно (БпЛА, трубопроводи). Після виявлення найефективніші ТЗОК автономно розпізнають у рухомому об'єкті порушника та визначають його координати, але здебільшого це робить оператор (наряд). Надалі приймається рішення щодо спостереження за переміщенням порушника, тобто його супроводження, що характеризується стеженням за параметрами руху та змінами координат об'єкта.

У бойових умовах такі засоби можуть використовуватись для розвідки дій ворога, охорони позицій і бойової техніки.

Щоб виявляти, розпізнавати та супроводжувати об'єкти, використовуються повні типи технічних засобів охорони кордону (рис. 1.2).

Досить поширеними в охороні кордону серед ТЗОК є технічні засоби спостереження, до яких належать: оптичні, оптико-електронні та радіолокаційні засоби. Оптичні засоби, що використовуються в охороні кордону, це по суті оптико-механічні прилади, якими є зорові труби та біноклі. В оптико-електронних засобах оптичне зображення перетворюється електронною схемою і відображається на екрані прилада, функціонують такі засоби на різних фізичних принципах і забезпечують спостереження у будь-який час доби. Так, цифрові біноклі та відеокамери забезпечують ведення спостереження тільки у світлий час доби, прилади нічного бачення забезпечують спостереження у темний час доби, а тепловізори можуть використовуватись у будь-який час доби.

На значній відстані (десятки кілометрів) технічні засоби спостереження не дають можливості виявити об'єкти, оскільки завадою в цьому є атмосферний вплив (дощ, туман, сніг, пил та інше). Тому для спостереження на десятки кілометрів і більше, як правило, використовуються РЛС. Саме РЛС є основними ТЗОК та "очима" ПТС на морських ділянках. Також з урахуванням умов обстановки та доцільності можливе використання переносних або мобільних радіолокаційних станцій на сухопутних ділянках.

Для спостереження вночі неозброєним оком (огляд прилеглої території, об'єктів) або за допомогою оптичних засобів використовують світлотехнічні засоби. Такі засоби не тільки забезпечують умови ведення спостереження, а й певною мірою здійснюють психологічний вплив на порушника. До таких засобів належать носимі ліхтарі (світлотехнічні засоби індивідуального використання), прожекторні станції та різноманітні прожектори.

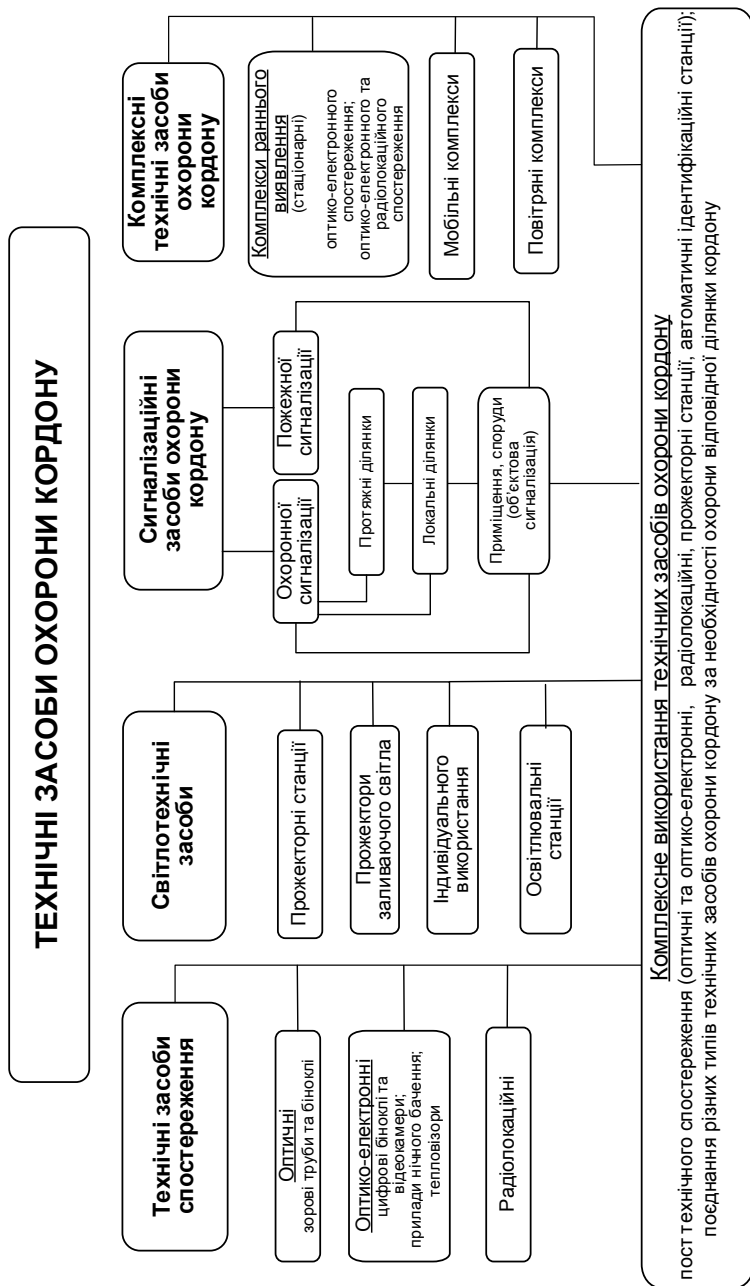


Рис. 1.2. Різні типи технічних засобів охорони кордону

У підрозділах охорони кордону використовують сигналізаційні засоби охорони кордону та сигналізаційні засоби охорони режимних приміщень. Головною особливістю таких засобів є те, що вони дозволяють автоматично, без участі оператора, виявити факт правопорушення, незаконного переміщення через кордон, несанкціонованого проникнення на об'єкт охорони і виробити сигнал тривоги. У структурі таких засобів зазвичай застосовують різноманітні чутливі елементи, що забезпечують охорону як лінійного об'єкта, наприклад, кордону, так і площ або зон.

Комплексні технічні засоби охорони кордону, як правило, включають декілька типів сенсорів, засобів, які функціонують на різних фізичних принципах, але об'єднані в одному ТЗОК. Прикладом таких комплексних ТЗОК є: стаціонарні комплекси раннього виявлення (системи оптико-електронного спостереження, оптико-електронного та радіолокаційного спостереження); мобільні комплекси; повітряні комплекси.

Комплекси оптико-електронного спостереження можуть містити декілька складових: відеокамеру для денного спостереження, вона ж може мати функціональну здатність забезпечувати спостереження і вночі за допомогою вбудованого модуля інфрачервоного підсвічування; тепловізійну камеру; лазерний далекомір; відеореєстратор; обладнання для передавання даних.

Комплекси оптико-електронного та радіолокаційного спостереження, окрім вищезазначених складових, містять ще радіолокаційну станцію.

Прикладом мобільних комплексів є ТЗОК на основі тепловізійних засобів, засобів відеоспостереження таких фірм, як "Elbit" (Ізраїль), "Carl Zeiss" (Німеччина), "Банкомзв'язок" (Україна).

Під повітряним комплексом розуміється набір таких складових, як відеокамера денного бачення, тепловізійна камера, засоби передавання даних та управління, лазерний далекомір (цілевказівник), РЛС, а носієм цих засобів використовують БПЛА літакового або коптерного типу.

Комплексне використання ТЗОК передбачає застосування різних ТЗОК на постах технічного спостереження, в основному на морській ділянці, де застосовуються оптичні та оптико-електронні засоби спостереження, радіолокаційні станції, прожекторна станція. Оптичні та опти-

ко-електронні засоби спостереження використовують з урахуванням конкретної обстановки і завдань спостереження: розпізнання цілей за даними РЛС, огляд берегової ділянки та акваторії. Прожекторна станція використовується для освітлення цілей за даними РЛС для їхнього розпізнавання, контрольного освітлення (за графіком або безперервно) заданих ділянок (секторів), контрольного освітлення всієї ділянки.

Варіантів поєднання різних типів ТЗОК на ділянці кордону може бути декілька. Наприклад, використання сигналізаційного засобу, який є основним ТЗОК та використовується постійно, і повітряного комплексу. У разі спрацювання першого застосовується другий для виявлення причин спрацювання (порушника). Також можливе використання оптичного або оптико-електронного засобу спостереження, який є основним і забезпечує постійне спостереження за відповідною ділянкою, та сигналізаційного засобу охорони кордону, що використовується для прикриття “мертвих зон”. Можливі й інші поєднання ТЗОК.

Усі зазначені вище ТЗОК **можна класифікувати** за такими ознаками, як мобільність і складність конструкції.

За мобільністю ТЗОК можна уявно поділити на такі групи: носимі, переносні (возимі), стаціонарні, мобільні.

Носимі ТЗОК переносяться однією людиною, зазвичай можуть використовуватись “з рук” без допоміжних триног (штативів, стійок), хоча можуть використовуватись за необхідності і з ними. До носимих ТЗОК належать біноклі, прилади нічного бачення, переносні тепловізори, ліхтарі.

Переносні (возимі) засоби переміщуються здебільшого декількома людьми або за допомогою транспортного засобу та застосовуються з установкою на місцевості. Переносними ТЗОК є зорові труби, переносні РЛС, сигналізаційні прилади та системи охорони локальних ділянок.

Стаціонарні ТЗОК монтуються на місцевості, на позиціях спостереження, уздовж ЛПРС. До стаціонарних ТЗОК належать відеокамери та тепловізійні камери, що розміщуються на спеціальних вежах, стаціонарні РЛС, ПРС дальньої дії, прожектори заливаючого світла, сигналізаційні засоби охорони протяжних ділянок.

Під *мобільними* ТЗОК розуміють носій засобів спостереження та один або декілька самих засобів спостереження. Носіями засобів спостереження є автомобіль, корабель, літак, радіокеровані носії. Радіо-

керованими носіями можуть бути БпЛА, безпілотний катер, колісний (гусеничний) модуль.

За складністю конструкції ТЗОК можна уявно поділити на такі групи: датчики, прилади, системи та комплекси.

За складністю конструкції найпростішими є окремі датчики, здебільшого для сигналізаційних засобів, наприклад, проста кнопка на розмикання контактів є датчиком для системи охорони приміщення. До приладів належать біноклі, зорові труби, переносні тепловізори, а також сигналізаційні прилади.

Системи – це складні засоби, які здебільшого функціонують за одним або декількома фізичними принципами. Реалізація нової функціональної можливості забезпечується за рахунок поєднання декількох фізичних принципів. Наприклад, РЛС можна віднести до системи охорони на основі принципу випромінювання і відбиття електромагнітної енергії. Сигналізаційна система сейсмічного типу працює на принципі виявлення сейсмічних хвиль, коливань ґрунту від руху порушника. Сигналізаційні системи електроконтактного, вібраційного типу працюють на принципі виявлення механічного впливу порушника на д्रो-тяне загородження, здійснюючи спільну обробку інформації, що підвищує ймовірність виявлення порушника.

Комплекси, як правило, включають декілька систем або мають також декілька фізичних принципів функціонування. Однак загалом різниця між комплексом і системою досить “розпливчата”.

1.2. Загальна характеристика об’єктів спостереження

Спостереження являє собою систему спеціально організованих заходів, спрямованих на отримання та первинну обробку інформації про обстановку на ділянці відповідальності і доведення її до зацікавлених інстанцій з метою забезпечення охорони державного кордону України. Під інформацією про обстановку розуміється сукупність достовірних даних про об’єкти спостереження. Корисність інформації про обстановку визначається її значущістю для адекватної діяльності суб’єктів спостереження. Звідси впливає, що об’єктом спостереження є елемент обстановки, який виявлений під час пошуку та має потенційний інтерес щодо забезпечення охорони державного кордону України. Об’єктами спостереження є цілі, ділянки простору (місцевості, акваторії, повітря) та явища.

Об'єкти спостереження мають такі характерні риси:

властивості об'єктів відрізняються від властивостей навколишнього середовища (це створює можливість їхнього виявлення засобами спостереження);

інформація про тип об'єкта, його місце розташування і дії первинно має невизначений характер (звідси і виникає необхідність ведення спостереження).

Предмети, тобто різноманітні фізичні тіла, що підлягають виявленню, називаються цілями. З огляду на завдання ДПСУ та системи спостереження всі об'єкти спостереження класифікуються (рис. 1.3).

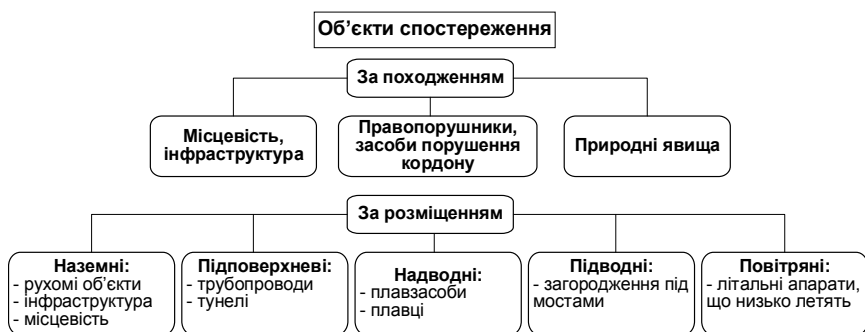


Рис. 1.3. Загальна класифікація об'єктів спостереження

За класифікаційними ознаками об'єкти спостереження поділяються:

за просторовим становищем – на наземні, повітряні, надводні, підводні та підповерхневі;

кількістю – одиночні і групові;

складом – однорідні (наприклад, група людей) і неоднорідні (наприклад, жива сила і танки противника);

розмірами – малорозмірні (надмалі і малі), середньорозмірні і великорозмірні (великі і надвеликі);

ступенем мобільності – нерухомі і рухомі об'єкти (які можуть бути малозшвидкісними і високошвидкісними);

належністю – свої і чужі (іноземні).

Цілі можуть характеризуватися як наявністю власного випромінювання (теплого, акустичного, світлового тощо), так і його відсутніс-

тю. Через це робота засобів спостереження засновується або на фіксації сигналу, відбитого об'єктом спостереження, або на прийомі його власного випромінювання. Різноманітні фізичні властивості об'єктів спостереження (розміри, наявність або відсутність власного випромінювання, структура й ін.) утворюють сукупність ознак, за якими стає можливим виявлення таких.

Крім інформації про цілі, в охороні кордону важливо мати дані і про різноманітні явища штучного або природного походження (електромагнітна обстановка, вибухи, гідрометеорологічні явища та інші процеси, що відбуваються на суші, у морі та повітрі).

Процес спостереження багато в чому залежить від властивостей об'єктів спостереження, а також від типу і параметрів технічних засобів спостереження та особливостей навколишнього середовища, що безумовно пов'язано зі спектром електромагнітного випромінювання, у якому працюють засоби і яке випромінюється або поглинається об'єктами спостереження (рис. 1.4).

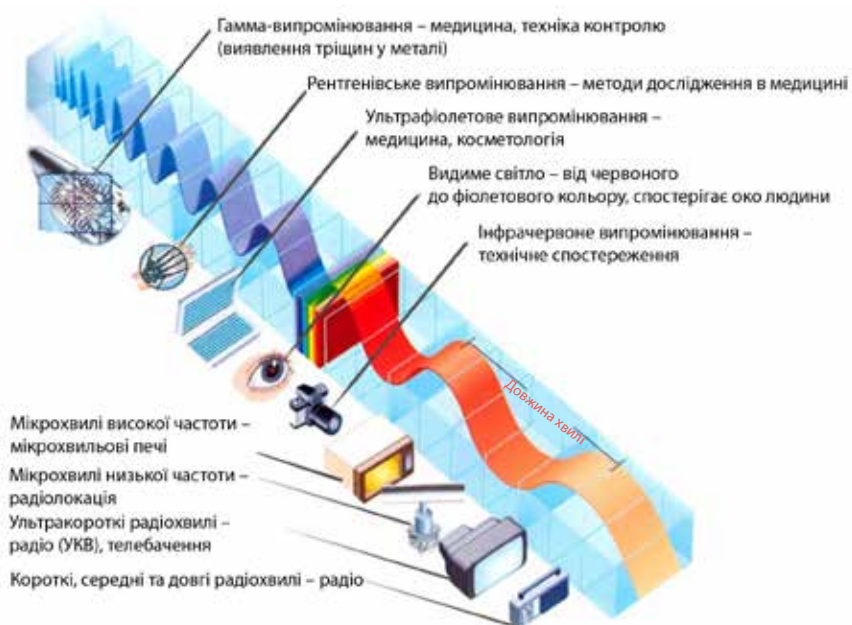


Рис. 1.4. Спектри електромагнітного випромінювання та приклади їхнього застосування у техніці

Усі ці питання є фізичною основою виявлення об'єктів спостереження. Їх знання дозволяє професійно підходити до вирішення завдань охорони державного кордону з використанням ТЗОК.

Властивості об'єктів спостереження (цілей) та особливості навколишнього середовища необхідно розглядати в комплексі з конкретними ТЗОК.

Значну частину ТЗОК, а саме технічні засоби спостереження (біноклі і зорові труби, цифрові біноклі та камери, прилади нічного бачення) використовують для виявлення об'єктів через відбите від них випромінювання видимого та ближнього ІЧ діапазонів спектра електромагнітних хвиль (рис. 1.4).

Око реагує на світло в діапазоні довжин хвиль від 0,36 до 0,75 мкм, володіючи максимальною чутливістю при довжині хвилі в 0,55 мкм. Об'єкти помітні в тому випадку, коли вони відбивають падаючі на них промені світла. Відповідно найважливішими характеристиками об'єктів спостереження з цього погляду є: відбиваюча здатність, коефіцієнт яскравості та контраст.

Відбиваюча здатність – це спроможність об'єкта відбивати падаючі на його поверхню промені світла, що характеризується коефіцієнтом яскравості (відбиття), який являє собою відношення величини відбитого поверхнею об'єкта світлового потоку до величини падаючого на нього світлового потоку. Значення деяких коефіцієнтів яскравості об'єкта і фону об'єктів, характерних для пошуку порушника, подано в табл. 1.1.

Контраст – розрізнення об'єкта спостереження на навколишньому фоні, яким може бути якась поверхня (вода, сніг, трава) або сукупність предметів (будинки, споруди). Контраст визначається як відношення різниці коефіцієнтів яскравості об'єкта і фону до однієї з цих яскравостей.

Якщо розглянутий візуальними засобами об'єкт відрізняється від фону тільки яскравістю, то говорять про наявність світлового контрасту (наприклад, людина на фоні снігу), коли ж об'єкт відрізняється від фону за колірним тоном, то його сприйняття обумовлене колірним контрастом (наприклад, червоний прапор на фоні будинку). Здебільшого об'єкти сприймаються спостерігачем унаслідок змішаного контрасту світлового і колірного.

Око реально розрізняє деталі (отже, одержує більше інформації), якщо контраст між цими деталями не нижче деякої величини – порога

розрізненості, що залежить від рівня освітленості. Чим вище освітленість, тим меншого значення набуває контраст між поверхнями (деталлями) та можливе їхнє роздільне сприйняття. Треба мати на увазі, що оптичне зображення є перекрученою копією об'єкта, має менший контраст і меншу кількість деталей. Якість оптичного зображення поліпшується з використанням високоякісної проясненої оптики і спеціальних світлофільтрів, що змінюють світловий або колірний контраст об'єкта.

Таблиця 1.1

Коефіцієнти яскравості для фону і цілі

№ з/п	Назва об'єкта	Пора року		
		літо	осінь	зима
Коефіцієнт яскравості для фону, V_{ϕ}				
1	Хвойний ліс	0,04	0,06	0,06
2	Листяний ліс	0,06	0,17	0,18
3	Кущі	0,07	0,20	0,18
4	Луг, випалений сонцем	0,14	0,17	—
5	Трав'яний покрив	0,09	0,11	—
6	Пашня	0,18	0,18	—
7	Ґрунтова дорога	0,24	0,24	—
8	Сніг	—	—	0,75
9	Торф	0,05	0,05	—
10	Чорнозем	0,04	0,04	—
Коефіцієнт яскравості цілі $V_{об}$				
11	Світло-сірий одяг	0,79	0,79	0,79
12	Темно-сірий одяг	0,21	0,21	0,21
13	Камуфльований одяг	0,05	0,05	0,05
14	Одяг коричневого кольору	0,19	0,19	0,19

Тому для вибору ТЗОК у вирішенні конкретних завдань важливо проаналізувати оптичні характеристики цілей.

Оптичні прилади проєктують за допомогою оптичних систем зображення об'єктів в око спостерігача, тому спостереження за допомогою зазначених приладів ведеться в денний час або ж уночі за наявності освітлення об'єктів спостереження (або їхнього власного світіння).

Теплові характеристики об'єктів спостереження

Для виявлення об'єктів за допомогою приладів бачення, що працюють в інфрачервоному діапазоні, і тепловізорів найбільше значення має така розвідувальна ознака, як тепловий контраст. Як відомо, за будь-якої температури, більшої абсолютного нуля, усі тіла випромінюють інфрачервоні промені, інтенсивність яких залежить від температури тіла. Найбільша частина енергії, що випромінюється, припадає на довжину хвилі від 0,70 до 2,5 мкм. Потужність цієї енергії є функцією температури, площі об'єкта і деяких інших його параметрів. Значення температури об'єкта залежить і від навколишнього середовища.

Теплове випромінювання характерне тим, що просторово розподіляється практично рівномірно і, отже, виявлення не залежить від ракурсу об'єкта, якщо не вживаються спеціальні заходи для екранізації або маскування. Крім того, завдяки більш короткій хвилі, порівняно з радіодіапазоном, можна одержати вищу роздільну здатність, велику спрямованість прийому сигналів. Проте інфрачервоне випромінювання погано, порівняно з радіодіапазоном, проходить через замутнену атмосферу, хоча значно краще, ніж видиме випромінювання. За тепловим випромінюванням об'єктів можливе їхнє виявлення в умовах оптичної невидимості (у лісі, чагарнику, у високій траві, за штучними масками тощо).

Так, хоча теплові характеристики об'єктів спостереження дуже різноманітні, проте можна вважати, що в деяких межах вони є достатньо стабільними. Головний параметр – тепловий контраст – практично завжди істотно перевищує поріг чутливості сучасних приладів теплового виявлення, що складає десяті, а іноді і соті долі градуса.

Радіолокаційні характеристики об'єктів спостереження

Головною характеристикою об'єктів спостереження є відбивна спроможність, що залежить від довжини хвилі РЛС, конфігурації, розмірів і матеріалів об'єкта, а також його ракурсу в сукупності. Усі ці фактори враховуються через спеціальну розрахункову величину – ефективну поверхню розсіювання (ЕПР) цілей. Ефективна поверхня розсіювання реальних об'єктів є випадковою величиною, тому на практиці використовують середню ефективну поверхню розсіювання цілей, одержувану розрахунковим або експериментальним шляхом для множини однотипних об'єктів (цілей).

У радіолокаційних засобах спостереження індикація цілей має дуже умовний характер – позначка на електронному променевому індикаторі має вид точки, рисочки, плями тощо. Величина і вид цієї позначки залежать від величини ЕПР цілі, отже, розпізнавання об'єктів провадиться за тією інформацією, що закладена в радіолокаційній позначці цілі. Це потребує достатньо однозначної відповідності між величиною ЕПР і класом (типом) цілі. Тільки на основі аналізу первинних ознак цілі – розміри і форми позначки її на екрані і побічних ознаках – району і дальності виявлення, характеру маневрування і швидкості цілі можна правильно ідентифікувати об'єкт і прийняти раціональне рішення про дії щодо такого об'єкта. Отже, у радіолокації, як ніде, важлива чітка класифікація об'єктів спостереження.

Один із варіантів класифікації надводних цілей для сантиметрового діапазону РЛС виявлення наведено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Класифікація надводних цілей

Клас цілей	Об'єкти, що входять до цього класу	Водо-заміщення цілі	ЕПР цілі, м ²	Середня дальність виявл., кбт
Надмалі цілі	Плавець, камера, надувний матрац, колоди, бочки, гумові і пластикові човни	До 1	До 1	10...30
Малі цілі	Моточовни, вельботи, малі катери, вітрильні яхти	1...10	1...10	20...60
Середні цілі	Шхуни, торпедні і ракетні катери, буксири, ПСКР, парусно-моторні яхти	10...100	10...100	50...120
Значні цілі	Тральщики, морські буксири, допоміжні судна, танковози, теплоходи	100...1 000	100...2 000	100...200
Великі цілі	Есмінці, кораблі, крейсери, штабні кораблі, лайнери	1 000...10 000	1 000...10 000	150...300
Надвеликі цілі	Авіаносці, вертолітоносці, кораблі-доки, плавбази, супертанкери	Більш 10 000	До 150 000	До 500

Ефективна поверхня розсіювання надводних цілей істотно залежить від ракурсу об'єкта, що позначається на дальності його виявлення. Для рухомих об'єктів в інших середовищах характеристики подано у табл. 1.3.

Таблиця 1.3

**Характеристики об'єктів спостереження (переважно рухомих)
на суходолі, у повітрі і під поверхнею землі**

Середовище	Тип рухомого об'єкта	Швидкість руху об'єкта, м/с	Ефективна поверхня розсіювання, м ²
Повітря (об'єкти на малій висоті)	Бойовий вертоліт	0÷200	3
	Спортивний літак	50÷100	3
	БпЛА тактичний	10÷100	0,3
	Дирижабль	10÷40	20
	Дельтаплан	10÷20	2
На поверхні землі	Колісна та гусенична техніка	0÷60	4
	Мотоцикл	0÷50	1,3
	Велосипед	0÷15 м	1
	Людина	0÷4	0,8
	Кінь	0 ÷ 15	1
Під поверхнею землі	Тунель	0 ÷ 5	-
	Трубопровід	-	-

Як і інші об'єкти спостереження, радіолокаційні цілі виявляються за наявності радіолокаційного контрасту, що визначається розходженням властивостей об'єкта, що відбивають, і фону поверхні землі або води. Зниження радіолокаційного контрасту є одним із завдань радіолокаційного маскування.

Питання для самоконтролю

1. Який зв'язок функціональних можливостей ТЗОК за послідовністю їх реалізації в охороні кордону?
2. Яка прийнята класифікація технічних засобів охорони кордону за призначенням?

3. Яка прийнята класифікація і яка головна особливість технічних засобів спостереження?
4. Яка прийнята класифікація і яка головна особливість сигналізаційних засобів охорони?
5. Яка прийнята класифікація і яка головна особливість світлотехнічних засобів?
6. Яка прийнята класифікація і яка головна особливість засобів нелітального впливу?
7. Яка прийнята класифікація ТЗОК за мобільністю і складністю конструкції?
8. Яка прийнята загальна класифікація об'єктів спостереження?
9. Поясніть оптичні характеристики об'єктів спостереження.
10. Поясніть радіолокаційні характеристики об'єктів спостереження.
11. Поясніть теплові характеристики об'єктів спостереження.
12. Яка класифікація надводних цілей?
13. Опишіть характеристики рухомих об'єктів спостереження на суходолі, у повітрі і під поверхнею землі.

Розділ 2

БІНОКЛІ І ЗОРОВІ ТРУБИ

Оптичні прилади спостереження вважаються найпростішими за будовою і використовуються для спостереження досить давно. Ці прилади мають низку переваг і тому залишаються актуальними і у наш час. Оптичні прилади спостереження досить широко використовують у Державній прикордонній службі України, зокрема використовують такі зразки біноклів: Б6х30, Б7х30, Б7х35, Б8х30, Б18х30, Б12х42, Б12х40, Б10х50, Б10х40, БС16х50 Yukon PRO, “Арсенал” 8х40, 10х50, 12х50, “Арсенал” 16х50, 10х50. Крім біноклів, які зазвичай є невеликими за розміром, також використовують більш габаритні оптичні прилади спостереження – біноклярні зорові труби. Такі прилади притаманні саме для військових цілей. Зокрема у ДПСУ використовують такі зразки біноклярних зорових труб: ТПБ-2, ТЗК, БМТ-110, БЗТ-452.

Проте світові виробники пропонують набагато більшу номенклатуру засобів різних класів відповідно до призначення та умов застосування. Тому важливо знати будову, загальні принципи роботи і характеристики таких засобів, щоб ефективно їх застосовувати.

2.1. Історія створення, основні типи, принцип роботи та особливості будови біноклів і зорових труб

Зорова (далекоглядна) труба – загальна назва оптичних приладів, призначених для візуального спостереження за віддаленими предметами. Перші зорові труби і телескопи Галілея були створені в першій половині XVII століття. У системі Галілея елементи, які обертають зображення, відсутні. Справа в тому, що кіничний пучок світла, зібраний об’єктивом, розсіюється негативною лінзою до паралельного проміння. Ця лінза встановлюється безпосередньо перед фокусом об’єктива та виконує роль окуляра. Виходить, що промені просто не встигають перетнутися у фокусі і картинка залишається неперевернутою (рис. 2.1).

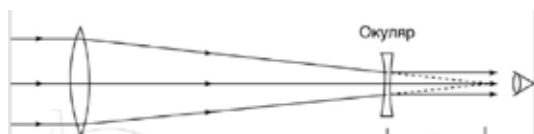


Рис. 2.1. Труба Галілея

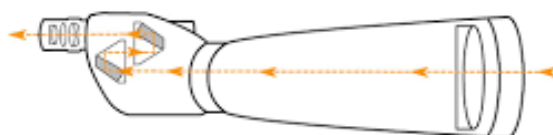
Схожі на трубу Галілея на вигляд і труби Кеплера. На відміну від труби Галілея, схема Кеплера має лінзовий обертаючий елемент, установлений за фокусом об'єктива. Це суттєво збільшує габарити корпусу, тому такі труби зазвичай досить довгі (рис 2.2).



Рис. 2.2. Труба Кеплера

Схема Кеплера має помітно кращу якість зображення, ніж система Галілея. Але через велику кількість елементів зображення втрачає яскравість і контраст, особливо за недостатньої просвітленості лінз.

У сучасних зорових трубах для обертання зображення, як правило, використовуються системи обертаючих призм Порро (Porro) або Руф (Roof), за рахунок чого вдалось зменшити довжину зорової труби, більш детально вони будуть розглянуті далі (рис. 2.3).



Система призм Порро



Система призм Roof

Рис. 2.3. Системи обертаючих призм

Бінокль – оптичний прилад, складений з двох паралельно з'єднаних зорових труб (рис. 2.4). Визначення бінокль, як правило, використовують до відносно невеликих за розмірами оптичних приладів спостереження. Для більш габаритних біноклів використовують назву “бінокюлярна зорова труба” (бінокюлярна труба).

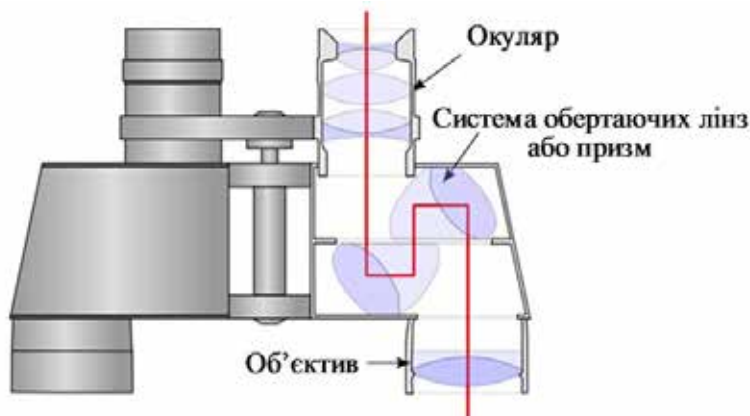


Рис. 2.4. Загальна будова бінокля

Зорові труби невеликих розмірів, які складаються з однієї зорової труби, що використовують для спостереження, часто називають *моно-клями* або *монокулярами*.

Типи конструкції біноклів

Два найпоширеніші типи конструкції біноклів – це біноклі з призмами типу Porro та Roof. Загалом в оптичних приладах спостереження можуть застосовуватись різні обертальні системи, про які згадувалось раніше, але найбільш поширеними є призмени. Перевернуте зображення в об'єктиві потрапляє на систему призм, де відбившись кілька разів від їхніх граней, стає прямим і потрапляє в окуляр, а довжина приладу при цьому значно знижується. Використовуються два типи призм: Porro-призми і Roof-призми (рис. 2.5).

Porro-призми – це стандартна система призм, яка містить дві прямокутні призми (з підставою під 45°), що наполовину перекривають одна одну і орієнтовані назустріч прямокутними гранями. У таких приладах проста класична конструкція, окуляр і об'єктив знаходяться не на одній прямій, а рознесені у боки, як би сходинкою. Прилади з такою системою призм мають кращий стереоефект.



Рис. 2.5. Типи обертаючих призм біноклів

Roof-призми – більш складна система, у якій обидві призми цілком перекривають одна одну, а окуляр і об'єктив лежать на одній прямій. Прилади з такою системою мають компактну прямолінійну конструкцію менших габаритів і ваги, ніж аналогічні з Порто-призмами, і виглядають як дві скріплені між собою труби.

Типи скла для виготовлення призм

Призми ВАК4. На сьогодні найкращим матеріалом для виготовлення призм вважається оптичне скло (барієвий крон) ВАК4. Скло це низькодисперсне, відповідно воно мінімально розсіює пучок світла. Тому призми з цього високоякісного оптичного скла гарантують більший ніж в інших призм ступінь пропускання світла та створюють чисте, незатінене по краях зображення.

Призми ВК7. Дещо поступаються призмам ВАК4, але, незважаючи на це, широко використовуються в біноклях середнього цінового

діапазону. Проте ВК7 має дещо кращу передачу кольору на деяких довжинах світлових хвиль. Хоча ця різниця помітна лише за умов лабораторії. Щоб зорово відрізнити ВК7 від ВАК4, необхідно пропустити світло через об'єктив бінокля, а до окуляра піднести білий аркуш. Якщо зображення від окулярів буде круглим – це ВАК4, якщо трохи багатокутним – це ВК7. Для дорогих біноклів використовують також інші типи дорогого скла підвищеної щільності, яке часто позначають як ED.

Просвітлення лінз

Просвітлюючі покриття – це спеціальні хімічні плівкоподібні розчини, що наносяться на поверхні лінз з метою зменшення втрат світла, яке відбивається від поверхонь скла. Втрати світла відбуваються на кожному етапі, де світлові хвилі проходять середовище повітря-скло. Зменшуючи втрати світла, просвітлення допомагає отримати більш якісну контрастну яскраву картинку, тож навіть при недостатній освітленості зображення буде чітким.

Технологія і матеріали просвітлення досить дорогі і значно впливають на вартість бінокля. Просвітлювальне покриття може бути з різних хімічних складників, кожен з яких має свій коефіцієнт антивідбивального ефекту. Вартість таких покриттів теж різна. Крім того, дуже важливим показником таких покриттів є їх зносостійкість.

Бувають такі типи просвітлювальних покриттів:

просвітлене (Coated) – одинарний шар антивідбивального покриття на одному або кількох поверхнях оптичних лінз;

мультипросвітлення (Multi-coated) – одна або декілька поверхонь скло-повітря мають багатшарові антивідбивальні покриття;

повне просвітлення (Fully coated) – усі поверхні скло-повітря мають одинарне антивідбивальне покриття;

повне мультипросвітлення (Fully multi-coated) – усі поверхні скло-повітря мають багатшарові антивідбивальні покриття.

Кращі біноклі мають повністю мультипросвітлену оптику.

Якщо на лінзах у біноклях видно лише один відтінок будь-якого кольору, це означає, що нанесено один шар просвітлювального покриття. Якщо проглядаються кілька відтінків – це мультипросвітлення. Якщо зображення виходить з відблисками, то не всі поверхні лінз мають просвітлювальне покриття.

Щоб найбільш точно визначити якість просвітлювального покриття, варто звернути увагу на його забарвлення, воно може бути різноманітним (червоним, блакитним, синім, зеленим, жовтим) (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Мультипросвітлення лінз бінокля

Само по собі просвітлювальне покриття безбарвне, а забарвлення лінз – це не що інше, як відображення певного спектра світла. Якщо покриття, що просвітлює, відсіює певний спектр кольору, то в результаті зображення буде неприродним. Просвітлювальне покриття високої якості, майже прозоре або має легкий жовтий відтінок. Під час спостереження в бінокль з таким покриттям зображення буде максимально натуральним і природним.

Крім вищеописаних методів просвітлення лінз, існує ще один спосіб нанесення покриття – це фазова корекція. Покриття фазової корекції наноситься на призми, щоб виправити точки фокусування променів світла з різною довжиною. Фазова корекція підвищує чіткість зображення, контрастність та яскравість.

Системи фокусування біноклів

Центральне фокусування. Найбільш поширеною є центральна система фокусування, що дозволяє виконувати фокусування зображення синхронно для обох окулярних трубок. У Porro та Roof біноклях ця система фокусування виконана по-різному. Між двома оптичними каналами бінокля розташований так званий “центральный гвинт”, при обертанні якого синхронно переміщуються обидва окуляри, забезпечуючи фокусування для обох очей. Перевагою таких приладів є те,

що при зміні дальності спостереження переналаштування здійснюється тільки центральним колесом, що прискорює цей процес (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Бінокль з центральним фокусуванням

Механізм корекції діоптрій. Коли користувач має недоліки зору і його праве і ліве око бачать “по-різному”, для компенсації цієї різниці зору використовується додатковий елемент конструкції – механізм корекції діоптрій (рис. 2.7). Здебільшого кільце для корекції діоптрій розташоване на одній з окулярних трубок бінокля, причому частіше – на правій. Зустрічаються і такі біноклі, у яких це кільце має коаксіальне розташування з центральним барабаном фокусування і міститься прямо під ним.

Індивідуальне фокусування. Систему індивідуального фокусування також називають роздільним фокусуванням, оскільки для налаштування різкості потрібне окреме регулювання кожної з окулярних трубок. У таких приладах відсутнє центральне колесо фокусування. Кожен з окулярів має власний механізм фокусування (рис. 2.8). Найчастіше система з індивідуальним фокусуванням зустрічається або в дешевих моделях, або найбільш дорогих морських, військових і астрономічних біноклях.



Рис. 2.8. Бінокль з індивідуальним фокусуванням

Фіксований фокус (може зустрічатися назва автоматичний фокус). Прилади цього класу налаштовані на заводі так, щоб фокусуватися на точці далеко попереду (рис. 2.9). Тобто бінокль сконструйований так, щоб робити різке зображення незалежно від відстані, на яку видалено об'єкт, за винятком мінімальної дистанції фокусування. А в таких біноклях вона досить велика і становить близько 20–30 м. Отже, проводити спостереження на ближчих дистанціях вам не вдасться.



Рис. 2.9. Бінокль з фіксованим фокусом

Використання світлофільтрів

Світлофільтри – це оптичні пристрої, які слугують для приглушення, виділення або перетворення частини світлового потоку, що надходить в об'єктив приладу. Вони встановлюються безпосередньо на об'єктиви або за ними та не змінюють напрямку світлових променів в оптичній системі.

Світлофільтри приладів спостереження є елементами їх будови або входять до їх комплекту.

У приладах спостереження використовуються кольорові, нейтральні та поляризаційні світлофільтри.

Принцип дії більшості кольорових світлофільтрів можна описати таким емпіричним правилом – об'єкти, що мають колір, близький до кольору світлофільтра, висвітлюються, а ті, що зафарбовані додатковими до кольору фільтра кольорами, будуть затемнені. Наприклад, для синьо-зелених кольорів додатковими будуть жовто-червоні та навпаки.

Так, світлофільтр жовто-оранжевого кольору доцільно використати для спостереження в тумані, за зниженої освітленості місцевості та малої контрастності об'єктів, а синьо-зеленого кольору – для захисту очей під час використання оптичних квантових генераторів (лазерних далекомірів) та для спостереження навпроти сонця.

Нейтральний світлофільтр зменшує лише потужність світлового потоку, що надходить на об'єктив приладу, але не впливає на спектральний склад світла, тому використовується у разі надлишку світла.

Поляризаційний світлофільтр перетворює неполяризоване (частково поляризоване) світло у плоскополяризоване, що дозволяє ослаблювати відблиски та відбиття на склі, воді та інших поверхнях, а також робити кольори більш насиченими (послаблює відблиски на воді).

Штативи (триноги, колонки)

Для забезпечення максимально стабільного положення оптичного приладу спостереження використовують штативи (триноги, колонки).

У сучасних біноклів конструктивно передбачена можливість кріплення їх на штатив. Більшість штативів мають універсальне кріплення. Для кріплення бінокля на штатив використовують спеціальні

адаптери, які можуть відрізнятися залежно від конструкції бінокля (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Адаптери кріплення бінокля на штатив

Великі за розміром оптичні прилади спостереження можуть мати спеціальні штативи – колонки, триноги (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Спеціальні штативи оптичних приладів спостереження

Такі штативи можуть мати шкалу азимуту та кута місця для визначення кутових величин у горизонтальній та вертикальній площинах.

2.2. Технічні параметри біноклів і зорових труб

Діаметр лінзи об'єктива

Діаметр лінзи об'єктива (рис. 2.12) у поєднанні з якістю покриття призми та лінз визначає, скільки світла збере бінокль для формування зображення. У світлий час доби рекомендується використовувати діаметр 21–25 мм, але в умовах низького освітлення необхідно використовувати прилади з діаметром 35–50 мм.



Рис. 2.12. Діаметр лінзи об'єктива

Кратність збільшення бінокля

Кратність збільшення бінокля визначає, наскільки “ближче” до вас опиниться спостережуваний предмет (рис. 2.13). Кратність указується у разях збільшення або у кратах. Кратність “10” буде означати, що під час спостереження у прилад з такою кратністю об'єкти будуть здаватися у 10 разів ближче. Позначається числом із верхнім індексом ^x (наприклад, 20^x – читається: збільшення у 20 разів, або 20-кратне збільшення). Збільшення, як правило, зазначається в маркуванні біноклів, наприклад, бінокль Б7х35 має 7-кратне збільшення. Бінокль змінної кратності Nikon 10-22х50 має збільшення від 10 до 22 разів.



Рис. 2.13. Кратність збільшення бінокля

Чим вище кратність збільшення бінокля, тим сильніше він “наближає” значно віддалені об’єкти. У біноклях високої кратності збільшення (понад 10) ефективне спостереження можливе лише за умови максимально стабільного положення (установити на штатив, уперти в стовбур дерева тощо). Варто зазначити, що існують біноклі зі стабілізацією зображення.

Для визначення кратності бінокля необхідно поділити розмір зовнішньої лінзи об’єктива на розмір вихідного окуляра.

Біноклі із плавною зміною кратності збільшення називають зум-біноклями або біноклями зі змінною кратністю збільшення. Біноклі із зміною кратності мають маркування типу 8-20х50, 10-30х60 або ін., де 8-20 або 10-30 означають діапазон, у якому змінюється збільшення (від 8 до 20 разів або від 10 до 30 разів відповідно), цифра після кратності означає діаметр об’єктива в міліметрах. Отже, очевидною перевагою біноклів зі змінною кратністю є можливість регулювання збільшення у різних ситуаціях. Зміна збільшення здійснюється за допомогою спеціальної лапки на одному з окулярів – важеля трансфокатора.

