

УДК 621.396.96

В.Й. Климченко, Г.Г. Камалтинов, В.Л. Місайлов, Д.Ю. Свистунов

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## **ОБГРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ВІЗУАЛЬНОГО ВІЯВЛЕННЯ І СУПРОВОДЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ В ІНТЕРЕСАХ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*Розглядаються доцільність та необхідність використання в системі розвідки повітряного противника сучасних оптико-електронних засобів виявлення повітряних об'єктів. Окреслене коло завдань, які можуть вирішуватись за допомогою оптико-електронних пристроїв. Аналізуються потенційні і реальні можливості оптико-електронних пристроїв щодо дальності виявлення та вимірювання координат повітряних об'єктів. Обґрунтовується вибір типу оптико-електронних пристроїв, які доцільно використовувати в інтересах розвідки повітряного противника, вимоги до їхніх основних тактико-технічних характеристик та складу апаратури.*

**Ключові слова:** оптико-електронні пристрої, телевізійні системи спостереження, виявлення повітряних об'єктів.

### **Роль і місце оптико-електронних пристроїв в системі розвідки повітряного противника**

Основу системи розвідки повітряного противника в Повітряних Силах Збройних Сил України становлять і ще тривалий час будуть становити радіолокаційні засоби радіотехнічних військ. Вони прийшли свого часу на заміну оптичним засобам розвідки, що перебували на озброєнні постів повітряного спостереження, оповіщення й зв'язку (ВНОС – від російського "воздушное наблюдение, оповещение и связь"), від яких і ведуть свій родовід радіотехнічні війська. Оптичні пристрої виявлення повітряних об'єктів залишилися в радіотехнічних військах лише як допоміжні засоби, якими оснащуються пости візуального спостереження в підрозділах радіотехнічних військ (РТВ). Між тим науково-технічний прогрес зумовив появу принципово нових оптико-електронних пристроїв (ОЕП), які можуть суттєво розширювати можливості радіолокаторів, а в деяких випадках навіть замінити їх. І хоча дальність дії оптико-електронних пристроїв помітно менша, ніж у радіолокаторів, але точність визначення координат повітряного об'єкту (ПО) значно вища. Вони здатні працювати в пасивному режимі, тобто не демаскувати себе, а в умовах постановки навмисних завад чи в режимі радіомовчання повітряних цілей оптико-електронні пристрої стають практично єдиним джерелом інформації про повітряну обстановку. Крім того, ОЕП можуть виявляти малорозмірні цілі, які здійснюють польоти на гранично малих висотах, що з допомогою радіолокатора зробити важко, а в деяких тактичних ситуаціях і неможливо. Тому розробка вимог до пристроїв візуального виявлення і спостереження повітряних цілей з урахуванням можливих особливостей їх викорис-

тання в інтересах Повітряних Сил Збройних Сил України є актуальною задачею.

Оптико-електронні пристрої можуть використовуватися в РТВ як пристрої візуального виявлення і спостереження повітряних цілей для ведення розвідки повітряного противника. Вони можуть бути допоміжними засобами для виявлення об'єктів у ближній зоні, супроводження виявлених цілей за кутовим координатами, розпізнавання їх за візуальними ознаками, вимірювання координат та параметрів руху ПО і видачі даних на комплекси засобів автоматизації (КЗА). На відміну від можливостей традиційних радіолокаційних засобів виявлення повітряних цілей оптико-електронні пристрої мають з одного боку додаткові можливості щодо розпізнавання ПО, а з іншого боку – обмеження за дальністю дії та простором огляду. Зазначені обмеження пов'язані зі специфікою обробки сигналів оптичного діапазону. Пристрої можуть встановлюватися на постах візуального спостереження або на рухомих засобах (на автомобілях). Незалежно від місця встановлення апаратури, пристрої візуального виявлення повітряних цілей, як засоби ведення розвідки повітряного противника в радіотехнічних військах повинні забезпечувати виконання наступних функцій:

