

INFRACRVENI UREĐAJI U NOĆNIM DEJSTVIMA

Kratak istorijski pregled razvoja i vojne primene infracrvenih uređaja. Otkriće infracrvenih (IC) zraka je staro nešto više od 160 godina i vezano je za poznatog naučnika Heršela. Uprkos tome što se u ovom istorijskom razdoblju smenilo nekoliko generacija ljudskog roda, infracrvenu tehniku i danas smatraju relativno mladom tehničkom oblašću, naročito kad je reč o njenoj vojnoj primeni. Međutim, IC-zraci se praktično primenjuju, (na primer, za održavanje veze u vojsci) znatno ranije od televizije ili radio-lokacione tehnike.

Približno pre nešto više od pola veka britanske, američke i nemačke vojnotehničke ustanove su počele da se živo interesuju za vojnotehničku primenu IC-zračenja. Na IC-uređajima nije ništa urađeno sve do 1904. godine, kada je objavljeno otkriće fotoelektričnog efekta sa IC-zracima na prirodnom olovnom sulfidu (PbS) odnosno galenitu. U toku prvog svetskog rata se pojavio opis jednog od prvih pasivnih IC-sistema sa termospregom i galvanometrom, koji je omogućavao da se otkrije čovek na odstojanju od oko 180 m a avion do oko 1.600 m. Krajem 1917. godine prikazan je američkoj KoV i mornarici tzv. aktivni IC-uređaj koji se sastojao iz svetlosnog izvora sa filterom, kolektora prečnika oko 600 mm i tzv. »Thalofide-čelije«. Uređaj je odašiljao i primao signale u impulsima na odstojanjima do 18 milja, pri prosečnim vremenskim prilikama. Proizvodnja uređaja ove vrste, uz domet od oko 4 milje, otpočela je krajem prvog svetskog rata. Na tržištu su se »Thalofide-čelije« pojavile nekoliko godina posle prvog svetskog rata. U Nemačkoj i Italiji se razvijaju talijum-sulfidne čelije, a slične čelije fotonaponskog tipa su razvijene u to doba i u SSSR-u.

U periodu od 1920. do 1930. godine nema bitnih aktivnosti na istraživanju i razvoju IC-uređaja. Tek oko 1930. godine u Nemačkoj raste interesovanje za poboljšanje detektora, naročito posle razvoja galenitne fotonaponske čelije za detekciju IC-zračenja, a 1932. godine zvanično se nastavlja (u Nemačkoj) rad na vojnom programu razvoja IC-uređaja. Radilo se na razvoju raznih detektorskih IC-uređaja, sa ili bez hlađenja. U okviru ovog programa su u frankfurtskom fizičkom institutu razvijeni termički detektori — »bolometri«.

Istraživački i razvojni radovi u Nemačkoj, kao i u nekim drugim zemljama, doveli su do realizacije više fotoprovodničkih i termičkih detektora. To je omogućilo da se konstruiše niz infracrvenih detektorskih sistema od kojih, kao najvažnije, navodimo sledeće: IC-uređaje za upravljanje protivavionskim reflektorima i pav-vatrom; IC-uređaje za otkrivanje brodova u priobalnim područjima; infracrvene stacionarne triangu-

lacione uređaje za noćnu upotrebu; IC-uređaj za detekciju brodova i aviona sa kopna; infracrvene avionske uređaje za otkrivanje protivničkih aviona i dr. zagrejanih ciljeva; IC-uređaje za upravljanje raketnim zrnima vazduh-vazduh i vazduh-zemlja i obratno, infracrvene blizinske upaljače. Najveći broj tih IC-uređaja je bio razvijen samo do faze laboratorijskih opita, a samo su neki proizvedeni u vrlo ograničenom broju. Neke od proizvedenih detektora ove vrste Nemci su kasnije koristili protiv engleskih brodova u Lamanšu. IC-uređaji za otkrivanje noćnih bombardera bili su razvijeni pod imenom »Kiel sistemi«. Jedan od njih, pod imenom »Kiel IV« bio je predviđen za serijsku proizvodnju, ali je to onemogućio kraj drugog svetskog rata.