Але недоліків у таких приладів значно більше ніж переваг. Проблема полягає у синхронізації, яка пов’язана з необхідністю одночасної точної зміни в обох незалежних телескопічних трубках. Механічна система зміни кратності завжди буде мати деякий люфт, у результаті в окулярних трубках бінокля ніколи не вдасться досягти абсолютно однакового збільшення. Проблема колімації – юстування між двома телескопічними трубками. У приладах цієї конструкції поле зору буде менше, порівняно з аналогічними біноклями із фіксованим збільшенням. Світлосила за великого збільшення буде істотно нижчою. Також додаткові механічні елементи будуть знижувати надійність приладу.

Зазвичай біноклі зі змінною кратністю, ураховуючи зазначені недоліки, завжди будуть поступатися якістю біноклям з фіксованим збільшенням (в одному ціновому діапазоні).

Виносна окулярна точка

Це показник, що вказує, наскільки далеко можуть бути зіниці спостерігача від окулярних лінз бінокля, утримуючи при цьому цілісну картинку, подається в мм (рис. 2.14). Цей показник загалом впливає на комфорт спостереження. Якщо він менший 15 мм, то потрібно тісно прикладати очі до окулярних лінз, щоб отримати повну ширину картинки.

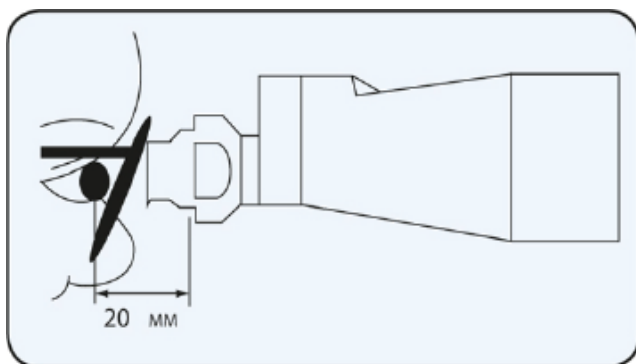


Рис. 2.14. Виносна окулярна точка

Перископічність

Перископічність або оптична висота перископа – відстань між оптичними осями об'єктива та окуляра (рис. 2.15). *Перископ* – оптичний прилад для спостереження з укриття. Найпростіша форма перископа – труба, на обох кінцях якої закріплені дзеркала, нахилені щодо осі труби на 45° , для зміни ходу світлових променів. У більш складних варіантах для відхилення променів замість дзеркал використовуються призми, а зображення, що отримується спостерігачем, збільшується за допомогою системи лінз.



Рис. 2.15. Схема перископічного приладу

Стереотруба – оптичний прилад, що складається з двох перископів, з'єднаних разом окулярів і розведених об'єктивів для спостереження віддалених предметів двома очима. За рахунок цього, на відміну від зорової труби, спостерігач бачить стереоскопічне зображення, причому стереоефект значно сильніше, ніж у біноклях. Посилення стереоефекту забезпечується оптичним збільшенням (кратністю) та розведенням об'єктивів. Чим ширше розведені об'єктиви, тим значніше видиме зображення стає перебільшено рельєфним.

Розмір вихідної зіниці окуляра

Розмір проєкційного отвору, через який подається зображення на зіницю ока (рис. 2.16). Якщо тримати бінокль на невеликій віддалі від ваших очей і поглянути на окулярні лінзи, то можна побачити світлий круглий вихідний окуляр. Світловий потік, що ввійшов через об'єктиви і пройшов через бінокль, виходить через окулярні лінзи для формування сконцентрованого круглого зображення. Оскільки зіниця дорослої людини у стані найбільшого відкриття (у повній темряві) має переважно розмір в межах 7 мм, відповідно біноклі проєктують так, щоб вихідний окуляр був не більшим за це значення, тому що додаткове збільшення цього показника не дасть відповідного ефекту (світло буде втрачатись). Цей показник пов'язаний із світлосилою. Чим більше значення, тим яскравіше зображення і тим комфортніше утримувати картинку стабільною (легше фокусувати зображення на зіницю).



Рис. 2.16. Розмір вихідного окуляра

Для визначення розміру вихідного окуляра необхідно поділити розмір вхідних об'єктивів на кратність бінокля (для бінокля 10x50 значення складає $50/10 = 5$ мм).

Відносна яскравість

Світлосила – це показник, що залежить від розміру об’єктів і кратності бінокля (що формує розмір вихідного окуляра). Розраховується як $\left(\frac{\text{розмір об'єктива}}{\text{кратність}} \right)^2$ (квадрат ділення розміру об’єктів на крат-

ність бінокля). Для бінокля 10х50 це значення складає $(50/10)^2 = 25$. Чим більше значення цього показника, тим краща світлопропускна спроможність бінокля. Оскільки цей показник походить від розміру вихідного окуляра, то тут діє той самий ефект доцільності. Тому біноклі переважно мають світлосилу не більше 51. Для спостереження у сутінках необхідно використовувати прилади із світлосилою від 25. Але це суто технічний показник, який не враховує якості оптики, а дає тільки загальну оцінку потенціалу збирання світла (усе інше залежить від якості скла, оптичної системи, просвітлювальних і світлокорекційних покриттів).

Сутінковий фактор

Сутінковий фактор – показник, що визначає ефективність бінокля у використанні в умовах малої кількості світла. Розраховується як

$$\sqrt[2]{\text{кратність} \times \text{діаметр об'єктива}}.$$

Мінімальна відстань фокусування

Показник, який указує на мінімальну фокусну спроможність бінокля, що подається в основному в метрах. Цей параметр важливий за необхідності вести спостереження біноклем на невеликих відстанях. Залежить від типу і конструкції бінокля. Переважно він менший для біноклів з меншою кратністю і навпаки.

Поле зору

Поле зору – це кутовий розмір тієї області, яку ви бачите в біноклі. Кутове поле зору вказано в градусах, як правило, вказується на внутрішньому боці бінокля. Лінійне поле зору – це лінійний розмір тієї області, яку можна побачити в біноклі з відстані 1 000 метрів (рис. 2.17). Більше поле зору означає більшу область, яку можна спостерігати в бінокль. Наприклад, у біноклів з кратністю збільшення 16х ширина лінійного поля зору зазвичай становить 60–70 м на дальності 1 км, у той час як у біноклів з кратністю 7-8х вона може досягати 140 і більше метрів.

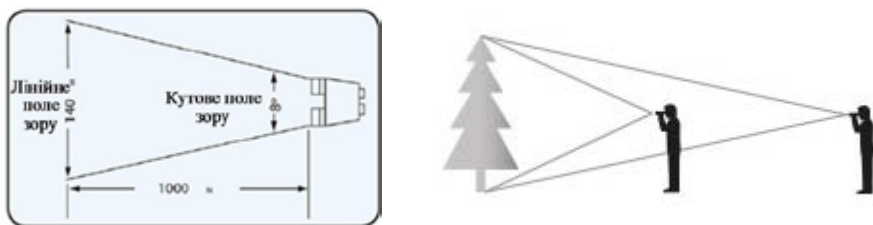


Рис. 2.17. Поле зору бінокля

Міжзінична відстань

Через те, що у різних людей відстань між зіницями очей відрізняється, потрібна можливість регулювання відстані між окулярами бінокля. Більшість біноклів мають шарнірне з'єднання, що дозволяє користувачеві зводити або розводити окуляри відносно один одного. Таке регулювання називається регулюванням міжзіничної відстані. Сучасні моделі біноклів мають досить широкий діапазон регулювання міжзіничної відстані, як правило, у межах від 60–70 мм.

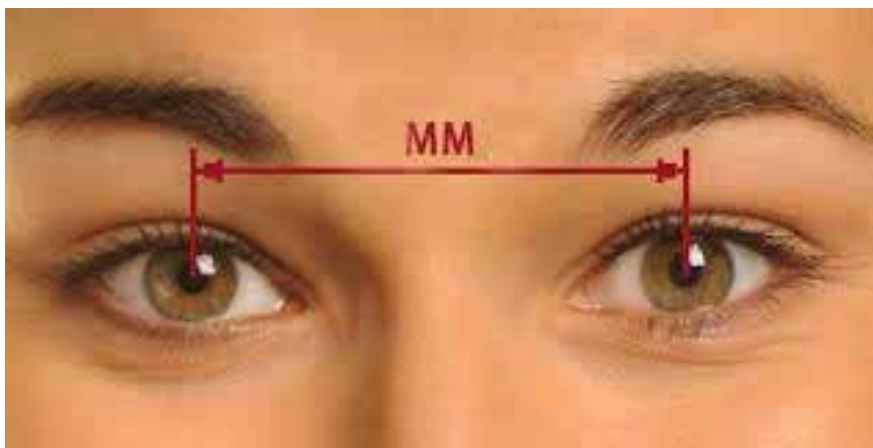


Рис. 2.18. Міжзінична відстань

Для правильного встановлення міжзіничної відстані бінокля необхідно, дивлячись в окуляри, змінювати положення трубок бінокля відносно одна одної так, щоб поєднати зображення у правій та лівій трубках в одне загальне зображення (рис 2.19).



Правильно



Не правильно

Рис. 2.19. Регулювання міжзіничної відстані

Роздільна здатність

Характеристика бінокля, яка визначає його можливість розрізняти тонкі деталі та давати чітке зображення. Вимірюється у кутових секундах або штрихах на 1 мм. Чим менше значення кута в кутових секундах або більша кількість штрихів на 1 мм зображення, тим більша роздільна здатність спостережного приладу і тим чіткіше зображення можна отримати з його допомогою. Більша роздільна здатність дозволяє побачити кольори більш насиченими. Роздільна здатність залежить від розміру лінз об'єктивів. У загальному випадку більший діаметр лінз об'єктивів дозволяє побачити більше деталей зображення, незалежно від збільшення бінокля. Фактична роздільна здатність залежить від якості оптичних елементів, типу та якості покриттів, стану атмосфери, юстування бінокля та гостроти зору спостерігача.

Контрастність

Ця величина визначає, наскільки яскравіший і слабший об'єкти можуть бути помітні щодо один одного, а також щодо фону. Висока контрастність зображень дозволяє краще побачити слабкі об'єкти та розрізнити тонкі деталі зображення. Інші фактори, що впливають на контрастність: юстування, стан атмосфери, якість об'єктивів, окулярів та призм.

Додаткові функції біноклів

Серед додаткових функцій біноклів можна зазначити наявність компаса, кутомірної та далекомірної сітки (рис. 2.20), лазерного далекоміра, штатива (триноги, колонки).

Кутомірні та далекомірні сітки

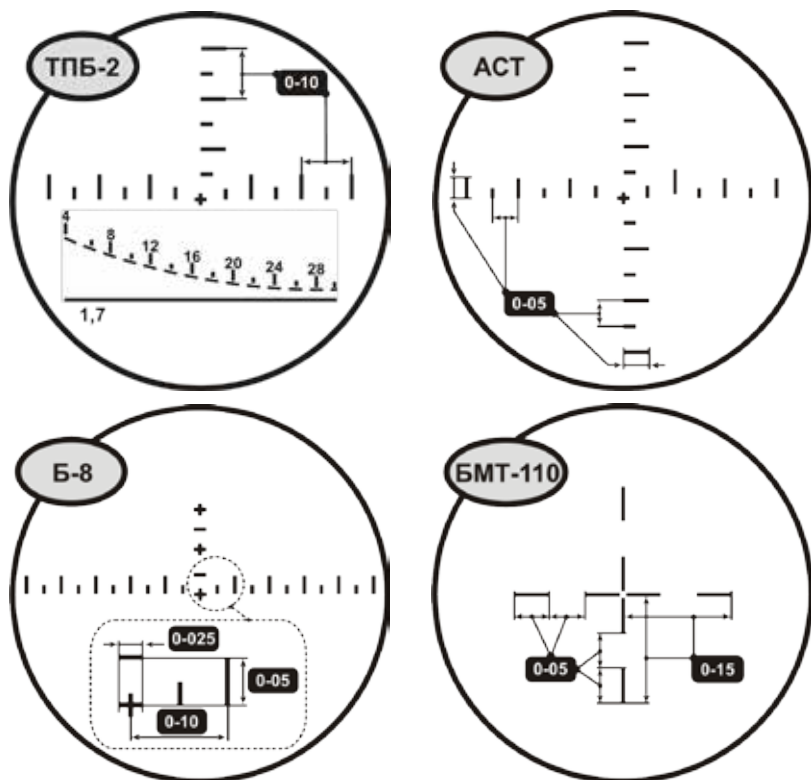


Рис. 2.20. Приклади кутомірних сіток оптичних приладів спостереження

Кутомірні сітки розміщують, як правило, у правому окулярі оптичних приладів спостереження військового призначення, але залежно від моделі приладу сітка має свої особливості.

За допомогою кутомірних сіток вирішують прикладні задачі, а саме визначення дальності до об'єкта за його відомими лінійними розмірами, або визначення розмірів об'єкта, якщо відома дальність до нього.

Дальність до об'єкта визначається за **формулою тисячної**

$$D = \frac{P \cdot 1000}{K}.$$

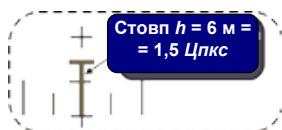
Відповідно, розмір об'єкта можна визначити за формулою

$$P = \frac{D \cdot K}{1000},$$

де D – дальність до об'єкта спостереження, м; P – розмір об'єкта (висота або ширина), м; K – кутова величина, якій відповідає лінійний розмір об'єкта, тисячних.

Приклад 1. Визначити за допомогою бінокля Б8 дальність до телеграфного стовпа.

Розв'язок:



Відомою є стандартна висота телеграфного стовпа (6 м). Визначаємо кутову величину за допомогою бінокля. Знаючи, що одна поділка кутомірної сітки дорівнює 5 тисячних $K = 1,5 \cdot 5 = 7,5$ тисячних.

Тоді

$$D = \frac{6 \cdot 1000}{7,5} = 800 \text{ м.}$$

Приклад 2. Спостерігачу у прилад видно будівлю, при цьому значення кутової величини дорівнює 10, дальність до неї складає 450 м. Визначити висоту будівлі.

Розв'язок:

$$P = \frac{450 \cdot 10}{1000} = 4,5 \text{ м.}$$

Поряд з кутомірними сітками у біноклях може використовуватися далекомірна шкала (рис. 2.21).

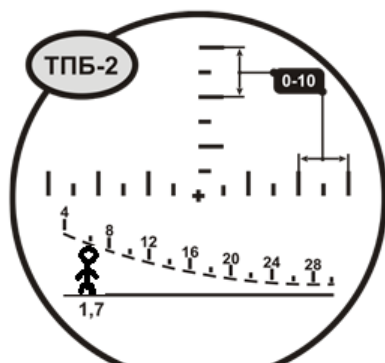


Рис. 2.21. Визначення дальності до об'єкта за далекомірною шкалою

Далекомірна шкала використовується для визначення дальності до об'єктів певного розміру, часто використовується середній зріст людини 1,7 м.

Для визначення дальності необхідно вибрати об'єкт, розмір якого відповідає зазначеному на шкалі (у нашому випадку – 1,7 м) і сумістити його так, щоб його нижня частина збіглася з нижньою прямою лінією, а верхня частина – з верхньою похилою лінією. На верхній шкалі зазначається дальність до об'єкта. На рис. 2.21 дальність до людини буде складати 600 м.

2.3. Характеристики, комплекти, будова, підготовка до роботи біноклів і зорових труб

Тактико-технічні характеристики біноклів та зорових труб подано у табл. 2.1, 2.2.

Таблиця 2.1

Тактико-технічні характеристики біноклів

Параметри	B7x35	B8Mx30	Arsenal 8x40	Nikon 10-22x50	Steiner Military 20x80
1	2	3	4	5	6
Загальний вигляд					

Закінчення табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
Кратність збільшення, разів	7	8	8	10–22	20
Діаметр об'єктива, мм	35	30	40	50	80
Діаметр вихідної зіниці, мм	5	3,75	5	2,3-5	4
Кут зору, град.	8,3	8,5	8,2	3,8 при 10х	9
Поле зору (1 000 м)	150	150	143	66	59
Наявність кутонірної сітки	+	+	–	–	–
Тип призми	Porro	Porro	Porro	Porro	Porro
Система фокусування	Індивідуальна	Індивідуальна	Центральна	Центральна	Індивідуальна
Змінна кратність	–	–	–	+	–
Кріплення для штатива	–	–	+	+	+
Вага, кг	0,77	0,70	0,7	1,025	1,70

Таблиця 2.2

Тактико-технічні характеристики зорових труб

Параметри	ТПБ-2 Труба прикордонна бінокулярна	ТЗК Труба зенітна командирська	БМТ 110 Бінокулярна морська труба	АСТ 10х45 Артилерійська стереотруба
1	2	3	4	5
Загальний вигляд				
Кратність збільшення, разів	15	10	20	10
Діаметр об'єктива, мм	110	80	110	45

1	2	3	4	5
Діаметр вихідної зіниці, мм	7,7	8	5,5	4,5
Кут зору, град.	6	7	5	5; 2,5 (з насадкою)
Поле зору (1 000 м)	–	–	–	–
Наявність трини- ги (колонки)	+	+	+	+
Тип призм	Рогго	Рогго	Рогго	Рогго
Система фокусу- вання	Індивідуальна	Індивідуальна	Індивідуальна	Індивідуальна
Вага приладу без триниogi (колон- ки), кг	15	16,5		

Комплекти, будова та порядок роботи з біноклями та зоровими трубами

Бінокль Б8Мх30 (Б7х35, Б10х50, Б12х40). Загальна будова бінокля Б8Мх30 показана на рис. 2.22.



Рис. 2.22. Склад комплекту бінокля Б8Мх30:

1 – бінокль; 2 – кришка для окулярів; 3 – нашийний ремінець; 4 – футляр

Порядок роботи з приладом:

1) вилучити бінокль з футляра і провести його контрольний огляд;
2) установити діоптрійність окремо для кожного окуляра, для цього необхідно:

вибрати на місцевості чітко видимий предмет на відстані не ближче 200 метрів;

взяти бінокль у ліву руку, закривши лівий об'єктив тією ж рукою;
навести бінокль на вибраний предмет, повертаючи правою рукою діоптрійне кільце до отримання чіткого зображення предмета;

взяти бінокль у праву руку і у такій же послідовності встановити діоптрійність для лівого окуляра;

3) установити окуляри по базі очей спостерігача в такій послідовності:

розвести окуляри бінокля на найбільшу відстань;

навести бінокль на окремий предмет;

спостерігаючи в бінокль, зводити окуляри до тих пір, поки окулярні поля видимості не з'єднаються в один чіткий круг і з'явиться одне чітке зображення предмета;

запам'ятати поділку шкали бази бінокля;

4) під час спостереження у бінокль наочник повинен торкатись налобних дуг спостерігача, щоб використовувати все поле зору;

5) особи, які носять окуляри, повинні їх знімати під час спостереження у бінокль;

6) надягти, якщо необхідно, на окуляри світлофільтри;

7) почати вести спостереження;

8) після завершення спостереження прилад перевести в похідне положення.

Бінокль Nikon 10-22x50, рис. 2.23.



Рис. 2.23. Будова бінокля Nikon 10-22x50:

1 – корпус прилада спостереження; 2 – механізм діоптрійного наведення лівого окуляра; 3 – окуляри; 4 – наочник; 5 – важіль зміни кратності зображення; 6 – шкала кратності; 7 – кільце кріплення нашійного ремінця; 8 – колесо центрального фокусування; 9 – механізм установлення окулярів по базі очей; 10 – об'єктиви з блендами

Порядок роботи з приладом:

- 1) вийняти бінокль з футляра і провести його контрольний огляд;
- 2) зняти кришки з об'єтивів, окулярів;
- 3) установити діоптрійність окремо для кожного окуляра, для цього необхідно:

вибрати на місцевості чітко видимий предмет на відстані не ближче 200 метрів;

взяти бінокль у ліву руку, закривши лівий об'єтив тією ж рукою;

навести бінокль на вибраний предмет, повертаючи правою рукою механізм діоптрійного наведення обох окулярів до отримання чіткого зображення предмета у правому окулярі;

відкрити лівий об'єтив та за необхідності встановити чіткість зображення, повертаючи лівою рукою механізм діоптрійного наведення лівого окуляра;

- 4) провести зміну кратності, поступово переміщуючи важіль зміни кратності зображення;

- 5) установити окуляри по базі очей спостерігача в такій послідовності:

розвести окуляри бінокля на найбільшу відстань;

навести бінокль на окремий предмет;

спостерігаючи в бінокль, зводити окуляри до тих пір, поки окулярні поля видимості не з'єднаються в один чіткий круг і з'явиться одне чітке зображення предмета;

- 6) за необхідності бінокль закріпити через адаптер на штативі;

- 7) під час спостереження в бінокль наочник повинен торкатись наlobних дуг спостерігача, щоб використовувати все поле зору;

- 8) під час роботи в окулярах відігнути край кожного наочника та вести спостереження через бінокль;

- 9) почати вести спостереження;

- 10) після завершення спостереження прилад перевести в похідне положення.

Бінокль Steiner Military 20x80

Склад комплекту й будова бінокля наведені відповідно на рис. 2.24 і 2.25.



Рис. 2.24. Склад комплекту Steiner Military 20x80:
1 – бінокль; 2 – штатив; 3 – адаптер (2 шт.); 4 – нашийний ремінець;
5 – кришка окуляра; 6 – чохол; 7 – кришка об'єктива

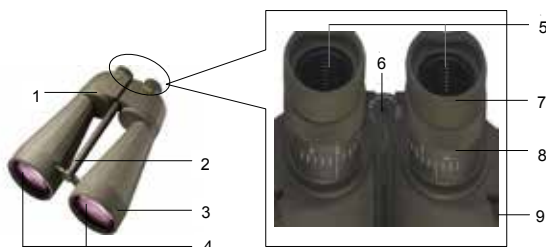


Рис. 2.25. Будова Steiner Military 20x80:
1 – корпус прилада спостереження; 2 – центральна вісь; 3 – бленда;
4 – об'єктив; 5 – окуляр; 6 – механізм установаження окулярів по базі очей;
7 – наочник; 8 – механізм діоптрійного наведення з кільцем та шкалою діоптрій;
9 – кільце кріплення нашийного ремінця

Порядок роботи з приладом:

- 1) вилучити бінокль з футляра й оглянути його;
- 2) зняти кришки з об'єктивів, окулярів;
- 3) установити діоптрійність окремо для кожного окуляра, для цього необхідно:

вибрати на місцевості чітко видимий предмет на відстані не ближче 200 метрів;

взяти бінокль у ліву руку, закривши лівий об'єктив тією ж рукою;

навести бінокль на вибраний предмет, повертаючи правою рукою кільце механізму діоптрійного наведення до отримання чіткого зображення предмета;

взяти бінокль у праву руку і у такій же послідовності встановити діоптрійність для лівого окуляра;

4) установити окуляри по базі очей спостерігача в такій послідовності:

розвести окуляри бінокля на найбільшу відстань;

навести бінокль на окремий предмет;

спостерігаючи в бінокль, зводити окуляри до тих пір, поки окулярні поля видимості не з'єднаються в один чіткий круг і з'явиться одне чітке зображення предмета;

5) за необхідності бінокль закріпити через адаптер на штативі;

6) під час спостереження у бінокль наочник повинен торкатись налобних дуг спостерігача, щоб використовувати все поле зору;

7) особи, які носять окуляри, повинні їх знімати під час спостереження у бінокль;

8) почати вести спостереження;

9) після завершення спостереження прилад перевести в похідне положення.

Труба прикордонна біноклярна ТПБ-2

Склад комплекту й будови ТПБ-2 наведені відповідно на рис. 2.26 і 2.27.



Рис. 2.26. Склад комплекту ТПБ-2:

1 – сам прилад; 2 – тринога (стійка); 3 – ящик для укладання труби

Виріб (прилад) складається з двох зорових труб, основи, які з'єднані між собою і стійкою механізмом встановлення бази очей з маховиком.

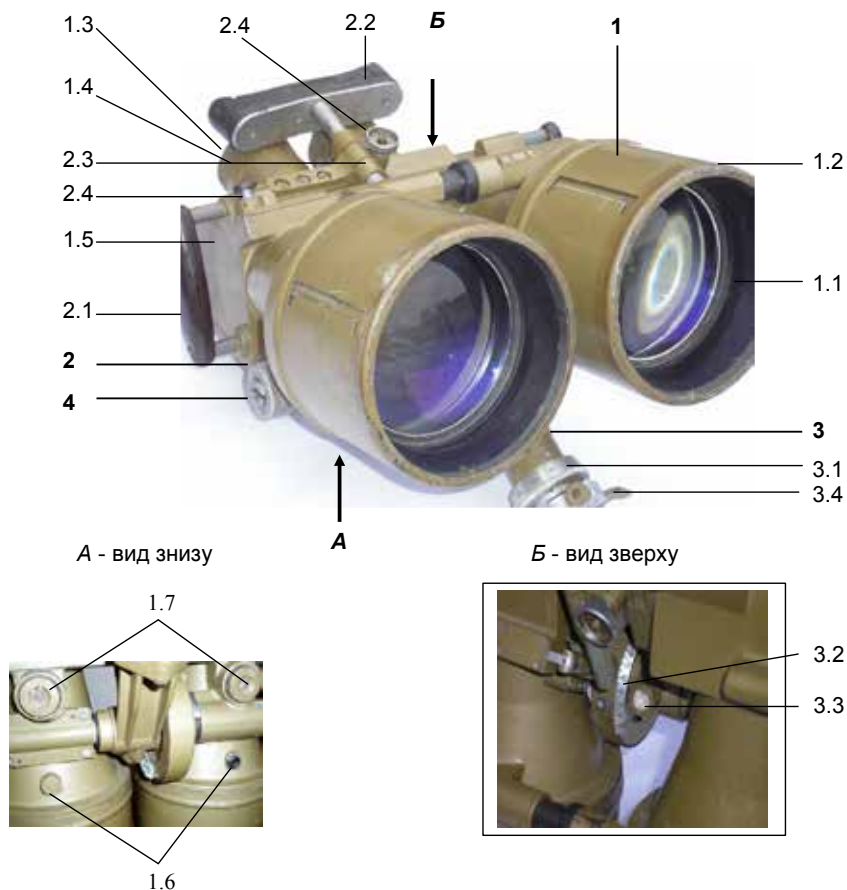


Рис. 2.27. Будова труби прикордонної біноклярної ТПБ-2:

1 – зорова труба; 1.1 – об’єктиви; 1.2 – бленди; 1.3 – окуляри; 1.4 – механізми діоптрійного наведення; 1.5 – блок призм; 1.6 – ніпелі; 1.7 – патрони осушувача; 2 – основа; 2.1 – ручки управління приладом; 2.2 – налобник; 2.3 – кронштейн утримання налобника; 2.4 – затискач кріплення налобника; 2.5 – кнопка фіксації приладу у вертикальній площині; 3 – стійка; 3.1 – лімб горизонтального наведення приладу; 3.2 – лімб вертикального наведення приладу; 3.3 – кульковий рівень; 3.4 – затискач; 4 – механізм установлення окулярів по базі очей з маховиком

Порядок роботи з приладом:

1) установити триногу (стійку) на рівні плечей спостерігача, закріпивши затискачі стійок триноги і знявши запобіжний ковпачок зі штиря триноги;

2) вилучити ТПБ-2 з ящика для складання, установити на триногу і закріпити прилад;

3) установити кульковий рівень у середнє положення з точністю не більше однієї поділки рівня;

4) зняти захисні ковпачки з об'єктивів і окулярів;

5) установити окуляри по базі очей спостерігача;

6) по черзі установити потрібну діоптрійність окулярів;

7) відрегулювати налобник;

8) зорієнтувати прилад за допомогою компаса або в напрямку відомих орієнтирів;

9) надіти, якщо необхідно, на окуляри світлофільтри або установити бленди;

10) почати вести спостереження за допомогою приладу;

11) після завершення спостереження прилад перевести в похідне положення.

Бінокулярна морська труба БМТ-110

Склад комплекту й будова БМТ-110 наведені на рис. 2.28 і 2.29 відповідно.



Рис. 2.28. Склад комплекту бінокулярної морської труби БМТ-110:

1 – сам прилад; 2 – підставка; 3 – колонка (або підйомний механізм із захисним кожухом чи тринога); 4 – ящик для укладання

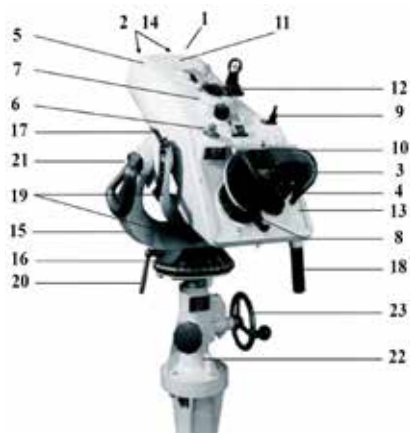


Рис. 2.29. Будова бінокулярної морської труби БМТ-110:

- 1 – корпус приладу; 2 – об’єктиви; 3 – окуляри з наочниками;
 4 – механізм діоптрійного наведення з кільцем та шкалою; 5 – бленда;
 6 – клапан осушування приладу сухим повітрям; 7 – патрон осушування
 (наповнюється силікагелем); 8 – механізм установаження окулярів по базі
 очей з ексцентриком; 9 – візир грубого наведення; 10 – налобник;
 11 – маховик; 12 – кришка з ремінцем; 13 – система обертаючих призм;
 14 – шторки; 15 – підставка; 16 – лімб зі шкалою азимута та кульковим
 рівнем; 17 – лімб зі шкалою кута місця; 18 – рукоятка; 19 – кронштейн;
 20 – ручка фіксації бінокюляра; 21 – маховик наведення по куту місця;
 22 – колонка; 23 – маховик

Порядок роботи з приладом:

- 1) зняти чохол з приладу;
- 2) зняти кришку, що закриває окуляри;
- 3) поворотом маховика на бленді відкрити об’єктиви;
- 4) для зручності спостереження правильно установити висоту приладу на рівні плечей спостерігача;
- 5) установити окуляри по базі очей спостерігача;
- 6) установити окуляри по діоптрії кожного ока спостерігача;
- 7) обрати та установити світлофільтр;
- 8) перевірити стан патрона осушування приладу. У період великої вологості (особливо восени і навесні) просушити бінокляр два рази на місяць;
- 9) перевірити паралельність візирної лінії бінокюляра при нульовому відліку на лімбі;

10) перевірити чіткість фіксації всіх рукояток, стопора і налобника під час переключення з одного положення в інше;

11) почати вести спостереження за допомогою приладу;

12) після завершення спостереження прилад перевести в похідне положення.

Заходи безпеки у роботі з біноклями і зоровими трубами

Під час роботи з приладами необхідно міцно їх закріплювати на основах (триногах, штативах), не допускати ударів і струсів.

Під час спостереження ремінь має бути на ший спостерігача.

Заборонено вести спостереження, якщо суміжна сторона застосовує лазерне озброєння.

Не направляти прилади на яскраве джерело світла.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення мають оптичні прилади?
2. Назвіть основні тактико-технічні характеристики оптичних приладів Б8Мх30, ТПБ-2.
3. Розкрийте типовий склад комплекту оптичного приладу.
4. Розкрийте загальну будову оптичного приладу.
5. Назвіть склад комплекту зорової труби ТПБ-2.
6. Визначте дальність та розміри об'єктів за формулою тисячної.
7. Яка дальність до телеграфного стовпа висотою 6 м, якщо він займає 2 поділки шкали бінокля Б8?
8. Визначте висоту будівлі за допомогою бінокля Б8, якщо відомо, що дальність до неї складає 400 м (рис. 2.30).

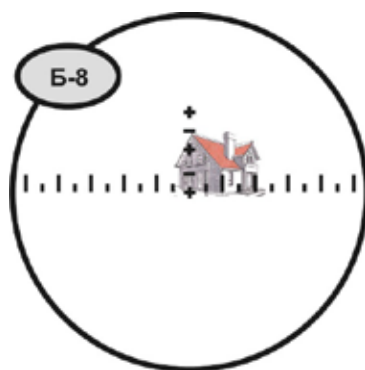


Рис. 2.30. Визначення висоти об'єкта за шкалою бінокля Б8

9. Визначте дальність до телеграфного стовпа висотою 20 м, якщо він займає 2 поділки шкали ТПБ-2. Визначте дальність до людини за дальномірною шкалою ТПБ-2 (рис 2.31).

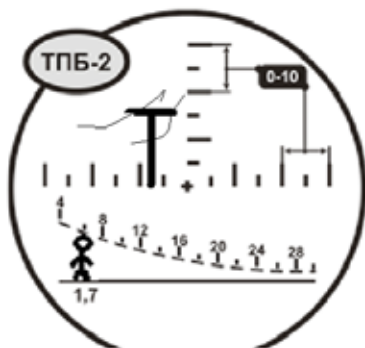


Рис. 2.31. Визначення дальності до об'єкта за шкалами ТПБ-2

Розділ 3

ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

3.1. Загальна характеристика оптико-електронних приладів спостереження

До оптико-електронних приладів спостереження належать усі засоби, що перетворюють видиме (теплове) зображення в електронне. Такими засобами є цифрові біноклі, відеокамери, прилади нічного бачення та тепловізори.

Ці засоби можна класифікувати за такими ознаками: область спектра випромінювання ЕМХ, у яких вони функціонують, та режим роботи. З огляду на область спектра випромінювання ЕМХ оптико-електронні прилади спостереження поділяються на прилади, що працюють в УФ діапазоні, у видимому діапазоні та ближньому ІЧ діапазоні, у ІЧ діапазоні (рис. 3.1).

Відповідно до режиму роботи оптико-електронні прилади спостереження поділяються на три класи – активні, пасивні та комбіновані.

Активні ОЕПС – це прилади, у яких для опромінення цілі використовують оптичний опромінювач. Частина опромінення, відбитого від цілі, надходить на вхід ОЕПС.

Пасивні ОЕПС – це прилади, які сприймають відбите випромінювання об'єктів (та фонів), що надходить від природних або штучних джерел (сонце, місяць, зорі, розсіяне випромінювання атмосфери та навколишньої інфраструктури), та власне (теплове) випромінювання об'єктів (та фонів).

Комбіновані ОЕПС – поєднують властивості активних і пасивних ОЕПС, як правило, використовуються у пасивному режимі роботи, а за потреби – в активному.

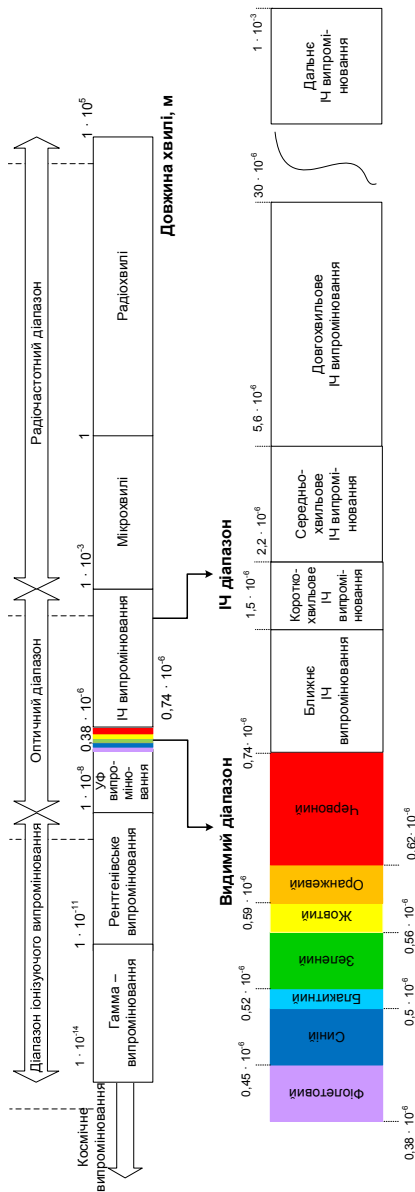


Рис. 3.1. Спектр випромінювання ЕМХ із зазначенням областей, у яких функціонують ОЕПС

Діапазон ЕМХ		Тип ОЕПС
Видимий діапазон ($0,38 \cdot 10^{-6} - 0,74 \cdot 10^{-6}$ м)		Цифрові біноклі, відеокамери та прилади нічного бачення
Ближнє ІЧ випромінювання ($0,74 \cdot 10^{-6} - 1,5 \cdot 10^{-6}$ м)		
Середньохвильове ІЧ випромінювання ($2,2 \cdot 10^{-6} - 5,6 \cdot 10^{-6}$ м)		Тепловізори
Довгохвильове ІЧ випромінювання ($5,6 \cdot 10^{-6} - 30 \cdot 10^{-6}$ м)		

3.2. Засоби відеоспостереження

Класифікація засобів відеоспостереження

Відеоспостереження – важлива складова охорони, що дозволяє мінімізувати витрати, пов’язані із залученням людського ресурсу. Однак, щоб організувати відеоспостереження, потрібно розбиратися в камерах – основному інструменті, на якому будуються охоронні системи. Правильний вибір таких пристроїв допоможе вирішити нагальні питання з мінімальними витратами та максимальною продуктивністю.

Засоби відеоспостереження класифікуються за багатьма ознаками, серед них – тип матриці та мобільність, але основна ознака, яка відрізняє камери – спосіб обробки, перетворення та передавання сигналу (рис. 3.2). Існує дві великі групи камер відеоспостереження: аналогові та цифрові.

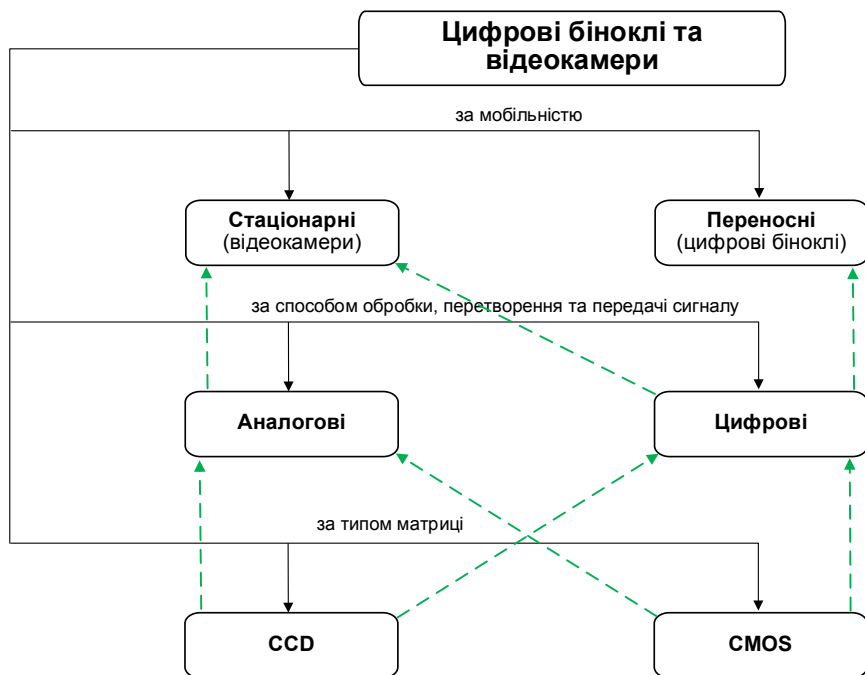


Рис. 3.2. Класифікація засобів відеоспостереження

Аналогові пристрої відеоспостереження – найстаріше обладнання, яке застосовувалося для організації спостереження та охорони з 50-х

років XX століття. Принцип роботи таких камер полягає у перетворенні світлової енергії, що посилена оптикою об'єктива, в електричний сигнал PAL або NTSC за допомогою світлочутливої матриці і процесора. Таке устаткування працює з будь-якими пристроями виведення інформації: аналогову відеокамеру можна підключити до телевізора, монітора, реєстратора, рекордера. Передавання сигналу здійснюється через коаксіальний кабель, рис. 3.3, б.

Цифрові камери використовують інший спосіб обробки сигналу. Аналого-цифровий перетворювач, що встановлений у камері, перетворює сигнал у двійковий код, який передається витій парі. Це надає можливість передавати відеозображення у локальній мережі або через мережу “Інтернет” (рис. 3.3, а). У високій роздільній здатності зйомка забезпечується від HD (Full HD, 4K та вище).



Рис. 3.3. Відеокамери:
а – цифрова; б – аналогова

Технічні параметри та конструктивні особливості відеокамер. Типи матриць відеокамер

Світлочутлива матриця – це основний елемент сучасних відеокамер, що призначений для перетворення оптичного зображення в аналоговий електричний сигнал або у цифровий потік даних. Якщо простіше, то матриця виконує функцію перетворення світла в електричний сигнал.

Існують два типи матриць, що використовуються у відеокамерах: CCD та CMOS, рис. 3.4.

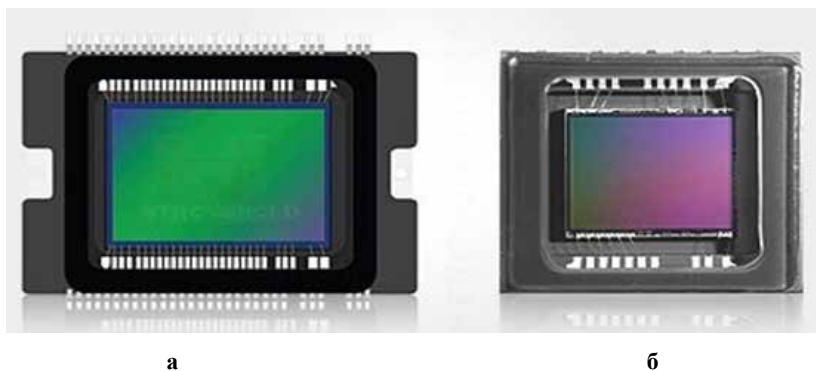


Рис. 3.4. Матриці відеокамер:
а – CMOS; б – CCD

CCD-матриця (charge-coupled device, у перекладі ПЗЗ-матриця – прилад із зарядовим зв'язком) – це спеціальна мікросхема, яка складається зі світлочутливих фотодіодів, у разі освітлення яких електронний заряд з кожного окремого пікселя (фотодіода) передається на загальну плату, де перетворюється у вихідну напругу.

CCD-матриці почали масово виготовлятися у кінці 60-х років минулого століття. Цей тип матриць домінував у фото- та відеотехніці до 2000-х років, коли достатнього розвитку набули CMOS-матриці, що не поступаються зображенням CCD-матрицям.

CMOS-матриці (complementary metal-oxide-semiconductor, у перекладі КМОН – комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник) виготовлені на основі КМОН-технологій. Відмінність від CCD-матриць полягає у тому, що в CMOS-матриці електронний заряд відразу перетворюється у кожному окремому пікселі.

Роздільна здатність матриці відеокамери

Роздільна здатність матриці відеокамери (мегапікселі) – параметр, що характеризує деталізацію зображення, чим більша роздільна здатність, тим краще проглядаються дрібні деталі, такі як номер автомобіля, обличчя людини. У цифрових камерах та аналогових HD відеокамерах зчитування інформації з матриці відбувається попіксельно, і відповідно вимірюється в кількості пікселів. Зазвичай це мегапікселі, що означає мільйони пікселів.