- виявлення в автоматичному режимі ПО, що знаходяться у полі зору системи;
- "електронне" автоматичне та слідкує автотоматизоване супроводження ПО за кутовими координатами;
- "інерційне" супроводження ПО при короткочасному погіршенні умов видимості за рахунок екранування цілі природними або штучними завадами;
- вимірювання координат і параметрів руху виявлених об'єктів;

– розпізнавання повітряних об'єктів за типом: крилата ракета, винищувач, бомбардувальник, транспортний літак, повітряна куля;

– розпізнавання кількості повітряних об'єктів;

– видачу за стандартним інтерфейсом даних про виявлені та супроводжувані ПО.

Поняття "оптико-електронні пристрої" охоплює досить широкий клас пристроїв, які розрізняються за принципом дії, спектром випромінювання, типом подання даних, методами обробки сигналів та ін. Серед них необхідно вибрати такі, які б за своїми можливостями найповніше відповідали виконанню зазначених функцій за призначенням.

### **Вибір типу оптико-електронних пристроїв для візуального виявлення і спостереження повітряних цілей**

Принцип дії ОЕП (пасивний, активний, активно-пасивний) однозначно пов'язаний з обраним спектральним діапазоном та параметрами оптичного сигналу. За параметрами оптичного сигналу ОЕП можуть бути радіометричними (фотометричними), спектральними, поляризаційними, інтерференційними, рефрактометричними та геометрооптичними. За спектральним діапазоном – у видимому, інфрачервоному та ультрафіолетовому. За фізичним принципом побудови оптико-електронні пристрої [1] поділяються на:

– ОЕП з електронно-оптичними перетворювачами;

– лазерні;

– тепловізійні;

– телевізійні (у тому числі низькорівневі);

– багатоканальні.

ОЕП з електронно-оптичними перетворювачами працюють за принципом перетворення інфрачервоного випромінювання у видиме зображення. Вони можуть бути як пасивними, так і активними (з підсвічуванням), є ефективними на дальностях до 1500 м і використовуються для виявлення людей та слабо контрастних в оптичному діапазоні об'єктів.

Тепловізійні ОЕП працюють у спектральному діапазоні хвиль 3 – 5 і 8 – 14 мкм. Вони використовують власне теплове випромінювання нагрітих тіл, тому не залежать від освітленості та часу доби спостережень. Але використання їх як самостійних приладів спостереження недоцільно через неможливість ідентифікації об'єктів, які виявляються. До того ж вони відносяться до класу найбільш складних та дорогих систем. Такі прилади використовуються у комбінації із телевізійними ОЕП для забезпечення наведення зенітних ракетних комплексів (ЗРК) без вмикання РЛС.

Лазерні ОЕП завдяки своєму вузькому променю випромінювання взагалі не пристосовані для

широкого кутового огляду простору, і використовуються лише за цілевказівкою та для рішення задач дальнометрії. Крім того, згасання хвиль у приземній атмосфері суттєво обмежує дальність дії таких ОЕП.

Телевізійні ОЕП (телевізійні системи – ТВ-системи) за параметрами оптичного сигналу відносяться до систем геометрооптичного типу, а за принципом дії – до пасивних, що впливає на більшість характеристик приладу. Працюють телевізійні ОЕП, як і оптичні прилади, в діапазоні хвиль 0,4–0,9 мкм. Хоча якість зображення (і відповідно дальність бачення) в таких пристроях нижча, ніж в оптичних пристроях виявлення повітряних об'єктів, проте суттєвою перевагою телевізійних ОЕП є можливість передачі зображення на екран ТВ-дисплея, що знижує стомлюваність оператора. Крім того, можливе дублювання зображення та дистанційна передача його зовнішнім споживачам. Щоб засіб міг працювати і вночі, до складу телевізійного ОЕП крім денної ТВ-системи входить і низькорівнева ТВ-система. Вона відрізняється від денної ТВ-системи наявністю на вході камери електронно-оптичного перетворювача, що збільшує чутливість камери в 104 – 105 разів. За рахунок автоматичного діафрагмування об'єктиву низькорівневої телевізійної системи і роботи пристрою автоматичного регулювання яскравості в її електронному каналі, система може працювати і вдень. Але наявність ЕОП знижує якість зображення ТВ-системи, перетворює її з кольорової в чорно-білу, а сам ЕОП має обмежений ресурс – 2·10<sup>3</sup> години. З цих причин для ведення оптичної розвідки низькорівневу ТВ-систему використовують тільки у сутінках і вночі. Однак для ведення розвідки повітряних об'єктів необов'язково мати кольорове зображення.