Znatan napor je bio učinjen na razvoju IC-uređaja za prenošenje govora na daljinu, poznatih pod imenom — IC-telefonija. Prvobitni prijemnici su bili na bazi primene talijumsulfida, a kasnije na bazi olovnog sulfida, uz primenu sistema modulacije. Domet uređaja je bio danju i noću približno oko 10 milja. Ovi uređaji su doživeli i ograničenu praktičnu primenu, ali im je upotreba bila znatno otežana zbog uskih snopova koji su se teško usmeravali na tačno određen pravac između korespondenata. Kasnije je razvoj na ovom planu zastao.

Novu fazu u razvoju IC-uređaja predstavljao je pronalazak tzv. elektronsko-optičkog pretvarača slike. Najpre je razvijen u Nemačkoj, a bio je predodređen za: uređaje za otkrivanje IC-izvora protivnika; uređaje za signalizaciju; uređaje za noćnu vožnju uz korišćenje farova sa IC-filtrima. Međutim, ti uređaji su proizvedeni u ograničenom broju i krajem drugog svetskog rata bilo ih je tako malo da nisu imali realne vrednosti u pogledu široke praktične primene.

Na drugoj strani, u SAD je tridesetih godina ovoga veka verovatno najznačajniji događaj na ovom polju bio razvoj elektronsko-optičkog pretvarača slike. On ima fotoemisionu površinu iz cezijuma i oksida srebra, na kojoj se, pomoću optičkog sistema (objektiva) formira tzv. IC-slika posmatranog objekta, a zatim se ta slika posredstvom elektronskog sistema dovodi na fluorescentni ekran, gdje je posmatrač vidi okom zahvaljujući fluorescenciji fosfornog sloja. Kasnije su sa ovim pretvaračima slike konstruisani IC-teleskopi i IC-mikroskopi. Dalji rad se sastojao u poboljšanju osetljivosti i drugih bitnih karakteristika ovog elektronsko-optičkog pretvarača slike. Još za vreme drugog svetskog rata, pored IC-uređaja za noćnu vožnju oklopnih i drugih vojnih vozila, kao i pored osmatračkih i nišanskih uređaja manjeg dometa, bio je razvijen i binokularni IC-sistem koji je omogućavao sletanje aviona po mraku na piste označena IC-reflektorima. IC-uređaji na bazi elektronsko-optičkih pretvarača slike pokazali su se korisnim još i za saobraćaj u lukama i za pristajanje brodova i čamaca, za noćnu vožnju brodova i lokomotiva, za signalizaciju na vodi i na kopnu itd.

Potpunosti radi, treba pomenuti i detektorske IC-uređaje sasvim drugog tipa. To su različite vrste detektora na tzv. principu pasivnog dejstva, ali u istorijat njihovog razvoja ne možemo ulaziti zbog ograničenog prostora.

U celini uzevši, razni tipovi i vrste IC-uređaja razvili su se do danas toliko da su moderne armije njima već opremile dobar deo svojih borbenih sredstava i naoružanja. Njihova vrednost i korisnost se više-

struko pokazala u ratovima u Koreji i Alžiru. IC-oprema u naoružanju trupnih, a naročito specijalnih jedinica, stekla je u najnovije doba puno pravo građanstva, uporedo sa ostalom nužnom i modernom opremom.

Za relativno spori razvoj infracrvene vojne tehnike postoji nekoliko razloga, od kojih su najvažniji ovi: relativno usko infracrveno talasno područje za do sada pogodnu i racionalnije ostvarljivu tehničku primenu; velika zavisnost rada IC-uređaja od atmosferskih, pa i terenskih prilika; brz razvoj tehničke primene kratkotalasnog i ultrakratkog područja elektromagnetnih talasa (u oblasti veza naročito); relativno kasni pronalazak pogodnog sistema za direktno vizuelno zapažanje slika (likova), dobijenih pomoću IC-zračenja; nepostojanje pouzdanih i svih potrebnih podataka o prostiranju IC-zraka određenih talasnih dužina kroz atmosferu itd.