Відеокамери зможуть мати: стандартну роздільну здатність – 2 Мпкx, підвищену роздільну здатність – 4 Мпкx, високу роздільну

здатність – 8 Мп-12 Мпікс. Крім самої кількості пікселів, що є в матриці, існує ще співвідношення сторін висота-ширина. Наприклад, якщо роздільна здатність матриці 2 Мпікс і співвідношення сторін 16:9, то матриця буде 1 920х1 080 пікселів. Якщо ви не знаєте, яка роздільна здатність матриці камери, але в той же час знаєте її розміри, то це легко визначити. Усе, що потрібно зробити – помножити ширину на висоту і отримати площу, що і дорівнюватиме роздільній здатності в пікселях. Наприклад, $1\,280 \cdot 720 = 921\,600$, що дорівнює приблизно 1 Мпікс.

Крім символічного позначення роздільної здатності в мегапікселях або у співвідношенні сторін, існують літерні позначення роздільної здатності, наприклад, VGA, HD, fullHD, UHD та інші.

Що означають ці аббревіатури (рис. 3.5):

VGA (640х480 – 0,3 Мпікс) назва походить від однойменного компонентного відеоінтерфейсу;

HD (1 280х720 – 1 Мпікс, 1 280х960 – 1,3 Мпікс) high definition перекладається просто – висока роздільна здатність;

FullHD (1 920х1 080 – 2 Мпікс) full high definition – відповідно перекладається як повне HD;

UHD (4K – 3 840х2 160 або 8 Мпікс, 8K – 7 680х4320 або 33 Мпікс) ultra high definition – це новітні стандарти, які використовуються.

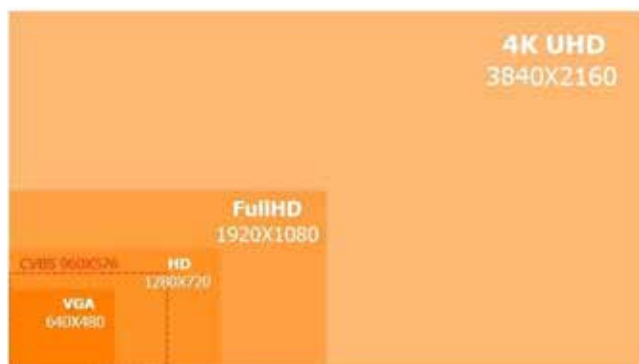


Рис. 3.5. Види роздільної здатності

Розмір матриці відеокамери

Розміром матриці є її геометричний розмір, тобто довжина і ширина матриці, що виражені у мм. Дізнатися значення цього параметра можна з її технічного опису, хоча, як правило, розміри матриць ви-

робники можуть зазначати не у мм, у вигляді дрібних частин дюйма, наприклад: 1/4", 1/3", 1/2.5", 1/2" тощо (табл. 3.1). Порівнюючи різні відеокамери, потрібно розуміти, що розмір матриці більше у тієї камери, у якої знаменник цього дробу буде менше, тобто матриця 1/2" буде більше матриці 1/3".

Таблиця 3.1

Розмір матриць відеокамери

Розміри матриці	
у мм	у вигляді дрібних частин дюйма
4,5х3,4	1/3,2"
5,4х4,0	1/2,7"
5,8х4,3	1/2,5"
6,2х4,6	1/2,3"
7,2х5,3	1/1,8"

Розмір матриці визначає її якість.

Від розміру матриці залежить кількість цифрового шуму, який передається на світлочутливі елементи матриці (фотодіоди) разом з основним сигналом. Через цифровий шум отримані знімки можуть набувати неприродного вигляду. Причинами виникнення шумів можуть бути дефекти у структурі матриці, струми витоку (заряд може пробивати ізоляцію і переходити з одного пікселя на інший), нагрівання матриці (так званий тепловий шум, коли у разі підвищення температури на 6–8 °С шум збільшується у 2 рази).

На кількість шумів здебільшого впливає розмір матриці, а також розмір пікселя. Чим більше розмір матриці відеокамери, тим більше її площа і, відповідно, тим більше світла потрапляє на неї. А отже, корисний сигнал матриці буде сильніший і ми отримаємо краще співвідношення сигнал / шум, що забезпечить яскравіше і якісне зображення з більш правильним і природним відтворенням кольору.

Крім цього, шар ізоляції, що розділяє пікселі один від одного, буде товщий для пікселів великого розміру. Зрозуміло, що чим товщий шар ізоляції, тим менше зарядів зможуть пробити її. Отже, струмів витоку буде теж менше, що відповідно приведе до зменшення шумів. Як при-

клад можна взяти матрицю певного розміру та припустити, що на одній матриці 3 Мпікс, а на іншій, такій же матриці розташовано 5 Мпікс. Відповідно до цього можна уявити товщину ізоляції пікселів для першого і другого випадків.

Чутливість відеокамери

Чутливість (люкси) – мінімальний рівень освітленості, за якого відеокамера дає відеосигнал, що розпізнається. Чим менший цей параметр, тим менше світла необхідно камері для того, щоб видати прийнятну картинку. Якщо є необхідність у цілодобовому відеоспостереженні, то використовують камери з функцією “день-ніч”. У світлий час доби картинка буде кольорова, а вночі – чорно-біла. Так, наприклад, коли відеокамера буде знаходитись в умовах низької освітленості, автоматично вмикається ІЧ підсвічування (вбудовано в саму камеру). Більшість відеокамер мають низку ІЧ світлодіодів, що розміщені навколо об’єктива камери. Саме це утворює для спостерігача чорно-біле зображення. Оскільки матриця відеокамери не сприймає достатню кількість видимого світла для утворення зображення, то вона і не здатна розрізняти кольори. Інфрачервоне світло знаходиться за межами видимого спектра, тому матриця відеокамери може сприймати тільки його яскравість. У чорно-білому зображенні це виглядає так: предмет (об’єкт спостереження) білий – високий рівень відбитого ІЧ випромінювання, предмет сірий (тьманий) – низький рівень відбитого ІЧ випромінювання.

Зазвичай відеокамери мають два значення чутливості, наприклад: 0,001 лк (день), 0 лк з ІЧ підсвічуванням (що вказує на те, що камера може здійснювати зйомку у повній темряві за умов ІЧ підсвічування).

В окремих зразках відеокамер може використовуватись технологія AGC (automatic gain control, у перекладі автоматичне регулювання підсилення). Так, під час увімкненого режиму AGC камера автоматично посилює відеосигнал у разі зменшення освітленості. Технологія дозволяє отримати якісну картинку на моніторі за малої освітленості. Як правило, діапазон регулювання посилення обмежується діапазоном 12-20 дБ (тобто 4–10 разів), оскільки більше збільшення посилення відеосигналу призводить до високого цифрового зашумлення та погіршення зображення. Вигляд зображення з відеокамер з технологією AGC та без неї показано на рис. 3.6.



Рис. 3.6. Зображення з відеокамер з технологією AGC та без неї

Наявність або відсутність інфрачервоної підсвічування у відеокамері

Якщо спостереження за допомогою відеокамери буде здійснюватися цілодобово, то у темний час доби, коли рівень освітленості є низьким, автоматично вмикається ІЧ підсвічування, що вбудовано в саму камеру, і картинка зображення при цьому буде чорно-білою.

Основними параметрами ІЧ підсвічування є дальність і кут випромінювання. Як правило, кут випромінювання інфрачервоного підсвічування залежить від конструкції та розміщення світлодіодів. Кут випромінювання можна зменшити, при цьому збільшивши дальність дії ІЧ підсвічування, або навпаки. Оптимальним буде такий варіант, за якого кут випромінювання ІЧ підсвічування дорівнюватиме полю зору відеокамери. У багатьох відеокамерах, як правило, цей параметр вже підібраний виробником.

Дальність ІЧ підсвічування зазвичай варіюється від 10 до 150 метрів. Залежно від простору, який потрібно переглядати, слід підбирати камеру з відповідною дальністю виявлення. Наприклад, якщо людина підійде досить близько до камери, то інфрачервоне підсвічування просто засвітить обличчя, а отже, не можна буде провести розпізнання об'єкта, і як наслідок – відсутність результату системи відеоспостереження у нічний час. Щоб такого не сталося, треба враховувати діапазон ІЧ підсвічування. Наприклад, якщо діапазон 20 метрів, то немає сенсу ставити таку відеокамеру, де люди ходитимуть на відстані 1–3 метри. У сучасних камерах відеонагляду є функція Smart IR, що забезпечує

автоматичне зменшення потужності ІЧ підсвічування залежно від рівня освітленості, але вона також не завжди рятує ситуацію. Вигляд зображення з відеокамер з неактивованою та активованою функцією Smart IR показано на рис. 3.7.



Рис. 3.7. Зображення з відеокамер з неактивованою та активованою функцією Smart IR

Якщо світлодіоди ІЧ підсвічування розташовані позаду захисного скла корпусу, то воно може відбивати частину ІЧ випромінювання і цим самим спотворювати зображення. Тому в багатьох відеокамерах останніх моделей ІЧ освітлювач розміщений на зовнішньому периметрі корпусу.

До мінусів використання ІЧ підсвічування у відеокамерах можна віднести:

- високу чутливість до різних мікрочастинок у повітрі (все, що відбиває ІЧ випромінювання – сніжинки, краплі дощу, навіть пил – спотворюють зображення);

- неможливість ідентифікувати об'єкти за кольором.

Однак на сьогодні існує технологія Starlight, яка забезпечує можливість отримувати у відеокамерах якісну кольорову картинку в майже повній темряві без додаткового ІЧ підсвічування. Для її реалізації використовуються CMOS-матриці Starvis, в яких світлочутливий прошарок розташований не позаду, а перед областю “зняття відеосигналу”. Тож втрати світла, що потрапляє на об'єктив, є мінімальними. Нічні зображення з відеокамери за технологією Starlight та відеокамери з ІЧ підсвічуванням показано на рис. 3.8.



Рис. 3.8. Нічні зображення з відеокамери за технологією Starlight та відеокамери з ІЧ підсвічуванням

У відеокамері не використовується ІЧ підсвічування (на це не витрачається заряд акумулятора), отже дальність захоплення сигналу не залежить від рівня освітленості місцевості і не має обмежень – усе, що потрапило в зону покриття камери, буде чітко (аж до 4K) деталізовано і в кольорі відображено на відео. Така камера може працювати практично у повній темряві (мінімум освітлення – 0,00825 лк). На якість зображення не впливає “засліплення об’єктива” фарами автомобіля чи різниця у відбитті світла, скажімо снігом чи асфальтом.

Фокусна відстань об’єктива та поле зору відеокамери

Фокусна відстань – це відстань від об’єктива до матриці відеокамери, на яку і фокусується зображення (вимірюється в міліметрах) (рис. 3.9).

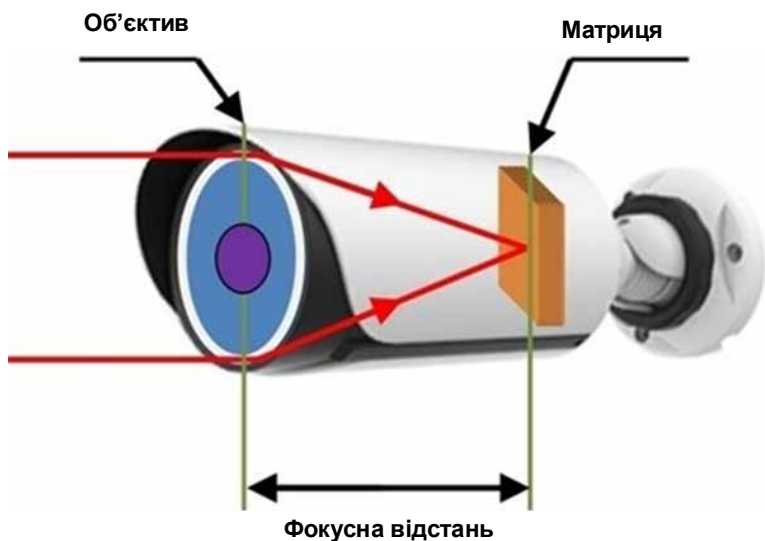


Рис 3.9. Фокусна відстань об'єктива відеокамери

Від фокусної відстані залежить, наскільки далеко або як широко зможе показувати відеокамера. Розрахунок кута поля зору відеокамери зображено на рис. 3.10.

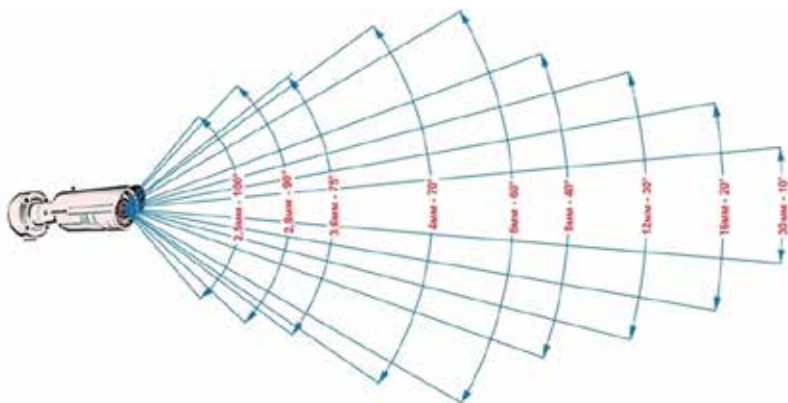


Рис. 3.10. Поле зору відеокамери залежно від фокусної відстані об'єктива

У виборі фокусної відстані об'єктива *слід пам'ятати*, що чим менше міліметрів фокусна відстань об'єктива (наприклад 2,8 мм), тим більшу площу огляду вона буде охоплювати. Такі ширококутні

об'єктиви підходять для загального огляду, наприклад, на парковках або прибудинковій території. Вибравши об'єktiv з великою фокусною відстанню (наприклад 6 або 12 мм) – охоплення території буде менше. Такі об'єктиви використовують, де необхідно більш детальне зображення. Найпопулярнішим значенням фокусної відстані у відеокамері є величина в 4 мм, яка приблизно дорівнює куту огляду в 70° по горизонталі, і це наближене число до кута зору звичайного людського ока. Камери з таким об'єktivом є універсальним рішенням для інсталяції системи відеоспостереження в типових приміщеннях.

3.3. Цифрові біноклі

Порівняно недавно на ринку оптичних товарів з'явилися цифрові біноклі, які отримали функцію фото- та відеозапису. Ці засоби спостереження надають можливість спостерігати, дозволяють як дивитися, так і фотографувати або здійснювати відеозапис об'єktivів спостереження. Існують такі варіанти цифрових біноклів: з окремим оптичним каналом та виведенням зображення на LCD дисплей (рис. 3.11, а), де цифровий бінокль поєднав якості звичайного бінокля і відеокамери; формуванням зображення на LCD дисплеї через спостереження в окуляри (рис. 3.11, б).



Рис. 3.11. Цифрові біноклі:

а – з окремим оптичним каналом та виведенням зображення на LCD дисплей; б – з формуванням зображення на LCD дисплеї через спостереження в окуляри

Однак треба зазначити, що цифровий бінокль є переносним засобом для ведення спостереження та під час використання приладу з великою кратністю зображення набуває “танцювального” ефекту. Тому для спостереження та зйомки рекомендується використовувати штатив, інакше знімки будуть розмитими. Окрім того, цифрові біноклі не оснащуються модулем ІЧ підсвічування, оскільки в нічних умовах для спостереження використовується інша група оптико-електронних приладів – прилади нічного бачення.

3.4. Прилади нічного бачення

Прилади нічного бачення призначені для забезпечення ведення спостереження в темний час доби за нормальної прозорості атмосфери.

3.4.1. Історія створення та покоління приладів нічного бачення

Перший ПНБ був розроблений голландським ученим Холстом у 1934 році в дослідному центрі фірми “Філіпс”. Цей прилад відомий як “стакан Холста”.

Покоління 0. Періодом бурхливого розвитку ПНБ стала Друга світова війна. Лідером у їх розробці та застосуванні була гітлерівська Німеччина. Перший прототип прицілу нічного бачення був створений німецькою компанією Allgemeine Electricitats-Gesellschaft (AEG) у 1936 році, він призначався для установки на протитанкових гарматах Pak 35/36 L/45. До 1944 року німецькі протитанкові гармати Pak 40 могли вести вогонь, використовуючи ПНБ на дистанції до 700 метрів. Приблизно в цей же час танкові війська вермахту отримали ПНБ Sperber FG 1250, із застосуванням якого відбувся останній великий німецький наступ на східному фронті неподалік від угорського озера Балатон.

Усі перераховані вище ПНБ належали до так званого нульового покоління. Подібні пристрої відрізнялися дуже слабкою чутливістю, тому для нормальної їхньої роботи обов’язковим було додаткове джерело інфрачервоного світла.

Покоління 1. Досвід Другої світової війни показав, що ПНБ мають прекрасні перспективи. Стало зрозуміло, що ця технологія може серйозно змінити спосіб ведення бойових дій не тільки на суші, але в повітрі і на морі. Однак для цього ПНБ нульового покоління повинні були позбутися великої кількості властивих їм недоліків, головним з яких була їхня низь-

ка чутливість. Вона не тільки обмежувала дальність ПНБ, а й примушувала використовувати разом з приладом громіздкий і дуже енергоємний ІЧ прожектор. Загалом конструкція перших ПНБ була занадто складною та не відрізнялася достатньою надійністю.

Незабаром на зміну примітивним ПНБ військового періоду прийшли прилади першого покоління, засновані на використанні ЕОП з електростатичним фокусуванням. Вони були здатні посилювати вхідний сигнал у кілька тисяч разів. Це дозволило відмовитися від додаткового ІЧ підсвічування, ІЧ прожектори не тільки робили прилад тяжчим, але і демаскували бійця на полі бою. Піку досконалості ПНБ першого покоління досягли до 60-х років минулого століття. У цей період США активно використовували ПНБ під час В'єтнамської війни.

Головним недоліком ЕОП ПНБ 1-го покоління є те, що чітке зображення спостерігається лише в центрі. Крім того, якщо в поле зору потрапляють яскраві джерела світла, наприклад, вогонь від вибухів снарядів, мін, ліхтарі, що світяться, та інше, то вони можуть засвітити все зображення, перешкоджаючи можливості спостереження. Для збільшення коефіцієнта підсилення ЕОП іноді послідовно з'єднували два, три і більше виробів, збираючи конструктивно їх в один корпус (рис. 3.12).

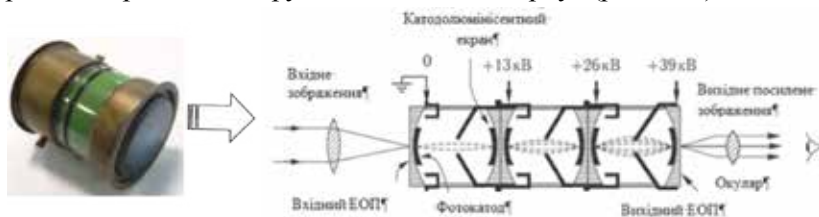


Рис. 3.12. Електронно-оптичний перетворювач 1-го покоління

Покоління 2. Прилади нічного бачення другого покоління з'явилися завдяки появі революційної мікроканальної технології, це сталося у 70-ті роки. Суть її полягала в тому, що тепер оптичні пластини засівались порожнистими трубками-каналами діаметром 10 мкм і довжиною не більше 1 мм. Фотон світла, потрапляючи в кожен з подібних каналів, викликає вибивання цілого каскаду електронів, що значно посилює чутливість приладу. Так, ПНБ 2-го покоління посилення вхідного світла могли досягати 40 тис. раз.

Покоління 3. Це покоління відрізняється від ПНБ 2-го покоління тим, що прилади мають фотокатод на основі арсеніду галію, що до-

зволило збільшити чутливість на порядок. При цьому ПНБ третього покоління можуть посилювати вхідне світло у 100 тис. раз.

Характеристики ЕОП подано у табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Характеристики ЕОП 1, 2, 3-го покоління

Параметри ЕОП	1-ше покоління	2-ге покоління	3-тє покоління
Підсилення світла	До 1 000	До 40 000	До 80 000
Чутливість фото-катада	До 350 мкА/лм	До 500 мкА/лм	До 2700 мкА/лм
Розрішення	30–50 штр/мм	35–50 штр/мм	64–72 штр/мм
Дальність спостереження	200 м	600 м	1 000 м
Ресурс, год	2 000	3 000	10 000

3.4.2. Будова та принцип роботи приладу нічного бачення

Прилад нічного бачення складається з корпусу, об'єктива, електронно-оптичного перетворювача, блока живлення, окуляра та ІЧ випромінювача (рис. 3.13).

Принцип роботи ПНБ полягає у багаторазовому підсиленні яскравості зображення в ділянці видимого та ближнього ІЧ спектрів випромінювання, яке не відбивається від об'єктів спостереження у разі освітлення їх джерелами природного чи штучного освітлення (рис. 3.14).

Зображення об'єкта, що спостерігається через об'єktiv, проєктується в перевернутому вигляді на вхідне скло ЕОП, що являє собою вакуумну лампу з двома плоскими торцями з вхідним та вихідним вікнами відповідно. З внутрішнього боку вхідного вікна нанесений тонкий шар світлочутливого матеріалу (фотокатод), з поверхні якого при поглинанні фотонів світла вириваються електрони. З внутрішнього боку вихідного вікна знаходиться екран, покритий шаром люмінофору (матеріал, який випромінює світло у разі бомбардування його електронами). Перенесення електронів, що вибиті з поверхні фотокатода, забезпечується електростатичним полем, для цього до фотокатода та екрана прикладена напруга у десятки кВ. Отримане на екрані зображення розглядається через окуляр.

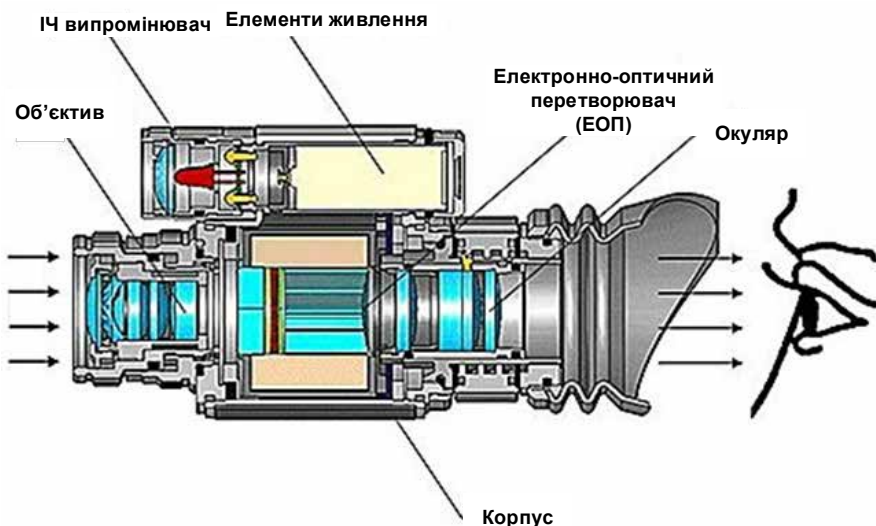


Рис. 3.13. Будова приладу нічного бачення

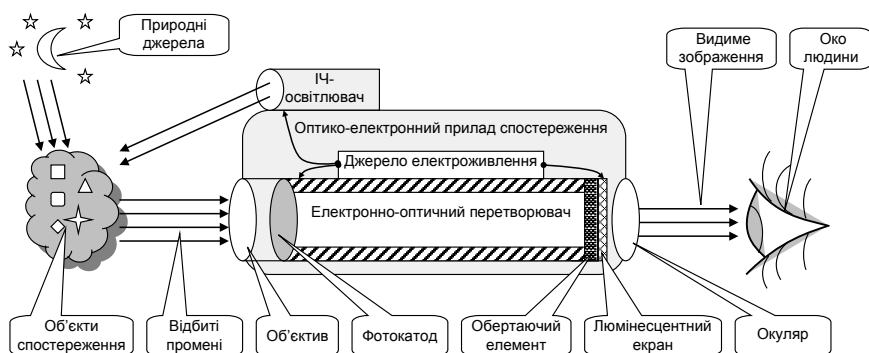


Рис. 3.14. Принцип роботи приладу нічного бачення

У більшості ПНБ для відображення картинки за замовчуванням використовується зелений фон. Це зроблено з практичних міркувань, оскільки фізіологія людського ока дозволяє вловлювати найбільшу кількість відтінків саме в зеленому кольорі.

Основним елементом ПНБ є електронно-оптичний перетворювач, це – електровакуумний пристрій, що перетворює зображення одного спектрального складу (ІЧ, видиме) у проміжне електронне, а потім з електронного у видиме. Електронно-оптичний перетворювач являє

собою скляний балон, у якому створено глибокий вакуум. На внутрішній стінці ЕОП, зверненій до об'єкта, нанесено напівпрозорий фото-чутливий шар (фотокатод), який легко віддає електрони під впливом ІЧ променів (рис. 3.15).

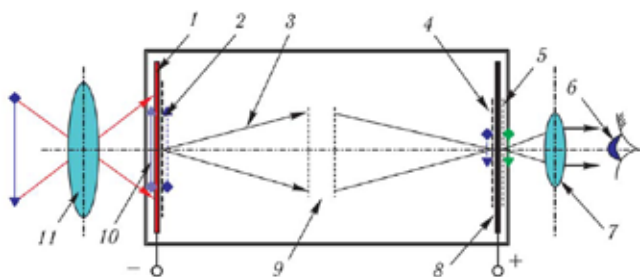


Рис. 3.15. Принцип роботи ЕОП:

- 1 – фотокатод; 2 – електронне зображення об'єкта на фотокатоді; 3 – траєкторії електронів; 4 – електронне зображення на екрані; 5 – оптичне зображення на екрані; 6 – око спостерігача; 7 – окуляр; 8 – катодолумінесцентний екран; 9 – фокуруюча електронно-оптична система; 10 – оптичне зображення на фотокатоді; 11 – об'єкт

Крім традиційних аналогових ПНБ різних поколінь, у яких використовується ЕОП, існує такий різновид, як цифровий ПНБ. Принцип роботи таких приладів істотно відрізняється від звичайних (аналогових). У них для побудови зображення задіяний процесор. У приладі стоїть матриця, яка працює в ІЧ спектрі випромінювання. У цифрових ПНБ використовують CCD або CMOS матриці. Через об'єкти приладу випромінювання потрапляє на матрицю, яка перетворює його на зображення на цифровому екрані приладу. Цифрові ПНБ не чутливі до зайвої потужності світла, не бояться спалахів та інтенсивних джерел освітлення, порівняно з аналоговими ПНБ, що мають ЕОП, які можуть бути пошкоджені. Ця особливість робить робочий ресурс цифрових ПНБ практично необмеженим. Цифрові ПНБ відрізняються істотним мінусом – нездатні працювати у сильній темряві без зовнішнього ІЧ підсвічування. Для таких ПНБ необхідна приблизно така освітленість, як для морально застарілих ПНБ першого поління. Також цифрові ПНБ поступаються роздільною здатністю та передаванням відтінків. Головною перевагою порівняно з аналоговими ПНБ є більш низька ціна.

3.4.3. Технічні параметри та конструктивні особливості приладів нічного бачення

Основні технічні параметри ПНБ визначаються характеристиками ЕОП та оптичних систем цих приладів.

Збільшення ПНБ

Ця характеристика вказує, у скільки разів зображення об'єкта, що спостерігається у прилад, більше цього ж об'єкта, коли він спостерігається неозброєним оком. Одиниця виміру – крат.

Для більшості ПНБ, у тому числі і цифрових, типові значення збільшення знаходяться у межах від 1^x до 5^x , оскільки основне завдання ПНБ – виявлення та розпізнання об'єктів в умовах низької освітленості. Зростання збільшення у ПНБ призводить до суттєвого зниження загальної світлосили приладу, як наслідок – зображення буде темнішим, порівняно з аналогічним приладом, що має менше збільшення. Падіння світлосили зі зростанням збільшення може бути компенсовано збільшенням діаметра об'єктива, але це призведе до збільшення габаритних розмірів та маси приладу, що знижує загальну зручність використання носимих ПНБ (особливо прицілів, користувачам яких додатково доводиться ще утримувати зброю в руках).

Збільшення цифрового ПНБ визначається фокусними відстанями об'єктива й окуляра, а також коефіцієнтом масштабування, що дорівнює відношенню діагоналей дисплея та матриці

$$\Gamma = \frac{f_{об}}{f_{ок}} \cdot K = \frac{f_{об}}{f_{ок}} \cdot \frac{l_d}{l_m},$$

де $f_{об}$ – фокусна відстань об'єктива, мм; $f_{ок}$ – фокусна відстань окуляра, мм; l_d – діагональ дисплея, мм; l_m – діагональ матриці, мм.

Роздільна здатність ПНБ

Роздільна здатність – це здатність ПНБ зображати окремо дві близько розміщені точки або лінії. Роздільна здатність указується у штрихах на міліметр (штр/мм) або лініях на міліметр (лін/мм, lpm – в англomовному варіанті), може бути також зазначена у кутових величинах – секундах або хвилинах.

Чим більше значення у штрихах (лініях) на міліметр та чим менше у кутових величинах, тим вищою є роздільна здатність. Чим вище роздільна здатність приладу, тим більш чітке зображення бачить спостерігач. Для ПНБ бажано мати роздільну здатність не менше 25 штр/мм – така роздільна здатність дозволяє з відстані 100 метрів відрізнити фігуру людини від тварини або іншого об’єкта зі схожими розмірами.

На роздільну здатність впливають параметри оптичних елементів приладу, матриці, дисплея, схемо-технічні рішення, що реалізовані у приладі, а також алгоритми обробки сигналів. Так, для прикладу, існує такий вплив на роздільну здатність оптичних елементів приладу: чим більше діаметр об’єктива, тим більше його збільшення та світлосила, відповідно тим більше буде видно дрібних деталей. Неякісний окуляр здатний “загубити” навіть найчіткіше зображення, що сформовано компонентами приладу на дисплеї.

Значний вплив на роздільну здатність цифрового ПНБ здійснюють параметри матриці (кількість пікселів, розмір матриці).

Чутливість ПНБ

Для визначення чутливості відеокамер використовують величину мінімального рівня освітленості (люкси), за якої прилад може формувати зображення.

Однак ПНБ використовують лише вночі, коли рівень освітленості занадто низький або взагалі використовується ІЧ підсвічування, тому для характеристик чутливості ПНБ більш коректними є енергетичні величини, що описують світловий потік. Порівняно з освітленістю у видимому діапазоні спектра, освітленість в ІЧ області спектра неможливо виміряти в люксах, тому в цьому випадку доцільно використовувати універсальну одиницю вимірювання – ват. Показником чутливості ПНБ може бути величина мінімальної потужності ІЧ випромінювання, що надходить на вхід ПНБ та за якої прилад може формувати зображення з роздільною здатністю не нижче 25 штр/мм.

Існує також поняття спектральної чутливості – мінімальної потужності випромінювання на конкретній довжині хвилі (наприклад ІЧ області спектра). У разі спектральної чутливості вказується довжина хвилі випромінювання, на якій отримано це значення чутливості.

Чутливість ПНБ залежить від таких параметрів, як: світлосила та якість об’єктива, параметри матриці (фізичний розмір та тип матриці),

алгоритми обробки сигналу та якість схемо-технічних рішень, що реалізовані в приладі.

Для отримання високої чутливості ПНБ необхідно максимально “зібрати” всі фотони світла та “перенести” їх у світлочутливу площину матриці. Важливу роль у цьому процесі відіграє об’єктив та такі його параметри, як світлосила, кількість лінз в оптичній системі, якість просвітлення покриттів на поверхнях лінз, наявність чорних торців лінз (для виключення світлорозсіювання всередині об’єктива).

Для визначення чутливості ПНБ треба враховувати існування певних залежностей.

Чим вища світлосила об’єктива (збільшується у разі збільшення діаметра об’єктива та зменшення фокусної відстані об’єктива), тим вища чутливість ПНБ.

Чим більше лінз застосовується в об’єктиві, тим менша світлосила, а відповідно, чутливість ПНБ.

Чим вище коефіцієнт пропускання об’єктива, тим вища чутливість ПНБ.

Поле зору ПНБ

Характеризує розмір простору, який можна одночасно розглядати за допомогою ПНБ. Зазвичай поле зору вказується у градусах (кут поля зору на рис. 3.16 зазначений як 2ω або в метрах для конкретної дистанції L до об’єкта спостереження, лінійне поле зору зазначено як A).

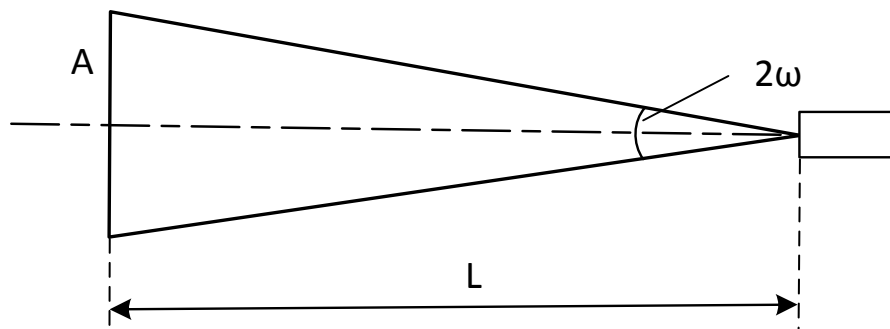


Рис. 3.16. Поле зору ПНБ

Поле зору цифрових ПНБ визначається фокусною відстанню об’єктива ($f_{об}$) та фізичним розміром матриці (B). Зазвичай як розмір

матриці для розрахунку поля зору беруть ширину (розмір по горизонталі), у результаті отримують кутове поле зору по горизонталі.

$$2\omega = 2\arctg \frac{B}{2 \cdot f_{об}}$$

За розмірами матриці по вертикалі (висоту) та по діагоналі можна розрахувати кутове поле зору ПНБ по вертикалі або по діагоналі.

Чим більше розмір матриці або менше фокусна відстань об'єктива, тим більше буде кут поля зору.

Чим більше кут поля зору ПНБ, тим більш комфортніше вести спостереження за об'єктами – немає необхідності постійно переміщати прилад, щоб розглянути необхідну частину простору. Важливо також розуміти, що поле зору зворотно пропорційно збільшенню – зі зростанням кратності приладу його поле зору зменшується (рис. 3.17).



Рис. 3.17. Поле зору ПНБ залежно від його збільшення

Водночас у разі збільшення поля зору відбудеться зниження дистанції виявлення та розпізнання, оскільки буде зменшуватись кратність, а за необхідності використання ІЧ підсвічування для комфортного спостереження необхідним буде ІЧ освітлювач з великим кутом розповсюдження випромінювання (приблизно повинен відповідати куту поля зору приладу), що призведе до зменшення дальності підсвічування ІЧ освітлювачем.

Віддалення вихідної зіниці ПНБ

Відділення вихідної зіниці – це відстань від зовнішньої поверхні останньої лінзи окуляра до площини розміщення ока спостерігача. При цьому зображення, що спостерігається, буде оптимальним (максимальне поле зору, мінімальні спотворення). Найбільш важливим цей показник є для прицілів, у яких зазвичай віддалення вихідної зіниці має бути не менше 50 мм, а оптимально – 80–100 мм. Таке значне віддалення вихідної зіниці необхідно для того, щоб виключити травмування спостерігача окуляром прицілу при віддачі під час пострілу. Зазвичай у ПНБ віддалення вихідної зіниці приблизно дорівнює довжині наочника, що потрібен уночі для маскування світіння екрана (дисплея).

Дальність виявлення та розпізнання ПНБ

Дальність виявлення – максимальна відстань від приладу спостереження до деякого об'єкта (зазвичай людини), який може бути виявлений у разі спостереження у прилад.

Дальність розпізнання – максимальна відстань, на якій спостерігач може розрізнити тип об'єкта (людина, тварина, автомобіль, будівля тощо).

Ці величини не є постійними для конкретного приладу та залежать від таких параметрів: збільшення, роздільної здатності, чутливості, умов спостереження, властивостей об'єкта спостереження, ступеня контрасту між фоном та об'єктом, використання ІЧ освітлювача.

Прилади нічного бачення, у яких збільшення більше (за рівних інших параметрів), дозволяють приблизити об'єкти, що розглядаються, а відповідно дальність виявлення та розпізнання у таких приладів буде більша.

Роздільна здатність здебільшого впливає на дальність розпізнання. Так, високе значення роздільної здатності ПНБ дозволяє спостері-

гачу впевнено розпізнати тип об'єкта спостереження за рахунок більш чіткого зображення дрібних деталей об'єкта.

Так само на дальність виявлення та розпізнання впливає чутливість ПНБ. Прилади з більш високою чутливістю дозволяють отримати чіткіше та контрастне зображення об'єкта спостереження на більшій дистанції, ніж прилади з меншою чутливістю.

Окрім параметрів самого ПНБ, на дальність спостереження та розпізнання суттєво впливають умови спостереження та властивості самого об'єкта спостереження. Умови спостереження визначаються рівнем природної нічної освітленості, прозорості атмосфери. У разі зниження освітленості та прозорості атмосфери (наявність імлі, туману, пилу) дальність виявлення та розпізнання буде зменшуватись.

Не менше на дальність виявлення та розпізнання впливають відбивальні властивості об'єкта спостереження, які визначаються кольором, фактурою поверхні об'єкта (глянцева, матова), а також ступенем контрасту об'єкта порівняно з фоном, на якому цей об'єкт спостерігається.

В умовах низької природної освітленості дальність виявлення та розпізнання можна збільшити за рахунок застосування ІЧ освітлювача.

Інфрачервоне підсвічування в ПНБ

Як правило, усі сучасні ПНБ мають вбудовані ІЧ освітлювачі, які за типом джерел випромінювання можна поділити на світлодіодні та лазерні.

Більшого поширення набули світлодіодні освітлювачі, у яких використовується світлодіод, що випромінює на довжині хвилі ІЧ діапазону. Зустрічаються світлодіодні освітлювачі з різними довжинами випромінювання (найбільш часто 0,805 мкм, 850 мкм, 940 мкм) та з різною потужністю.

Лазерні освітлювачі виготовляються на основі лазерних напівпровідникових діодів. Їхнє випромінювання є когерентним, тобто всі фотони світла, що складають випромінювання, мають однакову енергію, напрямок і довжину хвилі випромінювання. За рахунок цього пучок випромінювання має високу щільність енергії у вузькому спектральному діапазоні, яка зберігається навіть на значних відстанях. Світлодіоди, навпаки, мають розсіяне випромінювання, що характеризується широким спектральним діапазоном та значними втратами енергії під час віддалення від джерела випромінювання. Це означає, що за однакової потужності випромінювання лазерний ІЧ освітлювач здатний "підсвітити"

об'єкт спостереження на більших дистанціях порівняно з ІЧ світлодіодним освітлювачем. Енергоспоживання у лазерних освітлювачів нижче, ніж у світлодіодних за однакових потужностей випромінювання.

Небезпека лазерного випромінювання та складність проектування безпечних лазерних освітлювачів – два фактори, що утримують їх від розповсюдження. Без прив'язки до потужності лазери потенційно небезпечні для людського зору. Лазерні ІЧ освітлювачі, що використовуються з ПНБ, випромінюють в області ближнього ІЧ випромінювання та становлять небезпеку для очей, оскільки випромінювання видимого та ближнього ІЧ діапазону добре пропускається кришталиком ока та фокусується на сітківці.

Висока потужність енергії у вузькому пучку випромінювання забезпечує лазерному ІЧ освітлювачу високу дальність дії, але за необережного поводження може призвести до опіків сітківки ока, що супроводжується короткочасним або навіть незворотним розладом зору (повна його втрата, катаракта, фізичне руйнування очного яблука). Небезпеку може являти не тільки пряме, але і відбите випромінювання.

Кут розповсюдження випромінювання ІЧ освітлювача повинен бути наближений до кута поля зору ПНБ, щоб освітлювати весь простір, який видно у прилад. Чим більше кут розповсюдження, тим менша освітленість за площею та відповідно менша дальність освітлення. На практиці ІЧ освітлювачі мають нерівномірне розподілення енергії (освітленості) за площею плями випромінювання. Як правило, центральна зона плями випромінювання має більшу енергію порівняно з краями плями. Фактично це означає, що спостерігач здебільшого буде помічати падіння освітленості по краях зони, що підсвічується, тоді як центральна частина буде підсвічуватись більш інтенсивно.

3.4.4. Характеристики, комплекти, будова і підготовка до роботи приладів нічного бачення

Тактико-технічні характеристики ПНБ дещо відрізняються від оптичних приладів, що обумовлено їх будовою. На озброєнні ДПСУ в основному знаходяться ПНБ другого та третього покоління.

Тактико-технічні характеристики ПНБ

Тактико-технічні характеристики ПНБ, якими оснащені (оснащувалися) прикордонні підрозділи, зазначено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Тактико-технічні характеристики приладу нічного бачення

Параметри	БН-2 (1ПН-50 “Реліквія”)	М-317L “Медитон”	Dedal-45-B	DVS-8-A	ПН-14К (окуляр/ бінокль)
1	2	3	4	5	6
Зовнішній вигляд					
Максимальна дальність спостереження, км	0,8 1,1	0,9 1,2	0,25 0,6	0,25 0,6	0,18 / 0,4 0,4 / 0,6
Збільшення (кратність), разів	3,5	2,5	4,4 / 3,6	1,0...9,6 (залежить від насадки)	1 / 4
Поле зору, град.	12	15	10	4...40 (залежить від насадки)	40 / 9
Джерело електроживлення	5Д-0,55С	2хАА	2хАА	2хАА	1хАА
Напруга електроживлення, В	5,75...7,3	3	3	3	1,5

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6
Максимальний час безперервної роботи без заміни джерела електроживлення (при температурі 25 °С, також залежить від режиму роботи), год	3...8	7	5...30	60 (пасивний режим) 5 (активний режим)	2...10
Вага (робоче/похідне положення), кг	1,8	1,1	1,2 / 1,5	0,42 (без насадок та оголів'я)	без маски: 0,45/0,75 з маскою: до 0,9
Діапазон робочих температур, °С	- 50...50	- 20...45	- 20...50	- 40...50	- 50...50
Параметри	МО-4	NVG-7	Leica big-25	Leica big-35	PVS-14
1	2	3	4	5	6
Зовнішній вигляд					
Максимальна дальність спостереження, км людини транспортного засобу	0,2 0,6	0,2 0,6	0,2 0,6	0,6 1	0,2 0,6

1	2	3	4	5	6
Збільшення (кратність), разів	3	1 (окуляр) 4 (бінокль з додатковою насадкою)	1	3	1
Поле зору, град.	16	40 (у вигляді окулярів при 1х)	41	12,5	40
Джерело електроживлення	2хCR-123	1хCR-123	2хAA	2хAA	1хAA / 1хCR123
Напруга електроживлення, В	6	3	3	3	1,5 (1хAA) 3 (1хCR123)
Максимальний час безперервної роботи без заміни джерела електроживлення (при температурі 25 °С, також залежить від режиму роботи), год	10...20	10	10	20	60 (пасивний режим) 55 (ПЧ підсвічування 10 % від загального часу)
Вага (робоче/похідне положення), кг	0,8	0,45	0,5	1,19	0,35
Діапазон робочих температур, °С	-40...50	-30...40	-30...45	-35...45	-40...50

**Комплект, будова та робота з ПНБ.
Прилад нічного бачення Dedal-45-B**

Склад комплекту та будова Dedal-45-B наведені в табл. 3.4, 3.5.