Недоліком ТВ-систем є суттєве зниження їхньої ефективності при зниженні прозорості атмосфери. Тому додатково до ТВ-систем (або замість них) використовують тепловізори, що працюють в сприятливішій області спектру 3 – 5 або 8 – 14 мкм. Це дозволяє зберегти можливість бачення, як при нормальній, так і при зниженій прозорості атмосфери, забезпечуючи спостереження навіть в димах. Якщо дальність бачення ТВ-системи залежить від рівня природної освітленості, то тепловізор реагує на різницю в температурах спостережуваного об'єкту і фону (ландшафту), що оточує його. Тому тепловізор може працювати при будь-якій освітленості, тобто цілодобово. Проте якість зображення в тепловізорі нижча, ніж в ТВ-системі. Крім того, його зображення специфічне і не забезпечує тієї деталізації, яку створюють телевізійні системи. У ТВ-камерах використовуються як фоточутливі елементи спеціальні матриці на основі приладів із зарядовим зв'язком (матриці ПЗЗ), які допускають високоточне вимірювання координат, що поки є недосяжним для

тепловізорів. У сучасних ТВ-системах нового покоління також суттєво розширений спектральний діапазон роботи, що частково знижує недоліки ТВ-систем.

Застосування багатоканальних ОЕП обумовлене різноманітністю завдань, що вирішуються з їхньою допомогою, а також недосконалістю кожного каналу окремо. Це вимушує об'єднувати їх так, щоб недоліки одного каналу компенсувалися б перевагами іншого.

Таким чином, для вирішення задач виявлення та супроводження ПО на малих дальностях найбільш придатними є телевізійні ОЕП [2] через їх суттєві переваги в порівнянні з іншими типами ОЕП. Як правило, вони найбільш поширені для використання у військових цілях. Тому використання телевізійних ОЕП як засобів ведення розвідки повітряного противника в радіотехнічних військах цілком виправдане. Переваги інших типів ОЕП щодо виявлення об'єктів в умовах оптичних завад природного походження (запиленість, опади, туман) не можуть бути вагомими через суттєве ускладнення апаратури та відносно невелику дальність виявлення. Сучасні телекамери за своїми параметрами наближаються до низькорівневих телевізійних ОЕП, і поєднують у собі переваги звичайних та низькорівневих телевізійних ОЕП, які можуть працювати і в умовах низької освітленості, тобто в сутінках.

### Визначення дальності дії оптико-електронних пристроїв

Дальність виявлення повітряних об'єктів оптико-електронними пристроями визначається:

- б) метеорологічними умовами спостереження;
- а) співвідношенням кутових розмірів ПО з можливостями розрізнення ОЕП по кутових координатах;
- в) енергетичними параметрами ПО та ОЕП (освітленість ПО, його відбивна здатність, розміри оптичної системи та чутливість ОЕП).

Метеорологічні умови спостереження виступають як обмежувачий фактор. Значення максимальної дальності спостереження об'єктів оптичними приладами обмежується метеорологічною дальністю видимості (МДВ). На рис. 1 зображена гістограма розподілу метеорологічної дальності видимості (МДВ) на території України на протязі 50 років з 1959 по 2009 рік. Середнім значенням МДВ є 12,36 км при середньоквадратичному відхиленні 8,76 км.

