

OCHRANA PROTI PROSTŘEDKŮM INFRAČERVENÉHO PRŮZKUMU A NAVEDENÍ

(1. část)

Jedním z charakteristických rysů soudobé taktiky vševojskového boje je vedení bojové činnosti za všech povětrnostních podmínek ve dne i v noci. Proto se v některých armádách ve stále větší míře používají takové průzkumné prostředky, které mohou poskytovat průzkumnou informaci v reálném čase, v obrazové podobě a jsou použitelné za stejných povětrnostních podmínek, v jakých je vedena bojová činnost útvarů a jednotek.

K nejvýznamnějším z těchto prostředků patří **optoelektronické průzkumné přístroje**, které pracují ve spektrálním oboru **neviditelného infračerveného (IČ) záření**, nebo viditelného záření (světla), případně mohou jako kombinované přístroje pracovat v obou spektrálních pásmech. Pomocí těchto přístrojů lze řešit velmi důležité úkoly, které do určité míry ovlivňují tradiční způsoby vedení bojové činnosti a její efektivnost. Jde například o zjišťování a identifikaci cílů, jejich zaměřování, řízení zbraní, navádění ŘS na vzdušné i pozemní cíle a vedení bojové činnosti i v noci, za ztížených povětrnostních podmínek a v situaci, kdy jsou široce používány prostředky radioelektronického boje (REB).

Další úsilí je zaměřeno na kvalitativní změny především v konvenčních prostředcích ničení. Jde především o takové prostředky ničení, které jsou naváděny (nebo se navádějí) na cíl po celou dobu letu nebo v její konečné fázi (munice s přesným naváděním). Přitom lze jejich dráhu letu opravovat téměř až do střetnutí s cílem. Většina těchto prostředků používá IČ samonaváděcí soustavu.

IČ prostředky využívají ve spektrálním pásmu tzv. „atmosférických oken“, tj. pásem propustnosti atmosféry pro světlo a IČ záření a pracují v pásmu:

- světla a blízkého IČ záření 0,4 až 1,5 μm ,
- střední oblasti IČ záření 2 až 5,6 μm ,
- vzdálené oblasti IČ záření 8 až 14 μm .

● **Prostředky IČ průzkumu** lze rozdělit z hlediska pracovního režimu na **aktivní, poloaktivní a pasivní**. Poloaktivní a pasivní prostředky IČ průzkumu mají před aktivními prostředky tu přednost, že se svou činností neprozrazují, a proto nejsou protivníkem zjištělné.

● **Aktivní prostředky IČ průzkumu** je možné rozdělit na:

- aktivní pozorovací prostředky první generace s elektronooptickými převaděči obrazu (EOP) a s infravětlometem,
- laserové dálkoměry a zaměřovače,
- jiné prostředky IČ průzkumu doplněné zdrojem pro ozáření bojiště.

● **K poloaktivním prostředkům pro IČ průzkumu** patří:

- poloaktivní noční pozorovací přístroje s elektronooptickými zesilovači jasu obrazu (EOZ)) – druhé a třetí generace,
- nízkourovňová televize s citlivou snímací elektronkou nebo maticovým polovodičovým detektorem,
- infraprůzkumná fotografie (i spektrozónální).

● **K pasivním prostředkům IČ průzkumu** lze zařadit termovizní techniku, která využívá ke své činnosti (vlastní) tepelné záření pozorovaného objektu a jeho kontrastu na pozadí.

Aktivní noktovizory představují první generaci IČ přístrojů pro pozorování v noci a používají se již od druhé světové války. Jejich předností je nezávislost činnosti na záření noční oblohy. To umožňuje vedení průzkumu i za velmi ztížených povětrnostních podmínek a velmi tmavých nocí. Jejich nevýhodou je, že mohou být zjištěny i obyčejnými infraprůzkumníky, a to na vzdálenost rovnající se trojnásobku jejich dosahu. Proto se pro pozorování používají jen u zastaralé bojové techniky.

Poloaktivní noktovizory jsou přístroje druhé generace. Využívají zbytkového světla noční oblohy, které se odráží od pozorovaných objektů a jejich pozadí. Využitím velmi citlivé fotokatody je zesilováno odražené záření (řádově 10krát) a umožňuje tak pozorování objektů a jejich pozadí, aniž by se svou činností prozrazovaly. Hlavní nevýhodou je závislost jejich dosahu na intenzitě zbytkového světla noční oblohy, na meteorologických podmínkách i na kvalitě maskování objektů.