Moderni razvitak infracrvene vojne tehnike, pak, do izvesne mere diktirali su, pored ostalih, i sledeći razlozi: velika preopterećenost radio-tehničkog područja elektromagnetnih talasa; potreba da se dobiju tačni vizuelni podaci (slika) o cilju, naročito noću i pri ograničenoj vidljivosti; nužnost da se dublje i svestranije ispita, do nedavno malo poznato područje infracrvenih elektromagnetnih talasa, uz maksimalno moguće korišćenje svojstva ovog talasnog područja; okolnost da svako prirodno i veštačko telo koje ima temperaturu veću od Kelvinove nule (-273°C), zrači IC-zrake određenih talasnih dužina; otkriće više »prozora« velike atmosferske propustljivosti izvesnih talasnih dužina infracrvene oblasti elektromagnetnog spektra; sve veći značaj i obimnost noćnih dejstava i partizanskog načina ratovanja, pri čemu IC-uređaji određenih karakteristika daju dosad neviđene mogućnosti; brz razvoj tehnike poluprovodnika i radio-fotoelektronike, koja omogućuje primenu sitno-gabaritnih elemenata u sastavu IC-uređaja itd. Uopšte, može se reći da istraživanje i tehnička primena infracrvenog talasnog područja predstavlja, u stvari, popunjavanje jedne praznine u primeni ovog talasnog dijapazona, koja je donedavna postojala, i to između područja vidljivih elektromagnetskih talasa i radio-talasa.

Treba istaći da se istraživanje IC-zračenja ni izdaleka ne ograničava na vojnu primenu. Ona je mnogo svestranija. Biologija, hemija, medicina, saobraćaj, tehnika grejanja, industrija, fotografija, sistemi veza, kriminalistika i još mnoge druge oblasti nauke i tehnike su domeni višestruke i masovne primene IC-zračenja.

Fizička priroda IC-zračenja. Infracrveni zraci su toplotni zraci elektromagnetne prirode, pokrivaju talasno područje približno od 0,76 do 750 mikrona i graniče se s jedne strane crvenim a s druge strane mikroradiotalasima. Njihovo mesto u području elektromagnetnog spektra i uslovna podela vidi se iz priloženog pregleda. IC-zraci imaju svojstva da se prelamaju, pravolinijski prostiru, polarišu itd. kao i vidljivi zraci. Oni su i toplotni zraci, jer zagrevaju materijalne prepreke kad na njih naiđu. Izvori IC-zračenja su sva čvrsta, tečna i gasovita tela čija je temperatura veća od temperature apsolutne nule (-273°C).

IC-zraci su posledica obrtnih i oscilatornih kretanja spoljnih elektrona atoma i molekula. Infracrvena zračna energija se oslobađa onda kada spoljni elektron prelazi sa neke od svojih mogućnih putanja s višim energijskim nivoom na osnovnu putanju, odnosno na putanju s nižim

OBLAST SPEKTRA		T a l a s n a d u ž i n a	
		U najčešće upotrebljenim jedinicama	U santimetrima
niskofrekventne oscilacije		veće od 20.000 m	veće od 2.10 ⁶
Radio-talasi	dugi	20.000 + 2.000 m	2.10 ⁶ + 2.10 ⁵
	srednji	2.000 + 200	2.10 ⁵ + 2.10 ⁴
	kratki	200 + 10	2.10 ⁴ + 1.10 ³
	ultra-kratki	10 + 0,5 m	1.10 ³ + 0,5.10 ²
	mikrorad o-talasi	manje od 0,5 m	manje od 0,5.10 ²
Infracrveni zranci	dugi	750 + 25 mikrona	7,5.10 ⁻² + 2,5.10 ⁻³
	srednji	25 + 2,5 mikrona	2,5.10 ⁻³ + 2,5.10 ⁻⁴
	kratki	2,5 + 0,76 mikrona	2,5.10 ⁻⁴ + 7,6.10 ⁻⁵
Vidljivi zranci	crveni	7.600 + 6.200 angstrema	0,76.10 ⁻⁴ + 0,62.10 ⁻⁴
	narandžasti	6.200 + 5.900 „	0,72.10 ⁻⁴ + 0,59.10 ⁻⁴
	žuti	5.900 + 5.600 „	0,59.10 ⁻⁴ + 0,56.10 ⁻⁴
	zeleni	5.600 + 5.000 „	0,56.10 ⁻⁴ + 0,5.10 ⁻⁴
	plavi	5.000 + 4.800 „	0,5.10 ⁻⁴ + 0,48.10 ⁻⁴
	tamno plavi	4.800 + 4.500 „	0,48.10 ⁻⁴ + 0,45.10 ⁻⁴
	violetni	4.500 + 4.000 „	0,45.10 ⁻⁴ + 0,4.10 ⁻⁴
ultravioletni zranci		4.000 + 50 angstrema	0,4.10 ⁻⁴ + 5.10 ⁻⁷
rendgenski zranci		50 + 0,04 „	5.10 ⁻⁷ + 4.10 ⁻¹⁰
gama-zranci		40 x i kraći	4.10 ⁻¹⁰ i kraći