Максимальна дальність виявлення об'єкта оптико-телевізійними системами за його геометричними розмірами [3] визначається співвідношенням:

$$\Gamma_{\max} = \frac{FH}{h} \cdot \frac{100}{\Delta}, \quad (1)$$

де  $F$  – фокусна відстань об'єктиву, мм;  $H$  – висота

об'єкту, м;  $h$  – висота мішені матриці ПЗЗ, мм;  $\Delta$  – висота об'єкту у відсотках в перерахунку на висоту растру фотоприймача.

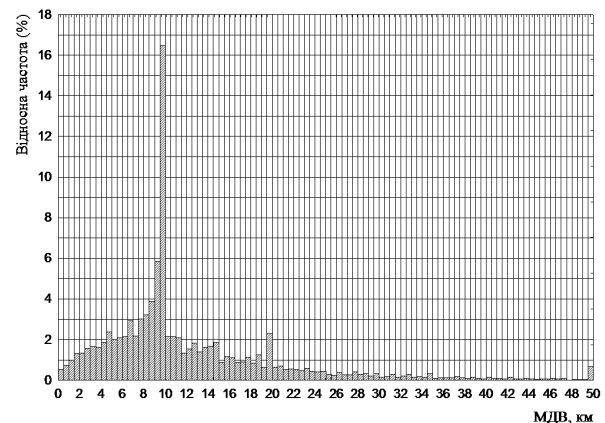


Рис. 1. Гістограма розподілу метеорологічної дальності видимості на території України

Для підвищення дальності реєстрації об'єктів за інших рівних умов із співвідношення (1) видно, що треба збільшувати фокусну відстань об'єктиву. Але цей параметр визначається заданою величиною мінімального кута поля зору телевізійної камери.

Для типових матриць ПЗЗ при куті зору телевізійної камери  $3 \times 2$  град, і фокусної відстані  $f = 120$  мм значення  $\Gamma_{\max} = 15000$  м. Але при великих дальностях виявлення необхідно враховувати вплив атмосферно-кліматичних чинників (умов) на дальність дії системи, що приводить до зменшення контрастності вхідного оптичного зображення. Причина цього полягає в тому, що світло від сонця і неба розсіюється на своєму шляху на частинках пилу або вологи та потрапляючи на зіницю об'єктиву, підсумовується зі світлом, що приходить від віддалених об'єктів. В результаті оптичний контраст об'єкту стає менше.

Енергетичні параметри ПО та ОЕП визначають теоретично можливу дальність виявлення повітряних об'єктів оптико-електронними пристроями. Загальне рівняння дальності виявлення освітлених Сонцем цілей пасивним оптико-електронним засобом за відсутності фону розраховується за співвідношенням [4]:

$$\Gamma_{\max} = \sqrt{\frac{E_0 S_{\text{вх}} S_{\text{ц}} k_{\text{відб}} \eta_{\text{ср}} \eta_{\text{пр}}}{4\pi \nu E_{\min} (\theta F)^2}}, \quad (2)$$

де  $E_0$  – освітленість;  $S_{\text{вх}}$  – площа апертури об'єктива;  $S_{\text{ц}}$  – видима геометрична площа цілі;  $k_{\text{відб}}$  – коефіцієнт відбиття світла об'єктом;  $\eta_{\text{ср}}$  – коефіцієнт пропускання світла середовищем;  $\eta_{\text{пр}}$  – коефіцієнт пропускання світла оптичною системою оптико-електронного засобу;  $\nu$  – відношення "сиг-

нал/шум";  $E_{\min}$  – чутливість мішені (матриці ПЗЗ);  $\theta$  – кутовий розмір пікселя мішені;  $F$  – фокусна відстань оптичної системи ОЕП.