Таблиця 3.4

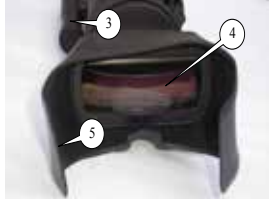
Склад комплекту Dedal-45-B

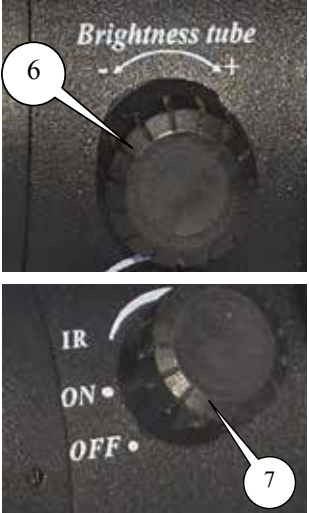
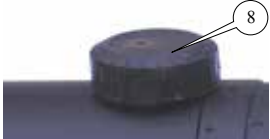
Назва складових приладу	Вигляд
1 – прилад; 2 – ремінець для утримання приладу; 3 – захисна діафрагма	
4 – чохол для перенесення	

Додатково може поставлятися монокулярна насадка, адаптерне кільце для під'єднання фото- та відеокамер.

Таблиця 3.5

Будова приладу Dedal-45-B

Складові	Вигляд
1	2
1 – об'єктив приладу; 2 – об'єктив ІЧ освітлювача	
3 – батарейний відсік; 4 – окуляр; 5 – гумовий наочник	

1	2
6 – ручка регулювання яскравості зображення; 7 – ручка включення (ON) / виключення (OFF) приладу та переключення потужності ІЧ освітлювача (IR: 10, 25, 75 мВт)	
8 – ручка фокусування об'єктива	

Порядок роботи з приладом:

- 1) заздалегідь провести контрольний огляд приладу;
- 2) вийняти з чохла прилад та утримувати його правою рукою за допомогою ремінця;
- 3) зняти кришку батарейного відсіку, установити елементи живлення відповідно до позначення на корпусі відсіку, закрити кришку відсіку;
- 4) повернути ручку включення в положення "ON". На екрані повинне з'явитися зеленувате світіння (пасивний режим);
- 5) за необхідності зняти захисну діафрагму з об'єктива;
- 6) для отримання чіткого зображення сфокусувати прилад за допомогою ручки фокусування;
- 7) за необхідності освітлення об'єкта спостереження перевести ручку включення в одне з трьох положень "IR" – вмикається ІЧ освітлювач, прилад перебуває в активному режимі;

8) для покращання зображення відрегулювати ручкою “Brightness-tube” яскравість освітлення екрана;

9) вести спостереження;

10) після закінчення роботи виключити живлення повертанням у положення “OFF”;

11) закрити об’єктив захисною діафрагмою, укласти прилад у чохол.

Особливості експлуатації:

1) прилад працює від двох батарей типу AA. Переконайтеся, що вони у працездатному стані;

2) фото- та відеозйомка виконуються при встановленні на прилад монокулярної насадки, до якої через адаптерне кільце можуть під’єднуватись камери типу “Nicon”, “SLR”, “Canon”, “Pentax” зі стандартним об’єктивом.

Окуляри нічного бачення DVS-8

Склад комплекту й будова DVS-8 наведені в таблицях 3.6. і 3.7.

Таблиця 3.6

Склад комплекту

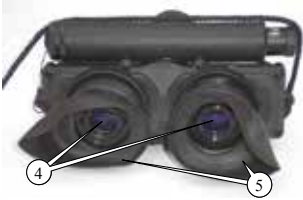
Складові	Вигляд
1 – прилад з об’єктивом 26 мм F/1.1 або 26 мм F/1.2; 2 – захисна діафрагма; 3 – шнур для носіння	
4 – чохол для перенесення	

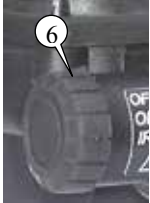
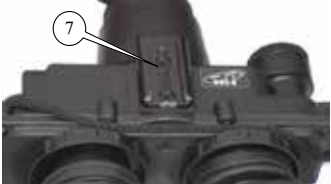
Додаткове приладдя, яке не входить у стандартний комплект поставки:

- 1) оптична насадка на ІЧ освітлювач;
- 2) 3-кратна насадка;
- 3) об'єктив 100 мм F/1.5;
- 4) об'єктив 165 мм F/2.0;
- 5) об'єктив 250 мм F/2.0;
- 6) оголів'я для закріплення приладу на голові (рекомендується для приладу з кратністю 1.0);
- 7) кріплення приладу на касці (рекомендується для приладу з кратністю 1.0);
- 8) штатив для установки DVS-8 з об'єктивом 250 мм;
- 9) напівжорсткий корф для укладки та перенесення приладу DVS-8 у комплекті з об'єктивом 250 мм, штативом, трикратною насадкою;
- 10) жорсткий корф Peli (з модульними перегородками) для укладення та перенесення приладу DVS-8 у комплекті з об'єктивом 250 мм, штативом, трикратною насадкою.

Таблиця 3.7

Будова приладу

Складові	Вигляд
1	2
1 – об'єктив приладу; 2 – об'єктив ІЧ освітлювача; 3 – батарейний відсік	
4 – окуляри; 5 – гумові наочники	

1	2
6 – ручка включення (ON) / виключення (OFF) приладу та переключення потужності ІЧ освітлювача (IR: 5, 25, 75 мВт)	
7 – кріплення до оголів'я	
8 – оголів'я	

Порядок роботи з приладом:

- 1) заздалегідь провести контрольний огляд приладу;
- 2) вийняти з чохла, повісити його на шию за допомогою шнура;
- 3) зняти кришку батарейного відсіку, установити елементи живлення відповідно до позначення на його корпусі, зачинити кришку батарейного відсіку;
- 4) зняти захисну діафрагму;
- 5) включити прилад обертанням ручки включення в положення “ON” – з’явиться світіння зеленуватого кольору (пасивний режим);
- 6) установити зручну міжосьову відстань між очима за рахунок зближення або віддалення окулярів;
- 7) для отримання чіткого зображення сфокусуйте прилад, обертуючи об’єктив та окуляри;

8) за необхідності освітлення об'єкта спостереження перевести ручку включення в одне з трьох положень “IR” – вмикається ІЧ освітлювач, прилад перебуває в активному режимі.

Прилади можуть бути без індикатора включення ІЧ освітлювача або з ним.

В останньому випадку у разі включеного ІЧ освітлювача у правій половині зображення з'явиться світло індикатора.

Для забезпечення найбільшої ефективної дальності дії ІЧ освітлювача необхідно встановити додаткову оптичну насадку на ІЧ освітлювач;

9) для закріплення приладу на голові використовувати оголів'я, для комфортної роботи окуляри потрібно припасувати під голову користувача;

10) для забезпечення найбільшої кратності спостереження використати оптичні насадки різних кратностей;

11) після закінчення роботи перевести ручку включення в положення “OFF”;

12) закрити захисну діафрагму об'єктива.

Прилад нічного бачення ПН-14К

Склад комплекту й будова ПН-14К наведені в табл. 3.8 і 3.9.

Таблиця 3.8

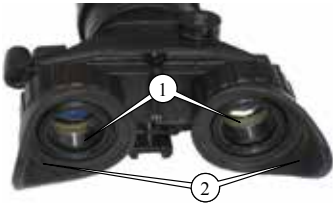
Склад комплекту ПН-14К

Складові	Вигляд
1	2
1 – прилад з об'єктивом 1F27; 2 – захисна діафрагма; 3 – ремінь	

1	2
4 – прилад з маскою	
5 – сумка для перенесення	
на замовлення: 1 – об’єктив F100; 2 – захисна діафрагма	

Таблиця 3.9

Будова приладу ПН-14К

Складові	Вигляд
1	2
1 – окуляри; 2 – гумові наочники	

1	2
3 – кріплення для маски; 4 – батарейний відсік; 5 – паз для кріплення ремня	
6 – патрон осушування; 7 – ІЧ освітлювач; 8 – кнопка включення приладу	

Порядок роботи з приладом:

- 1) заздалегідь провести контрольний огляд приладу;
- 2) вийняти із сумки прилад;
- 3) зняти кришку батарейного відсіку, установити елемент живлення відповідно до позначення на корпусі, закрити кришку;
- 4) надягнути маску на голову, припасувати довжину ремінів кріплення маски, розмістити прилад на масці на зручній для очей відстані;
- 5) натиснути кнопку ввімкнення приладу тривалістю до 1,5 с і, спостерігаючи в окуляри, упевнитись, що екран світиться. Обертаючи окуляри, добитися різкого зображення об'єкта, що розглядається;
- 6) увімкнути ІЧ освітлювач, коли освітленість об'єкта недостатня, повторним натисканням кнопки включення приладу (тривалістю більше 1,5 с). Після цього на краю поля зору приладу починає світитися червоний світлоіндикатор. Для виключення ІЧ освітлювача повторно натиснути кнопку включення (тривалістю більше 1,5 с), світлоіндикатор погасне;

7) у разі розряду елемента живлення в полі зору почне блимати червоний світлоіндикатор, що вказує на необхідність заміни батарейки. У конструкції приладу передбачено автоматичне регулювання яскравості екрана. Під час освітленості об'єкта вище допустимого рівня яскравість екрана автоматично знижується аж до повного потемніння. У такому разі необхідно виключити прилад;

8) виключення приладу здійснити коротким натисканням кнопки вклучення приладу;

9) під час використання приладу у варіанті бінокля доцільно замінити об'єктив 1 F27 на довгофокусний F100.

Прилад нічного бачення МО-4

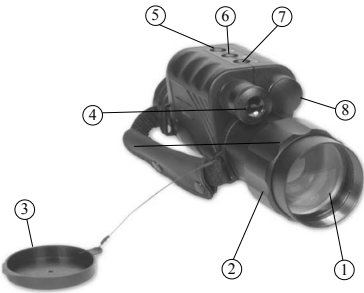
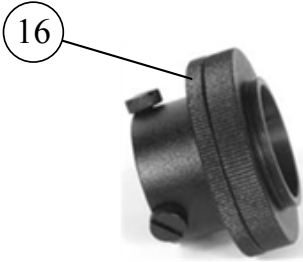
Склад комплекту та будова МО-4 наведені в табл. 3.10 і 3.11.

Таблиця 3.10

Склад комплекту МО-4

Складові	Вигляд
1 – прилад з об'єктивом	
2 – сумка для переноски	

Будова приладу МО-4

1 – об’єктив; 2 – кільце (механізм) фокусування об’єктива приладу; 3 – захисна діафрагма; 4 – ІЧ освітлювач; 5 – кнопка включення / вимкнення приладу; 6 – кнопка включення / вимкнення датчика ІЧ освітлювача; 7 – кнопка включення / вимкнення датчика наближення; 8 – батарейний відсік	
9 – окуляр; 10 – гумовий наочник; 11 – кільце діоптрійного налаштування; 12 – індикатор включення приладу; 13 – індикатор включення ІЧ освітлювача; 14 – датчик наближення; 15 – ручний ремінець	
16 – адаптер для відеокамери (поставляється з різьбою 37 мм і 52 мм)	

Порядок роботи з приладом:

- 1) заздалегідь провести контрольний огляд приладу;
- 2) вийняти прилад із сумки;
- 3) зняти кришку батарейного відсіку, установити елементи живлення відповідно до позначення на корпусі, закрити кришку;

4) увімкнути прилад, натиснувши кнопку включення, при цьому індикатор ON/OFF, коли живлення увімкнено, світиться зеленим кольором;

5) щоб сфокусувати зображення в приладі, спочатку необхідно налаштувати діоптрійність, для цього необхідно кільця діоптрійного налаштування повертати за годинниковою стрілкою до упору, а потім, дивлячись на об'єкт, необхідно повертати кільце діоптрійного налаштування проти годинникової стрілки, поки зернистість зображення не стане чіткою;

6) далі здійснити фокусування за допомогою кільця фокусування, обертаючи його, поки зображення не стане чітким;

7) увімкнути датчик наближення, натиснувши кнопку включення, коли він буде активований, індикатор ON/OFF змінить своє світіння на червоний колір; прилад автоматично буде вмикатися та вимикатися, коли підносити його до ока або забирати від нього. Щоб забезпечити належну роботу датчика наближення, потрібно переконаватися, що захисна скляна поверхня датчика завжди чиста. Виключення датчика наближення здійснюється цією ж кнопкою;

8) за потреби ввімкнути ІЧ освітлювач, натиснувши кнопку включення, що відповідає за це, при цьому індикатор ІЧ освітлювача буде світитися помаранчевим кольором; виключення ІЧ освітлювача здійснюється цією ж кнопкою;

9) після закінчення роботи виключити живлення, натиснувши кнопку включення приладу;

10) закрити об'єktiv захисною діафрагмою (кришкою), укласти прилад у чохол;

11) щоб використовувати МО-4 з відеокамерою, необхідно зробити так:

зняти гумовий наочник з МО-4;

прикрутити адаптер відеокамери до передньої частини об'єктива відеокамери;

відкрутити три гвинти на адаптері камери;

розмістити адаптер камери на окулярі МО-4;

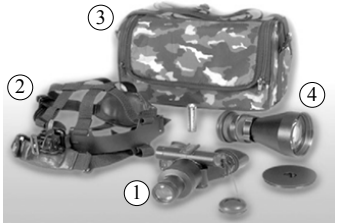
пам'ятайте, що ви не фотографуєте об'єкт, який знаходиться далеко від вас, а насправді ви фотографуєте екран МО-4, який знаходиться лише на відстані 2–3 дюймів.

Прилад нічного бачення NVG-7

Склад комплекту та будова NVG-7 наведені в табл. 3.12 і 3.13.

Таблиця 3.12

Склад комплекту NVG-7

1 – прилад з об'єктивом F27,5 та захисною діафрагмою; 2 – оголів'я; 3 – сумка для перенесення; 4 – об'єktiv F100 із захисною діафрагмою	
---	---

Таблиця 3.13

Будова приладу NVG-7

1 – кнопка включення / вимкнення приладу (ІЧ освітлювача); 2 – кільця діоптрійного налаштування; 3 – гумові наочники з окулярами; 4 – планка кріплення для оголів'я; 5 – батарейний відсік	
6 – кільце (механізм) фокусування об'єктива приладу; 7 – об'єktiv; 8 – захисна діафрагма; 9 – ІЧ освітлювач	

Порядок роботи з приладом:

- 1) заздалегідь провести контрольний огляд приладу;
- 2) вийняти прилад із сумки;
- 3) зняти кришку батарейного відсіку, установити елемент живлення відповідно до позначення на корпусі, закрити кришку;
- 4) натиснути кнопку, що відповідає за включення приладу (коротке натискання тривалістю менше 1,5 с), повинно з'явитись світіння

зеленого кольору в окулярі (не вмикати прилад удень без захисної діафрагми);

5) щоб сфокусувати зображення в приладі, спочатку необхідно налаштувати діоптрійність, для цього необхідно кільця діоптрійного налаштування повертати за годинниковою стрілкою до упору, а потім, дивлячись на об'єкт, необхідно повертати кільце діоптрійного налаштування проти годинникової стрілки, поки зернистість зображення не стане чіткою;

6) далі здійснити фокусування за допомогою кільця фокусування, обертаючи його, поки зображення не стане чітким;

7) щоб увімкнути ІЧ освітлювач, потрібно натиснути кнопку, що відповідає за включення приладу (тривалістю більше 1,5 с); для виключення ІЧ-освітлювача повторно натиснути кнопку включення (тривалістю більше 1,5 с);

8) щоб вимкнути прилад, необхідно натиснути кнопку, що відповідає за включення приладу (тривалістю менше 1,5 с);

9) для закріплення приладу на голові використовувати оголів'я для його комфортної роботи та окуляри потрібно припасувати під голову користувача;

10) після завершення спостереження та вимкнення приладу перевести його в похідне положення (склавши в сумку);

11) при використанні приладу у варіанті бінокля доцільно замінити об'єктив F27,5 на довгофокусний F100.

Прилад нічного бачення Leica big-25

Склад комплекту та будова Leica big-25 наведені в табл. 3.14 і 3.15.

Таблиця 3.14

Склад комплекту Leica big-25

1 – прилад із захисною діафрагмою;	
---	---

2 – оголів'я;
 3 – сумка для перенесення;
 4 – інструкція з експлуатації
 5 – серветки для обслуговування
 оптичної поверхні;
 6 – фільтри для окулярів;
 7 – пензель для обслуговування
 приладу;
 8 – елементи живлення (можуть
 не входити у склад комплекту)



Будова приладу Leica big-25



Порядок роботи з приладом:

- 1) заздалегідь провести контрольний огляд приладу;
- 2) вийняти прилад із сумки;
- 3) зняти кришку батарейного відсіку, установити елементи живлення відповідно до позначення на корпусі, закрити кришку;
- 4) увімкнути прилад, перевівши перемикач “OFF/ON/IR” в положення “ON”, коли живлення буде увімкнено, з’явиться зображення, що світиться зеленим кольором;
- 5) щоб сфокусувати зображення в приладі, спочатку необхідно налаштувати діоптрійність, для цього необхідно кільця діоптрійного налаштування повертати за годинниковою стрілкою до упору, а потім, дивлячись на об’єкт, необхідно повертати кільце діоптрійного налаштування проти годинникової стрілки, поки зернистість зображення не стане чіткою;
- 6) далі здійснити фокусування за допомогою кільця фокусування, обертаючи його, поки зображення не стане чітким;
- 7) увімкнути ІЧ освітлювач залежно від потреби (недостатній рівень освітлення або наявність повної темряви) для цього необхідно потягнути перемикач у бік та перевести його у положення “IR” – ІЧ освітлювач включено; для вимкнення ІЧ освітлювача необхідно перевести перемикач у положення ON (тягнути перемикач у бік не потрібно);
- 8) після закінчення роботи виключити живлення, перевівши перемикач “OFF/ON/IR” у положення OFF;

9) закрити об'єктив захисною діафрагмою (кришкою), укласти прилад в сумку для перенесення.

Прилад нічного бачення Leica big-35

Склад комплекту та будова Leica big-35 наведені в табл. 3.16 і 3.17.

Таблиця 3.16

Склад комплекту Leica big-35

1 – прилад; 2 – сумка для перенесення; 3 – інструкція з експлуатації 4 – серветки для обслуговування оптичної поверхні; 5 – фільтри для окулярів; 6 – пензель для обслуговування приладу; 7 – елементи живлення (можуть не входити у склад комплекту)	
--	--

Будова приладу Leica big-35

1 – об’єктив; 2 – кільце (механізм) фокусування об’єктива приладу; 3 – ручка включення (ON) / вимкнення (OFF) приладу; 4 – кільця діоптрійного налаштування; 5 – захисна діафрагма; 6 – батарейний відсік; 7 – гумові наочники з окулярами Прилад, як правило, не оснащений ІЧ освітлювачем, хоча також існує модель приладу Leica big-35 з вбудованим ІЧ освітлювачем	
--	---

Порядок роботи з приладом:

- 1) заздалегідь провести контрольний огляд приладу;
- 2) вийняти прилад із сумки;
- 3) зняти кришку батарейного відсіку, встановити елементи живлення відповідно до позначення на корпусі, закрити кришку;
- 4) увімкнути прилад, перевівши перемикач “OFF/ON” у положення “ON”, коли живлення буде увімкнено, з’явиться зображення, що світиться зеленим кольором;
- 5) щоб сфокусувати зображення в приладі спочатку необхідно налаштувати діоптрійність, для цього необхідно кільця діоптрійного налаштування повертати за годинниковою стрілкою до упору, а потім, дивлячись на об’єкт, необхідно повертати кільця діоптрійного налаштування проти годинникової стрілки, поки зернистість зображення не стане чіткою;
- 6) далі здійснити фокусування за допомогою кільця фокусування, обертаючи його, поки зображення не стане чітким;

7) після закінчення роботи виключити живлення, перевівши перемикач “OFF/ON” у положення OFF;

8) закрити об’єktiv захисною діафрагмою (кришкою), укласти прилад у сумку для перенесення.

Прилад нічного бачення PVS-14

Стандартний склад комплекту та будова PVS-14 наведені в табл. 3.18 та 3.19.

Таблиця 3.18

Склад комплекту PVS-14

1 – сумка для перенесення; 2 – оголів’я; 3 – наліпки; 4 – прилад; 5 – адаптер NVG J-Arm для PVS-14; 6 – шнурок; 7 – захисне скло для об’єктива; 8 – фільтри для окулярів; 9 – захисна діафрагма; 10 – серветки для обслуговування оптичної поверхні; 11 – елементи живлення (можуть не входити у склад комплекту); 12 – інструкція з експлуатації	
До складу комплекту може входити додатково (або замість): оголів’я – 1 – тактичний комплект для кріплення на шоломі MICH для NVG, PVS-7, PVS-14 для швидкого знімання;	

адаптера NVG J-Arm для PVS-14 –
2 – комплект кріплень: 2.1 – для
кріплення монокуляра на зброї;
2.2 – для кріплення монокуляра на
шоломі (цей той самий адаптер
NVG J-Arm)



Таблиця 3.19

Будова приладу PVS-14

1 – об'єктив;
2 – кільце (механізм) фокусування
об'єктива приладу;
3 – різьбовий отвір для кріплення;
4 – ручка для посилення яскравості
зображення;
5 – батарейний відсік (кришка);
6 – захисна діафрагма



7 – датчик яскравості світла; 8 – ІЧ освітлювач	
9 – окуляр; 10 – гумовий наочник; 11 – кільце (механізм) діоптрійного налаштування; 12 – ручка включення / виключення приладу / ІЧ освітлювача	

Порядок роботи з приладом:

- 1) заздалегідь провести контрольний огляд приладу;
- 2) вийняти прилад із сумки;
- 3) зняти кришку батарейного відсіку, установити елемент живлення відповідно до позначення на корпусі, закрити кришку;
- 4) повернути ручку включення в положення “ON” (пасивний режим);
- 5) за необхідності зняти захисну діафрагму з об’єктива;
- 6) за необхідності здійснити регулювання яскравості зображення;
- 7) щоб сфокусувати зображення в приладі, спочатку необхідно налаштувати діоптрійність, для цього необхідно кільце діоптрійного налаштування повертати за годинниковою стрілкою до упору, а потім, дивлячись на об’єкт, необхідно повертати кільце діоптрійного налаштування проти годинникової стрілки, поки зернистість зображення не стане чіткою;
- 8) далі здійснити фокусування за допомогою кільця фокусування, обертаючи його, поки зображення не стане чітким;
- 9) щоб увімкнути ІЧ освітлювач необхідно повернути ручку включення в положення “IR” (активний режим), однак треба пам’ятати,

що існують два варіанти включення ІЧ освітлювача – короткотривалий та тривалий:

якщо просто перевести перемикач у положення ІР, то ІЧ освітлювач буде включено тривалістю до 2 с (короткотривале ІЧ підсвічування), вимкнення ІЧ освітлювача при цьому відбувається автоматично;

якщо перемикач потягнути до себе та перевести його в положення ІР, то ІЧ освітлювач буде включено до того часу, поки його не вимкнути, перевівши в положення “ON” (тривале ІЧ підсвічування). При працюючому ІЧ освітлювачі в окулярі з’явиться світіння постійного червоного індикатора;

10) щоб вимкнути прилад, необхідно перевести ручку в положення “OFF”;

11) прилад автоматично вимикається через 70 (± 30) секунд роботи при денному світлі або яскравому кімнатному освітленні; індивідуальне яскраве світло (фари, ліхтарики чи інші концентровані джерела світла) не активує цю функцію, якщо датчик світла, що розташований на передній панелі приладу, не спрямований прямо на джерело світла. Щоб знову ввімкнути прилад у разі спрацювання цієї функції, переведіть ручку положення “RESET/OFF”, а потім знову в положення “ON”;

12) для закріплення приладу на голові використовувати оголів’я, для його комфортної роботи. Окуляр потрібно припасувати під голову користувача;

13) після завершення спостереження та вимкнення приладу перевести його в похідне положення (склавши у сумку).

3.5.5. Заходи безпеки у роботі з приладами нічного бачення

Під час роботи з ОЕПНБ необхідно:

міцно закріплювати прилади на основах (триногах, штативах), не допускати їх ударів і струсів;

у погану погоду та в перервах між спостереженнями прилади, які встановлені на основах, накривати чохлами, а у разі використання приладів для спостереження з рук – ховати у футляри або сумки для перенесення;

після закінчення використання за призначенням вилучати з ОЕПНБ джерела електроживлення;

транспортувати прилади надійно закріпленими в спеціальних ящиках (футлярах, сумках, чохлах) у штатних місцях та із закритими лінзами;

зберігання приладів здійснювати в ящиках для транспортування (футлярах, чохлах, сумках), що укладені в шафах або на стелажах в сухих опалюваних приміщеннях (за t 8...40 °С, відносної вологості до 70 %, добових коливаннях температури до 5 °С), подалі від елементів системи опалення (не ближче 0,5 м) та зовнішніх стін (не ближче 0,5 м), а також агресивних хімічних елементів (кислоти, луку тощо) та сонячних променів. Елементи електроживлення зберігаються окремо від приладів;

слідкувати за станом силікагелю за наявності у приладі патрона осушування (якщо силікагель набуде рожевого кольору, необхідно його просушити (до 4 годин) під струменем гарячого повітря або в сушильній шафі за температури 150–180 °С, доки він не стане блакитного кольору);

у разі внесення приладу з холоду в приміщення вилучати його з футляра через 2–3 год, після цього протерти.

Забороняється:

розбирати та проводити ремонтні роботи приладів персоналом без відповідного допуску і за межами спеціалізованих майстерень;

застосовувати зайві зусилля у роботі з приладами;

торкатися руками оптичних поверхонь, протирати їх брудними або грубими матеріалами;

направляти прилади на яскраві джерела світла;

включати прилади в сутінках без діафрагм або світлофільтрів;

залишати прилад під прямими сонячними променями, у режимі роботи в нерухомому стані більше 30 хв або без нагляду;

використовувати середні та потужні режими ІЧ підсвічування на малих відстанях (до 30 м).

3.5. Тепловізійні засоби

3.5.1. Історія створення, основні типи, принцип роботи та особливості будови тепловізійних засобів

Тепловізор – це оптико-електронна система, призначена для одержання видимого зображення об'єктів, що випромінюють невидиме теплове (інфрачервоне) випромінювання. Тобто це пристрій для спостереження за розподілом температури досліджуваної поверхні або об'єкта.

Початок розвитку тепловізійної техніки було покладено у минулому столітті дослідженнями та розробкою приладів за двома основними

напрямами: перший з використанням дискретних приймачів випромінювання спільно із системами сканування (розгортки) зображення і другий – апаратури без механічного сканування на базі двовимірних ІЧ приймачів.

Принцип роботи тепловізорів

Оскільки всі тіла мають температуру вищу за абсолютний нуль (на 273,15 °С нижчий за нуль температури за шкалою Цельсія), то вони випромінюють електромагнітні хвилі за рахунок внутрішньої енергії. Тіла, нагріті до температур навколишнього середовища (-50...+50 °С), випромінюють електромагнітні хвилі у середньому інфрачервоному діапазоні. Довжина хвилі такого випромінювання складає 7...14 мкм, воно невидиме для людського ока, оскільки розміщене праворуч від видимого спектра електромагнітного випромінювання.

Видиме світло – вузька ділянка спектра електромагнітного випромінювання, яка характеризується довжинами хвиль від 380 (фіолетовий колір) до 750 (червоний колір) нм. Хвилі, з довжиною меншою за 380 нм, називають ультрафіолетовими, більшою за 750 нм – інфрачервоними.

Таблиця 3.20

Відповідність частоти та довжини хвилі електромагнітного випромінювання видимим кольорам для неозбороного ока

Видимий колір	Діапазон довжин хвиль, нм	Діапазон частот, ТГц
Фіолетовий	380 – 440	790 – 680
Синій	440 – 485	680 – 620
Голубий	485 – 500	620 – 600
Зелений	500 – 565	600 – 530
Жовтий	565 – 590	530 – 510
Оранжевий	590 – 625	510 – 480
Червоний	625 – 740	480 – 405

Ближній видимий колір до спектра інфрачервоного випромінювання – це червоний колір. Тому тіла, які мають температуру близьку до 1 000 °С і більше, випромінюють світло від червоного до жовтого кольору, який переходить у білий.

Основним завданням тепловізійних засобів є перетворення невидимого інфрачервоного випромінювання від теплоконтрастних об'єктів в аналог видимого зображення на екрані для спостереження. Теплове (інфрачервоне) зображення, на відміну від оптичного, не має тіней, що ускладнює просторове сприйняття об'єктів (рис. 3.18). Однак теплове зображення звичайно відповідає формі та розмірам об'єкта, що дозволяє розпізнавати об'єкти за їх контурами.



Рис. 3.18. Теплове (інфрачервоне) зображення місцевості

Інфрачервоне випромінювання від нагрітих об'єктів спостереження та фонів проходить через атмосферу і потрапляє в об'єкти приладу, який пропускає спектр тільки ІЧ променів. Далі промені попадають на термочутливу матрицю, яка перетворює їх в електричний сигнал, а блок електроніки у видимий сигнал, що відображається на екрані приладу і через окуляр сприймається оператором. Функціональна схема тепловізійного приладу зображена на рис. 3.19.

Такі відмінності у принципі роботи тепловізора, на відміну від оптичних або оптико-електронних приладів, визначають особливості його загальної будови.

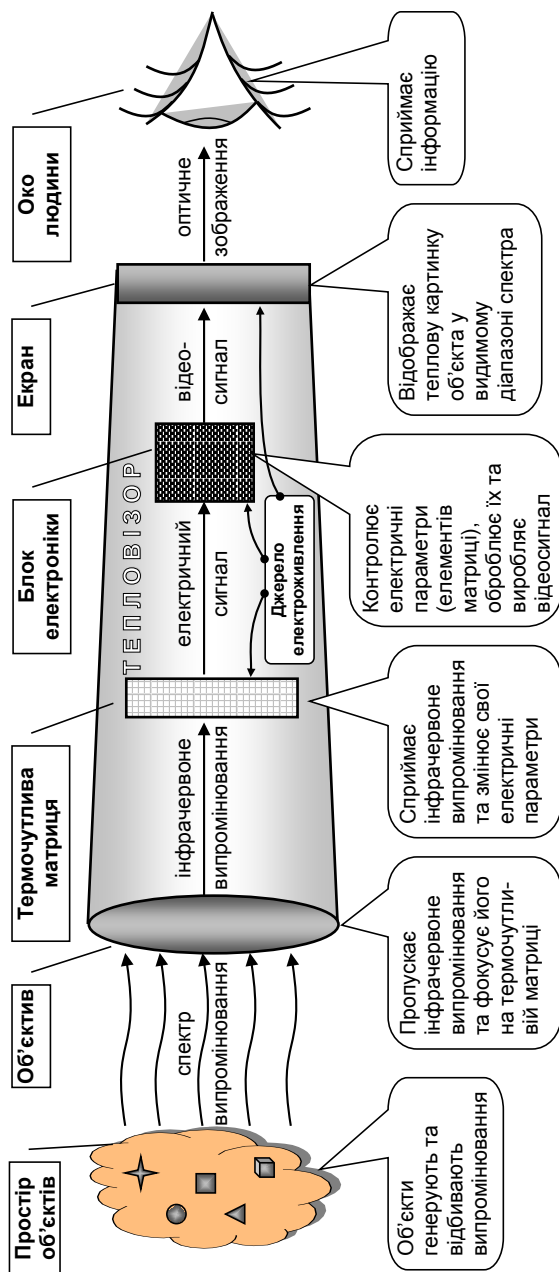


Рис. 3.19. Функціональна схема тепловізійного приладу

Особливості будови тепловізора

Загальна будова тепловізора наведена на рис. 3.20

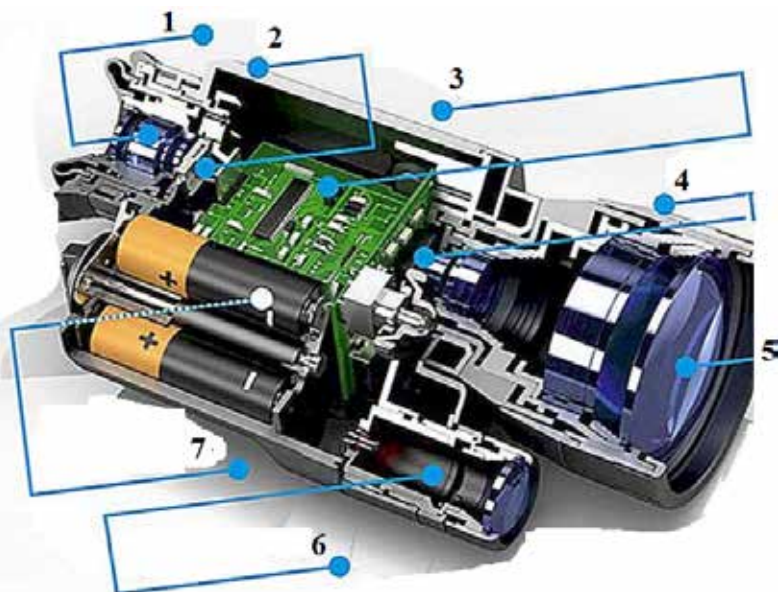


Рис. 3.20. Загальна будова переносного тепловізора:

1 – окуляр; 2 – екран; 3 – блок обробки зображення;
4 – матриця термочутлива; 5 – об’єктив; 6 – блок електроживлення

Об’єктив тепловізора – оптична система, призначена для створення дійсного зображення на приймачі теплової енергії (матриці термочутливій).

Головними складовими елементами тепловізорів є об’єктив та матриця з певною величиною роздільної здатності. Найпоширенішим типом об’єктива тепловізора є проєкційний. Від їх технічних параметрів залежить якість зображення на дисплеї тепловізора. Це, по суті, два основні види пристроїв у цьому приладі.

Від конструктивних особливостей проєкційного тепловізійного об’єктива, а саме значення його фокусної відстані, що вимірюється в міліметрах, залежить величина дальності виявлення шуканого об’єкта.

За фокусною відстанню проєкційні об’єктиви поділяються:

на ширококутні: 6–25 мм – велике поле зору (кут зору понад 75 град), зменшений масштаб зображення;

нормальні: 35–50 мм – стандартне поле зору (кут зору 45...65 град), стандартний масштаб зображення;

вужькокутні (телеоб'єктиви): 70–200 мм – вузьке поле зору (кут зору до 30 град), збільшений масштаб зображення, рис. 3.21.

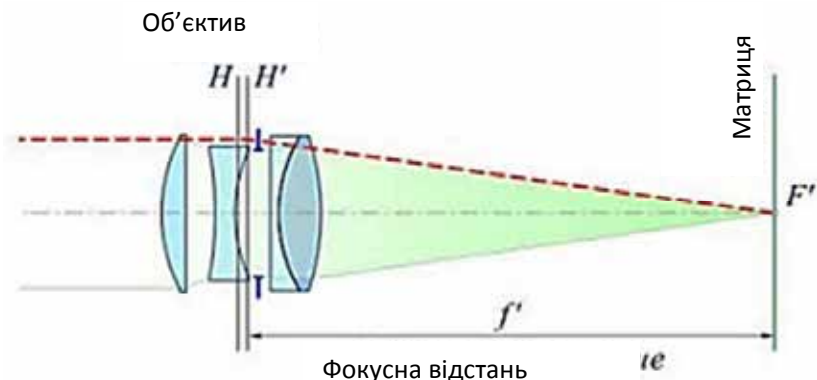


Рис. 3.21. Фокусна відстань

Другим, не менш важливим його параметром є кут зору, що обчислюється в градусах, або поле зору, що обчислюється у метрах на відстані в один кілометр (рис. 3.22). Інакше кажучи – це величина, що дозволяє об'єктиву в площині кадрового вікна максимально охопити видимий простір.

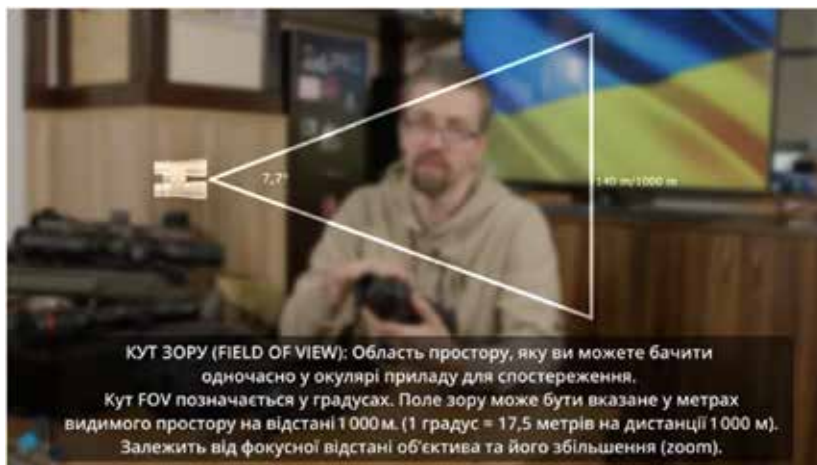


Рис. 3.22. Кут та поле зору

Так, якщо необхідно вести спостереження на близькій дистанції – вибирайте прилад з ширококутним об'єктивом, для спостереження на дистанції понад кілометр підійдуть тепловізори з вузьким кутом зору.

Основою проєкційного об'єктива тепловізійного пристрою є оптичні лінзи зі спеціального халькогенідного германієвого скла, що містить сірку, селен, миш'як, телур. Саме завдяки такій унікальній композиції вхідних структурних елементів лінза стає прозорою (видимою) для інфрачервоного випромінювання. На сьогодні вартість об'єктива складає приблизно 45 % вартості тепловізора, ще 45 % вартості складає матриця термочутлива.

Поряд зі штатним (основним) об'єктивом тепловізора до нього можна успішно застосовувати змінні елементи. До них належать два опціональні різновиди проєкційних об'єктивів: ширококутний і вузькокутний.

Якщо потрібно виконати панорамну (об'ємну) зйомку об'єкта на відносно невеликому від нього віддаленні, то необхідно використовувати ширококутний об'єктив. Це дозволить розширити область зйомки, але розглянути всі деталі на екрані дисплея не вдасться.

Якщо ж потрібно розглянути не надто помітний об'єкт у найдрібніших деталях на значній відстані від нього, то знадобиться вузькокутний змінний елемент.

Проєкційні об'єктиви характеризуються величиною діафрагми, яка вимірюється у числах " $f/\dots$ ". Величина діафрагми визначає кількість випромінювання, яку об'єктив пропустить на матрицю термочутливу та глибину чіткості теплового зображення. Чим більше число після знаку ділення – тим менше випромінювання потрапить на матрицю, але тим більше об'єктів перебуватиме у фокусі теплового зображення, рис. 3.23.



Рис. 3.23. Величина діафрагми проєкційного об'єктива

Матриця термочутлива – електронна система, призначена для реєстрації змін електричних характеристик (наприклад, опору) її елементів, що фіксується електричною схемою і подається графічно як зображення (рис. 3.24).



Рис. 3.24. Матриця термочутлива

Принцип роботи матриці термочутливої може ґрунтуватися на піро- (ємнісних) або сегнетоелектричних (поляризаційних), фероелектричних або болометричних (резистивних) технологіях (рис. 3.25).



Рис. 3.25. Типи термочутливих сенсорів:
а – піроелектричний; б – сегнетоелектричний

Термочутливий елемент, що контролює зміну опору, називається болометром. Перші тепловізори працювали на одному болометрі з охолодженням з використанням горизонтальної та вертикальної розгортки. Надалі були розроблені лінійні системи з кількох болометрів із покадровою розгорткою. Сучасні прилади працюють на основі багатoeлементних (матричних) твердотільних (FPA – Focal Plate Area) приймачів. Існує два типи болометричних матриць – з охолодженням та без охолодження.

Матриці термочутливі, що не охолоджуються, працюють при температурі навколишнього середовища і не вимагають громіздких систем охолодження. Можуть бути додатково стабілізовані до температури навколишнього середовища для зниження рівня шуму теплового зображення.

Неохолоджуваною матрицею є пластина, яка складається з великої кількості мікроболометрів. Кожен окремий мікроболометр являє собою окремий піксель матриці. Чим більша кількість мікроболометрів у матриці, тим чіткіше буде зображення, але й складнішим і дорожчим сам прилад (рис. 3.26).

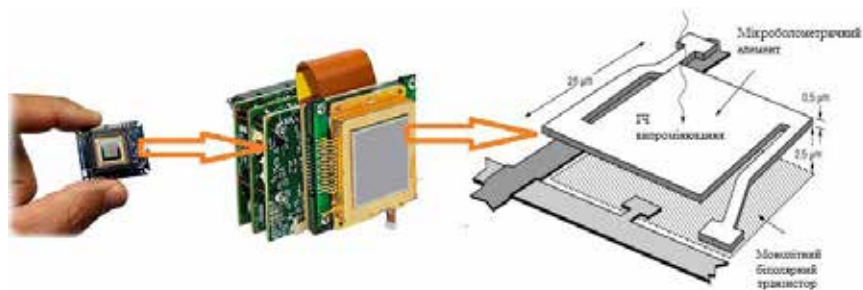


Рис. 3.26. Матриця термочутлива неохолоджувана

Коли інфрачервоне випромінювання потрапляє на активний термістор, температура його змінюється, і відповідно змінюються електричні характеристики (опір), що фіксується електричною схемою і зображується графічно. Кількість елементів у матриці може досягати 640x480, тобто 307 200 елементів, лінійні розміри яких відповідають довжині хвилі інфрачервоного випромінювання (17–25 мкм). Ця кількість визначає роздільну здатність матриці.

У 2013 році DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency – агенція передових оборонних дослідницьких проєктів) анонсувала вихід нової низькочастотної інфрачервоної камери з FPA матрицею 1 280x720 пікселів. Однак для рядового користувача вона поки ще не доступна. На практиці достатньо матриці набагато меншої роздільної здатності, тим більше, що вартість матриці є основною складовою вартості тепловізора. Найбільш поширеним і дешевим є мікроболометр з аморфного кремнію, також оксиду ванадію, сплавів різних металів та ін.

Основні переваги неохолоджуваної матриці: починає працювати одразу після ввімкнення; має тривалий термін служби і низьке споживання енергії; простота виготовлення і відносна дешевизна; однакова спектральна чутливість у діапазоні, що сканується; хороша контрастність зображення в нічний час.

Матриці термочутливі, що охолоджуються, як правило, ізольовані від навколишнього середовища в герметичній вакуумній упаковці з кріогенним охолодженням. Охолодження необхідне для роботи напівпровідникової матриці, вона настільки чутлива, що без охолодження буде просто “засліплена” власним тепловим випромінюванням. Діапазон робочих температур такої матриці може досягати від 4 °K (-269 °C) до майже кімнатної температури. Найбільш поширений діапазон від 60 °K до 100 °K (рис. 3.27).