energijskim nivoom. Energija je tim veća što se elektron nalazi na udaljenijoj putanji od jezgra atoma. Kod normalnog stanja kretanja elektrona po putanji oko jezgra atoma, ono ima stacionaran karakter. Posle narušavanja ovog stacionarnog stanja mogu nastupiti dva slučaja: da elektron prelazi s orbite bliže jezgru na orbitu udaljeniju od jezgra atoma i da elektron prelazi s udaljenije putanje od jezgra atoma na putanju koja je bliže jezgru.

U prvom slučaju treba elektronu dovesti energiju i podići ga s nižeg na viši energijski nivo, dok u drugom dolazi do oslobađanja energije, jer elektron prelazi sa višeg na niže energetske stanje.

Ovaj prelaz elektrona, odnosno atoma, iz jednog u drugo energijsko stanje, vrši se skokovito, u duhu Plankove teorije kvanta. Kvant oslobođene energije iznosi $E = h \cdot \nu$ gde h predstavlja tzv. univerzalnu Plankovu konstantu a ν učestalost ($h = 6,6252 \cdot 10^{-27}$ erg. sek). Atomi različitih materija razlikuju se međusobno: masom i punjenjem jezgra, brojem elektrona i njihovom energijom na orbitama.

Koju talasnu dužinu će zračiti neki atom, odnosno materijalno telo, može se približno izračunati iz poznatog Vinovog zakona:

$$\lambda_{\max} = \frac{2892}{T} \text{ [mikrona] pri čemu je}$$

λ_{\max} = talasna dužina maksimalnog zračenja pri temperaturi T
 T = apsolutna temperatura datog tela.

Tako, na primer, čovek čija je telesna temperatura 37°C, odnosno, čija je apsolutna temperatura organizma $T = 273 + 37 = 310^{\circ}\text{K}$ najviše zrači elektromagnetne talase talasne dužine

$$\lambda_{\max} = \frac{2892}{310} \cong 9,33 \text{ mikrona.}$$

Levo i desno od ove vrednosti $\lambda_{\max} \cong 9,33$ mikrona, energija zračenja za navedeni slučaj opada. Idealno bi bilo kada bi se za slučaj detekcije čoveka posedovao infracrveni detektorski prijemnik čija bi maksimalna osetljivost bila na talasnoj dužini od 9,33 mikrona. Ovo, razume se, ako je glavna svrha tog detektora — detekcija čoveka pod opisanom temperaturom. Ili, ako se uzme da je spoljna temperatura Sunca, na primer, $T \cong 6300^{\circ}\text{K}$, onda Sunce ima maksimum zračenja na talasnoj dužini:

$$\lambda_{\max} = \frac{2892}{6900} \cong 0,48 \text{ mikrona (oblast vidljivog dela spektra). Inače,}$$

otprilike 70% celokupne energije sunčevog zračenja pada u oblast infracrvenih elektromagnetnih talasa. Sličnim prostim proračunom po navedenom Vinovom obrascu mogu se dobiti talasne dužine za odgovarajuće maksimume zračenja i to: za reaktivni avionski motor $\lambda_{\max} \cong 3$ mikrona ($T = 1000^{\circ}\text{K}$); za benzinski avio-motor $\lambda_{\max} \cong 4$ mikrona ($T = 750^{\circ}\text{K}$); za kotao s vodom koja ključa $\lambda_{\max} \cong 8$ mikrona ($T = 373^{\circ}\text{K}$) itd.