Для оптико-електронних систем наземного базування використання загального рівняння дальності у вигляді (2) є некоректним, оскільки виявлення цілей завжди відбувається на певному фоні і за певних умов освітленості. Ці особливості і мають бути враховані в рівнянні (2). Типовими ситуаціями при цьому є такі:

а) виявлення цілей в безхмарну погоду, кутові розміри цілі менші, ніж кутовий розмір пікселя мішені матриці ПЗЗ,  $E_0 > E_{\phi}$  :

$$r_{\max} = \sqrt{\frac{E_0 S_{\text{вх}} S_{\text{ц}} k_{\text{відб}} \eta_{\text{ср}} \eta_{\text{пр}}}{4\pi \left[ E_{\phi} S_{\text{вх}} \frac{\theta^2}{4\pi} + \nu E_{\min} (\theta F)^2 \right]}}, \quad (3)$$

де  $E_{\phi}$  – освітленість фону;

б) виявлення цілей в безхмарну погоду, кутові розміри цілі більші, ніж кутовий розмір пікселя мішені матриці ПЗЗ,  $E_0 > E_{\phi}$  :

$$r_{\max} = \sqrt{\frac{E_0 S_{\text{вх}} S_{\text{ц}} k_{\text{відб}} \eta_{\text{ср}} \eta_{\text{пр}}}{4\pi \left[ E_{\phi} S_{\text{вх}} \frac{\theta^2}{4\pi} + \nu E_{\min} S_{\text{зобр}} \right]}}, \quad (4)$$

де  $S_{\text{зобр}}$  – площа зображення цілі на мішені ПЗЗ;

в) виявлення цілей в хмарну погоду, цілі точкова – кутові розміри цілі менші, ніж кутовий розмір пікселя мішені – виявлення неможливе, через маскування цілі фоном;

г) виявлення цілей в хмарну погоду, кутові розміри цілі більші, ніж кутовий розмір пікселя матриці ПЗЗ, контраст позитивний:

$$r_{\max} = \sqrt{\frac{E_{\text{хм}} S_{\text{вх}} S_{\text{ц}} k_{\text{відб}} \eta_{\text{ср}} \eta_{\text{пр}}}{4\pi \left[ E_{\phi} S_{\text{вх}} \frac{\theta^2}{4\pi} + \nu E_{\min} S_{\text{зобр}} \right]}}, \quad (5)$$

де  $E_{\text{хм}}$  – освітленість хмарного дня;

д) виявлення цілей в хмарну погоду, кутові розміри цілі більші, ніж кутовий розмір пікселя матриці ПЗЗ, контраст негативний:

$$r_{\max} = \sqrt{\frac{E_{\text{хм}} S_{\text{вх}} S_{\text{ц}} k_{\text{відб}} \eta_{\text{ср}} \eta_{\text{пр}}}{4\pi \left[ E_{\phi} S_{\text{вх}} \frac{\theta^2}{4\pi} - \nu E_{\min} S_{\text{зобр}} \right]}}. \quad (6)$$

Сучасні типові оптико-електронні пристрої телевізійного спостереження за об'єктами з полем зору до  $90^\circ$  мають такі характеристики:

- чутливість мішені (матриці ПЗЗ)  $E_{\min} = 10^{-3}$  лк;
- площа апертури об'єктива  $S_{\text{вх}} = 10^{-3}$  м<sup>2</sup>;
- коефіцієнт пропускання світла оптичною системою ОЕП  $\eta_{\text{пр}} = 0,7$ ;

– кутовий розмір пікселя мішені  $\theta = 1-2'$ ;

– фокусна відстань оптичної системи ОЕП  $F = 3 \cdot 10^{-2}$  м.