Fotografické přístroje doplněné infrafilmy (které nepropouštějí světlo) a negativními materiály citlivými v IČ oblasti spektra (0,75 až 1,3 μm) představují velmi progresivní prostředky IČ průzkumu. Použití těchto průzkumných prostředků umožňuje zjistit nedokonalé zamaskované objekty na základě rozdílného činitele spektrální odrazivosti maskovacích a přírodních materiálů pozadí. Fotografické přístroje se používají nejčastěji na leteckých pilotovaných i nepilotovaných průzkumných prostředcích a na průzkumných družicích. Nevýhodou průzkumných prostředků je závislost dosahu a kvality informace na dobré propustnosti atmosféry i na dostatečném ozáření objektů přírodními nebo umělými zdroji. K nedostatkům patří i dlouhá doba zpracování a vyhodnocení snímků. Předností je vysoká rozlišovací schopnost fotografických citlivých materiálů.

Nízkourovňová televize patří k novodobým průzkumným prostředkům. Její použití zabezpečuje získání ostrého obrazu terénu i objektů na něm, a to jak ve dne při lehkém oparu nebo slabé mlze, tak i za soumraku a v noci, při nízké úrovni osvětlení (např. od hvězdného nebe nebo Měsícem odraženého světla). Její použití bylo umožněno zavedením vysoce citlivých vidikonů (křemikonů a plumbikonů), které mohou pracovat v rozsahu osvětlení od 10^{-3} lx do 10^4 lx, s ochranou fotokatod proti zábleskům.

Vzhledem k vysokému stupni miniaturizace mohou být televizní kamery budovány do dělostřeleckých granátů, do pozemních průzkumných a bojových prostředků i jako prostředky pro doplňkový průzkum ve vrtulnících a bojových letounech, urče-

ných k vedení jiného druhu průzkumu nebo bojové činnosti. V současné době se tyto prostředky používají také na umělých družicích Země.

Laserové dálkoměry a zaměřovače jsou aktivní prostředky IČ průzkumu. Pracují v blízké a vzdálené oblasti IČ záření. K základním charakteristikám záření laserů patří především to, že na rozdíl od tepelných zdrojů, vyzařují lasery pouze na jedné vlnové délce (monochromatické záření).

Velmi účinnou je v současné době kombinace laserového dálkoměru ve spojení se synchronně pracující nízkourovňovou televizí. Tím se dosahuje podstatného zlepšení podmínek pro pozorování bojiště a vedení boje v noci. Laserové prostředky je možné použít i pro ozáření terénu a objektů při vedeném fotografickém průzkumu. Dosah soudobých laserových dálkoměrů je dán jejich konstrukcí a výkonností. V reálném prostředí je ovlivňován atmosférickými podmínkami, pohybuje se v rozmezí od 300 až 600 m do 3 000 až 20 000 m. K perspektivním laserovým dálkoměrům patří dálkoměry s laserem CO.

Termovizní přístroje jsou pasivní prostředky IČ průzkumu, které bezdotykovým způsobem vyhodnocují teplotní pole sledovaných objektů (zdrojů záření) a jejich pozadí. V reálném čase poskytují adekvátní obraz, který může být vizuálně sledován, zaznamenáván na film nebo na kazetu videomagnetofonu, případně i telemetricky přenášén.

Spektrální pásma činnosti termovizních přístrojů jsou 3 až 5,6 μm a 8 až 14 μm . Podle kvality informace, konstrukce a ceny můžeme tyto prostředky rozdělit na tři skupiny.

Do první skupiny lze zařadit nejjednodušší termovizní přístroje, které slouží jako pozorovací prostředky jednotlivce. Obraz může být pozorován pouze okulárem. Jsou přenosné a konstrukčně velmi jednoduché. Jejich rozlišovací schopnost je velmi malá. Pracují v pásmu 3 až 5,6 μm .

Do druhé skupiny bývají řazeny termovizory, určené pro zamyšlování lehkých zbraní (např. PTRS). Umožňují pozorování bojových vozidel na vzdálenost 1 000 až 2 000 m. Pozorování se uskutečňuje rovněž okulárem. Pracovní pásmo těchto termovizních přístrojů je zpravidla 8 až 14 μm .