Međutim, najteži problem kod praktične primene, odnosno kod detekcije ciljeva i objekata na bazi njihovog sopstvenog IC-zračenja, jeste praktično tehničko realizovanje prihvatljivih pogodnih prijemnika, naročito u oblasti srednjih, a pogotovu dugih IC-zračenja. Problem je bio najlakše rešen kod prijemnika kratkih IC-zraka, prvenstveno u domenu talasnih dužina $\lambda = 0,76\text{—}1,2$ mikrona približno. To je uzrok što su do danas manje ili više svestrano razvijeni samo uređaji na bazi kratkih, a delimično i srednjih IC-zraka. IC-tehnika, pak, za talasne dužine do približno 1,2 mikrona i tehnički principi na kojima bazira IC-tehnika za veće talasne dužine se bitno razlikuju. O tome će, delimično, biti reči u daljem izlaganju.

Osnovne podele i klasifikacija infracrvenih vojnih uređaja. Podela IC-zraka prema talasnoj dužini na tri grupe (kratki 0,76—2,5 mikrona, srednji 2,5—25 mikrona i dugi 25—750 mikrona) sreće se najčešće, mada u literaturi ima i drugačijih podela. Ova nije ni slučajna ni sasvim proizvoljna, već ima opravdanja u praktičnoj ostvarljivosti pojedinih vrsta IC-uređaja. Dok je infracrvena vojna tehnika na bazi kratkih, a donekle i srednjih IC-zraka već postigla relativno visok stepen razvoja, dugi IC-zraci nemaju još nikakvu tehničku praktičnu primenu. Glavne teškoće pri tom se javljaju oko realizovanja pogodnih prijemnika. Prema dosad po-

stignutim rezultatima može se zaključiti da najveće perspektive ima tehnička primena srednjih IC-zraka (naročito 3—5 mikrona), koja se već nekoliko godina sve snažnije ispoljava. To je logična posledica okolnosti što mnogi važni vojni objekti intenzivno zrače IC-zrake tih talasnih dužina (3—5 mikrona) i što okolina i pozadina cilja mogu izazivati mnogo manje smetnje baš na tom talasnom području. U vezi s tim su, naprimer, pre 3—4 godine na području infracrvene vojne tehnike u SAD bili postavljeni sledeći perspektivni zadaci: razrada i razvoj prijemnika IC-zračenja za talasno područje 9—14 mikrona, s inercijom reda nekoliko mikrosekundi i za rad prijemnika pri normalnoj temperaturi (bez hlađenja); razrada prijemnika i prijemnih uređaja posebno osetljivih na tačno određene uske oblasti talasnih dužina; razrada i razvoj prijemnika za talasne dužine do 14 mikrona, osetljivijih i sa manjom inercijom od savremenih prijemnika; studija i razvoj visoko osetljivih IC-uređaja za pretvaranje IC-slike u vidljivu sliku, za rad sa talasima oko 14 mikrona i s malom inercijom. Ovi zadaci rečito govore o tendencijama i daljim interesima razvoja u oblasti IC-tehnike.

Opšte je usvojeno da se IC-uređaji dele na aktivne i pasivne.