Рис. 3.27. Матриця термочутлива охолоджувана

Звичайно, система охолодження є досить громіздкою і дорогою. Для початку роботи потрібно кілька хвилин, щоб охолодити матрицю, крім того, датчики, що охолоджуються, мають обмежений термін служби. Однак ці незручності повністю компенсуються надзвичайно високою чутливістю і бездоганною якістю зображення. Спектральна чутливість таких приймачів на 1–2 порядки вище болометричних, проте вони мають обмежений спектральний діапазон чутливості з явно вираженим максимумом, більш складні у виготовленні й експлуатації. Безперечною перевагою є можливість використання ліній

з великими фокусними відстанями, отже – можна працювати на великих відстанях.

Найбільш чутливі тепловізори, які використовують для наукових завдань, працюють на надпровідних технологіях і можуть зареєструвати поодинокі фотони. Найбільш широко вживаними матеріалами для матриць, що охолоджуються, є ртуть-телурид кадмію, антимонід індію та ін. Матриці на базі антимоніду індію або селеніду свинцю працюють у діапазоні 3–5 мкм, а матриці на базі ртуть-телурид кадмію – у діапазоні 8–14 мкм.

Теплове зображення об'єкта відображається на екрані у вигляді монохромного або кольорового зображення (рис. 3.28).

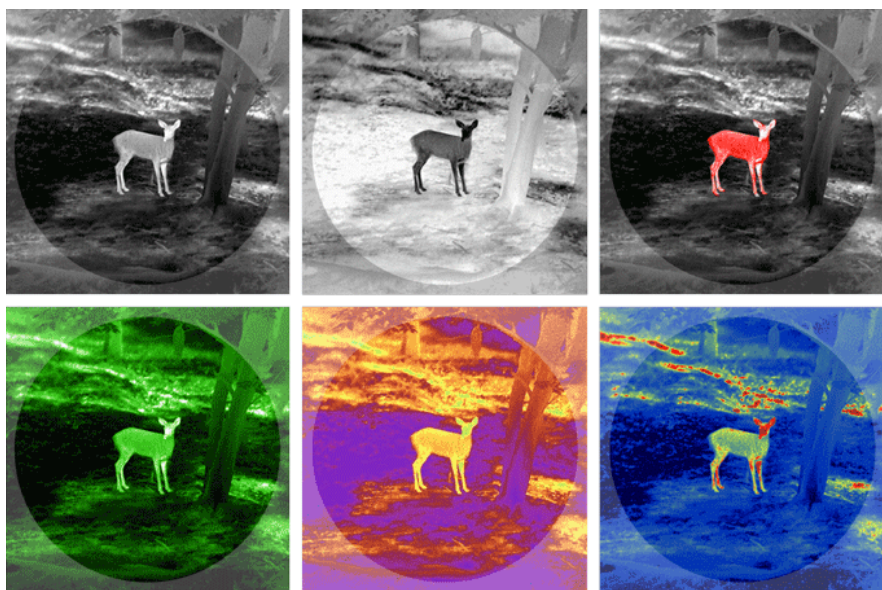


Рис. 3.28. Кольорові палітри тепловізора

Атмосфера є проміжним середовищем між джерелами випромінювання і тепловізійними засобами. Спектральна частота електромагнітного випромінювання від нагрітих об'єктів на планеті Земля знаходиться у діапазоні 3...15 мкм. У цьому діапазоні теплове випромінювання від нагрітих об'єктів переважає над відбитим ними ж випромінюваннями від Сонця, Місяця, зірок та штучних джерел світла (електрична лампа, наприклад). Також в атмосфері відбувається зміна

параметрів випромінювання об'єктів і фонів за рахунок поглинання та розсіювання електромагнітного випромінювання її складовими. Провали на графіку відповідають областям поглинання інфрачервоного випромінювання атмосферою, які ототожнюються з різними газами. Указані провали розділяють діапазон 3...15 мкм на два основні “атмосферні вікна” у діапазонах 3...5 мкм та 8...12 мкм, які забезпечують проходження електромагнітного випромінювання з відповідними довжинами хвиль (рис. 3.29).

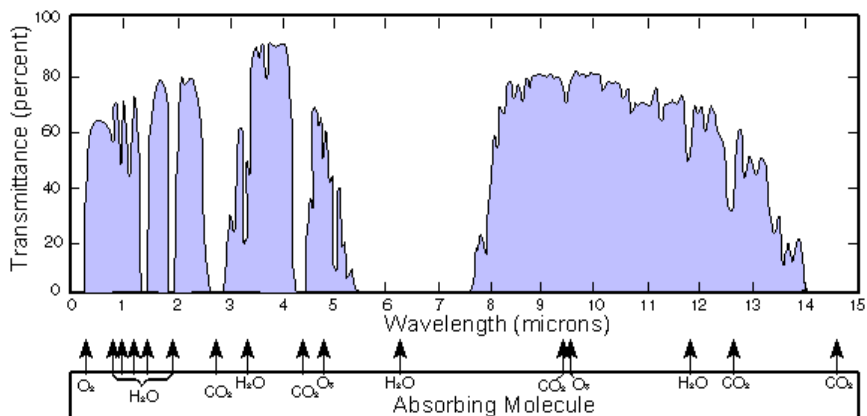


Рис. 3.29. Прозорість атмосфери

Існує кілька стандартів класифікації інфрачервоного випромінювання.

За визначенням Міжнародної комісії з освітленості за довжиною хвилі інфрачервоне випромінювання поділяють на три діапазони:

IR-A – від 700 до 1 400 нм;

IR-B – від 1 400 до 3 000 нм;

IR-C – від 3 000 нм до 1 мм.

Перший із цих діапазонів IR-A називають також ближніми інфрачервоними хвилями. Він визначається вікном у спектрі поглинання води і здебільшого використовується для оптоволоконних телекомунікацій, тому що електромагнітні хвилі цього діапазону слабо поглинаються склом.

За стандартом ISO 20473 інфрачервоне випромінювання поділяється на три діапазони:

ближнє – від 780 до 3 000 нм;

середнє – від 3 000 до 50 000 нм;

далеке – від 50 до 1 000 мкм.

Ще одна схема-класифікація оснований на чутливості певного типу детекторів:

ближнє (NIR) – це область від 700 до 1 000 нм, тобто від приблизної межі людського зору до діапазону кремнієвих детекторів;

короткохвильове (SWIR) – область довжин хвиль від 1 до 3 мікрон, тобто від межі чутливості кремнієвих детекторів до вікна прозорості атмосфери, детектори на основі індію-галію-миш'яку (InGaAs) покривають область до 1,8 мікрон, усю цю область покривають менш чутливі детектори на основі солей свинцю;

середньохвильове (MWIR) – область, що відповідає атмосферному вікну, від 3 до 5 мікрон. У цій області працюють детектори на основі антимоніду індію (InSb), ртуті-кадмію-телуру (HgCdTe) і почасти на основі селеніду свинцю (PbSe);

довгохвильове (LWIR) – за різними визначеннями область довжин хвиль від 8 до 12 мкм, або від 7 до 14 мкм. Це область атмосферного вікна, у якій працюють детектори на основі HgCdTe та мікроболометри;

наддовгохвильове (VLWIR) – область довжин хвиль від 12 до 30 мкм, де працюють детектори на основі легованого кремнію.

Отже, головними перевагами тепловізора є те, що він:

здатний отримувати зображення в абсолютній темряві;

не схильний до впливу сходу і заходу сонця;

не боїться прямого засвічування і засліплення прожекторами або фарами;

не реагує на тінь і відблиски;

працює при низькому контрасті, запиленні, задимленні, тумані, дощі та снігопаді;

дозволяє виявляти об'єкти в маскувальному одязі, серед рослинності;

виявляє типи об'єктів – тварин, птахів, пішоходів, вело-, мото- і автотранспорт;

виявляє і розпізнає об'єкти на великій відстані – до 25 км.

Класифікація тепловізійних систем

В основу завдання, яке вирішує тепловізійна техніка, покладемо двовимірне перетворення власного теплового випромінювання

від об'єктів та місцевості або фону у видиме зображення. За розвитком тепловізійні системи поділяють на **три покоління**:

нульове покоління – застосовуються одиничні охолоджені сенсори та двовимірна (строкова і кадрова) розгортка за допомогою сканувальної оптико-механічної системи;

перше покоління – застосовуються строкові лінійки сенсорів (кількість сенсорів у масиві може складати 60, 120 або 180 од.) та спрощена кадрова розгортка за допомогою сканувальної оптико-механічної системи, спектральний діапазон – 8...12 мкм, коефіцієнт NETD – близько 0,2 К (рис. 3.30);



Рис. 3.30. Тепловізійна система першого покоління
LORIS виробництва FLIR Inc

друге покоління – застосовуються декілька згрупованих строкових лінійок сенсорів або фокально-площинні (FPA – Fokal Plate Area) матричні сенсори з числом сенсорів 100...10 000 (із затримкою у часі та накопичуванням інформації) та повільною системою розгортки, спектральні діапазони – 3...5 та 8...10,5 мкм, коефіцієнт NETD – близь-

ко 0,1 К; сюди ж належать вакуумні прилади з електронним скануванням приймаючої мішені – пірокони;

“друге +” покоління – застосовуються покращені фокально-площинні матричні сенсори другого покоління з розширенням 288х4 та коефіцієнтом NETD – близько 0,05 К (рис. 3.31);



Рис. 3.31. Тепловізійна система другого покоління Sophie виробництва Thales Optronique

третє покоління – несканувальні тепловізійні системи, у яких застосовуються фокально-площинні двовимірні твердотілі матричні FPA-сенсори (з охолодженням та без охолодження) з кількістю елементів понад 1 000 000 од, спектральні діапазони – 3...5 та 8...10,5 мкм, коефіцієнт NETD – 0,3...0,05 К (рис. 3.32).



Рис. 3.32. Тепловізійна система третього покоління ELVIR з неохолоджуваною термочутливою матрицею виробництва Thales Angenieux

четверте покоління – тепловізори на теплових неохолоджуванних твердотільних багатоелементних (матричних) приймачах випромінювання (далі – МПВ) на основі мікроболометрів з кремнію, а також на основі піроелектричних матриць та інших матеріалів. У тепловізорах 4-го покоління відсутні сканер і система глибокого охолодження.

Так, за системами відтворення теплового зображення тепловізійні системи можна поділити на дві групи – сканувальні та матричні (без систем механічного сканування) (рис. 3.33).

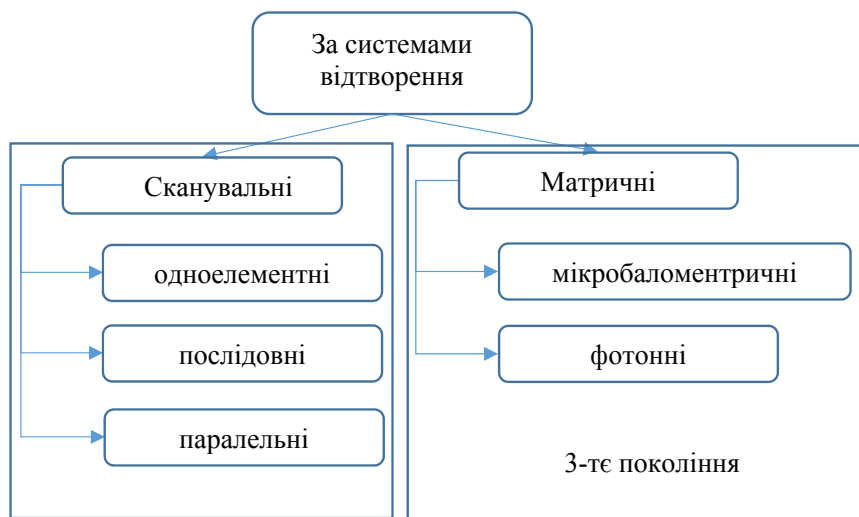


Рис. 3.33. Класифікація тепловізійних систем за системами відтворення зображення

Сканувальні тепловізійні системи належать до систем 0-го, 1-го та 2-го поколінь і застосовують різні типи сканування: одноелементне, паралельне або послідовне. Сканування може проводитись як у просторі предметів чи об'єктів, так і їхніх зображень.

Тепловізійні системи без механічного сканування (3-го покоління) належать до систем типу FLIR (Forward Looking Infrared), які використовують аналогію роботи органів зору живих організмів, що побудовані на основі багатоелементних матричних сенсорів оптичного випромінювання (FPA).

В усіх тепловізійних системах як схему для оптичних систем використовують різноманітні варіації стандартних оптичних систем:

дзеркальні можуть складатись з одного або декількох дзеркал, проєкційного об'єктива;

телескопи будуються на основі телескопів Шмідта або Кассегрена, телескопів із дзеркалом Манжена.

меніскові побудовані за схемами, запропонованими Максutowим; концентричні об'єктиви відповідають схемі Максutowa-Бауерса-Шмідта;

дзеркально-лінзові містять з системи дзеркал та коригуючих лінз; проєкційні системи коригуючих лінз (рис. 3.34).

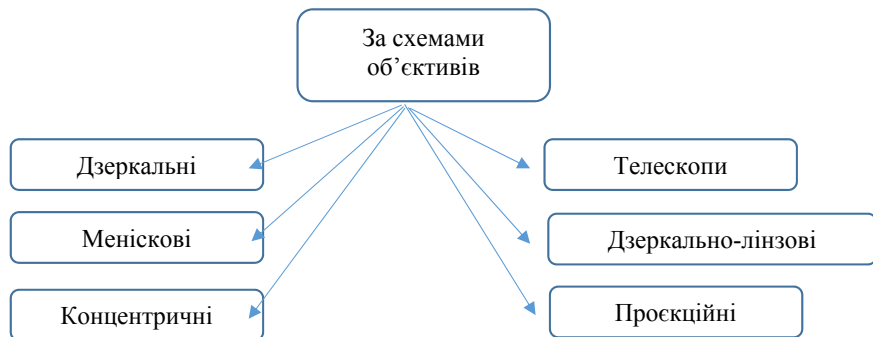


Рис. 3.34. Класифікація тепловізійних систем за оптичними системами

Тепловізійні системи до 2-го покоління включно виготовлялися з охолоджуваними сенсорами. Основними типами охолоджувальних систем були: охолоджувач Дьюара (вакуумна ємність, заповнена скрапленим азотом); охолоджувач Стірлінга (холодильник закритого типу з регенератором), охолоджувач Джоуля-Томсона (холодильник відкритого циклу з подачею стисненого газу).

Тепловізійні системи 3-го покоління можуть комплектуватись охолоджуваними та неохолоджуваними матричними сенсорами. Особливість сенсорів матричного типу полягає у заповненості їхньої площі чутливими елементами (Fill Factor). Чим вищий коефіцієнт заповненості матриці, тим якісніше зображення можна отримати. Особливо такий фактор важливий під час моніторингу температур, близьких до температури навколишнього середови-

ща. Заповненість сучасних матриць термочутливих може досягати до 90 % (рис. 3.35).

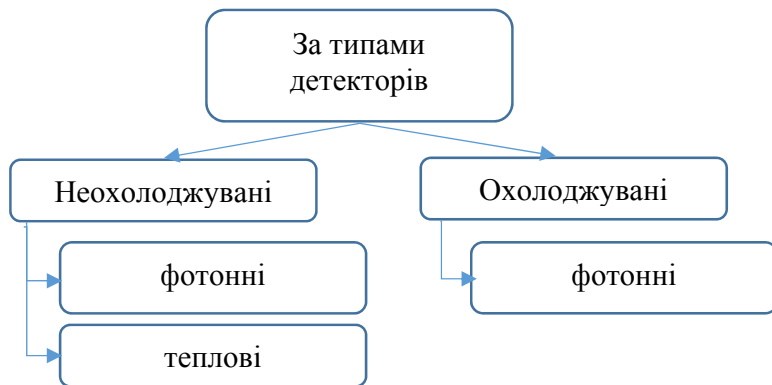


Рис. 3.35. Класифікація тепловізійних систем за типами детекторів

Розрізняють дві технології виготовлення матричних сенсорів – монолітну та гібридну. Монолітні матричні сенсори дешевші у виготовленні, але коефіцієнт їхнього заповнення не перевищує 55 % та у середньому складає 30–40 %. Гібридні матричні сенсори складніші за структурою, проте мають максимальні коефіцієнти заповненості, відповідно забезпечують високу якість зображення та низький коефіцієнт NETD у межах 0,02 К.

Технологія виготовлення теплових – мікробалометричних FPA-матриць не потребує охолодження, вони здатні працювати за температури навколишнього середовища. Основними недоліками таких матриць є: нижча, порівняно з фотонними матрицями, чутливість та низька метрологічна стабільність. Типова комерційна болометрична матриця містить 320x240 елементів та забезпечує температурне розширення (NETD) у межах 60...100 мК.

Комерційні фотонні матричні QWIP-фотоприймачі формату 320x256 та 640x486 працюють за температури 70 К (-203 °С) та забезпечують температурне розширення (NETD) до 20 мК.

Усі зазначені типи тепловізійних систем можуть працювати у різних діапазонах електромагнітного випромінювання. Основними з них є:

SVIR – короткохвильовий діапазон з довжинами хвиль 1...3 мкм;

MVIR – середньохвильовий діапазон з довжинами хвиль 3...5 мкм;

LWIR – довгохвильовий діапазон з довжинами хвиль 8...12 мкм (рис. 3.36).

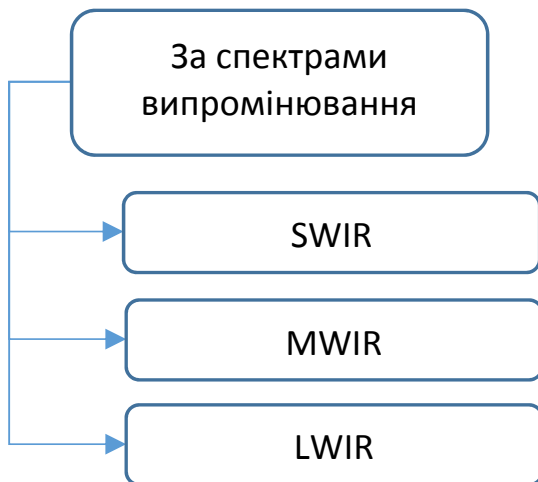


Рис. 3.36. Класифікація тепловізійних систем за спектрами випромінювання

Тепловізійні системи з частотою спектра MWIR та LWIR суттєво відрізняються між собою у можливостях відтворення теплового зображення фону, характеристик пейзажу, температурного контрасту та атмосферної передачі у різних погодних умовах. Тому необхідно враховувати фактори, що сприяють використанню тепловізійних систем кожного із зазначених діапазонів.

Тепловізійні системи MWIR діапазону забезпечують високу контрастність теплового зображення, але вони чутливі до погодних умов (опаді, сильний вітер тощо), хоча й дозволяють забезпечити більш високий коефіцієнт пропускання хвилі за високої вологості, а також мати вищу роздільну здатність приблизно у 3 рази меншого оптичного спотворення порівняно із тепловізійними системами інших діапазонів.

Тепловізійні системи LWIR діапазону мають кращу продуктивність в умовах туману, пилу і зими. У таких систем вища стійкість до атмосферних змін, знижена чутливість до сонячних відблисків і відкритих вогнищ. Тому тепловізійні камери LWIR діапазону краще використовувати за умов необхідності забезпечення високої чутливості до температури навколишніх об'єктів, наприклад, за наявності туману або диму. Матриці LWIR тепловізорів не потребують охолодження, а лінзові об'єктиви довгохвильових тепловізорів виготовляють з гер-

манію, досить рідкісного елемента. Більшість професійних тепловізорів є довгохвильовими.

Однак робочий діапазон спектра тепловізійних систем MWIR від 3 до 5 мкм може бути більш придатним для спостереження за гарячим об'єктом або у випадку, коли чутливість тепловізійної камери менш важлива, ніж контраст. Тому у тепловізійних системах цього діапазону застосовуються оптичні системи меншого діаметра порівняно із тепловізійними системами LWIR діапазону. Відповідно, немає певної чіткої відповіді, яку тепловізійну систему (LWIR або MWIR діапазону) необхідно використовувати. Обидва типи тепловізійних систем мають свої переваги та недоліки.

Крім тепловізійних систем MWIR та LWIR діапазону, зустрічаються також тепловізійні системи SWIR діапазону, які працюють у спектральному діапазоні від 1 до 3 мкм. Існує думка, що камери SWIR діапазону не є тепловізійними системами, оскільки у такому робочому спектральному діапазоні відбите випромінювання домінує над випромінюванням, випромінюваним від об'єктів спостереження з температурою поверхні до 100 °C. Однак камери SWIR діапазону відносять до групи тепловізійних систем через їхню дуже схожу конструкцію з тепловізійними системами MWIR і LWIR діапазону.

На сьогодні тепловізійні системи SWIR є лише незначною групою тепловізійних систем. SWIR камери стали комерційно доступними на міжнародному ринку протягом останніх 10 років. Ця ситуація виникла через те, що тепловізійні системи SWIR діапазону не були цікавими для їх використання у військових та цивільних цілях протягом багатьох десятиліть. Саме наявність переважаючого теплового випромінювання в атмосферних вікнах MWIR і LWIR діапазонів зацікавила військові служби у використанні тепловізійних камер діапазону MWIR і LWIR. Цивільні служби були зацікавлені у використанні камер, які працюють у діапазоні видимого і видимого в ближньому інфрачервоному спектрі електромагнітного випромінювання.

Відсутність значного інтересу від кінцевого користувача створила ситуацію, коли до кінця 90-х років розвитку технології виробництва доступних матриць детектора для SWIR діапазону не набуло. Зараз для виробництва матриць детектора SWIR камер використовують

технологію InGaAs, що дозволяє ширше використовувати тепловізійні системи SWIR. Камери діапазону SWIR набирають популярності на ринку пристроїв спостереження за рахунок більш високої роздільної здатності зображення, що генерується, порівняно з камерами MWIR і LWIR діапазону та покращеної продуктивності за обмежених умов видимості, на відміну від телевізійних камер, побудованих за технологією CCD або CMOS.

Окрім температурної чутливості та спектра електромагнітного випромінювання, у якому працює детектор, важливою характеристикою тепловізійної системи є роздільна здатність матриці детектора, яка визначатиме якість відтворення теплового зображення та рівень його деталізації. За роздільною здатністю матриці інфрачервоного детектора тепловізійні системи поділяють на системи:

базового – до 160x120 пікселів;

професійного – до 640x480 пікселів;

експертного рівня – з роздільною здатністю 640x480 і більше (рис. 3.37).

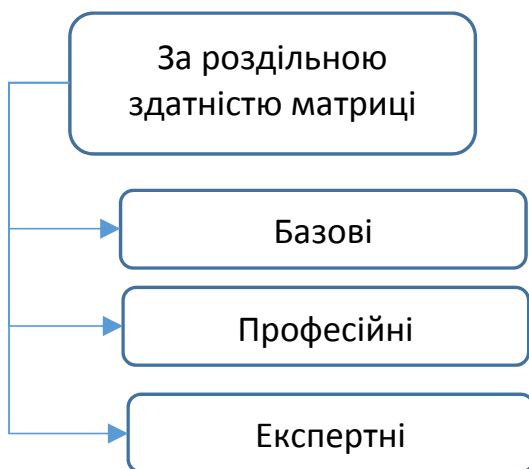


Рис. 3.37. Класифікація тепловізійних систем за роздільною здатністю матриці

За способом застосування тепловізійні системи поділяються на дві великі групи – це тепловізійні системи спостереження та вимірювальні тепловізійні системи (рис. 3.38).



Рис. 3.38. Класифікація тепловізійних систем за використанням

Тепловізійні системи спостереження (рис. 3.39) – це прилади, які перетворюють електромагнітне випромінювання інфрачервоного спектра від об’єктів спостереження у видиме зображення за обраною кольоровою палітрою.



Рис. 3.39. Тепловізійні системи спостереження

Такі типи тепловізорів забезпечують лише візуалізацію теплоконтрастних об'єктів, як правило, у монохромному вигляді. Найчастіше їх використовують мисливці, військові, силові та охоронні структури, органи правопорядку, рятувальники та натуралісти для виявлення і супроводу тварин, людей, техніки тощо. Тепловізійні системи спостереження військового призначення дозволяють достовірно визначити місце розташування цілі в умовах недостатньої видимості, морського – застосовуються для аналізу інфрачервоного зображення за критичних погодних умов, автоматичних систем – для забезпечення постійного моніторингу стану обладнання або досліджуваного об'єкта.

Вимірювальні тепловізійні системи – це прилади, які визначають температуру поверхні об'єкта та формують зображення розподілу температури по його поверхні за обраною кольоровою палітрою (рис. 3.40).



Рис. 3.40. Вимірювальні тепловізійні системи

Вимірювальні чи технічні тепловізори видають повністю радіометричне зображення. Це дозволяє визначати температурні показники будь-якої обраної на термограмі точки. Більш висока чутливість дозволяє застосовувати цей тип тепловізорів для температурних вимірювань і контролю перепадів температури на поверхні будь-якого об'єкта.

Вимірювальні тепловізори використовують для дистанційної діагностики та неруйнівного контролю у таких сферах, як медицина,

будівництво, промисловість, обслуговування та тестування електрообладнання, механічних агрегатів і комунікацій.

Візуальні пірометри є різновидом теплових приладів, що умовно посідають проміжне місце між найпростішими видами тепловізорів і звичайними пірометрами. Ці прилади забезпечують візуалізацію теплового поля обраного об'єкта з метою виявлення зон з аномальною температурою та безконтактні температурні вимірювання в центральній області зображення, що виводиться на дисплеї. Візуальні пірометри є альтернативою дорогим технічним тепловізорам, які забезпечують отримання повністю радіометричного зображення у вирішенні базових рутинних завдань теплової діагностики.

3.5.2. Технічні параметри тепловізійних засобів

Розглянемо найбільш важливі технічні параметри тепловізорів.

Тип датчика або ядра неохолоджуваній VOx (оксид ванадію). Тепловізор побудований за технологією FPA, чутливим елементом якого є матриця, що являє собою неохолоджуваний мікроболометр, матеріал детектора – оксид ванадію. Оксид ванадію порівняно з аморфним кремнієм забезпечує кращу чіткість тепловізійного зображення за несприятливих погодних умов. Такий тепловізор не має системи охолодження, відповідно час його підготовки до роботи буде мінімальним, а тривалість автономної роботи максимальною (рис. 3.41).

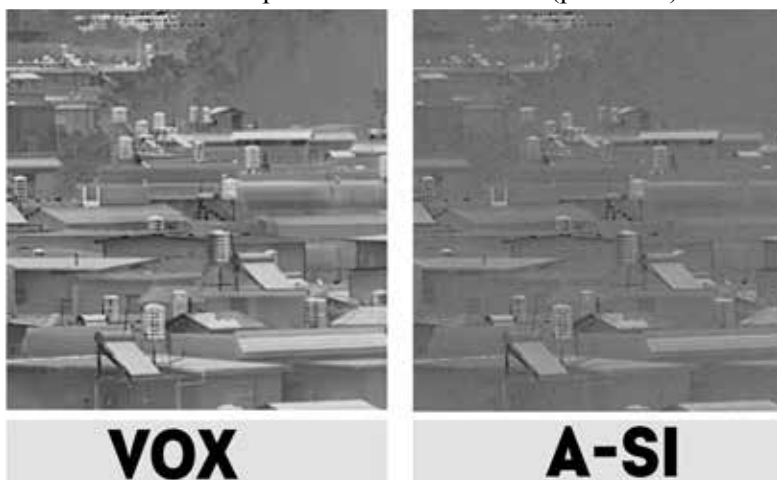


Рис. 3.41. Різниця між сенсорами VOx та a-Si у дощову погоду

Розрішення матриці або розширення 256x192. У цьому випадку матриця складається з 256 активних сенсорів, розміщених по горизонталі та 192 – по вертикалі. Загальна кількість сенсорів складає 49 152 од. Кожен сенсор відповідає активному пікселю на матричному детекторі. Відповідно, чим більша їх кількість, тим чіткішим буде тепловізійне зображення. За роздільною здатністю матриці такий тепловізор належить до приладів професійного рівня.

Додатково до роздільної здатності матриці може надаватись інформація про розмір пікселя, наприклад, 12 мкм. За розміром пікселя можна опосередковано зробити висновок про робочий діапазон електромагнітного випромінювання такого тепловізора (якщо ця інформація не надається виробником), це діапазон LVIR (довгохвильовий з довжинами хвиль 8...12 мкм). Тепловізори, які працюють у цьому діапазоні, мають високу чутливість до температури навколишніх об'єктів за наявності туману або диму та не чутливі до засвічування видимим спектром електромагнітного випромінювання. Відповідно такий тепловізор може працювати навіть у зустрічному промені прожектора.

Частота оновлення матриці відповідає за забезпечення чіткості відображення рухомих об'єктів та повинна бути більшою 25–30 Гц.

Роздільна здатність та тип внутрішнього дисплея або дисплеїв відповідає за якість передавання теплового зображення від електронної системи обробки теплового сигналу безпосередньо до ока або очей оператора. Чим більшою є роздільна здатність внутрішнього дисплея, тим більше інформації він може містити.

Основними типами дисплеїв є:

а) LCD дисплеї:

матриця TN – це перший тип рідкокристалічних екранів, швидкість відгуку 16 мс (такої швидкості не достатньо для спостереження за динамічними об'єктами), відображення кольорів не яскраве, вузький кут огляду;

матриця TFT (thin-film-transistor) – основою такого екрана є тонкоплівкові транзистори, що поширені у сучасних смартфонах – забезпечують достатню швидкість відгуку та яскравість передавання кольору, проте наявні “засвіти” чорного кольору та вузький кут огляду;

матриця IPS – найсучасніший LCD дисплей, має кут огляду 178°, що є максимально можливим показником, забезпечує передавання глибокого чорного кольору без “засвітів”, як на TFT.

б) OLED дисплеї: їх головними перевагами є глибокий чорний колір і низьке енергоспоживання, недоліки таких екранів – мерехтіння пікселів та менший загальний ресурс ніж у LCD матриць.

NETD (температурна чутливість) – від значення цього показника залежить деталізація відображення розподілу температури як по верхні самого об'єкта, так і його фону. Для забезпечення хорошої деталізації NETD повинен бути нижчим 60 мК.

Основними характеристиками оптичної системи є:

Об'єктив, наприклад, F19/1.0 – слід розуміти, що тепловізор обладнаний проєкційним об'єктивом з вхідним діаметром лінзи 19 мм та фіксованим розміром діафрагми – 1. Тобто, незважаючи на порівняно невеликий об'єктив, він пропускати максималну кількість електромагнітного випромінювання, яке потраплятиме на вхідну лінзу. Разом з тим об'єктиви з великим значенням діафрагми мають низку недоліків. Основними з них є: оптичне спотворення зображення від центру до периферії, порівняно невелика глибина чіткості зображення (у межах кількох метрів). Тому такі об'єктиви мають обмежену область фокусу. Тобто фон перед та за об'єктом, який перебуває у фокусі, буде розмитим як при портретній зйомці. Максималну глибину області фокусу можуть забезпечити об'єктиви з розміром діафрагми 1/64, проте вони мають значно нижчу пропускну здатність, відповідно обладнуються об'єктивами значно більшого діаметра – 100 мм і більше. Якщо необхідно вести спостереження за конкретним об'єктом, тоді об'єктив F19/1.0 відповідатиме нашим потребам, але необхідно звернути увагу на ширину області фокусу, і навпаки, коли необхідно вести спостереження за ділянкою місцевості, тоді необхідно обирати тепловізор, обладнаний об'єктивом значно більшого діаметра та діафрагмою 1/32 і менше, тоді ширина області фокусу буде прямувати у нескінченність.

Кут або поле зору разом із роздільною здатністю матриці та розміром пікселя впливатиме на максималну відстань виявлення об'єкта спостереження. Звуження кута зору (зменшення поля зору) надає можливість збільшити кількість пікселів, які перекриватимуть об'єкт інтересу за однакової роздільної здатності матриці за рахунок зменшення кінцевого розміру самого пікселя (рис. 3.42).

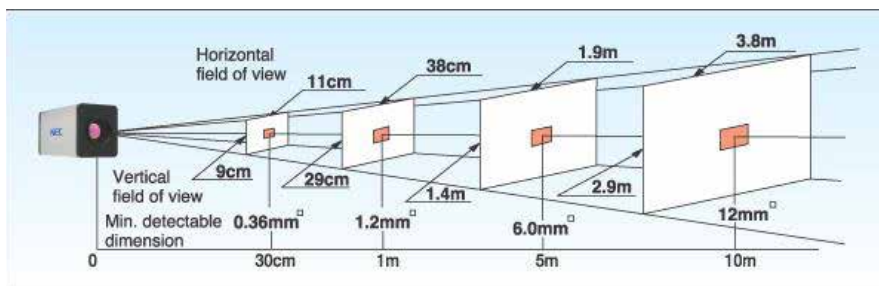


Рис. 3.42. Зміна розміру пікселя і поля зору залежно від кута зору та відстані

Для того щоб виявити об'єкт, необхідно щоб кінцевий розмір пікселя був значно меншим (мінімум у 3,6 раза) за один із розмірів об'єкта.

Тоді така характеристика, як дальність виявлення людини 1 100 м, свідчить, що площу тіла людини середнього зросту у 1,75 м по вертикалі перекриває 4 пікселі, а по горизонталі – 1. Відповідно на відстані у 1 100 м піксель матиме розміри не більше 0,44х0,44 м. Оскільки фактор наповненості монолітних болометричних матриць не перевищує 55 %, то фактичний розмір пікселя на зазначеній відстані не буде перевищувати 0,25х0,25 м. Це важливо враховувати під час вирішення задачі щодо виявлення людини, оскільки ефективним розміром людської фігури є 0,2 м.

Існує критерій Джонсона, який показує, скільки пікселів вважається достатнім для успішного вирішення задач виявлення, розпізнавання та ідентифікації об'єктів. Під виявленням розуміється отримання інформації про наявність якогось об'єкта. Під розпізнаванням – визначення виду об'єкта, а під ідентифікацією – визначення особливостей об'єкта, що спостерігається щодо інших об'єктів схожого виду. Значення критерію, наведені в табл. 3.21, відповідають імовірності вирішення кожної з оптичних задач 0,5.

Таблиця 3.21

Значення критерію Джонсона

Функція	Кількість пікселів
Виявлення	2
Розпізнавання	8
Ідентифікація	16

Для забезпечення ймовірності не нижче 0,95 необхідно подвоїти зазначену у таблиці кількість пікселів (рис. 3.43).



Рис. 3.43. Видимість об'єкта за критерієм Джонсона

Дальність виявлення різних об'єктів за допомогою тепловізора визначають за формулою

$$D = \frac{R}{C} \operatorname{ctg} \frac{H}{X},$$

де R – довжина або ширина об'єкта залежно від орієнтації, м; C – кількість пікселів відповідно до реалізації функції; H – кут зору по горизонталі або вертикалі, залежно від орієнтації об'єкта, м; X – горизонтальна або вертикальна роздільна здатність матриці залежно від орієнтації об'єкта.

Візьмемо для прикладу тепловізор Drager UCF 6 000. Він оснащений тепловізійною матрицею роздільною здатністю 160 пікселів по горизонталі та 120 по вертикалі і оптикою, що забезпечує кут зору 47° по горизонталі і 32° по вертикалі. Розрахуємо для нього максимальну дальність виявлення (2 пікселі) для людини зростом 1,75 м (вертикальна орієнтація об'єкта) з ймовірністю виконання оптичної задачі 0,95:

$$D = \frac{1,75}{2 \cdot 2} \operatorname{ctg} \frac{32}{120} = 94 \text{ м.}$$

Інакше кажучи, з відстані максимум за 94 метри буде зрозуміло, що це якийсь об'єкт, у якого температура відрізняється від фону та оператор гарантовано зверне увагу на цей об'єкт. Причому звуження кута зору приладу без зміни роздільної здатності матриці надасть можливість збільшити дальність у 2 рази – 188 м.

З відстані максимум за 47 метрів буде зрозуміло, що це людина, а не тварина або якась машина. Під час розрахунку дальності розпізнавання ймовірність виконання оптичної задачі не враховується, оскільки оператор уже виявив об'єкт інтересу, тому параметр C відповідає

тиме табличному значенню. А з відстані максимум за 24 метри можна буде визначити, чи це військовий або цивільний, чи жінка або чоловік.

Характеристика корпусу приладу. Маркування ступеня захисту корпусу електрообладнання здійснюється з допомогою міжнародного знака захисту (IP) і двох цифр, перша з яких означає захист від попадання твердих предметів, друга – від проникнення води. Код має формат запису IPXX, де на позиціях X розташовуються цифри, або символ X, якщо ступінь не визначено. За цифрами можуть йти одна або дві букви, що дають допоміжну інформацію (табл. 3.22, 3.23).

Таблиця 3.22

Перша позиція – захист від проникнення сторонніх предметів

Рі- вень	Захист від сторонніх предметів, що мають діаметр	Опис
0	—	Захист відсутній
1	≥ 50 мм	Великі поверхні тіла, відсутній захист від усвідомленого контакту
2	$\geq 12,5$ мм	Пальці та схожі об'єкти
3	$\geq 2,5$ мм	Інструменти, кабелі тощо
4	≥ 1 мм	Більшість дротів, болти тощо
5	Пилозахисний	Деяка кількість пилу може проникати всередину, однак це не порушує роботу пристрою. Повний захист від контакту
6	Пилонепроникний	Пил не може потрапити у пристрій. Повний захист від контакту

Таблиця 3.23

Друга позиція – захист від проникнення рідини

Рі- вень	Захист від	Опис
1	2	3
0	—	Захист відсутній
1	Вертикальні краплі	Вода, що крапає вертикально, не повинна порушувати роботу пристрою

1	2	3
2	Вертикальні краплі під кутом до 15°	Вода, що крапає вертикально, не повинна порушувати роботу пристрою, якщо його відхилити від робочого положення на кут до 15°
3	Бризки, що падають	Захист від дощу. Вода летить вертикально або під кутом до 60° до вертикалі
4	Бризки	Захист від бризок, що падають у довільному напрямку
5	Струмені	Захист від водяних струменів з довільного напрямку
6	Морські хвилі	Захист від морських хвиль або сильних водяних струменів. Вода, що потрапила всередину корпусу, не повинна порушувати роботу пристрою
7	Короткочасне занурення на глибину до 1 м	При короткочасному зануренні вода не потрапляє у кількостях, що порушують роботу пристрою. Постійна робота у зануреному режимі не передбачається
8	Тривале занурення на глибину понад 1 м	Повна водонепроникність. Пристрій може працювати у зануреному режимі

Додаткова літера “А” вказує на те, що корпус забезпечує захист від доступу до небезпечних частин тильною стороною руки, “В” – пальцем, “С” – інструментом, “D” – дротом. Допоміжна літера “Н” позначає високовольтне електрообладнання. Допоміжні літери “М” і “S” вказують на те, що обладнання з рухомими частинами під час випробувань на відповідність ступеня захисту від шкідливих впливів, пов’язаних з проникненням води, перебуває відповідно у стані руху або спокою.

Фактори впливу на функціонування тепловізійних засобів

На ефективне функціонування тепловізійних засобів впливають такі фактори:

характеристика об’єктів: рівень яскравості, теплового контрасту, спектральний склад випромінювання, швидкість руху об’єкта;

умови спостереження: відстань до екрана, розмір екрана, яскравість фону, що оточує, вібрації пристрою;

випромінювання від об'єктів та фонів розповсюджується до тепловізійного засобу через атмосферу, яка не повинна сильно його ослаблювати;

досвід оператора: оператор повинен знати, який об'єкт йому необхідно виявити та розпізнати. Тому він орієнтує тепловізійний прилад з обмеженим полем зору для пошуку потрібного об'єкта, змінюючи його яскравість і контрастність. Аналізуючи контури, орієнтацію, контрастність та окремі деталі сприймаючого зображення і маючи досвід розшифровки тепловізійних аналогів, він здійснює виявлення та розпізнавання об'єктів.

Важливо, щоб за допомогою тепловізійного приладу можна було виявити та розпізнати об'єкт, він повинен відрізнятися від фону за температурою або коефіцієнтом випромінювання. Ця ефективна різниця температур зумовлена внутрішнім нагрівом, теплообміном із зовнішнім середовищем або іншими процесами.

Слід зазначити, що тепловізійна техніка має низку переваг і властивих тільки їй можливостей, а саме:

виявлення віддалених об'єктів (або цілей) незалежно від рівня природної освітленості, а також, до певної міри, теплових або інших перешкод (диму, дощу, туману, снігу, пилу);

можливість цілодобового спостереження;

безшумність і пасивний принцип роботи;

велика швидкість, малі габарити й енергоспоживання;

можливість цифрової обробки зображення у реальному масштабі часу.

До недоліків тепловізорів необхідно віднести високу вартість, що є наслідком застосування дорогих матеріалів, передових технологій під час виробництва.

3.5.3. Характеристики, комплекти, будова і підготовка до роботи переносних тепловізійних засобів

Переносний тепловізор – технічний прилад, принцип роботи якого полягає у фіксації інфрачервоного випромінювання об'єктів спостереження. Призначений для ведення візуального спостереження в будь-який час доби та пору року. Тактико-технічні характеристики переносних тепловізорів подано у табл. 3.24.