Do třetí skupiny patří termovizní kamery, které jsou vybaveny obrazovkou. Používají se na zemi (tanky, zamyšlování lafetových PL zbraní apod.), ve vzduchu (bojové letouny a vrtulníky) i v kosmu. Umožňují sledování cílů na velké vzdálenosti. Bývají vybaveny velmi kvalitními objektivy. Konstrukčně jsou řešeny pro práci v jednom nebo ve dvou spektrálních pásmech (3 až 5,6 μm a 8 až 14 μm).

K rozhodujícím přednostem patří možnost jejich práce za ztížených povětrnostních podmínek ve dne i v noci, kdy protivník používá široce maskovací opatření. Nezanedbatelná je i ta skutečnost, že všechny průzkumné termovizní přístroje pracují v pasivním režimu činnosti. Jejich použití je možné předpokládat při nízké úrovni osvětlení, kdy nelze použít ani poloaktivní noktovizory, ani nízkourovňovou televizí.

Spojením termokamery s laserovým dálkoměrem CO (10,6 μm) vznikne laserový lokátor (LIDAR). Umožňuje při současném měření dálky podstatně zvětšit dosah pozorování a zjišťování cílů.

● **IČ samonaváděcí systémy** využívají samonavádění, tedy obecně proces sblížení ŘS a cíle až do bodu střetnutí. Přenos informace o poloze cíle je v IČ samonaváděcích soustavách zprostředkován:

- polychromatickým IČ zářením zahřátých cílů jako např. letouny, vrtulníky, rakety, tanky (pasivní samonavádění),

– monochromatickým IČ zpravidla impulsním zářením laserového ozařovače cíle (LOC), jehož část se odráží zpět od povrchu pohyblivého (nepohyblivého) cíle (aktivní samonavedení).

Samonavedení ŘS na cíl s využitím IČ záření neobvykle zvyšuje jejich přesnost. Proto jsou opatřeny jak nekontaktními, tak nárazovými zapalovači.

Vzhledem k tomu, že některé druhy munice jsou naváděny až do určitého bodu dráhy letu povelově (nebo inerciálně) a teprve v koncové části dráhy letu se u nich využívá např. pasivní IČ samonavedení, je nutné označit jejich naváděcí soustavy jako kombinované.

Ve vývoji jsou prostředky ničení, které mají být vybaveny pro koncové navedení dvěma naváděcími soustavami pracujícími současně na odlišných principech (např. pasivní infračervené a aktivní radiolokační). Důvodem je zvýšení odolnosti proti rušení a klamání i zvýšení pravděpodobnosti zásahu cíle.

V závislosti na druhu IČ záření využívaného pro samonavádění munice na cíl a v závislosti na místě primárního zdroje IČ záření se IČ samonaváděcí soustavy dělí na pasivní, poloaktivní a aktivní.

Detekované cíle emitují polychromatické IČ záření, jehož spektrální složení a výkonová hustota se podstatně liší od záření pozadí. Tohoto jevu je využito pro zachycení cíle IČ samonaváděcím systémem hlavičky PLŘS i pro její navedení na cíl. K výhodám **pasivního IČ samonavedení** patří skrytá forma činnosti ŘS, která zvyšuje bezpečnost nosiče i osádky. Činnost ŘS není po odpálení zcela autonomní, protože potřebuje signál od cíle. Chyba samonavedení klesá se sblížením ŘS a cíle. To, že všechny přístroje jsou soustředěny v jednom konstrukčním bloku na palubě ŘS, zabezpečuje vysokou spolehlivost samonaváděcí soustavy. Pasivní IČ samonaváděcí systémy podstatně snižují spotřebu munice na zničené cíle.

K hlavním nevýhodám pasivních IČ samonaváděcích systémů patří:

- velká závislost jejich dosahu na spektrální propustnosti atmosféry v pracovním pásmu detektoru IČ záření,
- citlivost samonaváděcího systému na klamné cíle,
- dostane-li se během samonavádění do zorného pole samonaváděcí hlavičky přímé záření Slunce, přestane ŘS sledovat cíl a pohybuje se směrem ke Slunci.

Nejvhodnějšími objekty pro ŘS s pasivními IČ samonaváděcími systémy jsou bojové letouny, vrtulníky a jiné vzdušné cíle. Jejich vyzařování lze výhodně zjistit, protože u nich nepůsobí rušivé zdroje záření, kromě klamných cílů vypouštěných z letounů (záření mraků lze odfiltrvat).