U aktivne spadaju oni IC-uređaji u čijem se kompletu, pored prijemnika, nalaze i sopstveni izvori IC-zračenja (obično se koriste reflektori snabdeveni IC-filterima čiji je zadatak da propuste IC-zrake određenih talasnih dužina a da spreče prolaz vidljive svetlosti). Prema tome, IC-uređaj na principu aktivnog dejstva ima ove glavne elemente: izvor električne struje za napajanje čitavog uređaja (tu spada i mreža kablova za povezivanje), IC-reflektor (ili IC-far kod uređaja za noćnu vožnju), prijemnik IC-zračenja. Ovaj poslednji se sastoji iz elektronsko-optičkog sistema koji čine: objektiv, elektronsko-optički pretvarač slike sa pretvaračem napona i okular. Uprošćeno, njihovo dejstvo izgleda ovako: IC-reflektor odašilje IC-zrake unutar prostora svog telesnog ugla; na svom pravolinijskom putu odaslani IC-zraci nailaze na objekte od kojih se reflektuju i jedan deo tih reflektovanih zraka pada na objektiv prijemnika; objektiv fokusira upadne IC-zrake na fotokatodu elektronsko-optičkog pretvarača slike iz koje sada, pod dejstvom energije fokusiranih IC-zraka, a srazmerno njihovom intenzitetu po površini foto-katode, izleću elektroni koji se sistemom elektronskih sočiva usmeravaju i ubrzavaju, dobijajući tako veliku kinetičku energiju koja se, udarima elektrona u fosforni ekran, transformiše u više ili manje intenzivno fluoresciranje ekrana, tj. na ekranu se formira vidljiva slika objekta, koju je moguće posmatrati kroz okular prijemnika. Pretvarač visokog napona, koji smo ranije pomenuli, ima zadatak da posredstvom sistema elektronskih sočiva stvori elektrostatičko polje u kojem se iz foto-katode izbijeni elektroni ubrzavaju do potrebne mere i istovremeno fokusiraju na fluorescentni ekran. Dakle, uprošćeno opisanim mehanizmom funkcionisanja infracrvenog aktivnog uređaja najpre se IC-slika posmatranog objekta formira na fotokaturi elektronsko-optičkog pretvarača slike, a zatim se transformiše u vidljivu sliku na fluorescentnom ekranu.

Prema tome, elektronsko-optički pretvarač slike je najvitalniji deo prijemnika. Njegova spektralna osetljivost, kod danas široko primenjenih vojnih IC-uređaja na principu aktivnog dejstva, se kreće približno u granicama talasnih dužina 0,6—1,2 mikrona sa maksimumom osetljivosti na

0,8+0,1 mikron, što znači da se ovakvi elektronsko-optički pretvarači slike mogu ugraditi samo kod IC-uređaja na principu aktivnog dejstva.

Drugu grupu čine tzv. IC-uređaji pasivnog dejstva. Oni nemaju sopstveni izvor IC-zračenja, već njihovi prijemnici reaguju na IC-zrake koje zrači sam cilj, odnosno posmatrani objekt. S obzirom na IC-zračenje cilja, treba razlikovati dva slučaja. Prvi je kad je cilj neki protivnički IC-reflektor ili far. U tom slučaju, svaki IC-uređaj zasnovan na principu aktivnog dejstva može da radi kao pasivan, detektujući (bez uključivanja sopstvenog IC-reflektora) protivnički IC-reflektor (far). Takav slučaj primene sopstvenih IC-uređaja u noćnim dejstvima može da bude vrlo efikasan i višestruko koristan.

Drugi slučaj je kad sopstveni IC-prijemnik treba da detektuje cilj na bazi njegovog »prirodnog« IC-zračenja, izazvanog temperaturom samog cilja, a bez posredstva ma kakvog IC-reflektora. Za sada takvi pasivni IC-uređaji ne rade na principu pretvaranja slike, već je kod njih primenjena tzv. tehnika poluprovodnika pomoću kojih se najčešće dobijaju signali (različitog karaktera) u vidu moduliranih impulsa. Oni mogu biti svetlosni, zvučni, električni itd. Uređaji koji tako dejstvuju već su našli široku primenu, naročito u vazduhoplovstvu, zatim kod vođenih, samonavedenih i poluvođenih raketa, kod različitih detektujućih pasivnih IC-uređaja za mornarici i obalskoj odbrani itd.

Danas se, međutim, istražuje i izvode eksperimenti sa prvim uzorcima IC-uređaja na principu pasivnog dejstva, koji treba da daju sliku, a ne samo signale i druge slične indicije o cilju. U vezi s tim, radi se na tzv. foto-termo-jonskim pretvaračima slike čiji je maksimum spektralne osetljivosti u domenu srednjih IC-talasa (oblast 2,5—25 mikrona).