Тактико-технічні характеристики діючих переносних тепловізорів

Характеристики	Phantom IR	FLIR BHS-Series	ARCHER TGX-8/75	ARCHER TGX-3/75	Vario VIEW™150	Nyxus Bird
1	2	3	4	5	6	7
Дальність виявлення, км:						
людини	0,9	2,4	2,2	2,2	5	4,3
автомобіля	н/д	н/д	н/д	н/д	7	7
Дальність розпізнавання, км:						
людини	н/д	0,65	0,6	0,6	1,8	1,6
автомобіля	н/д	н/д	н/д	н/д	3	2,8
Діаметр об'єкта, мм	50	50	75	75	150	70
Поле зору, град	11°×8,25°	6°×4°	8,3°×6,4°	8,3°×6,4°	6,1°×4,6°	11°×8°
Цифровий зом	х2, х4	х2, х4	х2, х4	х2, х4	х2, х4	х2, х4
Матриця неохолоджена	320х240	640х480	640х512	640х512	640х480	640х480

1	2	3	4	5	6	7
Джерело живлення	4хАА	4хАА	6хАА	4хАА	Sony 6600мА	M20, або АКБ з адаптером 3хАА
Функції для визначення координат цілі: лазерний далекомір кутомірна сітка електронний компас GPS	–	–	+	–	+	+
	+	–	+	–	–	+
	+	–	+	–	–	+
	–	–	–	–	–	+
Функції фото-, відеодокументування	–	+	+	+	–	+
Відеовихід	+	+	+	+	+	+
Вага приладу, кг	1,5	1,2	1,65	1,3	3,3	1,6

Таблиця 3.25

Тактико-технічні характеристики нових переносних тепловізорів

Характеристики	JSA-25	Burris BTH 50	Pulsar Accolade 2 LRF XP50 PRO	ATN BINOX 4T 384 2-8x	VooDoo-B 2.0
					
1	2	3	4	5	6
Дальність виявлення, км: людини автомобіля	0,7 1,7	0,6 1,9	1 н/д	0,48 н/д	3 н/д
Дальність розпізнавання, км: людини автомобіля	н/д н/д	н/д н/д	н/д н/д	0,96 н/д	1,5 н/д
Діаметр об'єктива, мм	25	50	50	25	75
Поле зору, град (по горизонталі × по вертикалі)	15,4°x11,6°	7,8°x5,8°	12,4°x9,3°	12°x9,5°	7,5°(по діагоналі)
Цифровий zoom	x2, x4	x4	x2, x4, x8	x2, x4, x8	x2, x4

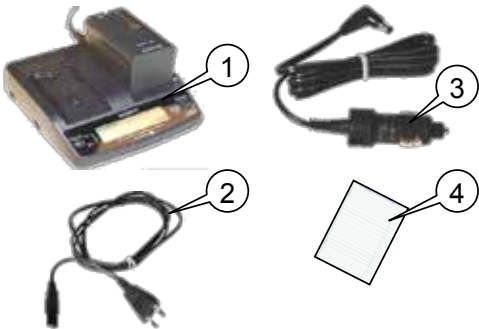
1	2	3	4	5	6
Роздільна здатність матриці	400х300	400х300	640х480	384х288	640х480
Температурна чутливість матриці, мК	н/д	н/д	<30	<30	н/д
Джерело живлення	Вбудований акумулятор (зарядка USB, type C)	Вбудований акумулятор (зарядка USB, type C)	Вбудований акумулятор (зарядка Micro USB)	Вбудований акумулятор (зарядка USB, type C)	3хCR123A
Функції для визначення цілі:					
лазерний далекомір	–	–	+	+	+
кутомірна сітка	–	–	–	–	–
електронний компас	–	–	–	+	+
GPS	–	–	–	–	+
Wi-Fi	+	+	+	+	–
Функції фото- та відеодокументування	+	+	+	+	+
Відеовихід	+ (Micro HDMI)	+ (Micro HDMI)	–	–	+
Вага приладу, кг	0,38	0,54	0,700	1,12	1,36

Переносний тепловізор VarioVIEW™150

Таблиця 3.26

Склад комплекту переносного тепловізора VarioVIEW™150

Комплектуючі	Їхній вигляд
1	2
Тепловізор з ремінцем під праву руку, ремінцем для перенесення, захисними кришками для об'єктива та лазерного далекоміра	
Кейс – для транспортування тепловізора та комплектуючих	
Комплект штатива – забезпечує кріплення тепловізора на різних типах ґрунтів на необхідній (зручній) висоті, його обертання за азимутом та кутом місця. У комплект входять: 1 – відеоголівка; 2 – штатив; 3 – чохол; 4 – шипи/опори; 5 – ключ для кріплення шипів; 6 – інструкція з експлуатації	

1	2
акумуляторні батареї 2 шт. (47,4 Вт*год, 6600 мА*год) – для живлення тепловізора	
Комплект зарядного при- строю – для заряджання акумуляторних батарей. У комплект входять: 1 – зарядний пристрій; 2 – з'єднувальний кабель 220 В (для підключення зарядного пристрою до мережі 220 В); 3 – автомобільний адаптер (для під'єднання зарядного пристрою до бортової мережі автомобіля); 4 – інструкція з експлуатації	
Штекерний блок живлення змінного/постійного струму – забезпечує живлення тепло- візора від мережі змінного струму 100...240 В. Вихідний струм – постійний, 15 В, 2 А	
BNC-RCA адаптер – для з'єднання відеокабеля з відео- виходами зовнішніх пристроїв	

1	2
Відеокабель 2,5 м – для підключення тепловізора до зовнішніх джерел відео через BNC-RCA адаптер	
Автомобільний блок живлення постійного струму – для забезпечення живлення тепловізора від бортової мережі автомобіля постійного струму 9...32 В. Вихідний струм – постійний, 15 В, 2 А	
Подовжувач 3 м – для з'єднання тепловізора (до 14-полюсного входу) з іншими пристроями з комплекту тепловізора (до 4-полюсних входів)	
4-полюсний Y-подібний адаптер, до якого можуть під'єднуватись: подовжувач 3 м, автомобільний блок живлення постійного струму, відеокабель 2,5 м, штекерний блок живлення	
Інструкція з експлуатації (2 прим. – українською та російською мовами), формуляр	

Загальна будова приладу подана на рис. 3.44.

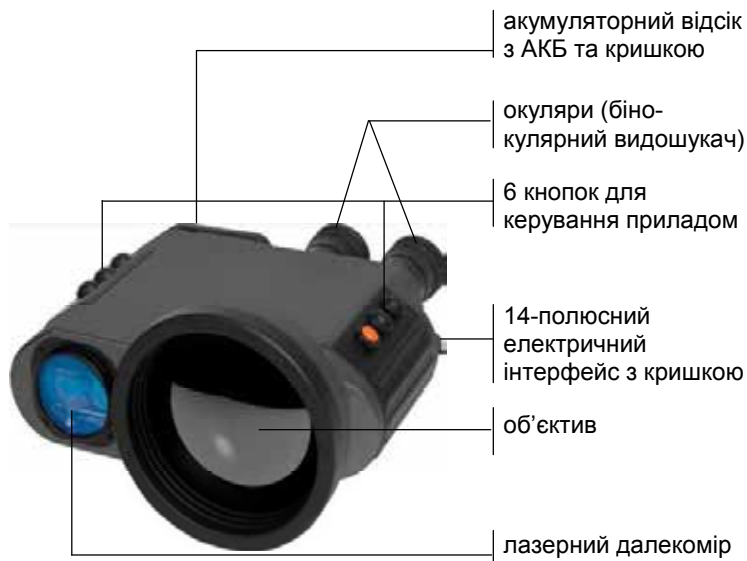


Рис. 3.44. Загальна будова тепловізора VarioVIEW™150

Прилад оснащений:

150-мм германієвим об'єктивом, що здатний пропускати інфра-червоне випромінювання у діапазоні 8–14 мкм;

лазерним далекоміром типу DLEM 1k, що належить до класу безпеки 1М – малої потужності, майже безпечний для неозброєного ока людини;

двома окулярами (бінокулярним видошукачем), що дозволяють розглядати зображення, яке формується екраном. Екран побудований на базі органічних світлодіодів – пристроїв, які ефективно випромінюють світло у разі проходження крізь них електричного струму.

На задній частині приладу ліворуч розташований 14-полюсний електричний інтерфейс з кришкою, до якого під'єднується подовжувач 3 м для забезпечення електроживлення приладу від зовнішніх джерел, а також під'єднуються додаткові приймачі відео (монітор, телевізор тощо).

Управління приладом здійснюється шістьма кнопками, що розташовані на його корпусі.

Порядок підготовки приладу до роботи:

дістати прилад з кейса чи сумки для транспортування;

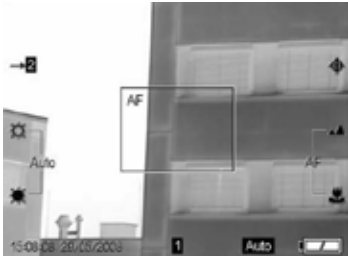
надягнути нашійний ремінець у разі використання приладу без штатива, або встановити прилад на штатив у разі використання зі штативом;

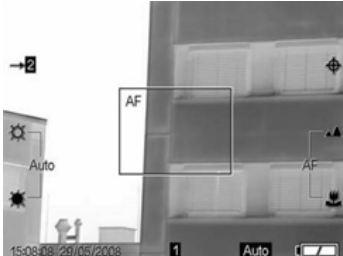
установити елементи живлення (табл. 3.27).

Таблиця 3.27

Підготовка до роботи переносного тепловізора VarioVIEW™150

Порядок дій	Вигляд приладу
1	2
<i>Встановлення елементів живлення</i>	
Акумулятор встановлюється в акумуляторний відсік на тильній частині приладу	
Відкрийте кришку акумуляторного відсіку	
Акумуляторний відсік оснащений замком для блокування й петлею. Замок необхідно розблокувати. Спочатку для розблокування замка потягніть петлю вліво. Потім потягніть петлю на себе, щоб відкрити замок	
Установіть акумулятор контактами вперед у кріплення і засуньте його якнайдалі в акумуляторний відсік. Перед закриванням поверніть металеву пластину замка ліворуч на акумулятор	
Закрийте акумуляторний відсік. Для цього покладіть замок на вставлений акумулятор. Заблокуйте акумуляторний відсік, посунивши замок якнайдалі вправо. Закрийте кришку акумуляторного відсіку	

1	2
<i>Вмикання приладу, основні налаштування</i>	
Меню екрана поділене на первинний (1) та вторинний (2) рівні. Для ввімкнення приладу натиснути та утримувати оранжеву кнопку. При цьому активується первинний рівень меню. Номер активованого рівня меню висвічується у рядку стану знизу зображення	
Функції первинного рівня меню: - перехід до вторинного рівня меню – у разі натискання кнопки здійснюється перехід до вторинного рівня меню; - регулювання яскравості зображення – у разі натискання однієї з кнопок яскравість іншої збільшується, а кнопки зменшується. За одночасного натискання обох цих кнопок здійснюється автоматичне регулювання яскравості; - активація лазерного далекоміра – у разі натискання та утримання кнопки з'явиться візирне перехрестя, яке потрібно навести на об'єкт і до якого необхідно виміряти дальність. У разі відпускання кнопки з'явиться значення дальності у верхній частині зображення; - регулювання фокуса зображення – у разі натискання однієї з кнопок налаштовується фокус на ближні об'єкти, іншої – на дальні. За одночасного натискання обох цих кнопок здійснюється автоматичне регулювання фокуса зображення. Перемикання між рівнями меню здійснюється натисканням кнопки оранжевого кольору. Вторинний рівень меню залишається активним протягом усього часу використання функцій меню цього рівня	

1	2
Функції вторинного рівня меню: перехід до первинного рівня меню – у разі натискання кнопки здійснюється перехід до первинного рівня меню; вимкнення тепловізора – у разі натискання та утримання кнопки з’являється напис “Do you really want to shut down?” (“Ви дійсно хочете вимкнути прилад?”), повторне натискання кнопки вимикає прилад; інверсія чорно-білого зображення – у разі натискання кнопки відбувається зміна чорного та білого кольорів; відкриття підменю “Налагодження” – у разі натискання кнопки відкривається підменю “Settings” (“Налагодження”). Це меню дозволяє вибирати настройки приладу, які будуть збережені при повторних включеннях приладу. Воно має три рівні, кожному з яких притаманні певні функції: регулювання контрастності – при натисканні кнопки змінюється контрастність зображення; активація функції збільшення зображення – у разі натискання кнопки змінюється кратність зображення. Значення кратності можуть бути 1, 2, 4	
Функції для визначення координат цілі. Прилад обладнаний лазерним далекоміром. Для вимірювання дальності використовується відповідна функція меню приладу. Активація лазерного далекоміра – у разі натискання та утримання кнопки з’явиться візирне перехрестя, яке потрібно навести на об’єкт і до якого необхідно виміряти дальність. У разі відпускання кнопки з’явиться значення дальності у верхній частині зображення	

1	2
Функція виведення зображення на зовнішній монітор. Вставте 14-полюсний штекер подовжувача у відповідне гніздо на приладі	
Потім вставте 4-полюсний штекер подовжувача у відповідне гніздо Y-подібного адаптера. Під'єднайте відеокабель з одного боку до Y-подібного адаптера, а з іншого – до гнізда монітора / телевізора	
Якщо ваш монітор / телевізор має тільки роз'єднання RCA, то з'єднайте штекер відеокабеля з гніздом BNC-RCA адаптера, після чого вставте штекер у гніздо монітора	

П р и м і т к а. Прилад не надає можливості вимірювати азимут та кут місця, не обладнаний функціями фото- чи відеодокументування.

Електроживлення приладу

Живлення приладу може здійснюватися (табл. 3.28):

від елементів живлення;

електромережі;

бортової мережі автомобіля.

Таблиця 3.28

Електроживлення переносного тепловізора VarioVIEW™150

Електроживлення	Необхідні комплектуючі
1	2
<i>Від електромережі</i>	
Подовжувач 3 м	

1	2
Штекерний блок живлення змін-ного / постійного струму	
Вставте 14-полюсний штекер подовжувача у відповідне гніздо на приладі	
Потім вставте 4-полюсний ште-кер подовжувача в 4-полюсне гніздо штекерного мережевого блока живлення постійного / змінного струму, після чого з'єднайте мережевий блок жив-лення з розеткою електромережі	
	
<i>Від бортової мережі автомобіля</i>	
Подовжувач 3 м	
Автомобільний блок живлення постійного струму	
Вставте 14-полюсний штекер подовжувача у відповідне гніздо на приладі	

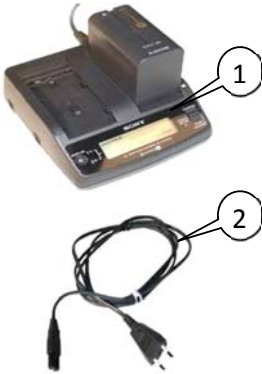
1	2
Потім вставте 4-полюсний штекер подовжувача в 4-полюсний інтерфейс автомобільного адаптера постійного струму, після цього з'єднайте автомобільний адаптер постійного струму з відповідним роз'ємом автомобіля	
	

Зарядження елементів живлення

Зарядження акумуляторів може здійснюватися (табл. 3.29):
від електромережі;
бортової мережі автомобіля.

Таблиця 3.29

Зарядження елементів живлення переносного тепловізора VarioVIEW™150

Порядок дій	Вигляд комплектуючих
Підключіть зарядний пристрій 1 до стаціонарної мережі, використовуючи кабель 2, або до бортової мережі автомобіля, використовуючи відповідний кабель. Злегка притискуючи, вставте акумулятор у зарядний пристрій у напрямку, указаному стрілкою, доки він не зафіксується. Напрямок указаний на акумуляторі. У процесі зарядки на зарядному пристрої поряд з акумулятором горить помаранчева лампочка, яка гасне після повної зарядки акумулятора. Для знімання акумулятора злегка придавіть його і перемістіть у напрямку, протилежному до стрілки	

Порядок вимкнення приладу та переведення його у похідне положення подано у табл. 3.30.

**Вимкнення переносного тепловізора VarioVIEW™150
та переведення його у похідне положення**

Порядок дій	Вигляд комплектуючих
Для вимкнення тепловізора використовується функція вторинного рівня меню	
У разі натискання та утримання кнопки з'являється напис "Do you really want to shut down?" ("Ви дійсно хочете вимкнути прилад?"), за повторного натискання кнопки прилад вимикається	

Після використання прилад вкладають у кейс для транспортування, що входить до комплекту, або спеціально виготовлену сумку для транспортування.

Переносний тепловізор NYXUS BIRD

Прилад NYXUS BIRD призначений для спостереження вдень і вночі та вимірювання параметрів цілі: дальності до цілі, азимуту, кута місця та координат GPS цілі.

Тактико-технічні характеристики подано у табл. 3.31.

Таблиця 3.31

Тактико-технічні характеристики тепловізора NYXUS BIRD

Характеристики	Значення характеристик
1	2
Фірма (країна) виробник	Jenoptik (Німеччина)
Тип	Переносний
Габарити (довжина, ширина, висота), мм	180x150x75
Вага, кг	1,6
Електроживлення	Літійонна батарея M20 (3В), або 2 АА / батареї (1,5 В) з адаптером, або 3 АА / акумулятори (1,2 В) з адаптером; зовнішній блок живлення, що підключений до гніздового роз'єму ODU
<i>Тепловізійний канал</i>	
Дальність виявлення, км: людини; автомобіля	4,3 7
Збільшення (кратність) термокамери, разів: оптичне; цифрове; загальне	- 4 4
Тип матриці	Неохолоджуваний (мікроболометр)
Роздільна здатність матриці, пікселі	640 * 480 = 307 200
Спектральна чутливість, мкм	8–14
Температурна чутливість (за температури навколишнього середовища 30 °С), градусів	< 0,06
Поле зору, град.	11x8

Закінчення табл. 3.31

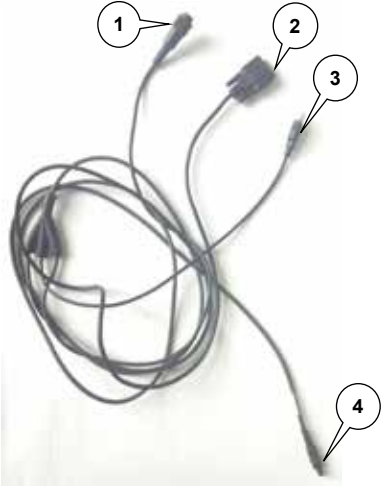
1	2
Час безперервної роботи від джерела живлення (1 бат. – M20), год	< 6
Діапазон робочих температур, град.	від –32 до +55
<i>Оптичний канал</i>	
Діаметр вхідної зіниці, мм	40
Діаметр вихідної зіниці, мм	6
Збільшення (кратність)	7х
Поле зору, град.	6,75
<i>Далекомір</i>	
Тип лазера	Діодний
Довжина хвилі, нм	1,550
Дальність дії, м	10 ... 5 000
Похибка у вимірюванні, м	± 2
Кількість вимірювань дальності до об'єктів лазерним променем	3
<i>Цифровий магнітний компас</i>	
Горизонтальний діапазон виміру, град.	360
Вертикальний діапазон виміру, град.	± 45

Склад комплекту та будова приладу подані у табл. 3.32.

Таблиця 3.32

Склад комплекту та будова тепловізора NYXUS BIRD

Складові	Вигляд складу комплекту
1	2
Прилад з нашийним ремінцем	
Сумка – для транспортування приладу та комплектуючих	
Блок живлення змінного / постійного струму	

1	2
Кабель живлення та передавання інформації: 1 – штекер для підключення до блока живлення; 2 – штекер для підключення Com-порту; 3 – штекер USB для передавання інформації; 4 – штекер для підключення до гнізда ODU на приладі	
Автомобільний блок живлення постійного струму	
Літійонна батарея M20 (3В) для живлення тепловізора	
Штатив	
Документація	

Будова приладу

Прилад “NYXUS BIRD” складається:
з оптичного каналу (денного);

тепловізійного каналу (нічного);
лазерного далекоміра;
цифрового магнітного компаса;
GPS приймача;
пристрою Bluetooth.

Загальну будову приладу NYXUS BIRD подано на рис. 3.45.



Рис. 3.45. Загальна будова переносного тепловізора NYXUS BIRD:

- 1 – вікно лазерного далекоміра; 2 – об’єктив оптичного каналу (денного);
3 – антена GPS; 4 – об’єктив тепловізійного каналу (нічного); 5 – батарейний відсік; 6 – кнопки керування приладом; 7 – окуляр;
8 – гніздовий роз’єм ODU

Порядок підготовки приладу до роботи

Установка батареї

Для встановлення елемента живлення відгвинтити кришку батарейного відсіку та встановити його, дотримуючись полярності (рис. 3.36). Літієву 3 В батарею можна замінити батарейним адаптером з 2 AA / батареї (1,5 В) або 3 AA / акумулятори (1,2 В). Після включення приладу ємність у відсотках зазначається у нижньому лівому куті поля зору, доки кнопка залишається натиснутою. За остаточної ємності елемента живлення близько 30 % тепловізійний канал може не працювати, а вимірювання дальності можливе.

Альтернативними може бути живлення приладу від зовнішнього джерела живлення з використанням кабелю живлення та передавання інформації, що входить до складу комплекту, шляхом його під'єднання до роз'єму ODU, рис. 3.46.



Рис. 3.46. Встановлення елемента живлення

Включення / виключення приладу

З метою вимірювання у разі використання денного каналу бачення та лазерного далекоміра прилад включається натисненням кнопки упродовж 3 с. Готовність каналу денного бачення до вимірювання дальності встановлена, коли у правому верхньому куті поля зору зазначається режим вимірювання дальності.

Тепловізійний канал активується короткочасним натисканням кнопки (рис. 3.47). Перемикання між режимами роботи за допомогою денного каналу / тепловізійного каналу здійснюється за допомогою короткочасного натискання кнопки.

Прилад виключається натисненням кнопки упродовж 5 с.



Рис. 3.47. Включення / виключення приладу

Вимірювання дальності за допомогою кутомірної сітки та далекомірної шкали / лазерного далекоміра

Прилад можна використовувати в денних умовах для спостереження та вимірювання дальності без активації тепловізійного каналу / режиму вимірювання за допомогою лазерного далекоміра. Для вимірювання дальності використовується кутомірна сітка або далекомірна шкала (дозволяє визначити дальність за погруддям людини), які показані на рис. 3.48.

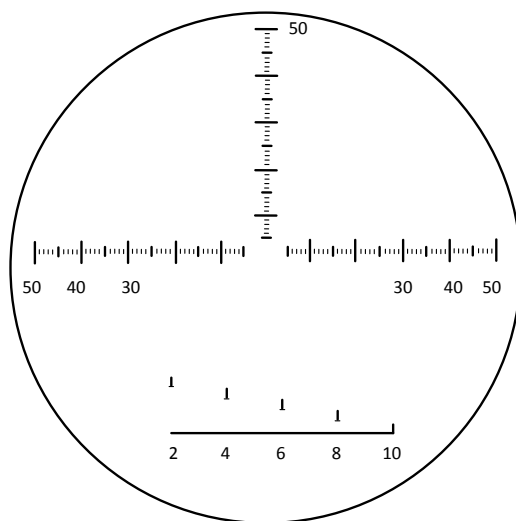


Рис. 3.48. Кутомірна сітка та далекомірна шкала приладу NYXUS BIRD

За допомогою лазерного далекоміра короткочасним натисканням кнопки вибрати вимірювальну функцію, що буде вказувати на її активацію.

Коли прилад увімкнено, з натисненням кнопки (вимірювання дальності) висвічується коло прицілу, червона кільцева мітка, яка призначена для наведення на ціль. Після відпускання кнопки починається сам вимір, результат якого зазначається у верхній частині поля зору. Для виміру дальності потрібний лише один вимірювальний цикл. Отриманий результат зазначається у верхній лівій частині поля, а додатково у верхній правій частині висвічується значення азимута та кута місця (рис. 3.49).



Рис. 3.49. Результати вимірювання приладу

Після появи дальності висвічуються одна, дві або три горизонтальні лінії, залежно від кількості отриманих значень дальності. Кнопка може  бути натиснута для індикації всіх заміряних цілей. Нижня лінія відповідає тій цілі, яка перебуває на найближчій відстані, а верхня лінія – цілі із найбільшою відстанню.

Після натискання кнопки  у нижній частині поля зору зазначаються UTM координати цілі. Ліве число являє собою значення OST (оцифровка горизонтальної лінії координатної мережі, наприклад, 682652), праве значення Nord (ординати, наприклад, 5640104).

Після натискання кнопки  зліва зазначається висота над рівнем моря, а праворуч зона, наприклад, 32 U.

Якщо відсутній або задовільний сигнал GPS, тобто коли UTM координати цілі визначити неможливо, висвічується **no POS**. У середині будинків, у вузьких провулках або під деревами приймання GPS сигналу може бути сильно обмежене. У такому випадку необхідно знайти таке місце, де сигнал GPS буде прийматися.

Вимірювання параметрів об'єкта

Для вимірювання параметрів об'єкта необхідно провести два цикли вимірювання відповідного об'єкта. Бажано, щоб обидві точки вимірювання розташовувалися біля самого краю об'єкта.

Функцію вимірювання параметрів об'єкта вибирають за допомогою кнопки **(M)**, при цьому на екрані висвічується – **object** (рис. 3.50). Після першого циклу вимірювання, що запускається кнопкою **(C)**, видається повідомлення **Second Target**. Потім проводиться другий цикл вимірювання об'єкта, що запускається кнопкою **(C)**.



Рис. 3.50. Запуск вимірювання об'єктів

Обчислені значення вказують на таке (рис. 3.51):

у лівій нижній частині поля – поправки, що необхідні для ведення стрільби (перше значення ліворуч – похила дальність, друге значення посередині – горизонтальна дальність, третє значення праворуч – різниця по висоті в метрах);

лівій верхній частині поля – дальність до об'єкта в метрах;

правій верхній частині поля – азимут на об'єкт у градусах.

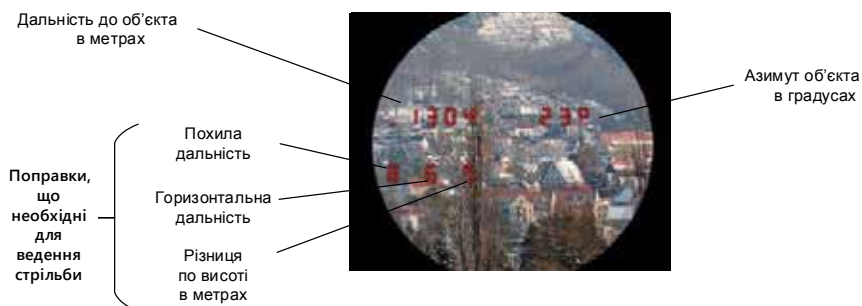


Рис. 3.51. Вигляд поля зору під час вимірювання параметрів об'єкта

Спостереження та вимірювання під час використання тепловізійного каналу

Тепловізійний канал активується короткочасним натисканням кнопки . Під час активації роботи тепловізійного каналу на екрані зазначається повідомлення **1 n l t l r**, і через кілька секунд тепловізійний канал готовий до роботи. Перемикання між режимами роботи в оптичному та тепловізійному каналах здійснюється за допомогою кнопки . Функціональне призначення кнопок під час роботи в тепловізійному каналі показано на рис. 3.52. Процедура вимірювання ідентична до оптичного каналу.



Рис. 3.52. Функціональне призначення кнопок під час роботи в тепловізійному каналі

Кнопка  дозволяє застосовувати інверсію та залежно від обраного варіанта теплі зони можуть подаватись чорним або білим кольором, як це показано на рис. 3.53.

Тепловізійний канал має інтегровану функцію масштабування зображення, яка може бути подана у двократному або чотирикратному збільшенні. Одночасним натисканням кнопок   досягається двократне збільшення, а за повторного натискання цих же кнопок з'являється чотириразове збільшення. Скидання обраного варіанта збільшення проводиться одночасним натисканням кнопок  . Для фокусування на ближні та дальні об'єкти використовуються кнопки  та  відповідно.



Вид зображення теплий = білий



Вид зображення теплий = чорний

Рис. 3.53. Вигляд тепловізійного зображення

Передавання відеоінформації та управління приладом здійснюється за допомогою кабелю живлення та управління, що входить до складу комплекту, шляхом його підключення до роз'єму ODU.

Будований пристрій Bluetooth забезпечує обмін даними від інтегрованого далекоміра до базової станції (ПЕОМ). Індикація пристрою Bluetooth може бути ввімкнена / вимкнена за допомогою меню Setup.

Меню обслуговування

Меню обслуговування розділено на два рівні. Працюючи на першому рівні, оператор може вибрати функції, які типово потрібні в процесі обслуговування тоді, коли другий рівень під назвою **SETUP MENU** дозволяє йому провести індивідуальні налаштування приладу, які притаманні до конкретних умов або до потреб користувача. Ці налаштування зберігаються і після вимикання приладу “NYXUS BIRD” доти, поки не буде введена наступна зміна.

Налаштування в меню Select. При натисканні кнопки **(M)** більше ніж на 1 секунду відкривається меню Select. За допомогою кнопок **(F+)** **(F-)** можна викликати низку підменю в меню Select (табл. 3.33).

Значення елементів меню Select

Елемент	Значення
SETUP	Меню Setup
BI T	“Build In Test” (інтегрований самотест) та перевірка якості GPS
DMC CALIB FAST	DMC калібрування по 8 точках (не рекомендується)
SELECT MENU	DMC калібрування по 12 точках
DMC CHECK	Перевірка DMC
GPS CHECK	Показання власної координати GPS
RESET SETTINGS	Скидання до заводських налаштувань

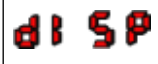
Обране підменю можна активувати натисканням кнопки . У пункті меню **BI T** контролюється функціонування систем і зазначаються відмови. У разі повної працездатності висвітлюється повідомлення **FAILED 0 of 6**. У випадку відмови компонентів замість нуля вказується число систем, що відмовили. При кількаразовому натисканні кнопки  вказується стан акумуляторної батареї, інтенсивність сигналу GPS, а також номер версії компонентів – DMC, Rfid-Чипа, ІЧ-камери та модуля Bluetooth.

У меню **DMC CALIB FULL** зазначається висота точки знаходження, зональне поле в системі координат UTM і власна координата GPS. Інформація про зональне поле UTM надається у вигляді комбінації чисел і літер, причому зони пронумеровані від сходу до заходу та відповідають значенням від 1 до 60. Зональні поля позначені від півдня до півночі, причому кожна зона позначається однією літерою, саме південне поле позначається літерою – С, а саме північне – літерою Х. Такі літери, як О та І не застосовуються.

Налаштування в меню Setup (значення пунктів меню вказано у табл. 3.34). Вибір пунктів меню здійснюється за допомогою кнопок  та . Зміни можна ввести у відповідних пунктах меню за допомогою кнопок  та . Кнопку  потрібно натиснути для виходу з актуального меню, а також для підтвердження й запам'ятовування внесених змін.

Таблиця 3.34

Значення пунктів меню Setup

Пункти	Значення
	Увімкнення або вимикання модуля Bluetooth за допомогою:  або  [ ]
	Вибір індикації кута  або 
	Налаштування яскравості дисплея OLED. Яскравість індикації може бути змінена в десятивідсоткових кроках
	Перемикання від автоматичного на ручне внутрішнє калібрування термо-зображення у випадках, коли безшумна робота абсолютно необхідна
	Налаштування часу затримки ввімкнення (у секундах) для ввімкнення приладу “NYXUS BIRD” при натиснутій кнопці 
	Налаштування часу до моменту автоматичного відключення у разі невикористання приладу
	Налаштування часу до моменту автоматичного відключення світлодіодної індикації

Auto Ir off	Налаштування часу до моменту автоматичного відключення тепловізора й перемикання в режим денного бачення
bt	Увімкнення / Вимикання модуля Bluetooth
hAGdEc	Магнітне схилення (кут між магнітним і географічним напрямком півночі) можна ввести вручну. За наявності сигналу GPS актуальне значення приймається автоматично
oPdEt	Активація / деактивація функції автоматичного відключення індикації “LED” і “OLED” при віддаленні приладу від ока

Меню BIT (значення компонентів меню вказано в табл. 3.35). Меню BIT передбачено для перевірки шести внутрішніх компонентів приладу “NYXUS BIRD” на справність функціонування. Наявність статусного повідомлення **FAILED 0 OF 6** свідчить про те, що всі компоненти працюють нормально (немає відмови).

Таблиця 3.35

Значення пунктів меню BIT

Компонент	Індикація
BAT	Ступінь зарядки акумуляторної батареї, %
GPS	Якість сигналу або код помилки
DMC	Версія або код помилки
IR	Викл. або версія або код помилки
RF	Версія або код помилки
BT	Адреса MAC або код помилки

Перехід від градусів до стандарту MIL. Натиснути кнопку  тривалістю понад 1 секунду. Відкривається меню Select. Натиснути  кнопку для вибору меню Setup. За допомогою кнопок  або  можна вибрати **ANGLE**. Перемикання від **DEGREE** на **MIL** відбувається з натисканням кнопки  або . Уведені зміни до налаштування підтверджуються натисканням кнопки .

Прилад “NYXUS BIRD” наділений цілою низкою автоматичних функцій для оптимізації витрат енергії та налаштування оптимальних умов спостереження. Кожна автоматична функція може бути змінена окремо в меню Setup.

Після закінчення процесу вимірювання світлодіодна індикація вмикається через деякий час відповідно до налаштувань.

Якщо впродовж п’яти хвилин роботи тепловізійного каналу не задіяні органи управління (відповідні кнопки) та не здійснюється вимірювання, то він може вимкнутися, але тривалість цього часу можна змінювати в меню Setup.

Калібрування

Метою калібрування компаса DMC є забезпечення високої точності вимірювання координат. Калібрування доцільно проводити після кожної передислокації або заміни елемента живлення. Під час проведення калібрування в радіусі 50–60 м не повинно бути ніяких металевих предметів. Перед калібруванням необхідно впевнитись у наявності сигналу GPS. Найпростіше це можна зробити проведенням вимірювання дальності з подальшим натисканням кнопки

. Якщо після цього відбувається індикація зони, то сигнал GPS присутній. Під час натискання кнопки  (близько 1 с) відбувається перехід від режиму вимірювання в меню Select. При цьому бажаний варіант калібрування можна обрати, натиснувши кнопку  або . Процес калібрування запускається за допомогою кнопки . Кнопки функції калібрування показані на рис. 3.54.

Калібрування DMC базується на процедурі 12-ступеневого вимірювання (рис. 3.55). Процедура складається з трьох проходів.

При кожному проході виконується 4 вимірювання через кутові проміжки 90° . При цьому прилад повинен поперемінно повертатися на $10\text{--}20^\circ$ вправо та вліво навколо оптичної осі. Після вибору функції **Align Full** у меню Select процес калібрування запускається натисканням кнопки .



Рис. 3.54. Кнопки функції калібрування DMS

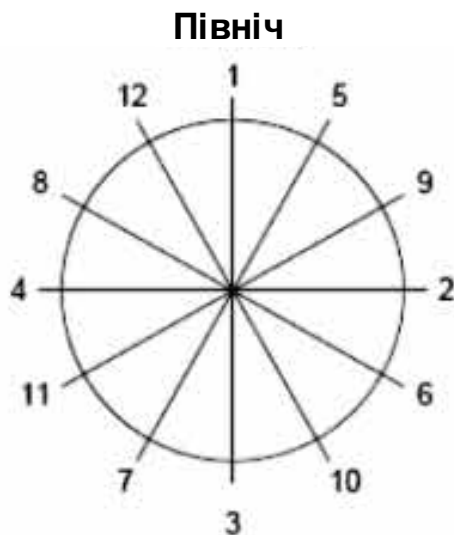


Рис. 3.55. Послідовність кроків вимірювання для калібрування DMS

На екрані висвічується **Align to north**. Спостерігаючи за значеннями Grad (градус) або Mil, прилад необхідно утримувати горизонтально в напрямку півночі, потім його повернути на $10\text{--}20^\circ$

вправо навколо оптичної осі та запустити вимірювання. При цьому прилад необхідно утримувати стабільно до того часу, поки не з'явиться індикація **Point done**.

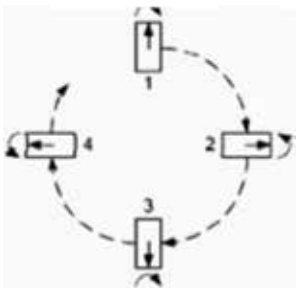
Кожне подальше вимірювання проводиться з кутовим зміщенням 90° за годинниковою стрілкою та лівим поворотом навколо оптичної осі. Напрямок, у якому необхідно повертати прилад навколо оптичної осі, зазначається за допомогою обертаючої візирної мітки. Зупинка візирної мітки означає, що правильний кут був досягнутий.

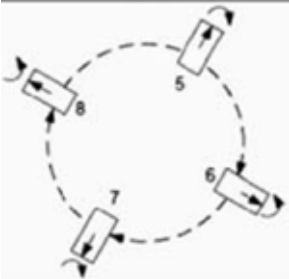
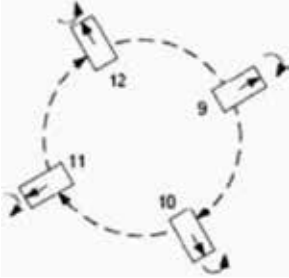
Під час другого та третього проходів лінія, яка блимає навколо візирної мітки, указує напрямок, у якому необхідно піднімати чи нахиляти прилад. Коли видно всі чотири лінії візирної мітки та мітка сама не повертається, то правильна позиція досягнута і відповідні вимірювання можуть бути здійснені. Коли здійснюється вимірювання, то прилад повинен бути у стабільному положенні. Про вдале завершення вимірювання повідомляє індикація на екрані **Point done** та одне число для конкретної точки (від 1 до 12), що вимірювалась.

Після закінчення 12 циклів вимірювання здійснюється автоматичний розрахунок та калібрування ДМС. Повідомлення про якість калібрування видається у вигляді **Score** та одного числа від 0 до 100. Значення від 0 до 10 відповідає високій точності. При значеннях більше 10 точність буде обмеженою, і в таких випадках калібрування доцільно повторити. За наявності на екрані повідомлення **calib failed** калібрування необхідно повторити повністю (табл. 3.36).

Таблиця 3.36

Процедура вимірювання для калібрування ДМС

Зміст калібрування	Вигляд згори	Вигляд збоку
1	2	3
1. Прохід Вимірювання в напрямку півночі. Тримати прилад горизонтально та повертати його приблизно на 10°–20°. Вимірювання у східному напрямку (90°), горизонтально з поворотом вліво на 10°–20°.		

1	2	3
Вимірювання в напрямку 180° з поворотом вправо на 10°–20°. Вимірювання в напрямку 270° з поворотом вліво на 10°–20°.		
2. Прохід (нахил 45° вгору) Вимірювання зі зміщенням приблизно на 30° відносно півночі, прилад повертати приблизно на 10°–20° вправо. Вимірювання в напрямку 90° з поворотом на 10°–20° вліво. Вимірювання в напрямку 180° з поворотом на 10°–20° вправо. Вимірювання в напрямку 270° з поворотом на 10°–20° вліво.		
3. Прохід (нахил 45° вниз) Вимірювання зі зміщенням приблизно на 60° відносно півночі, прилад повертати приблизно на 10°–20° вправо. Вимірювання в напрямку 90° з поворотом на 10°–20° вліво. Вимірювання в напрямку 180° з поворотом на 10°–20° вправо. Вимірювання в напрямку 270° з поворотом на 10°–20° вліво.		

3.5.4. Заходи безпеки під час роботи з переносними тепловізійними засобами

До роботи з тепловізором допускається лише спеціально підготовлений персонал.

Робота дозволяється лише з працездатним приладом, тому перед роботою повинен бути проведений його контрольний огляд.

Під час роботи міцно закріплювати прилад на тринозі, не допускати його ударів і струсів, а з використанням без тринози – надіти на шию ремінець для перенесення приладу, а також надійно утримувати прилад за допомогою ремінця під праву руку.

Прилад захищений від погодних впливів (придатний для використання під дощем), але не придатний для роботи під напором води. Від погодних впливів захищений тільки прилад. Решта комплектуючих виробів, що входять до комплекту поставки, від погодних впливів не захищені.

У погану погоду та в перервах між спостереженнями прилад, який встановлено на тринозі, накрити чохлом. За температури нижчої 0 °С прилад повинен бути сухим. Заміну АКБ слід виконувати швидко (до 10 с) й одразу ж закривати акумуляторний відсік кришкою.

За певних обставин навіть при вимкненому приладі не виключено, що при спрямуванні його на сонце можуть виникнути пошкодження детектора. Тому завжди закривайте об'єкти штатною кришкою.

У разі деформації АКБ у приладі, утворення диму та нагрівання від'єднати прилад від джерела живлення, за можливості вилучити батареї з відсіку. Будьте обережні, не обпечіться. Більше не використовуйте батареї і зверніться до сервісної служби.

Перевозити прилад з закритими лінзами та у спеціальному кейсі, що надійно утримується.

Зберігати тепловізійні засоби потрібно в сухому опалювальному приміщенні, далі від джерел нагрівання, з вилученим джерелом електроживлення.

Заборонено:

– залишати працюючий прилад у нерухомому стані більше 30 хв, спрямованим на одну й ту саму сцену (це може призвести до “вигорання” органічних світлодіодів матриці – можуть з'явитися білі точки на зображенні);

– замінювати або заряджати АКБ на відкритому повітрі за вологої погоди (потрібно знайти сухе місце та відкривати акумуляторний відсік після повного висихання приладу);

– торкатися за тривалого використання приладу безпосередньо після від'єднання кабелю живлення контактів блока живлення, а також контактів кабелю автомобільного адаптера (вони нагріваються);

– застосовувати лазерні далекоміри щодо обличчя людей, тварин, об'єктів з великою відбиваючою здатністю (дзеркало, скло тощо), розташованих ближче 50 м;

– спрямовувати об'єкти термокамер у робочому чи у вимкненому стані на джерела інтенсивного випромінювання (наприклад, сонце, лазер тощо), це може призвести до незворотного пошкодження термочутливих матриць;

– використовувати пошкоджені прилад та елементи ЗІП;

– торкатися руками оптичних поверхонь, протирати їх брудними або грубими матеріалами (потрібно протирати їх тільки чистою фланеллю, ватою або спеціальними серветками);

– здійснювати комутацію проводів і кабелів під гострим кутом, перекручувати їх або зв'язувати у вузол;

– застосовувати зайві зусилля у роботі із засобами, використовувати їх не за прямим призначенням, під час блискавки, розбирати або проводити будь-які модифікації, що не передбачено інструкцією користувача. Корпус дозволяється відкривати тільки співробітникам сервісної служби та авторизованому персоналу;

– проводити дії щодо технічного обслуговування або ремонту:

що не належать до компетенції користувача;

у порядку та з допоміжними виробами, що не описані в інструкції користувача;

під час увімкненої напруги;

з використанням для чищення оптичних поверхонь гострих предметів, брудних рук або ганчірок.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні ТТХ переносного тепловізора VarioVIEW™150.
2. Яке обладнання містить комплект переносного тепловізора VarioView™150?

3. Розкрийте загальну будову тепловізора VarioView™150.
4. Які функції має первинний рівень меню тепловізора VarioView™150?
5. Які функції має вторинний рівень меню тепловізора VarioView™150?
6. Які заходи технічного обслуговування, що передбачені для переносних тепловізорів, проводяться в прикордонному підрозділі?
7. Назвіть загальні заходи безпеки під час роботи з тепловізорами.
8. Які особливості заходів безпеки з використання переносних тепловізорів?
9. Як під'єднати тепловізор VarioView™150 до зовнішніх джерел живлення?
10. Розкрийте порядок компенсування вигорілих світлих точок.
11. Назвіть основні ТТХ переносного тепловізора NYXUS BIRD.
12. Яке обладнання містить комплект переносного тепловізора NYXUS BIRD?
13. Опишіть загальну будову та порядок роботи з переносним тепловізором NYXUS BIRD.

Розділ 4

РАДІОЛОКАЦІЙНІ ЗАСОБИ

4.1. Історія створення, основні типи, принцип роботи та особливості будови радіолокаційних засобів

Радіолокаційні засоби – це пристрої, які дозволяють за допомогою відбиття радіохвиль виявляти різні об’єкти (людину, авто, літаки, кораблі, тунелі й інше) над і під землею, на воді, у повітрі, а також визначати їх координати.

Радіолокаційні станції виявляють об’єкти над землею, на воді, у повітрі. Георадари виявляють об’єкти під поверхнею землі, у ґрунті.

Розвиток РЛЗ розпочався з радіолокаційних станцій (РЛС), які ще називають радарами, радіолокаторами. У 1930-х роках 8 країн: Сполучені Штати Америки, Велика Британія, Німеччина, Франція, Радянський Союз, Італія, Нідерланди та Японія розпочали розробку радарів, причому майже одночасно почали використовувати їх у військовій галузі.