Poloaktivní IČ samonaváděcí soustava u ŘS, dělostřelecké munice a leteckých bomb na vybraný cíl je zabezpečena použitím laserového ozařovače umístěného např. na palubě letounu, vrtulníku, na bojovém vozidle a podobně. Cíl se v procesu samonavedení projevuje efektivní odraznou plochou, jejíž velikost závisí na pracovní vlnové délce použitého laseru v LOC a na směru útoku na cíl. Záření laseru (v některých případech kódované impulsy) odražené od cíle je přijímáno a vyhodnocováno samonaváděcí hlavičkou „inteligentní“ munice, která řídí pohyb munice po dráze letu do místa, které je na cíli laserem ozařeno. Tím je zabezpečena vysoká přesnost navedení. Umístění LOC v kontejnerech nebo na palubě nosičů umožňuje konstruovat lasery na podstatně vyšší výkon, než je tomu u laserů umístěných v munici s aktivním laserovým navedením. Výhodou poloaktivního navedení je velký dosah LOC, neboť útlum

záření laseru způsobený atmosférou je menší, než u vlastního polychromatického IČ záření vojenských cílů. Chyba navedení řízené munice klesá při jejím přibližování se k cíli. Spojení LOC např. se střeleckým (či přehledovým) radiolokátorem slouží ke zvýšení přesnosti palby.

Nevýhodou použití LOC je, že musí být po celou dobu navádění munice na cíl v činnosti, což zvyšuje nebezpečí jeho zničení. I přes tento nedostatek patří dnes poloaktivní navádění munice na cíl v letectvu i v pozemním vojsku k nejpřesnějším.

Munice vybavená **samonaváděcí soustavou aktivního typu** obsahuje jak laserový ozařovač cíle, tak i vyhodnocovací a řídicí část. ŘS může být odpálena na cíl teprve tehdy, když je cíl zaměřen a zachycen samonaváděcím systémem, který potom pracuje v režimu automatického sledování cíle. Vzhledem k omezenému palubnímu napájecímu zdroji mají LOC malý výkon laseru a tím i malý dosah. Pro větší dosah je dobře nahrazují ŘS s aktivním radiolokačním naváděním.

Velmi účinný a používaný je také kombinovaný naváděcí systém s využitím koncového pasivního nebo poloaktivního IČ samonavedení. Je využíván zejména u dělostřeleckých granátů, leteckých řízených bomb (LRB) a submunice. Jeho podstatou je dopravení munice do všeobecného směru na cíl po balistické dráze nebo jiným způsobem. V koncové fázi dráhy letu řízené munice se IČ samonaváděcí systém aktivuje a zabezpečuje koncové samonavedení munice na cíl, čímž se neobyčejně zvyšuje pravděpodobnost zásahu cíle i účinek munice v cíli.

Zavedení poloaktivních IČ samonaváděcích prostředků naváděných na cíl ozářeným laserovými ozařovačem umožňuje napadnout jak pozemní plošné nebo bodové (pevné i pohyblivé), tak i vzdušné cíle, které přitom nemusí být vůči svému pozadí tvarově, teplotně, ani barevně či jasově výrazně kontrastní. Jejich předností je jednoduchost použití, rychlý výcvik obsluh v jejich používání, které spočívá v zamíření a odhozu či odpálení řízené munice do směru na laserem ozářený cíl. Následuje přechod na automatizované sledování cíle. Pravděpodobnost zásahu bodového cíle se udává vyšší než 0,7. Další výhodou je možná součinnost letectva při navádění munice na cíl s pozemními místy řízení vybavenými rádiovými pojítky a laserovými ozařovači cíle. Velký dosah řízené munice a možnost jejího navádění až v koncové fázi letu (po zachycení signálu odraženého od cíle) ztěžují organizaci a uskutečnění účinných protipatření. Možnost kódování řídicího signálu laserového ozařovače, na nějž (a jenom na něj) reaguje dekódovací obvod v samonaváděcí hlavici řízené munice, činí tyto systémy soudobými prostředky v podstatě nezaručitelnými. Proto s nimi vojenští odborníci počítají i pro devadesátá léta.