Розраховані дальності виявлення такими ОЕП різного типу цілей з імовірністю правильного виявлення  $D \geq 0,5$  і імовірністю хибних тривог  $F_{\text{хт}} \leq 10^{-5}$  при  $k_{\text{відб}} = 0,5$ ,  $\eta_{\text{ср}} = 0,7$  і  $\nu = 10$  наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Граничні дальності оптичного виявлення цілей ОЕП з широким полем зору

Характер погоди	Час доби	Дальність виявлення цілей, км		
		Крилата ракета	Винищувач	Бомбардувальник
Сонячна погода, виявлення цілей на фоні ясного неба в протилежному Сонцю секторі	Середина дня	5...6	15...20	40...50
	Ранок, вечір	3...4	10...15	30...40
	Громадянські сутінки	1,5...2	3...5	10...12
Хмарна погода, виявлення цілей на фоні рівномірно освітлених хмар	Середина дня	2...3	5...7	15...20
	Ранок, вечір	1,5...2	4...5	8...10

З використання спеціальних довгофокусних ОЕП з полем зору 3-5о і кутовим розрізненням в десятки долі мінути, дальність виявлення цілей збільшується в кілька разів і обмежується прозорістю атмосфери.

Отже, сучасні телевізійні ОЕП спостереження є цілком придатними за дальністю дії для використання їх на постах візуального спостереження, як засобів виявлення повітряних об'єктів в інтересах радіотехнічних військ.

### Визначення кутових координат повітряних об'єктів

Оптико-електронні пристрої, які використовуються в телевізійних системах спостереження є за принципом побудови пристроями пасивними, і тому нездатними безпосередньо вимірювати дальність до об'єктів. Відомі методи вимірювання дальності до об'єктів на основі обробки стереоскопічних зображень або "прямої" кутової зарубки з триангуляційною обробкою зображень вимагають оптичної системи у складі двох відеокамер, що значною мірою ускладнює пристрій спостереження. У випадку використання оптико-електронних засобів для виявлення повітряних об'єктів, розміри яких відомі хоча б за класами (крилата ракета, винищувач, бомбардувальник), найдоцільнішим є використання геометричного методу визначення дальності до об'єктів (рис. 2) за відомими його лінійними  $L$  і вимірними кутовими  $\gamma$  розмірами:

$$r = \frac{L}{2 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}} \quad (7)$$

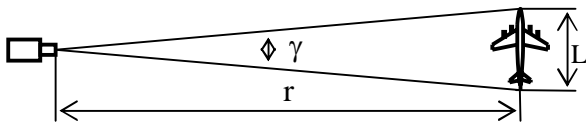


Рис. 2. Геометричний метод визначення дальності

При великих дальностях до об'єктів, коли  $r \gg L$ , дальність можна обчислювати за спрощеним співвідношенням:

$$r = \frac{L}{\gamma} \quad (8)$$

де  $\gamma$  – кутовий розмір об'єкта в радіанах.

При цьому оптико-електронні засоби спостереження повинні мати режим розпізнавання цілей. Завдання автоматичного розпізнавання, класифікації та ідентифікації самих різних об'єктів, в тому числі і літальних апаратів різних типів у реальному масштабі часу за допомогою сучасних оптико-електронних систем вимагає наявності обчислювальних засобів з дуже великою швидкістю обробки багатовимірної інформації. Враховуючи зазначений фактор, а також обмежену кількість ПО, які можуть бути в полі зору спостерігача, доцільним буде використовувати в оптико-електронних засобах виявлення повітряних цілей неавтоматизоване розпізнавання візуальним способом. Як відомо, дальність розпізнавання об'єктів в оптичному діапазоні складає значення не більш, як 0,75-0,8 від дальності виявлення [5]. Тому дальність розпізнавання об'єктів в ОЕП спостереження з ймовірністю 0,5 буде складати:

- типу "крилата ракета" – 4...4,5 км;
- типу "винищувач" – 8...10 км;
- типу "стратегічний бомбардувальник або транспортний літак" – 10...12 км.