У 1935 р. радіолокація отримала перше комерційне застосування: у Франції фірма “Societe Francaise Radioelectrique” установила на лайнері “Нормандія” РЛС “Детектор перешкод”, а у 1936 р. у порту Гавра встановили “Радіопрожектор” для виявлення суден, які входять до гавані та залишають її.

Англійські збройні сили одними з перших почали використовувати радари для охорони берегової лінії. У грудні 1935 року на східному узбережжі Англії запрацювали перші станції дальнього виявлення Chain Home, які використовували для виявлення як літаків, так і кораблів на відстані до 200 км. Станції наведення перехоплювачів повітряних цілей Ground Controlled Intercept (GCI), корабельні РЛС, РЛС цілевказання, авіаційні РЛС, РЛС виявлення надводних цілей були прийняті на озброєння до початку Другої світової війни в Англії, загалом десятки найменувань, сотні зразків.

Лідерство в розробці радарів корабельного та авіаційного базування в роки Другої світової війни належало США, вже на самому по-

чатку Другої світової війни тисячі РЛС були на озброєнні військ ППО, авіації і флоту. У 1938 році було створено радар управління зенітним вогнем “SCR-268”, який виявляв важкий літак на відстані 37 км, мобільний радар “SCR-270” і його стаціонарний варіант “SCR-271” мали дальність виявлення до 230 км.

7 грудня 1941 року о 7:02 “SCR-270” у Перл-Харборі на острові Оаху (Гаваї) виявив скупчення літаків на відстані 212 км, які рухалися у напрямку до Оаху. Черговий оператор радара зателефонував до інформаційного центру і повідомив: “Велика кількість літаків наближається з півночі ...”. Повідомлення було прийнято недосвідченим офіцером, який почав службу лише тижнем раніше і вирішив, що радар виявив групу літаків В-17, які прибули вранці зі США та не вжив заходів. Наліт сотень японських літаків на Перл-Харбор розпочався через 55 хвилин, у результаті Тихоокеанський флот був знищений.

У вересні 1939 року в СРСР РЛС РУС-1 (“Ревень”) була прийнята на озброєння військ ППО. Загалом було випущено 45 комплектів РУС-1, які були розміщені у Закавказзі та на Далекому Сході. У 1939 році в Криму було випробувано мобільну РЛС РУС-2 (“Редут”), дальність виявлення становила 25 км. Різних модифікацій даної РЛС у період 1940–1945 років було випущено понад 600 одиниць.

До початку Другої світової війни армія, флот і авіація Німеччини мали найпередовіші радіолокатори, які активно використовувалися під час бойових дій. Радіолокаційна станція “Freya” була побудована більш ніж у 1 000 екземплярах і склала основу радіолокаційних систем ППО Німеччини, дальність виявлення досягала 130 км. Радіолокаційна станція “Würzburg” була випущена в 1941 році, радіусом дії до 70 кілометрів. Було випущено близько 1 500 екземплярів.

Основна маса японських РЛС була скопійована з німецьких, англійських і американських розробок. У листопаді 1941 року перший зразок РЛС “Type 11” було встановлено як наземний радар раннього попередження на узбережжі Тихого океану. Дальність виявлення становила близько 130 км. Радіолокаційна станція “Type 13” стала наймасовішою у японському флоті, було випущено близько 1 000 екземплярів різних модифікацій.

Після закінчення Другої світової війни почався етап активного розроблення РЛС для освоєння космосу, спостереження за атмосферою. Перші радары виявлення балістичних ракет були розроблені в середині 1950-х і 1960-х років. У 1980-ті роки розпочалось серійне виробництво РЛС з фазованою антенною решіткою для різних цілей, у тому числі і для загоризонтної локації пуску балістичних ракет.

Для охорони кордону найперспективнішою є ізраїльська система “Залізний купол” на основі РЛС з фазованими антенними решітками, яка була взята на озброєння в 2011 році. 10 березня 2012 року система перехопила 90 % ракет, випущених із сектора Газа.

Прогрес цифрових технологій у першому десятилітті ХХІ століття сприяв подальшому вдосконаленню методів оброблення сигналів і даних з метою розробок майже повністю цифрових радарів із фазованими антенними решітками. З’явилися потужні передавачі міліметрових хвиль для радіолокаційної техніки з типовою робочою частотою 94 ГГц.

Радіолокаційні станції становлять основний клас РЛЗ і застосовуються у різних галузях:

- для забезпечення безпеки руху літаків і кораблів, особливо у нічний час і за умов поганої видимості;

- метеорологічних цілей, визначають місцезнаходження метеоутворювань, склад і стан атмосфери Землі, що дозволяє проводити прогноз погоди;

- дослідження навколишнього простору, виявлення метеоритів, огляду космічного простору, запуску і супроводження космічних кораблів і штучних супутників Землі;

- астрономічних спостережень;

- топографічних зйомок;

- виявлення цілей і наведення винищувачів і ракет на цілі;

- охорони важливих об’єктів.

Радіолокаційні станції використовуються також і в Державній прикордонній службі України для огляду певних ділянок місцевості, водної поверхні, виявлення і визначення координат рухомих надводних і наземних цілей. За цілевказівками від РЛС можуть наводитися на цілі світлотехнічні засоби, оптичні засоби спостереження.

За призначенням РЛЗ поділяються:

- 1) на радіолокаційні станції:

- для виявлення цілей;

забезпечення безпеки плавання, польотів;
наведення зброї;

- 2) георадари (носимі, пересувні, мобільні, на літаках);
- 3) датчики (сенсори) сигналізації радіолокаційного типу.

В охороні кордону найбільше застосування отримали РЛС, тому розглянемо більш детально цей тип РЛЗ.

Радіолокаційна станція або радар (radio detection and ranging) використовує в основному метод, заснований на випромінюванні радіохвиль і реєстрації їх відбиття від об'єктів.

Ведення спостереження неперервно у просторі та часі на велику глибину (у тому числі і на суміжній території) за різноманітними об'єктами (від людини до океанських кораблів), за повної темряви чи наявності опадів можна здійснити за допомогою РЛС. Вони мають такі переваги:

велика дальність дії (десятки кілометрів);

відносна прихованість роботи, оскільки виявлення РЛС при їхньому відповідному маскуванні без спеціальної апаратури неможливе;

висока точність визначення координат виявлених цілей;

тривалий час безперервної роботи;

розрізнення рухомих цілей на фоні місцевості (ефект Доплера).

Головними завданнями радіолокаційного спостереження на сухопутних ділянках кордону є:

виявлення порушників державного кордону на підступах до ЛПІС;

пошук порушників і наведення на них сил затримання;

контроль за важливими об'єктами як на суміжній, так і на нашій території (шляхи руху, переправи, перевали, місця с/г і інших робіт);

створення радіолокаційних рубежів спостереження на ділянках, де відсутня ЛПІС;

створення рубежів блокування під час проведення прикордонного пошуку;

керування зброєю під час бойових дій.

На морських (річкових, озерних) ділянках державного кордону завдання радіолокаційного спостереження трохи інші:

виявлення цілей на березі і водній поверхні;

контроль акваторії портів, рейдів і стоянок іноземних суден;

контроль територіальних (внутрішніх) вод і у межах економічної зони;
забезпечення наведення прикордонних нарядів на березі, кораблів (катерів) у морі (на річці, озері) та авіації для виявлення цілі;

контроль гідрометеорологічної і задовою обстановки на ділянці (за побічними ознаками);

забезпечення вирішення навігаційних завдань в інтересах прикордонних кораблів (катерів);

видача цілевказівок для застосування зброї.

Крім того, РЛС можуть використовуватись і для виявлення БпЛА.

В основу **класифікації** типів РЛС покладено низку ознак:

– *за мобільністю:*

1) стаціонарні (РЛС на постах технічного спостереження (ПТС), на кораблях);

2) мобільні (автотранспортна база, літальні апарати);

3) переносні, носимі.

Окремі типи РЛС можуть використовуватись і як переносні, і як мобільні, наприклад ПСНР-5 (має ще назву і позначення “Кредо”, шифр 1РЛ133) є переносною РЛС, а її мобільним варіантом є РЛС “Барс”, “Багульник”, також прикладами таких РЛС є нові зразки типу RPS-42, ELR 55303, ELR 55307” та “ОКО”;

– *за довжиною хвилі прийнятого сигналу:*

метрові;

дециметрові;

сантиметрові (найрозповсюджені в ОДК);

міліметрові;

– *за методом огляду простору:*

кругового огляду (зазвичай на морській ділянці, стаціонарні РЛС);
секторного огляду.

Окремі типи РЛС, наприклад ELR-55303, забезпечують режим роботи як з круговим оглядом, так і секторним оглядом місцевості;

– *за кількістю координат, які вимірюються:*

однокоординатні (азимут);

двокоординатні (азимут і дальність);

трикоординатні (азимут, дальність, кут місця).

Місцеположення повітряної цілі (літака, БпЛА) визначається вимірюванням трьох координат: похилої дальності, азимута і кута місця (рис. 4.1);

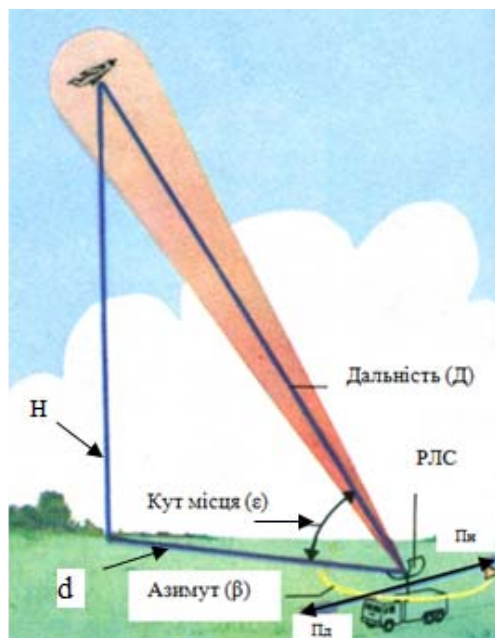


Рис. 4.1. Координати цілей, які визначаються за допомогою РЛС

Якщо необхідно знати інші координати (горизонтальну дальність, висоту), то застосовують перетворювачі координат, які за кутом місця і похилої дальності визначають горизонтальну дальність і висоту цілі. Для охорони кордону достатньо застосовувати здебільшого двокоординатні РЛС, які не визначають кут місця порушника кордону або визначають лише приблизно;

– за видом радіолокаційного спостереження:

активні РЛС (зондувальний сигнал з РЛС відбивається від цілі і цією ж РЛС приймається);

активні РЛС з активною відповіддю (ціль, наприклад, літак приймає зондувальний сигнал і випромінює свій сигнал у напрямку на РЛС у відповідь для розпізнавання літака);

пасивні РЛС (не випромінює сигнал, наприклад, РЛС “Кольчуга”);

напівактивні РЛС (РЛС складається з двох рознесених у просторі станцій, на першій розміщується передавач, а на другій приймач),
рис. 4.2.

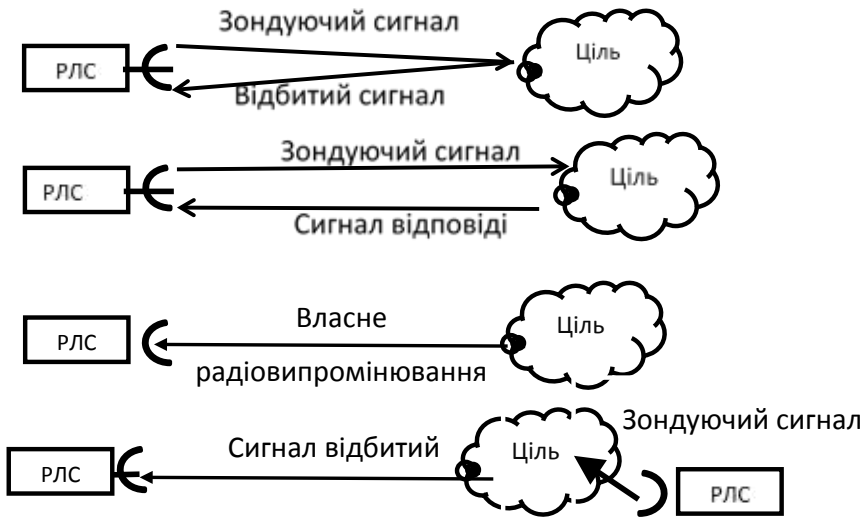


Рис. 4.2. Види радіолокаційного спостереження:
радіолокація з пасивною відповіддю (активна); радіолокація з активною відповіддю; пасивна радіолокація; напівактивна радіолокація

У Державній прикордонній службі України застосовують виключно активні РЛС;

– *за методом вимірювання координат:*

дальномірні (це активні РЛС, наприклад, на літаках висотоміри, вимірюють час затримки зондувального сигналу і розраховують дальність, висоту до землі);

кутомірні (це пасивні РЛС, де вимірюється напрямок приходу сигналу, що випромінюється ціллю);

кутомірно-дальномірні (це активні РЛС, вимірюється час і напрямок приходу зондуючого сигналу, усі РЛС у ДПСУ належать до цього типу);

різничево-дальномірні (це пасивні або напівпасивні РЛС, вимірюється час прийому сигналу на 2 рознесені у просторі антени і визначаються координати);

– *за видом зондувального сигналу (який випромінюється):*

а) імпульсні:

некогерентні (у яких не враховуються фазові коливання зондувального і прийнятого сигналу, застосовують на морській ділянці);

когерентно-імпульсні (у яких застосовується ефект Доплера і які спроможні виявляти всі цілі і окремо рухомі. Застосовують на суходолі);

б) неперервні або доплерівські (виявляють лише рухомі цілі).

Принцип роботи, особливості будови радіолокаційних засобів

Принципами, на основі яких працюють РЛЗ, є:

здатність радіохвиль відбиватися від перешкод на шляху розповсюдження та від неоднорідностей середовища розповсюдження;

постійна швидкість розповсюдження радіохвиль в однорідному середовищі, значення приблизно становить $3-10^8$ м/с;

майже прямолінійне розповсюдження радіохвиль у просторі. Рефракція дещо викривляє радіохвилі, особливо на морській ділянці;

можливість випромінювання радіохвиль вузьким променем у простір залежить від будови антени;

зміна довжини радіохвиль під час відбиття від рухомих об'єктів (ефект Доплера).

Зазвичай до складу РЛС входять: передавач, антенна система, приймач, індикатор цілей, система вимірювання кутових координат, система вимірювання дальності, система передавання даних і система електроживлення. Георадари і радіолокаційні датчики можуть мати більш простішу структуру, де відсутні системи вимірювання координат.

Розглянемо у загальних рисах роботу РЛС, користуючись схемою, приведеною на рис. 4.3.

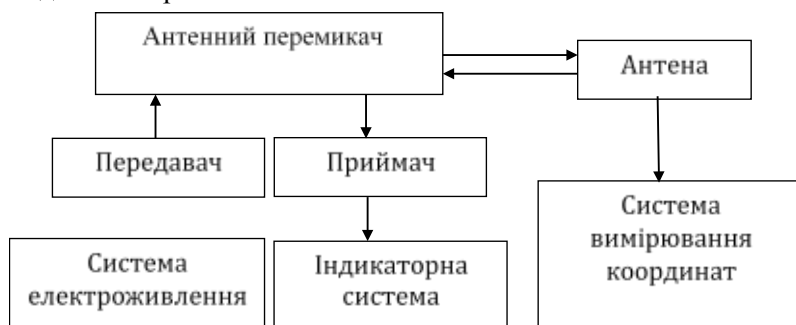


Рис. 4.3. Структурна схема РЛС

Потужний імпульс надвисокої частоти, вироблений передавачем, надходить в антену, яка формує вузький промінь радіохвиль і випро-

мінює його у простір. Антенний перемикач дозволяє використовувати для передавання і для приймання одну і ту ж антену. Під час роботи передавача антенний перемикач вимикає приймач, щоб імпульс передавача не пошкодив його. Якщо ж на шляху розповсюдження радіохвиль зустрінеться об'єкт, порушник, тоді частина відбитої від нього енергії потрапить назад в антену і далі в приймач.

Система вимірювання координат призначена для визначення кутових координат. У радіолокаційній станції визначається похила дальність до цілі за часом між моментом випромінювання імпульсу і моментом надходження відбитого сигналу до приймача, тобто за часом затримки відбитого сигналу. Дальність до об'єкта РЛС визначається за формулою:

$$D = \frac{ct}{2},$$

де c – швидкість розповсюдження радіохвиль; t – час розповсюдження радіохвиль від РЛС до цілі та у зворотному напрямку.

Проте дальність виявлення цілей для РЛС обмежується кривизною Землі. Таку дальність називають максимальною дальністю прямої радіолокаційної видимості:

$$D_{\max} = 4,12(\sqrt{H} + \sqrt{h}) \text{ [км]},$$

де H , h – висота антени РЛС і висота цілі, вимірюються в [м]; $D_{\max}$ – максимальна дальність прямої радіолокаційної видимості (рис. 4.4).

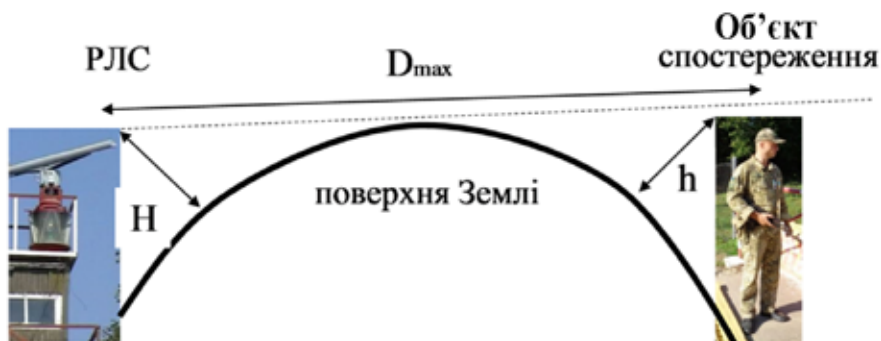


Рис. 4.4. Максимальна дальність прямої радіолокаційної видимості

Так, максимальна дальність виявлення цілей залежить від висоти антени РЛС над рівнем Землі та висоти самої цілі.

Вимірювання кутових координат засновано на використанні направленої дії антени. Кутові координати звичайно визначаються за положенням антени, коли вона наведена на ціль.

На основі ефекту Доплера РЛС можуть вимірювати радіальну швидкість цілі і виявляти тільки рухомі цілі. Суть ефекту: якщо ціль наближається до РЛС, то довжина хвилі зондувального сигналу зменшується, а якщо віддаляється – то довжина хвилі збільшується. Відповідно змінюється і частота відбитої електромагнітної хвилі.

$$F_g = \frac{2 \cdot V_p}{\lambda},$$

де F_g – доплерівський зсув частоти; V_p – радіальна швидкість цілі; λ – довжина хвилі зондувального сигналу.

Радіальна швидкість визначається з рис. 4.5 за формулою

$$V_p = V \cdot \cos(a).$$

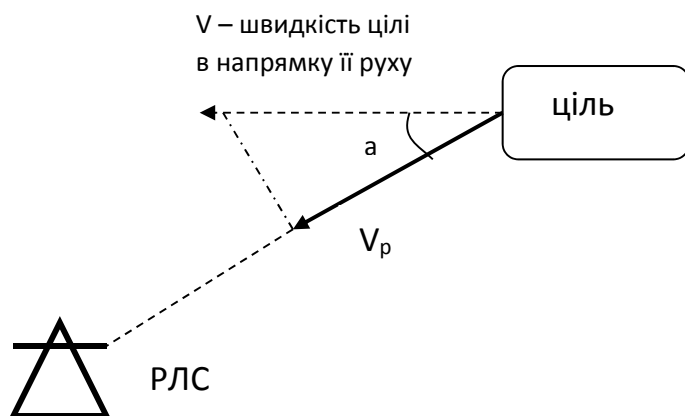


Рис. 4.5. Визначення радіальної швидкості цілі

Система електроживлення забезпечує РЛС електроенергією. У переносних РЛС – це АКБ, у стаціонарних РЛС – це агрегати живлення, мережа промислова та перетворювачі напруги.

4.2. Технічні параметри радіолокаційних засобів

До основних параметрів РЛС належать:

довжина хвилі або діапазон хвиль;

випромінювана потужність;

чутливість приймача;

коефіцієнт підсилення антени;

ширина діаграми спрямованості в горизонтальній і вертикальній площині;

межі роботи за дальністю;

межі роботи за кутовими координатами;

період огляду сектора сканування;

роздільна здатність;

завадостійкість.

Довжина хвилі. Від вибору робочої довжини хвилі РЛС залежать розміри антенної системи при заданих значеннях ширини діаграми на-
правленості та коефіцієнта направленої дії антени. Довжина хвилі – це відстань між двома однаковими фазами коливання сигналу. Для налаштування РЛС завжди вимірюється частота випромінювальних коливань, яка знаходиться з довжиною хвилі у співвідношенні:

$$\lambda = \frac{c}{f},$$

де λ – довжина хвилі, м; c – швидкість розповсюдження хвиль, м/с; f – частота випромінювання, Гц.

Вища точність вимірювання координат і роздільна здатність реалізуються на більш коротких хвилях радіолокаційного діапазону.

Випромінювана потужність передавача. Випромінювана потужність радіолокаційної станції практично завжди характеризується імпульсивною потужністю та середньою потужністю передавача. Ці потужності пов'язані між собою співвідношенням:

$$P_{\text{ср}} = P_i \frac{\tau}{T},$$

де $P_{\text{ср}}$ – середня потужність випромінювання; P_i – імпульсна потужність; τ – тривалість імпульсу зондувального; T – період повторення імпульсів.

Енергія передавача описується виразом $W = P_i \tau$.

Дальність дії РЛС визначається енергією передавача. За заданої тривалості зондувального імпульсу підвищення дальності дії РЛЗ досягається збільшенням імпульсивної потужності передавача.

Чутливість приймача. Чутливістю приймача називають мінімальну потужність сигналу на його вході, за якої ще забезпечується прийом та визначення відбитих сигналів від об'єктів із заданою вірогідністю. Визначення сигналів відбувається на фоні власних шумів приймального приладу, які враховуються коефіцієнтом.

$$P_{\min} = \frac{B}{\tau}, \quad B \approx 0,1 \dots 100 \cdot 10^{-19},$$

де $P_{\min}$ – чутливість приймача; $B \approx 0,1 \dots 100 \cdot 10^{-19}$ – коефіцієнт, який залежить від температури середовища та від типу приймача.

Чутливість часто виражається в децибелах.

Коефіцієнт підсилення антени. Коефіцієнт підсилення антени визначається розміром антени та пов'язаний з ефективною площею антени співвідношенням

$$G = 4\pi \frac{S_a}{\lambda^2},$$

де G – коефіцієнт підсилення; S_a – ефективна площа антени.

З метою збільшення дальності дії РЛС часто збільшують розміри антени.

Ширина діаграми спрямованості. Це кут, у межах якого потужність зменшується у два рази щодо максимальної. Розрізняють ширину діаграми напрямку за азимутом та кутом місця.

Швидкість обертання антени – це кількість обертів антени за одиницю часу (об./с). Швидкість повинна бути такою, щоб забезпечити опромінювання всіх точок простору зони визначення цілей.

Ефективна площа антени. Вона визначається за формулою

$$S_a = \gamma \cdot S,$$

де S_a – ефективна площа антени; S – площа розкриття антени; γ – коефіцієнт використання антени.

Зазвичай $\gamma = 0,3 \dots 0,9$. Площа S обчислюється геометрично, вимірюванням розкриття антени.

Межі роботи РЛС за дальністю визначаються:

- а) максимальною дальністю дії;
- б) мінімальною дальністю дії.

Мінімальна дальність дії. Імпульсна РЛС не може виявити цілі на дуже близькій відстані. Мінімальна дальність дії РЛС визначається за формулою

$$D_{\min} = 0,5c(\tau + t_a),$$

де τ – тривалість зондувального імпульса, с; t_a – час відновлення антенного перемикача, с; c – швидкість світла, м/с.

Максимальна дальність дії РЛС визначається за формулами:

$$D_{\max d} = \sqrt[4]{\frac{P_i S_o S_a^2 \tau}{4\pi B \lambda^2}},$$

$$D_{\max d} = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{пер}} S_o S_a^2}{P_{\text{нрmin}} 4\pi \lambda^2}},$$

де S_o – ефективна відбиваюча площа цілі, об'єкта; λ – довжина хвилі сигналу, що випромінюється; $P_{\text{пер}}$ – потужність випромінення передавачем; $P_{\text{нрmin}}$ – чутливість приймача.

Перша формула використовується для розрахунків $D_{\max}$ імпульсних РЛС, друга – для станцій з неперервним випромінюванням, але може також використовуватися і для імпульсних РЛС, якщо відомо чутливість приймача. Для імпульсних РЛС $P_{\text{пер}} = P_i$, а для РЛС із неперервним випромінюванням $P_{\text{пер}} = P_{\text{ср}}$ (середня потужність). У документації на РЛС не завжди приводять необхідні значення цієї характеристики для різних цілей.

$D_{\max d}$ залежить від низки величин. Можна стверджувати, що збільшення дальності пропорційно $D_{\max d} \sim S_a$, $D_{\max d} \sim \frac{1}{\lambda}$, $D_{\max d} \sim W$.

Межі роботи за кутовими координатами.

Розрізняють:

- а) межі роботи за азимутом;
- б) межі роботи за кутом місця.

Межі роботи за азимутом визначаються кутом повороту антени. Межі роботи за кутом місця для переносних РЛС визначаються кутом повороту антени, а в стаціонарних РЛС, де антена не обертається, межі визначаються шириною діаграми направленості. Межі роботи за кутовими координатами виокремлюють зону визначення, тобто простір, у якому розміщені цілі.

Період огляду – це інтервал часу, необхідний для опромінення всіх точок простору в межах зони виявлення цілей. Для РЛС з круговим оглядом період огляду визначається за формулою

$$T = \frac{1}{n},$$

де n – кількість обертів за одиницю часу.

Роздільна здатність. Розрізняють роздільну здатність:

за дальністю ΔD ;

азимутом $\Delta \beta$;

кутом місця $\Delta \xi$.

Роздільна здатність за дальністю – це мінімальна відстань між двома цілями, які мають однакові кутові координати, за яких можливе роздільне спостереження та вимірювання дальності кожної цілі.

Роздільна здатність за азимутом – це різниця азимутів близьких одна до одної цілей, розташованих на однаковій дальності та висоті, при цьому можливо роздільно виміряти азимут кожної цілі.

Завадостійкість – це здатність РЛС зберігати ТТХ за дії конкретного виду завад. Найбільший вплив мають завади атмосферні й індустріальні.

Завадостійкість забезпечується:

роботою РЛС у широкому діапазоні частот;

високим енергетичним потенціалом;

збільшенням направлених властивостей антен;

зміню частоти опорного колювання;

модуляцією зондувального сигналу (кодування).

Фактори впливу на функціонування радіолокаційних засобів

Істотно впливають на стійку роботу радіолокаційної станції завади: опади, хитання гілок, птахи та інше, що призводить до хибних

сигналів і вносить помилки у вимірювання координат. Наприклад, сильні опади зменшують дальність дії удвічі. Крім цього, ефективність роботи РЛЗ залежить від потужності відбитого сигналу, низки чинників і передусім від розмірів і форми об'єкта виявлення, відбивальних властивостей його поверхні, а також від багатьох характеристик РЛЗ.

Розглянемо вплив указаних чинників на відбитий сигнал.

По-перше, для того щоб відбулося відбиття радіохвиль від об'єкта локації, необхідно, щоб його розміри в напрямку, перпендикулярному напрямку розповсюдження радіохвиль, були більші або збігалися (не менше $1/4$) з випромінюваною довжиною хвилі. Інакше відбиття радіохвиль від цілі не відбудеться через огинання ними предмета. Тому сучасні РЛС використовують сантиметрові, дециметрові та метрові хвилі. Останнім часом розроблені РЛС, які працюють у міліметровому (від 1 до 10 мм) діапазоні хвиль, що найбільш ефективно для виявлення тактичних БпЛА надмалих розмірів.

По-друге, електричні властивості об'єкта локації мають істотний вплив на величину відбитого сигналу, оскільки різні за своїми властивостями предмети по-різному відбивають радіохвилі. Наприклад, від металевої поверхні радіохвилі відбиваються практично повністю, а від дошової хмари чи полімерного трубопроводу відбивається лише їх невелика частина, решта енергії випромінювання розповсюджується крізь хмарність.

По-третє, впливає форма об'єкта локації і напрямок падіння на нього радіохвилі. Якщо випромінювані РЛС електромагнітні хвилі опромінюють ціль не під прямим кутом, то чим більший кут, тим менше енергії повернеться до РЛС. Таке ж явище може викликати і форма об'єкта (овальна, обтічна).

Також слід зазначити, що величина відбитого від цілі сигналу прямо пропорційно залежить від потужності зондувального сигналу.

4.3. Характеристики, комплекти, будова і підготовка до роботи радіолокаційних засобів

Загальні дані чинних РЛЗ і таких, що раніше використовувались в охороні кордону, подано у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Загальні дані радіолокаційних засобів

Назва засобу, шифр	Країна ви- робник, рік роз- робки	Даль- ність дії, км	Тип засобу, конструкція	Зовнішній вигляд
1	2	3	4	5
“Гологурія” 1РЛ232-МП	СРСР, 1985	50	Шасі авт. Урал -4320	
“Багуль- ник” 1РЛ133	СРСР, 1981	15	Шасі авт. ЗИЛ -131	
“Барс” 1РЛ133 АМ	Україна, 2004	15	Шасі авт. УАЗ -469	
“Кредо” 1РЛ133	СРСР, 1981	15	Переносна	

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5
“Фара” ІРЛ136	СРСР, 1983	4	Переносна	
“ELTA EL/M-2129”	Ізраїль, 2006	25	Переносна	
“Лис-1”	Україна	3	Шасі авт. УАЗ-469	
“Лис-2М”	Україна	7	БКМ Тритон	

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5
“Наяда-5”	СРСР	120	Стационарна	
“Наяда-5М”	Україна	120	Стационарна	
“FURUNO” FAR-2228BB/ AC.	Японія	100	Стационарна	
ELR 55303	Україна, 2022	30	Переносна	

1	2	3	4	5
Георадар EASYRAD GPR.	Україна, 2009	24 метри	Перенос- ний	

Розглянемо окремо найбільш поширені у ДПСУ радіолокаційні станції і георадари.

Радіолокаційні станції

Основні тактико-технічні характеристики найбільш поширених у ДПСУ РЛС подано у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Тактико-технічні характеристики радіолокаційних станцій

Характеристика	“Наяда-5” (“Наяда-5м”)	РЛС ELTA EL/M-2129	“FURUNO FAR-2228- BB/AC”	ELR-55303
1	2	3	4	5
Вид огляду простору	Круговий огляд	Секто- ральний огляд	Круговий огляд	Круговий і секто- ральний огляд
Межі обертання (ска- нування) за азимутом антени, град.	360	Від 10 до 354	360	360
Швидкість сканування (обертання), обертів/хв	15	1,3; 2,6; 3,8	24	10
Дальність виявлення				
Людина, км	—	7	—	4
Верголіт, км	—	10		15
Вантажний транспорт (ЕІР 20 м ²), км	—	25	—	

Закінчення табл. 4.2

1	2	3	4	5
Мала надводна ціль (водотоннажність до 10 т), миль	-	—	6-12	
Середня надводна ціль (водотоннажність до 500 т), миль	—		16	
Велика надводна ціль (водотоннажність до 30 тисяч т), миль	17		24	
Роздільна здатність				
За дальністю, м	17	25	25	-
За азимутом, град.	0,9	0,5	2,1	-
Напруга живлення				
В/Гц	220/400	—	100-230/50-60	220/50
В (постійний струм)	—	24	—	24

РЛС ELTA EL/M-2129

Існують дві робочі конфігурації РЛС:

радіолокаційна станція, що установлена на вежі й управляється тактичним комп'ютерним блоком (комп'ютер, що використовує спеціальне операційне меню);

мобільна РЛС монтується на тринозі й управляється блоком індикатора РЛС (ноутбуком у твердому корпусі, що використовує спеціальне операційне меню).

До комплекту РЛС ELTA EL/M-2129 входять (рис. 4.6):

1. Блок прийомо-передавача з антеною. Призначений для формування зондувального сигналу і прийому і відбитого сигналу від об'єктів.
2. Блок опорно-поворотного пристрою (п'єдестал). Призначений для повороту блока прийомо-передавача з антеною по горизонталі і вертикалі.
3. Блок контролю інтерфейсу (блок управління та індикації для переносного варіанта). Призначений для управління РЛС.

4. Комплект кабелів 60 і 3 м (25, 5 м для переносного варіанта). Призначені для з'єднання блока прийомо-передавача з блоком контролю інтерфейсу.



а



б



в



г

Рис. 4.6. Складові частини РЛС ELTA EL/M-2129

- а – бак прийомо-передавача з антеною; блок опорно-поворотного пристрою;
б – блок контролю інтерфейсу; в – захисний радіопрозорий ковпак;
г – комплект кабелів

Стационарна РЛС розміщена під радіопрозорим ковпаком, який призначений для захисту від впливу навколишнього середовища на РЛС. Переносна РЛС кріпиться на тринозі.

Порядок роботи на тренажері РЛС ELTA EL/M-2129

1. Включити комп'ютер DELL (зліва на столі), натиснувши кнопку живлення, справа вверху на лицевій панелі. Завантажується програма управління РЛС.

2. На фоні прямокутної піктограми (зліва, зверху мигає зелено-червоним) натиснути чорний трикутник (рис. 4.7).

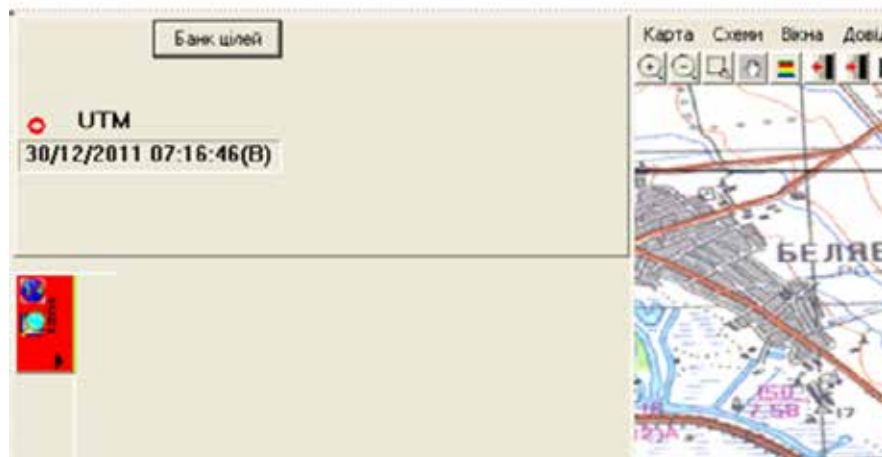
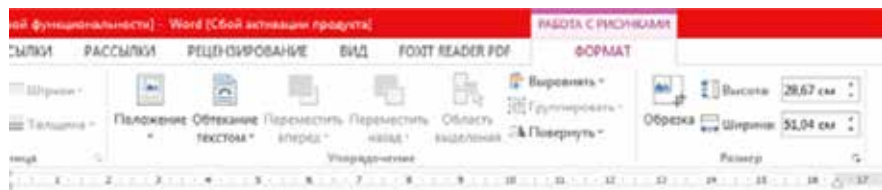


Рис. 4.7. Вікно запуску програми тренажера

3. Вибрати “навчальний режим” у вікні “Інформація РЛС 20”, включиться блок управління з монітором (справа) (рис. 4.8). Через хвилину появиться вікно з навчальним файлом.



Рис. 4.8. Вікно “Інформація РЛС 20”

4. Переконалися, що на роутері миготять 3 зелені індикатори і постійно світить один, живлення роутера.

5. У вікні “Вибрати навчальний файл” обрати будь-який навчальний режим, карту (крім першої і останньої) (рис. 4.9).

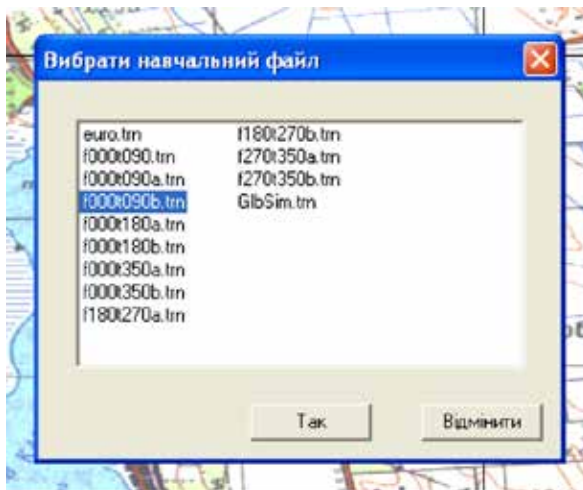


Рис. 4.9. Вікно “Вибрати навчальний файл”

6. З’явиться вікно “Біт інформації”, обрати “Продовжити” (4.10).

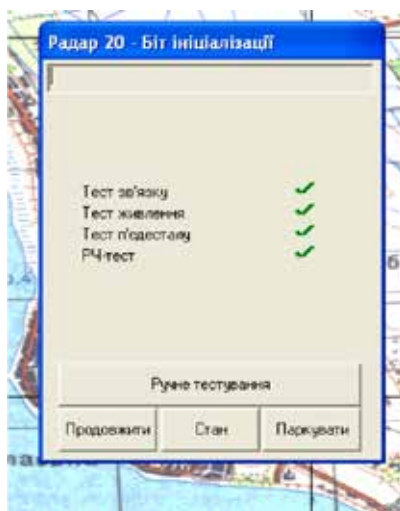


Рис. 4.10. Вікно “Біт інформації”

7. Прибрати вікно “Інформація РЛС 20”, натиснувши на чорний трикутник на зеленому фоні прямокутника зліва зверху.

8. У вікні “Бібліотека позицій” натиснути піктограму “Бібліотека”, потім “Установка бібліотеки” (рис. 4.11).

Бібліотека позицій

default

Сектор сканування

Лівий азимут: 3 Правий азимут: 359

Близька відстань: 1510 Далека відстань: 8554

Ручне позицювання даних:

☐ Море ☒ Дощ

Сід: 0726990 Пенін: 5172600 Зона: 35

Виставлення: 1 Висота: 5

Назва Бібліотека Частота

Позиція та виставлення на пенін

Продовжити

Рис. 4.11. Вікно “Бібліотека позицій”

9. Вибрати карту “Default”, натиснути “Продовжити”, натиснути “Закрити”, знову натиснути “Продовжити” (рис 4.12).

Бібліотека

default

Відкрити Закрити

Зберегти як... Зберегти

Продовжити Відмінити

ПУСК subint C:

Рис. 4.12. Вікно “Бібліотека”

10. На екрані з'являться цілі і сканувальний промінь радару (зелена точка). Цілі спочатку червоні, потім за другим разом проходження променя жовті, розпізнані і за третім проходженням – чорні. Риски біля цілі вказують на напрямок руху (рис. 4.13).

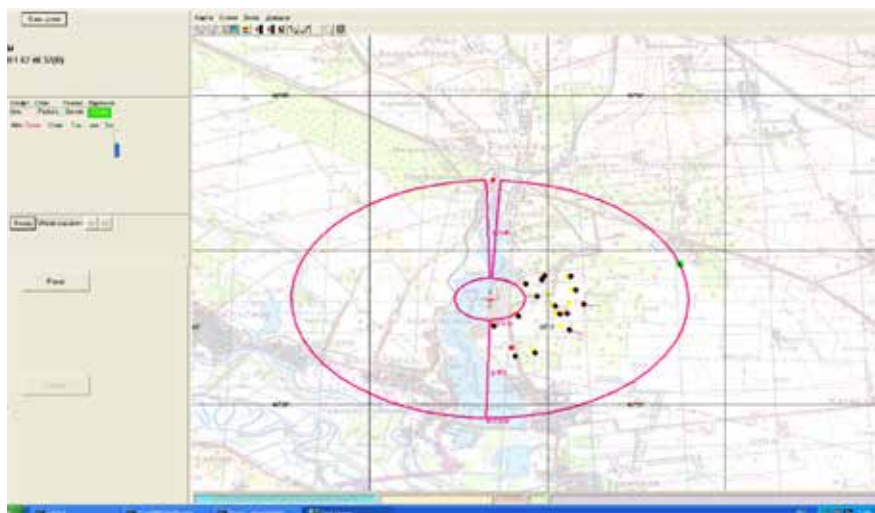


Рис. 4.13. Цілі і сканувальний промінь радару на фоні карти

Якщо сканувального променя і цілей немає на екрані, тоді необхідно зменшити масштаб карти, скориставшись лінійкою піктограм меню огляду карти, що розташоване вверху екрана (рис. 4.14).



Рис. 4.14. Лінійка піктограм меню огляду карти

Меню огляду карти надає (вверху екрана) користувачеві повний контроль над дисплеєм. Далі розглянемо перевірку функціонування піктограм меню.

11. Натиснути на піктограму “Лупа” в меню огляду карти (зверху друга справа). З’являться лінії сканування радару.

12. Змінити масштаб зображення, натиснувши “+” “-”, зверху зліва меню.

13. Виділити область зображення, піктограма “Квадрат” (зверху, третя зліва). Два рази натиснути ліву кнопку миші, упевнитися, що здійснюється виділення зображення.

14. Піктограма “Рука” дозволяє переміщувати карту, упевнитись і вийти з режиму переміщення, два рази натиснути на ліву клавішу мишки.

15. Піктограми “Червоні стрілки” змінюють яскравість зображення. Вибрати яскравість таку, щоб цілі були чітко видимі на фоні карти.

16. Піктограма орієнтування на північ “N” повертає зображення так, що воно орієнтується на північ.

17. Піктограма “Поворот карти” здійснює поворот зображення.

18. Визначити координати цілі, підвівши курсор мишки на точку, виявлену цілю. Чорна точка перетвориться у червоний ромб, зліва на екрані з’явиться вікно з координатами “Азимут” у градусах, “Діапазон”, це дальність у метрах до цілі (рис. 4.15).



Рис. 4.15. Вікно з координатами вибраної цілі

Натиснути піктограму “Назад”.

19. Змінити сектор сканування. У вікні “Бібліотека позицій” виставити “Лівий азимут”, наприклад, 20 градусів, а “Правий азимут”, наприклад, 180 градусів. Натиснути “Продовжити”, сектор сканування зміниться (рис. 4.16).

20. Змінити сектор виявлення цілей за дальністю, змінивши дані в піктограмах “Близька відстань” і “Далека відстань”, дані заносяться в метрах. Упевнитися, що є зміни сектора, натиснути “Продовжити”.

Вікно “Бібліотека позицій” – це ключ до постановки РЛС на точну позицію. Завдяки різним опціям у цьому вікні оператор може визначити висоту РЛС, кут нахилу антени, одиниці виміру напрямку і швидкості руху цілі, сектор сканування, частоту та інші важливі характеристики.