Jejich slabým místem je závislost použití na dobré viditelnosti cíle. Zhoršení počasí na bojišti – mlha, déšť, padající sníh, umělé (úmyslné nebo neúmyslné) snížení průhlednosti atmosféry a noc mohou spolu s použitím klamných objektů, s aplikací deformáčnických a imitačních náterů i jiných maskovacích prostředků, podstatně ztížit použití těchto zbraní. Pokud pilot (operátor) cíl nenajde nebo ho nemůže přesně identifikovat, je splnění bojového úkolu ohroženo. Pro činnost v noci musí být osádky (pozemní i letecké) vybaveny odpovídajícími prostředky, např. zaměřovači spojenými s nízkourovňovými televizními kamerami nebo termokamerami a radiolokátorem.

Z iránsko-irácké války je známo, že prach zviřený pohybem bojových vozidel a palbou dělostřelectva na bojišti nejen zcela znemožnil použití zaměřovačů, laserových dálkoměrů i termokamer, ale ztížil i orientaci, tj. vyhledávání a ničení pozemních cílů (zejména tanků) z vrtulníků a bojových letounů, které byly nuceny v takové situaci vést palbu jen do pravděpodobného směru cíle.

Řízené střely vybavené pasívními IČ samonaváděcími systémy jsou zavedeny v menší míře než ŘS s poloaktivními IČ systémy. Jsou využívány především v pozemních protiletadlových kompletech (Stinger, Chaparral) a v leteckých protiletadlových ŘS malého dosahu (Sidewinder). Vzhledem k úspěšným konstrukčním úpravám a relativně nízké ceně se s nimi počítá i pro devadesátá léta.

K hlavním změnám patří jednak nahrazení fotodetektorů PbS citlivých v pásmu $2,5\ \mu\text{m}$ chlazenými fotodektory InSb citlivými v pásmu $4,4\ \mu\text{m}$, kde je maximum nejintenzivnějšího vyzařování leteckých motorů. Zvýšení citlivosti chlazených detektorů a lepší využití vyzařované energie leteckých motorů umožnilo zvýšit dosah ŘS s pasívními IČ hlavicemi a dalo možnost použít je pro zteč vzdušných cílů i z přední polohy.

Z šestitýdenní izraelsko-egyptské války v roce 1967 je znám i případ použití PLŘS s pasívní IČ samonaváděcí soustavou k napadení a zničení tří bojových letounů egyptské armády, které stály po přistání na stojance. Příčinou tohoto úspěchu byly zahřáté motory letounů po přistání. Z toho plyne důležitý poznatek, že bojové letouny a vrtulníky musí být ihned po přistání odtaženy (aby nevznikla zahřátá stopa) pod předem připravené maskovací přístřešky. Totéž platí pro pozemní bojovou techniku se zahřátými motory. Současné použití detektoru IČ záření a detektoru ultrafialového záření v hlavicích s pasívními IČ samonaváděcími systémy zvyšuje jejich odolnost proti rušení. Hlavice „rozpoznají“ a odfiltrují klamné cíle, které v důsledku chemického složení a vysoké teploty vyzařují také v oblasti ultrafialového záření. Přesto je použití klamných cílů nadále výhodné, neboť pokud se nacházejí v zorném poli hlavice ŘS, zhoršují na výstupu detektoru IČ záření poměr signálu k šumu, a tím snižují dosah ŘS a umožňují bojovému letounu provést obranný manévr.

K hlavním nedostatkům pasívních IČ samonaváděcích systémů patří jejich poměrně malý dosah a citlivost na zhoršené povětrnostní podmínky. Mlha, padající sněh, déšť a použití vhodných aerosolů způsobuje podstatné snížení jejich dosahu, někdy může dojít i ke ztrátě cíle. Tím se snižuje pravděpodobnost zásahu. V přízemních a malých výškách může dojít k nežádoucímu napadení náhodného pozemního cíle, který IČ systém zachytí. PLŘS, jejichž hlavice nejsou vybaveny detektory ultrafialového záření, musí být odpalovány pod určitým úhlem od Slunce, které je nejintenzivnějším zdrojem ultrafialového záření a mohlo by být systémem hlavice zachyceno. Dodržením zásad maskovací kázně, komplexním i věrohodným zastíráním a klamáním, použitým účelně v širokém měřítku, je možné podstatně snížit pravděpodobnost napadení vojenských objektů municí s IČ samonaváděcími systémy.

Důležitou roli zde budou sehrávat znalosti, schopnosti, aktivita velitelů a náčelníků při účelném využívání všech možností skrytí a klamání, všestranná a komplexní kontrola efektivnosti maskování. Neméně významný bude stupeň vycvičenosti a návyky vojsk v komplexním, účelném využívání maskovacích prostředků.