### Вимоги до тактико-технічних характеристик та складу апаратури телевізійного спостереження за повітряними об'єктами

Пристрій телевізійного спостереження повинен здійснювати автоматичне електронне виявлення та автоматизоване слідкуюче супроводження ПО за кутовими координатами, із середньоквадратичною похибкою 0,75 мінут при переміщенні ПО зі швидкістю до 3 град/с. Розміри зони огляду за кутовими координатами:

- за азимутом – 0...360°;
- за кутом місця – 0...60°.

Метод забезпечення зони огляду:

- за азимутом – багатоканальний;

- за кутом місця – одноканальний.

Розміри кула зору (миттєве поле зору):

- широкий кут зору – 90×60°;
- вузький кут зору – 4,5×4,5°.

Значення роздільної здатності за кутовими координатами:

- у режимі "вузький кут" – не більше 0,75';
- у режимі "широкий кут" – не більше 8'.

Спектральний діапазон роботи – 0,4...1,0 мкм.

Чутливість оптичної системи – не гірше  $3 \cdot 10^{-3}$  лк.

Типовий склад апаратури телевізійного спостереження за повітряними об'єктами (рис. 3) може включати:

- відеокамеру (камери) (ВК);
- поворотний пристрій;
- пристрій обробки телевізійних сигналів;
- відеомонітор (відеомонітори);
- пристрій обробки інформації;
- пульт керування (клавіатура);
- апаратуру передачі даних (АПД).

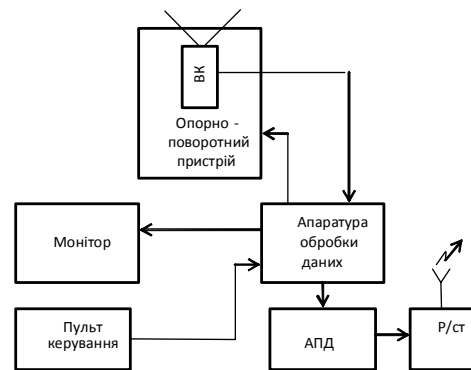


Рис. 3. Типовий склад ОЕП

Відеокамера спостереження повинна мати високу чутливість та забезпечувати надійну ідентифікацію об'єктів. Для телевізійних систем виявлення малоконтрастних на фоні неба повітряних об'єктів кращими є чорно-білі відеокамери, як такі, що мають більш високу чутливість порівняно з кольоровими. Чутливість відеокамер для виявлення повітряних об'єктів в приземних шарах атмосфери на фоні ясного неба на дальностях 10 – 15 км має бути не гірше 0,003 лк.

Для ефективнішого використання відеокамер їх доцільно оснащувати трансфокаторами і поворотними кронштейнами з електроприводом і дистанційним керуванням. Наявність трансфокаторів дозволить використовувати відеокамери в двох режимах: в режимі паралельного огляду простору і виявлення ПО в просторовому секторі 45×45° (90×60°) і в режимі розпізнавання ПО в секторі 4,5×4,5° (9×9°), тобто в режимі фокусування картинки на рухомому об'єкті. В режимі секторного огляду простору камера має поле зору 45° (90°) і встановлюється поворо-

ним пристроєм в заданому напрямку. В режимі візуального розпізнавання цілей камера може встановлюватись поворотним пристроєм на будь-який азимут і під будь-яким кутом місця в межах сектора огляду. Поворотний пристрій оснащується датчиками "кут-код" в обох площинах, слідкуючим електроприводом та засобами орієнтування і юстування. При виявленні цілі в режимі секторного огляду і визначенні її координат (азимуту і кута місця) оператор встановлює оптичну вісь камери на визначений азимут та під визначеним кутом місця і встановлює поле зору камери  $4,5^\circ \times 4,5^\circ$  для візуального розпізнавання ПО. При використанні цифрових відеокамер з'єднання їх з апаратурою обробки інформації можливе з використанням мережевих технологій, зокрема з використанням локальних мереж по протоколу Ethernet (стандарт IEEE 802.3). При цьому раціональний розподіл функцій між оптоелектронною апаратурою поста візуального спостереження за повітряними об'єктами і людиною-оператором має бути таким:

- виявлення повітряних об'єктів – автоматичне;
- вимірювання координат – автоматизоване;
- визначення державної належності – неавтоматизоване (візуальне);
- розпізнавання типу цілі – неавтоматизоване (візуальне);
- обмін інформацією з командним пунктом – автоматичний.