Рис. 4.16. Вікно “Бібліотека позицій”

21. Вимкнути РЛС, натиснути чорний трикутник на зеленому фоні прямокутника і далі натиснути піктограму “Вимкнути”. Через 1 хв блок управління вимкнеться.

22. Вимкнути ПЕОМ, натиснути “Пуск”, “Викл”.

Радіолокаційна станція FURUNO FAR-2228-BB/AC

Склад комплекту радіолокаційної станції FURUNO FAR-2228-BB/AC подано на рис. 4.17:

1. Блок дисплея MU-190 – 1 шт.
2. Блок процесора RPU-025 – 1шт.
3. Блок управління RCU-014– 1 шт.
4. Блок управління (з трекболом RCU-015) – 1 шт.

5. Випромінювач антени XN12CF – 1 шт.
6. Прийомо-передавач RTR-105/106/107/111 – 2 шт.
7. Редуктор RSB-128/129/133 – 1 шт.
8. Кабель (5м) – 1 шт.
9. Блок контролю РМ-32А/52А/52В – 1 шт.
10. ЗІП.



Рис. 4.17. Складові частини радіолокаційні станції FURUNO FAR-2228-BB/AC

РЛС “Наяда-5”

Склад комплекту РЛС Наяда-5 подано на рис. 4.18.

1. Прилад А (антена) призначений для випромінювання і приймання НВЧ енергії і видачі даних курсового кута випромінювача – 1 шт.

2. Прилад П-3 (прийомо-передавач) – для формування потужних імпульсів НВЧ, приймання, посилення й перетворення відбитих сигналів – 1 шт.

3. Прилад І (індикатор) – для радіолокаційного огляду ділянки; визначення класу і координат виявлених цілей; синхронізації й управління режимами роботи станції; контролю над роботою станції – 1 шт.

4. Прилад КУ (контакторне устаткування) – для підключення РЛС до мережі, комутації вихідної напруги перетворювача, захисту приводу антени від перевантажень, захисту РЛС при неправильному її включенні, вимиканні РЛС при аварійному відключенні мережі – 1 шт.

5. Перетворювач АЛА-1,5 м (агрегат лінійний автоматичний; потужність 1,5 кВт) – для перетворення трифазного змінного струму частоти 50 Гц в однофазний змінний струм частоти 400 Гц – 1 шт.

6. ЗІП (запасні частини, інструмент) – для забезпечення достатньої працездатності РЛС у процесі її експлуатації.



Рис. 4.18. Загальний вигляд радіолокаційної станції “Наяда-5”

Радіолокаційна станція ELR-55303 (рис. 4.19)

Склад комплекту РЛС

1. Модуль ELR-55303.
2. Захисна кришка антени.
3. Оптичний приціл.
4. Талрепи (розтяжки, кріплення антени по “похідному”).
5. Кабель живлення 24 В, DC.
6. Кабель живлення 220 В, AC.
7. Кабель Ethernet.
8. Програмне забезпечення.
9. Тринога.
10. Бензиновий агрегат живлення.
11. Зарядна станція у кейсі.



Рис. 4.19. Загальний вигляд радіолокаційної станції ELR 55303

Захисні талрепи використовуються для запобігання небажаному обертанню антени під час транспортування або зберігання модуля. Оптичний приціл використовується під час калібрування нульового азимутального розміщення антени.

Георадар

Георадар – це георадіолокаційний засіб для моніторингу об’єктів, які розміщені під поверхнею землі. Основою методу георадіолокації є відбиття випромінюваної електромагнітної хвилі від межі підповерхневих об’єктів з різною діелектричною проникністю.

Такими межами можуть бути як геологічні об’єкти, так і локальні неоднорідності штучного походження (пустоти, труби, тунелі, кабелі). Наприклад, тонкий трубопровід у засипаній траншеї, сам трубопровід важко виявити через невелику ширину в декілька сантиметрів. Проте розмір траншеї, яку відривали для прокладання трубопроводу, може

становити десятки сантиметрів. При цьому виникає неоднорідність щодо щільності ґрунту у траншеї і поруч, яку спроможний виявити георадар. Від металу сигнал найкраще відбивається.

Георадар складається з таких основних частин:
антенного блока (передавальна та приймальна антени);
прийомо-передавального блока;
блока обробки отриманих сигналів;
блока для візуалізації та інтерпретації даних;
акумуляторної батареї.

Максимальна глибина досліджень зазвичай обмежується 50 метрами. Конструктивно передавач і приймач можуть бути об'єднаними із передавальною і приймальною антенами. Одна і та сама антена може використовуватись на прийом і передачу. У цьому випадку необхідно використовувати швидкодіюні перемикачі, щоб захистити приймач від сигналу генератора в момент генерації імпульсу. Дві антени застосовуються для того, щоб забезпечити велику розв'язку між приймальним і передавальним каналом і обійтись без перемикачів. У більшості георадарів антени розміщуються по одну сторону від досліджуваного об'єму.

Принцип дії. Імпульс, який випромінюється передавальною антеною, поширюється в ґрунті, відбивається від об'єктів, розташованих переважно попереду антенного блока, і приймається потім приймальною антеною. Приймальна антена розміщена поруч із передавальною антеною і з'єднана з нею в один антенний блок (рис. 4.20).

Відбитий сигнал дає будь-яка досить велика за розмірами локальна або протяжна неоднорідність у ґрунті, яка відрізняється за діелектричною проникністю від навколишнього ґрунту. Відбитими межами є межі між вологим і сухим ґрунтом, між різними щільностями ґрунту (наприклад, вирита і прикопана траншея), між ґрунтом і трубою тощо. Важливо, щоб були будь-які різкі зміни щільності, діелектричної провідності в ґрунті.

Характеристики георадарів розглянемо на прикладі георадара EASYRAD GPR (Ground Penetration Radar). Це – портативний багатоцільовий сканувальний георадар – георадіолокатор підповерхневого зондування, що застосовується у ДПСУ, а також в інженерній геології, гідрогеології, археології і екології.

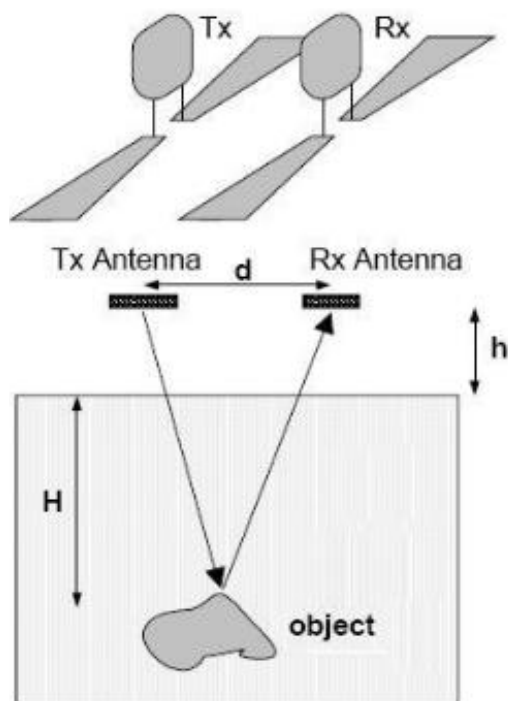


Рис. 4.20. Принцип роботи георадарів:

T_x – імпульсний передавач з антеною; R_x – приймач з антеною

Таблиця 4.3

Основні тактико-технічні характеристики георадара EASYRAD GPR

Найменування ТТХ	Значення
Робоча частота, МГц,	400
Потужність, споживана приладом, Вт	2,8
Максимальна глибина зондування, м	24
Роздільна здатність у вертикальному напрямі, см	<50
Роздільна здатність у горизонтальному напрямі, см	<10
Час безперервної роботи від акумуляторів, годин	не менше 8
Діапазон робочих температур приладу, град. Цельсія	-10...+50
Маса без батареї живлення, не більше, кг	1,5

У базовий комплект постачання приладу входить (рис. 4.21):
георадар EasyRad GPR (модуль імпульсного передавача (T_x), модуль приймача відбитих сигналів (R_x), антена;
базовий набір програмного забезпечення;
кабель для підключення георадара до комп'ютера.



Рис. 4.21. Базовий комплект георадара EasyRad GPR

Додатково до базового комплекту можуть поставлятися:
блок акумуляторів живлення георадара;
зарядний пристрій для акумуляторів живлення георадара;
кабель для підключення до зарядного пристрою;
персональний комп'ютер зі встановленим програмним забезпеченням з кейсом для носіння під час зондування.

4.4. Заходи безпеки під час роботи з радіолокаційними засобами

Під час експлуатації РЛЗ необхідно дотримуватись таких правил:
перед розкриттям приладів (під час обслуговування та ремонту) знеструмлювати їх і на розподільчому щиті (щиті живлення, пускових пристроях) вивішувати попереджувальний плакат з написом “Не включати, працюють люди!”;

перед початком робіт у блоках з високою напругою розрядити накопичувачі електричної енергії;

під час ремонтів, замін елементів та інших робіт, що пов'язані з порушенням монтажу, вживати заходів, що виключають можливість помилкового з'єднання елементів, а після закінчення робіт перед включенням живлення перевіряти правильність монтажу;

стежити, щоб в апаратурі після технічного обслуговування та ремонту не залишилися сторонні предмети – інструменти, ганчірки, запасні елементи інше;

регулювати та налаштовувати станцію тільки за допомогою спеціальних органів регулювання. У виняткових випадках з дозволу посадових осіб, відповідальних за експлуатацію РЛЗ, допускається робити ремонт і регулювання систем під напругою при відкритих (висунутих) блоках (приладах), дверцятах, знятих кожухах. Роботи в цих випадках повинні проводитися за присутності другої особи, що знає способи зняття напруги із системи та здатної надати першу допомогу під час ураження електричним струмом;

під час роботи з виробами, що перебувають під напругою, користуватися інструментом з ізольованими ручками та іншими захисними засобами (діелектричними рукавичками, гумовим килимком).

З метою попередження ураження електричним струмом забороняється:

перебувати на робочих місцях особам, що не входять до складу розрахунків;

включати станцію та працювати на ній зі знятими захисними кожухами, бічними захисними стінками, кришками та сітками, з прибраними огороженнями, гумовими килимками та іншими захисними засобами;

чистити, протирати, замінювати елементи виробу, замінити або поповнювати мастило у разі включеного живлення;

застосовувати запобіжники, що не відповідають номіналу, замінювати запобіжники під напругою;

накривати працюючі електричні машини.

Під час роботи із пристроями, що розташовані на щоглах, РЛС має бути виключена. На органах включення приводу вивішується попереджувальний плакат з написом “Не включати, працюють люди!”. До роботи на щоглах залучається особовий склад, допущений медичною службою до роботи на висоті. За швидкості вітру більше 15 м/с роботи на щоглах не допускаються.

Під час роботи з електровакуумними приладами, що можуть піддаватися підривному руйнуванню (електронно-променеві трубки, кінескопи, модуляторні лампи й ін.), працювати в захисних окулярах зі склом, що не б’ється (або армованим). Перебувати в приміщенні, де проводяться роботи, людям без засобів захисту очей **категорично забороняється**.

Під час роботи РЛЗ у навколишній простір випромінюється електромагнітна енергія надвисокої частоти (НВЧ), що може опромінювати людей. Частина енергії, що опромінює організм, при недотриманні заходів безпеки проникає у середину, поглинається внутрішніми органами і тканинами, викликає хворобливі явища. Також слід пам'ятати, що активні РЛС можуть бути виявлені противником і уражені. Тому основними заходами безпеки є:

- дотримання безпечної відстані до РЛС у зоні її випромінювання;
- під час роботи засобів радіоелектронної розвідки противника РЛС вмикати на випромінювання небезпечно, необхідно вибирати якомога менший сектор сканування променя антени.

Залежно від умов впливу електромагнітного поля, місця розташування РЛС, можуть бути використані такі способи захисту особового складу:

- часом;
- відстанню;
- апаратним способом;
- екрануванням;
- використанням індивідуальних засобів захисту.

Захист часом застосовується в тих випадках, коли неможливо зменшити опромінення до безпечного рівня. Суть полягає в обмеженні часу перебування людей у зоні опромінення. Захист відстанню застосовується в тому випадку, якщо є можливість створити безпечне віддалення людей від джерела випромінювання. Сутність захисту апаратним способом полягає у такому: усунення несправностей; навчальні заняття і налагоджувальні роботи проводити без включення генератора НВЧ, або проводити з поглинальними насадками. Екранування є ефективним способом захисту. Застосовуються металеві екрани, що відбивають і поглинають енергію. Завдяки поверхневому ефекту наведення електромагнітної енергії товщина екранів визначається лише механічною міцністю. Усі екрани заземлюють. Індивідуальні засоби захисту використовують у короточасних роботах. Такими засобами є спеціальний одяг з металізованої тканини, захисні окуляри.

Крім перерахованих вище способів захисту, можуть використовуватися матеріали, що поглинають НВЧ енергію. Такі матеріали перетворюють НВЧ енергію в теплову. Їх використовують, коли екрани можуть викликати зміни діаграми направленості випромінювання, зміни частоти та інше. Також використовують спеціальну фарбу, яка послабляє потужність випромінювання НВЧ.

4.5. Морська карта, порядок роботи з нею

Сучасні РЛС, якими оснащуються ПТС, автоматично визначають параметри цілі (пеленг, курс, швидкість, відстань, швидкість).

Пеленг – це кут між північним напрямком лінії меридіана і напрямком на ціль.

Курс – це кут між напрямком руху судна і північним напрямком лінії меридіана.

Відстані в морській навігації визначають у милях і кабельтових. Одна морська миля містить 10 кабельтових і становить 1 852 м. Швидкість вимірюється у вузлах. Один вузол – це швидкість, за якої судно проходить одну милю за годину.

Проте додатково на ПТС здійснюється робота оператора на планшеті для визначення курсу і швидкості виявленої цілі, наведення прикордонного корабля на ціль.

Планшет (спеціально обладнана морська карта) призначений для визначення швидкості та курсу руху цілі, для прокладання елементів руху цілі, вирішення навігаційних завдань. Планшет складається з двох морських карт:

ліва карта (частина планшета) – для ведення і прокладання елементів руху розпізнаних цілей;

права карта (частина планшета) – для ведення і прокладання елементів руху нерозпізнаних цілей, елементів маневрування корабля (катера) під час наведення на нерозпізнану ціль.

Для роботи на планшеті застосовують планшетні, паралельні, логарифмічні лінійки, лінійки швидкості, транспортири, кольорові склографи, фломастери.

Усі графічні дії на планшеті, які пов'язані з відстеженням руху судна, називаються прокладанням. Прокладання елементів руху цілі здійснюється у вигляді графічної моделі, у якій ціль позначається умовним позначенням, що передбачено переліком умовних позначень. Рух цілі у цій графічній моделі позначається стрілкою. По обидва боки від стрілки здійснюються надписи із зазначенням часу виявлення, номера й назви, курсу та швидкості цілі. Запис часу упізнаної цілі робиться тричі: під час прийому цілі (виявлення), проходження траверсу поста технічного спостереження (середини зони спостереження) і передавання (приховуванні) цілі сусідньому посту технічного спостереження.

Прокладання курсів на планшетах здійснюється такими кольорами:

курси й умовні позначення своїх плавзасобів – синім;
іноземні плавзасоби – червоним;
невпізнані цілі – зеленим.

Усі написи елементів руху цілей здійснюються чорним кольором.

Для того щоб визначити *пеленг* або *курс* судна, необхідно на карті накреслити лінію пеленга або курсу судна. Знайти точку перетину цієї лінії і лінії меридіана. Сумістити лінію основи транспортира з лінією пеленга або курсу судна так, щоб точка (отвір) середини лінії основи транспортира співпала з точкою перетину лінії пеленга (курсу) судна з лінією меридіана. Поділка шкали транспортира, через яку проходить меридіан, відповідає пеленгу (курсу) судна. Транспортер завжди прикладається зверху на лінії пеленга (курсу) судна. Транспортер має дві шкали:

верхня шкала (чорні числа) використовується, якщо напрямок лінії пеленгу на судно або напрямок лінії курсу судна знаходяться в 1 або 4 координатних кутах;

нижня шкала (червоні числа) використовується, якщо напрямок лінії пеленга на судно або напрямок лінії курсу судна знаходяться в 2 або 3 координатних кутах.

Також визначити на карті пеленг або курс можна за допомогою картушки і паралельної лінійки. Для цього необхідно за допомогою паралельної лінійки накреслити на карті лінію, яка проходить через центр картушки і яка паралельна лінії пеленга або курсу. З урахуванням напрямку лінії пеленга (курсу) визначається його значення за точкою перетину лінії і шкали картушки.

Визначення *відстані* (порядок роботи на карті циркулем вимірювачем).

Якщо відстань невелика і є можливість виміряти її одразу, потрібно розвести ніжки циркуля так, щоб вони знаходились у цих точках. Потім, не змінюючи кута розводу ніжок, прикласти циркуль до вертикальної рамки карти й підрахувати кількість поділок рамки (миль або кілометрів), які помістились між гострими кінцями ніжок циркуля. Необхідно пам'ятати, що на меркаторській карті у результаті розтягнення меридіанів лінійна величина миль збільшується з віддаленням від екватора. Тому потрібно користуватись величиною миль, яка взята з рамки саме на тій широті,

у якій знаходиться відстань, що вимірюється. Щоб не пошкодити карту гострими кінцями ніжок і не допустити помилок під час вимірювання, ніжки циркуля необхідно розводити не більше ніж на прямий кут. Якщо повним розводом циркуля виміряти відстань неможливо, необхідно між точками провести пряму лінію, розвести ніжки циркуля на певну величину, наприклад, 10 миль, і виміряти довжину лінії по частинах.

Визначення швидкості цілі може здійснюватись за допомогою лінійки швидкості, спеціальної логарифмічної лінійки або шкали швидкості, що може бути нанесена на морській карті.

Під час несення служби пости технічного спостереження підтримують взаємодію між собою, з іншими прикордонними нарядами, кораблем (катером) Морської охорони та екіпажем вертольота. Під час взаємодії між собою пости технічного спостереження здійснюють взаємне інформування про виявлені цілі, параметри їх руху й результати розпізнавання, а також взаємне перекриття зон відповідальності сусідніх постів. Під час взаємодії з іншими прикордонними нарядами здійснюється взаємне наведення на виявлені цілі та їх розпізнавання, спільний огляд місцевості й водної поверхні, що освітлюються променем прожектора.

Взаємодія поста технічного спостереження з кораблем (катером) Морської охорони здійснюється шляхом: взаємної інформації про виявлені цілі та видачу даних цілевказання катеру (кораблю); спільних дій з розпізнавання і визначення державної належності виявлених суден і вертольотів (літаків). Пост технічного спостереження за запитом катера (корабля) наводить його на виявлені цілі, попереджає про навігаційну небезпеку та визначає точні координати катера (корабля) під час плавання його в умовах обмеженої видимості.

Існують такі способи наведення катера (корабля) на виявлені цілі: розрахунок на зближення катера (корабля) з ціллю при зустрічному курсі;

розрахунок на зближення катера (корабля) з ціллю, яка знаходиться на одному курсі з кораблем (переслідування за однаковими курсами);

розрахунок на зближення катера (корабля) з ціллю при різних курсах.

Розрахунок на зближення катера (корабля) з ціллю при зустрічному курсі (рис. 4.22, а).

Отримати дані від оператора РЛС про координати катера (корабля) і цілі в початковий момент часу (точки місцеположення K_0 і Π_0) та через 2 хв точки K і Π .

Нанести точки розміщення катера (корабля) і цілі: K_0 і Π_0 .

Нанести точки розміщення катера (корабля) і цілі через 2 хв їх руху: K і Π та з'єднати їх.

Установити розкривання циркуля, що відповідає відстані, яку пройшов корабель за 2 хвилини: S_{K2} . З точки K відкласти перпендикуляр величиною S_{K2} з одного боку лінії курсу суден, отриману точку позначити K_1 .

Установити розкривання циркуля, що відповідає відстані, яку пройшла ціль за 2 хвилини $S_{\Pi2}$. З точки Π відкласти перпендикуляр величиною $S_{\Pi2}$ з протилежного боку лінії курсу суден, отриману точку позначити Π_1 .

З'єднати точки K_1 і Π_1 , де точка $З$ – точка зустрічі.

Користуючись циркулем, визначити відстань, яку пройде катер (корабель) до зустрічі з ціллю. За допомогою транспортира або паралельної лінійки і картушки на карті визначити курс корабля.

Розрахунок на зближення катера (корабля) з ціллю, що знаходиться на одному курсі навздогін (рис. 4.22, б).

Рішення завдання відрізняється від попереднього тим, що перпендикуляри відкладаються з одного боку до лінії курсу суден.

Розрахунок на зближення катера (корабля) з ціллю за різних курсів (рис. 4.22, в):

Отримати дані від оператора РЛС про координати катера (корабля) і цілі в початковий момент часу (точки місцеположення K_0 і Π_0) та через 2 хв точки K і Π .

Нанести точки розміщення катера (корабля) і цілі K_0 і Π_0 .

Нанести точки розміщення катера (корабля) і цілі через 2 хв їх руху K і Π і з'єднати їх.

Заміряти циркулем відстань, яку пройде ціль за 2 хв: $S_{\Pi2}$.

З точки Π відкласти в напрямку курсу цілі відстань $S_{\Pi2}$, отриману точку позначити Π_1 .

Заміряти циркулем відстань, яку пройде корабель за 2 хв: S_{K2} .

Розкрити циркуль відповідно до відстані S_{K2} .

Відкласти відстань S_{K2} від точки Π_1 до перетину з лінією $K\Pi$ та отримати точку K_1 на прямій $K\Pi$.

З'єднати точки K_1 і Π_1 .

Провести пряму з точки K паралельно відрізку $K_1\Pi_1$ до лінії курсу цілі. Отримуємо точку $З$ – точка зустрічі катера (корабля) і цілі.

Користуючись циркулем, визначити відстань, яку пройде катер (корабель) до зустрічі з ціллю. За допомогою транспортира або паралельної лінійки і картушки на карті визначити курс корабля (рис. 4.22).

СПОСОБИ НАВЕДЕННЯ КОРАБЛЯ НА ЦІЛЬ

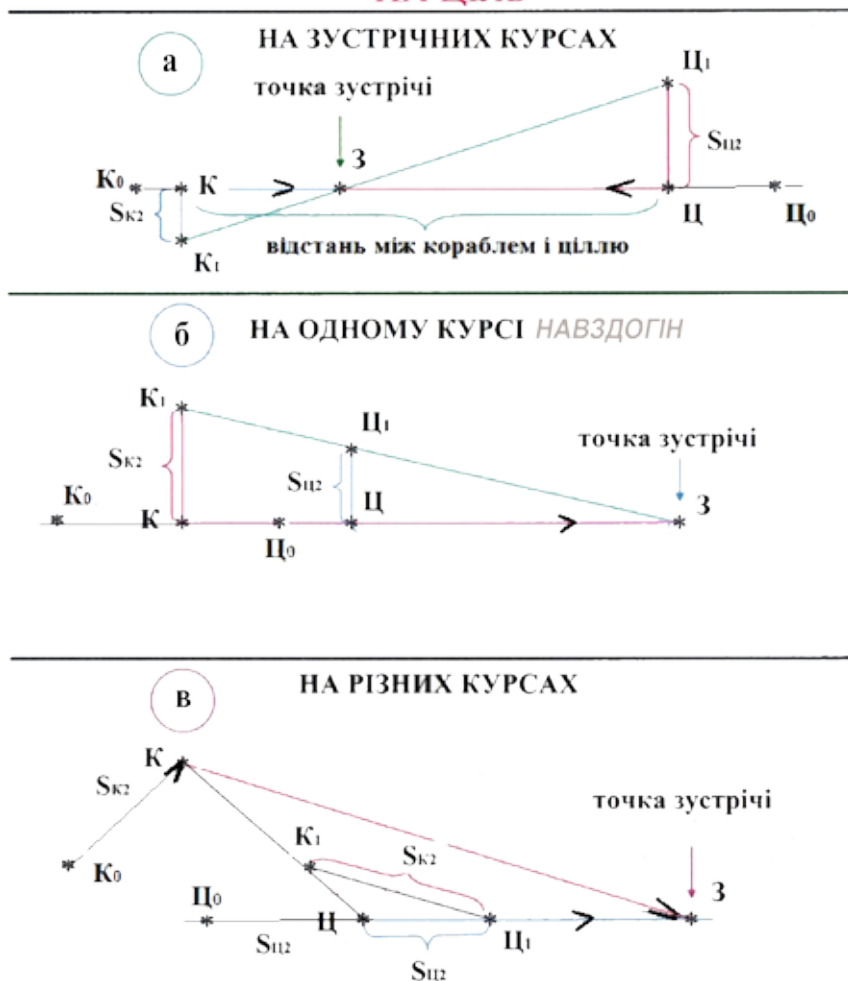


Рис. 4.22. Способи наведення катера (корабля) на ціль

4.6. Автоматизоване робоче місце поста технічного спостереження

Автоматизоване робоче місце поста технічного спостереження призначене для забезпечення контролю за навігаційною обстановкою на ділянці відповідальності ПТС за допомогою даних від стаціонарних засобів спостереження і зв'язку, а саме:

- від стаціонарних РЛС;
- автоматизованої інформаційної системи (АІС) із застосуванням засобів зв'язку;

- приймача GPS;

- оптико-електронної камери спостереження.

До складу АРМ входять:

- ПЕОМ з двома або більше операторськими моніторами;

- джерело безперебійного електроживлення;

- мережевий комутатор.

Монітори взаємозамінні і призначені для відображення навігаційної інформації. Спеціальне програмне забезпечення має електронні карти для всіх режимів відображення ділянки відповідальності у вибраній системі координат з урахуванням місця розташування судів ПТС.

На АРМ забезпечується виконання таких завдань:

- відображення надводної обстановки в реальному часі;

- управління процесом супроводу цілей;

- приймання параметрів руху цілей від приймача сигналів АІС;

- можливість експорту даних з інформацією по цілях (суднах), які розпізнані АІС або по координатах цілей від РЛС, через інтерфейс стандарту IEEE 802.3 Ethernet 10/100Base (RJ45) та їх експорт для відображення інформації на АРМ з програмним забезпеченням підсистеми “Надводна обстановка” ІТС “Гарт-12”;

- рішення тактичних завдань (вивід об'єкта супроводження (корабля) в задану точку зустрічі (перехват цілі), відображення у графічному вигляді на електронних картах прогнозованих траєкторій цілей під час введення початкових умов);

- архівация даних про навігаційну (надводну) обстановку та зберігання цієї інформації.

Джерело безперебійного електроживлення АРМ повинно забезпечити час автономної роботи АРМ, РЛС, АІС не менш ніж 15 хвилин за умови повної зарядки акумуляторів.

Порядок роботи на автоматизованому робочому місці.

1. Включити блок живлення, натиснувши кнопку ВКЛ на ПЕОМ.
2. Запустити програму “PlayBack” (розміщується в центрі робочого столу) (рис. 4.23).



Рис. 4.23. Вікно програми “PlayBack”

3. Менеджер відтворення

У вікні “Менеджер відтворення” натиснути “<<” (рис. 4.24).



Рис. 4.24. Вікно програми “Менеджер відтворення”

Вибрати дату “07.09.22. 10.34.45” (рис. 4.25).

Повзунок часу посунути на зелену стрічку на доріжці (знаходиться зверху вікна “Менеджер відтворення”).

“Швидкість” – відтворення запису встановити 2.

Переконалися, що у вікні “PlayBack Time” вибрані дата і час висвітлені.

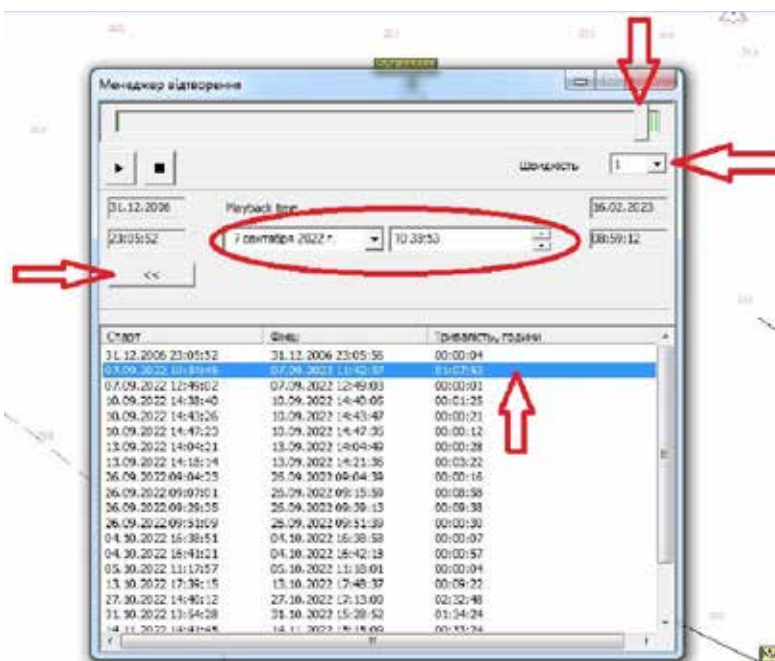


Рис. 4.25. Вибір дати у вікні програми “Менеджер відтворення”
Згорнути “Менеджер відтворення” (рис. 4.26).



Рис. 4.26. Згорнання вікна програми “Менеджер відтворення”

4. Зміст основного робочого вікна монітора оператора.
 Панель інструментів (рис. 4.27) (1);
 панель інформації (рис. 4.27) (2);
 режим відображення інформації “Ціль”, “Система”, “Зони”
 (рис. 4.27) (3);
 панель “Картографічне вікно” (рис. 4.27) (4).

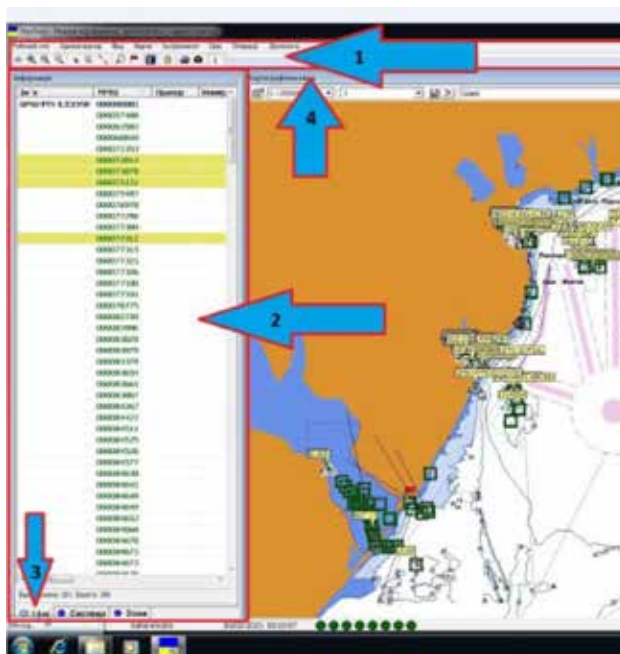


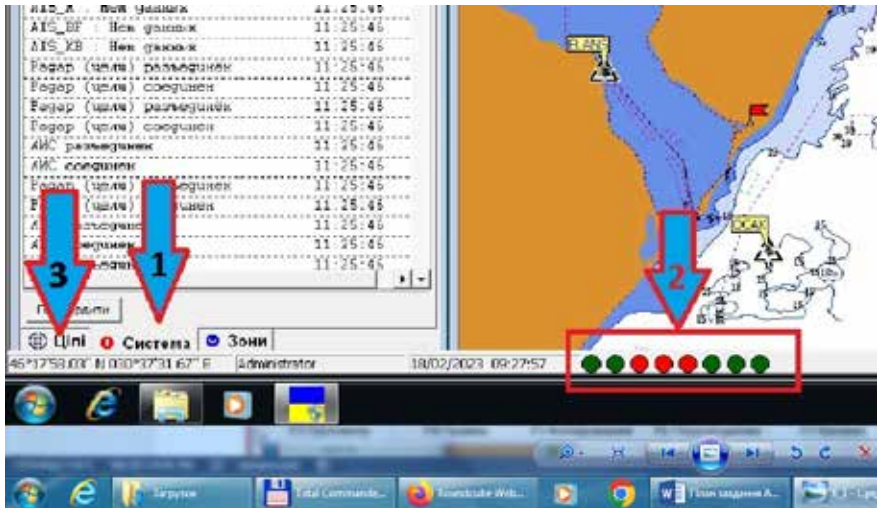
Рис. 4.27. Панель інструментів

5. Налаштування панелі “Картографічне вікно” (рис. 4.28).
 Обрати запис “1” на двох моніторах.



Рис. 4.28. Панель “Картографічне вікно”

Натиснути вкладку “Цілі” (рис. 4.29) (3) у панелі “Інформація”.



“Дані курсора” – натиснути піктограму, упевнитися, що у верхній правій частині картографічного вікна з’явилась інформаційна панель з координатами курсора, пеленгом і дистанцією на РЛС. Вимкнути піктограму (рис. 4.30) (3).

“Вибір цілей” (Select targets) – натиснути піктограму. Вибрати ціль у картографічному вікні за допомогою лівої кнопки миші, узявши ціль у чорний прямокутник, відпустити кнопку. У вкладці “Інформація” обрана ціль повинна підсвітитися зеленим. Переміщенням повзунка вниз на панелі праворуч “Інформація” ознайомитись з даними про обрану ціль (рис. 4.30) (4).

“Вибір відстані” – вибрати піктограму. Навести курсор на ціль, натиснути ліву кнопку і потягнути курсор до іншої цілі. Ознайомитись з показами панелі в правому верхньому кутку картографічного вікна (рис. 4.30) (5).

“Опорна точка” – вибрати піктограму (рис. 4.30) (6). Ознайомитись із координатами місця розташування РЛС. Натиснути “Відміна”.

“Темний, світлий екран” – впевнитися у зміні фону панелі.

“Звіт по цілі” – вибрати піктограму. З’явиться панель “Виберіть ціль”. Натиснути “Вказати на карті”. Курсор навести на ціль, упевнитися в підсвічуванні зеленим даних цілі. Натиснути “Центрувати”. Переконатись у короткочасній появі кілець навколо цілі. З натисканням кнопки “Ок” висвітлиться звіт по цілі, що є основними даними для передавання даних про ціль (рис. 4.30) (7).

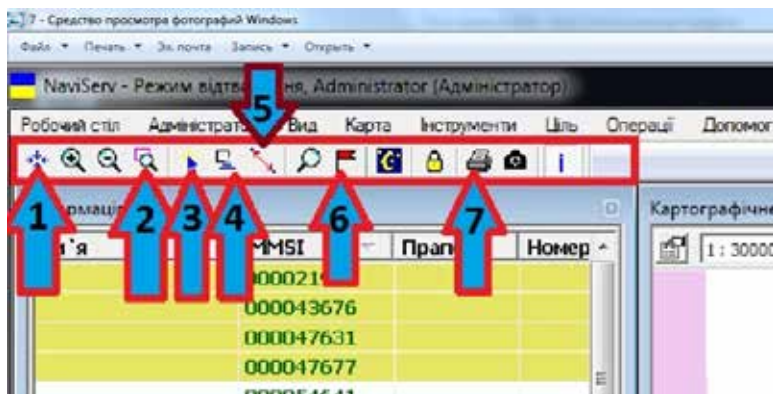


Рис. 4.30. Піктограма “Звіт по цілі”

8. Вкладка операції

На верхній панелі натиснути вкладку “Операції”, перейти у “Прикордонні завдання”, натиснути “Обчислення”. Упевнитися, що панель

“Інформація” перейшла в режим “Обчислювач зближення” (внизу на-
пис).

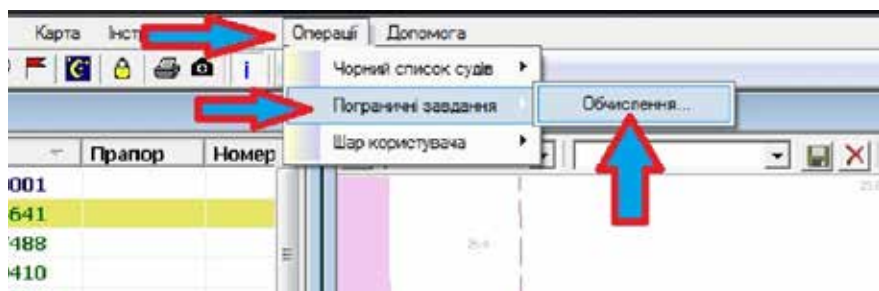


Рис. 4.31. Вкладка “Операції”

Натиснути в меню “Ціль” кнопку “Вибрати” (1). У панелі “Вибрати ціль” натиснути кнопку “Вказати на карті” (2). Курсором навести на ціль (3). Дані цілі підсвітяться зеленим (4). Натиснути кнопку “Ок” (5). Упевнитись, що у вікні “Ціль” з’явилась назва обраної цілі.

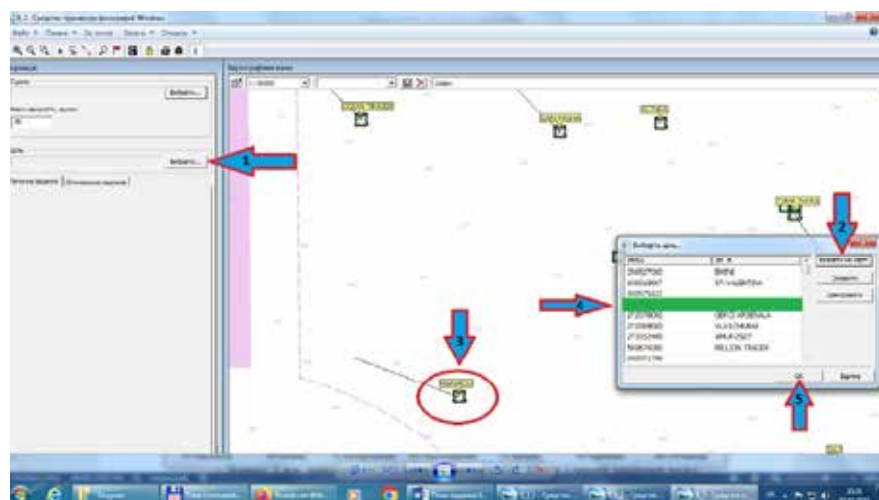


Рис. 4.32. Меню “Ціль”

Натиснути в меню “Судно” кнопку “Вибрати”. У панелі “Вибрати цілі” натиснути кнопку “Вказати на карті”. Курсором навести на судно, яке приймаємо за прикордонний катер (будь-яке українське). Дані підсвічуються зеленим. Натиснути кнопку “Ок”. Упевнитися, що у вікні “Судно” з’явилась назва обраного судна.

У вікні “Максимальна швидкість” задати швидкість прикордонного судна, наприклад 25 вузлів (рис. 4.33) (1).



Рис. 4.33. Вікно “Максимальна швидкість”

Якщо курси цілі і прикордонного судна не перетинаються, тоді поточне рішення щодо координат точки зближення відсутнє. Перейти у вкладку “Оптимальне рішення” (рис. 4.33) (2). Упевнитися у появі точки зближення (рис. 4.34).



Рис. 4.34. Визначення точки зближення корабля і цілі

9. Вимкнення АРМ:

натиснути кнопку закриття екрана з червоним хрестиком у правому верхньому куті правого екрана;
у вікні “Увага” натиснути “Так”.
Через 1 хв вимкнути ПЕОМ через панель Пуск.

Питання для самоконтролю

1. Які переваги РЛЗ?
2. Яка прийнята класифікація РЛЗ?
3. Які координати вимірюють РЛС?
4. Які є види радіолокаційного спостереження?
5. Перелічіть принципи радіолокації.
6. З яких блоків складається структурна схема РЛС?
7. Визначте дальність прямої радіолокаційної видимості людини, якщо висота антени РЛС над поверхнею землі 1 м.
8. Оператор у головні телефони (гарнітура) чує звук від цілі, тон якого збільшується (частота збільшується). У такому випадку ціль наближається чи віддаляється від оператора РЛС?
9. У чому принципова відмінність георадара від РЛС?
10. Роздільна здатність РЛС 25 м, у напрямку на РЛС йдуть два порушники один за одним на відстані 15 м один від одного. Скільки цілей виявить оператор РЛС?
11. Назвіть основні характеристики РЛС.
12. Які фактори впливають на роботу РЛС?
13. Яка дальність виявлення людини РЛС ELTA EL/M-2129?
14. Назвіть РЛЗ, які є в ДПСУ.
15. Які є способи захисту від пливу електромагнітного поля РЛЗ?
16. Які існують способи наведення катера (корабля) на виявлені цілі?

Рекомендована література

Довженко В. М., Лисий М. І. Морські карти. Загальні положення : збірник дидактичних матеріалів. Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2006.

Інженерне забезпечення та технічні засоби охорони кордону : довідник / О. В. Боровик та ін. Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2019. 180 с.

Царьов Ю. О., Кульчицький В. М., Собченко В. А. Тепловізійні засоби охорони кордону : навчальний посібник. Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2013. 184 с.

Царьов Ю. О., Купрієнко Д. А. Засоби візуального спостереження охорони державного кордону : навчальний посібник. Хмельницький : Видавництво НАДПСУ. 2010. 164 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	3
ВСТУП	4
Розділ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОХОРОНИ КОРДОНУ ТА ОБ'ЄКТІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ	6
1.1. Загальна характеристика технічних засобів охорони кордону	6
1.2. Загальна характеристика об'єктів спостереження	11
Питання для самоконтролю	18
Розділ 2. БІНОКЛІ І ЗОРОВІ ТРУБИ	20
2.1. Історія створення, основні типи, принцип роботи та особливості будови біноклів і зорових труб	20
2.2. Технічні параметри біноклів і зорових труб	30
2.3. Характеристики, комплекти, будова, підготовка до роботи біноклів і зорових труб	39
Питання для самоконтролю	49
Розділ 3. ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ	51
3.1. Загальна характеристика оптико-електронних приладів спостереження	51
3.2. Засоби відеоспостереження	53
3.3. Цифрові біноклі	63
3.4. Прилади нічного бачення	64
3.5. Тепловізійні засоби	100
Питання для самоконтролю	165
Розділ 4. РАДІОЛОКАЦІЙНІ ЗАСОБИ	167
4.1. Історія створення, основні типи, принцип роботи та особливості будови радіолокаційних засобів	167
4.2. Технічні параметри радіолокаційних засобів	177
4.3. Характеристики, комплекти, будова і підготовка до роботи радіолокаційних засобів	181
4.4. Заходи безпеки під час роботи з радіолокаційними засобами	199
4.5. Морська карта, порядок роботи з нею	202
4.6. Автоматизоване робоче місце поста технічного спостереження	207
Питання для самоконтролю	215
Рекомендована література	216

**Володимир Андрійович Собченко
Андрій Борисович Добровольський
Микола Іванович Лисий та ін.**

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ОХОРОНИ КОРДОНУ

ЧАСТИНА І ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

**Навчальний посібник
Електронне навчальне видання**

Редактор О. Л. Грицева
Коректори: О. В. Коломійчук, І. М. Бабина
Комп'ютерна верстка О. В. Філіпенко

Здано до набору 26.06.2023
Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Ум. друк. арк. 12,67. Обл.-вид. арк. 13,08

Видавництво Національної академії
Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3010 від 22.10.2007