Sa sigurnošću se može tvrditi da budućnost pripada IC-uređajima na principu pasivnog dejstva ne samo u domenu vazduhoplovstva, raketne tehnike, veza itd. (gde i sada nalaze dominantnu primenu) već i u domenu trupne taktičke primene. Međutim, za sada i još niz godina, u tom domenu — za osmatranje, nišanje radi gađanja iz oružja i oruđa, za noćno kretanje ljudstva i vozila itd. — zadržaće glavnu ulogu IC-uređaji na principu aktivnog dejstva. Tu još nisu iscrpljene sve mogućnosti tehničkog usavršavanja a nisu dovoljno razrađena ni sva mogućna načela višestruke konkretne taktičke primene takvih uređaja.

Praktične mogućnosti taktičkih IC-uređaja na principu aktivnog dejstva. Pod taktičkim IC-uređajima na principu aktivnog dejstva podrazumevaju se aktivni IC-uređaji kojima su opremljene niže taktičke jedinice, odnosno borci i posluga raznih borbenih sredstava, oružja i oruđa, kao: IC-nišani za noćno gađanje iz streljačkog naoružanja svih vrsta (puške, puškomitraljezi, automati, mitraljezi, ručni bacači); IC-nišani za neposredno nišanje i noćno gađanje iz artiljerijskih oruđa na relativno bliskim odstojanjima, kao i IC-uređaji za noćnu vožnju oklopnih i drugih borbenih vozila; različiti osmatrački IC-uređaji bilo da se za vreme osmatranja drže u ruci — kao, na primer, ručni IC-dogled monokularnog ili binokularnog tipa — bilo da su postavljeni na specijalna laka postolja.

Dostignuti stepen razvoja ovih IC-uređaja pokazao je, s jedne strane, da su našli korisnu primenu u opremi pojedinih boraca i poslužilaca, borbenih i specijalnih jedinica i, da tako kažemo, stekli puno pravo građanstva kao efikasno pomoćno sredstvo za izvođenje noćnih dejstava

vatrom i pokretom i, s druge strane, da nade, predviđanja ili prosto priče o »pretvaranju noći u dan« posredstvom IC-uređaja — ako se to bukvalno shvata — ne mogu da budu ostvarene, kako zbog ograničenih mogućnosti samih IC-uređaja u pogledu dometa i efikasnosti, s obzirom na zemljište ili atmosferske uslove, tako i usled nemogućnosti da se infracrvenom nišanskom opremom potpuno zasite svi borci i sve jedinice. Pri tome nisu u pitanju samo ogromni materijalni izdaci već i teškoće u vezi sa održavanjem uređaja i njihovom manipulacijom u toku noćnih i dnevnih dejstava.

Domet efikasnog osmatranja i nišanja dobija se kao rezultat optimalnog pomirenja više oprečnih faktora, u prvom redu taktičkih zahteva i težine uređaja. Pored toga, domet mnogo zavisi od terenskih, a još više od atmosferskih prilika. Gusta magla, kiša, gust dim i prašina osetno smanjuju domet IC-uređaja. Zbog toga se ne može govoriti o njihovom apsolutnom, već o približnom dometu, pod manje-više tačno određenim atmosferskim pa i terenskim prilikama.

U vedrim noćima i pri mesečini domet se povećava. Takođe se domet povećava na većim nadmorskim visinama i, uopšte, u čišćoj i redovnoj atmosferi. Veći je i nad vodenom površinom nego na kopnu. O tim uticajnim faktorima se mora voditi računa pri definisanju zahteva ovom ili onom aktivnom IC-uređaju.

Pored iznetih, na domet IC-uređaja na principu aktivnog dejstva utiču još neki faktori kao što su: osetljivost elektronsko-optičkog pretvarača slike na određene talasne dužine upadnog IC-zračenja, ulazni otvor objekтива prijemnog uređaja, snaga i kvalitet IC-reflektora, kontrast osmatranog cilja i njegove pozadine, položaj (i vrsta) i svojstva reflektujućih površina cilja, veličina cilja, moć razlaganja i uveličavanja elektronsko-optičkog sistema i gustina upadnog IC-zračenja određenih talasnih dužina.

Od svih elemenata koji sačinjavaju komplet aktivnog IC-uređaja, najveći deo težine otpada na izvor električne struje za napajanje IC-reflektora kod osmatračkih i nišanskih uređaja, dok kod uređaja za noćnu vožnju ovaj problem bitnije ne utiče, pošto se za napajanje IC-farova mogu koristiti postojeći izvori struje na vozilima.