Оптико-електронні системи візуального виявлення цілей можуть використовуватись в інтересах радіотехнічних військ при вирішенні таких завдань:

- розвідки повітряного противника постами візуального спостереження в підрозділах РТВ;
- створення смуг візуального спостереження на ракетонебезпечних напрямках;
- створення зон візуального виявлення цілей в районах розташування особливо важливих об'єктів.

В цілому, використання ОЕП для виявлення ПО суттєво розширить інформаційні можливості системи розвідки повітряного простору.

### Список літератури

1. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов. / Ю.Г. Якушенков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 1999. – 480 с.
2. Гейхман И.Л. Основы улучшения видимости в сложных условиях / И.Л. Гейхман, В.Г. Волков. – М.: ООО "Недра-бизнесцентр", 1999. – 286 с.
3. Никитин В.В. Телевидение в системах физической защиты / В.В. Никитин, А.К. Цыцулин // ЛЭТИ. – СПб.: СПбГЭТУ, 2001. – 135 с.
4. Москвитин С.В. Теоретические основы оптической локации / С.В. Москвитин, А.И. Стрелков. – Х: ВИРТА ПВО, 1992. – 369 с.
5. Оптические приборы наблюдения, обработки и распознавания объектов в сложных условиях / Б.С. Аleshin, А.В. Бондаренко и др. – М: Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, 1999. – 140 с.

Надійшла до редколегії 1.03.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, снс, С.П. Лещенко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫМ УСТРОЙСТВАМ ВИЗУАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ В ИНТЕРЕСАХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ВОЙСК ВОЗДУШНЫХ СИЛ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ

В.И. Климченко, Г.Г. Камалтынов, В.Л. Мисайлов, Д.Ю. Свистунов

*Рассматриваются целесообразность и необходимость использования в системе разведки воздушного противника современных оптико-электронных средств обнаружения воздушных объектов. Очерчен круг заданий, которые могут решаться с помощью оптико-электронных устройств. Анализируются потенциальные и реальные возможности оптико-электронных устройств по дальности обнаружения и измерению координат воздушных объектов. Обосновывается выбор типа оптико-электронных устройств, которые целесообразнее всего использовать в интересах разведки воздушного противника, требования к их основным тактико-техническим характеристикам и составу аппаратуры.*

**Ключевые слова:** оптико-электронные устройства, телевизионные системы наблюдения, обнаружение воздушных объектов.

### EXPLANATION OF REQUIREMENTS TO OPTICAL-ELECTRONIC DEVICES OF VISUAL DETECTION AND TRACKING OF AIR OBJECTS FOR THE BENEFIT OF RADIOENGINEERING TROOPS OF AIR FORCES ARMED FORCES OF UKRAINE

V.I. Klimchenko, G.G. Kamaltnov, V.L. Misajlov, D.Yu. Svistunov

*The suitability and necessity of modern optical-electronic sensors of air objects application for detection system of the air enemy are considered. The circle of tasks that can be solved by means of optical-electronic devices is outlined. Potential and real opportunities of optical-electronic devices concerning detection range and coordinates measurement of air objects are analyzed. The choice of type of optical-electronic devices that are the most expedient to use for the benefit of air enemy reconnaissance and also their basic tactical and technical characteristics and equipment structure requirements are proved.*

**Keywords:** optical-electronic devices, television supervision systems, air objects detecting.