Dužina neprekidnog rada uređaja u toku noći zavisi od kapaciteta izvora električne struje. Pošto veći kapacitet izvora zahteva i veću težinu, stvaranje izvora struje velikog kapaciteta a male težine je imperativ u nastojanju da se smanji težina kompleta aktivnih IC-uređaja. Mnoge zemlje u to ulažu znatna finansijska sredstva. Interni vojni izdaci se pri tom mogu smanjiti s obzirom na mogućnosti široke primene ovih izvora električne struje i za civilne potrebe.

Problemi efikasnog dometa IC-uređaja za noćnu vožnju raznih vozila se ne postavljaju, pošto postignuti dometi uglavnom zadovoljavaju.

S obzirom na sadašnje stanje tehnike infracrvenih nišanskih i osmatračkih uređaja na principu aktivnog dejstva, uz primenu klasičnih izvora električne struje i običnih sijalica sa užarenom nití za IC-reflektore, može se smatrati da zadovoljava domet od oko 200 m pri težini kompleta do 100 kiloponda, za srednje povoljne atmosferske i terenske prilike i pri potrebnom kontrastu između cilja i njegove okoline, odnosno pozadine. Sa povećanjem dometa, težina kompleta nesrazmerno raste, naročito težina izvora električne struje za napajanje IC-reflektora, tako da kod dometa

efikasnog osmatranja i nišanjenja od 500 do 800 m. zavisno od vremenskih i terenskih prilika, težina kompleta aktivnog IC-uređaja dostiže gornju podnošljivu granicu. U svakom slučaju, ove težine su iznad 50, a mogu biti ispod 100 kiloponda. U oba slučaja vreme neprekidnog rada uređaja može da iznosi nekoliko časova, a posle se izvori struje moraju ponovo puniti. Racionalnom upotrebom IC-reflektora, problem čestog punjenja akumulatora se može ublažiti i učiniti snošljivim.

Postoji još jedan značajan problem: ocena odstojanja do cilja pri osmatranju i nišanjenju radi gađanja noću pomoću infracrvenog nišanskog uređaja. Za sada nema drugog puta, već da se posluga i korisnici infracrvenih nišanskih i osmatračkih uređaja u tome uvežbavaju pri različitim uslovima osmatranja i nišanjenja. Vežbom, u toku vremena, mogu se postići zadovoljavajući rezultati. Problem je donekle ublažen kod oružja i oruđa sa dovoljno razantnom putanjom.

Efikasna i racionalna primena aktivnog IC-uređaja u noćnim dejstvima pretpostavlja prethodnu, solidno izvedenu obuku celokupnog sastava koji rukuje osmatračkim i nišanskim uređajima. Obukom se ljudstvo mora saživetiti sa tom tehnikom, mora se priviči i izvežbati da uočava ciljeve, da ih pronalazi i raspoznaje i da ih prati do otvaranja vatre, kao i za vreme gađanja. Obuka je interesantna za borce i strešine pa se i zbog toga brzo savlađuje, bez obzira na izvesne specifičnosti slike koja se vidi kroz elektronsko-optički instrument. Obuka u oceni odstojanja do cilja zahteva puno vežbe i sposobnosti da se zapažaju i pamte detalji, a planira se i izvodi tako da se na istim uređajima obučava što više ljudstva. Jer, izgleda da danas ne postoji nijedna zemlja koja bi bila u stanju da celokupan trupni sastav opremi ovim uređajima, kako zbog skupoće proizvoda, tako i zbog problema održavanja. S druge strane, proces usavršavanja ovog dela vojne tehnike je sve brži pa se sve oštrije postavlja i problem zastarevanja. S obzirom na sve to bilo bi neracionalno proizvoditi ova sredstva u velikim serijama. Zato se u mnogim, pa i visoko razvijenim zemljama, proizvode samo male serije i one se koriste za obuku i detaljna ispitivanja. Međutim, tehnička dokumentacija i alat su pripremljeni i u slučaju hitne potrebe moguće je da se pređe na serijsku ili masovnu proizvodnju. U izvesnim zemljama rade se neki uređaji zaključno sa probnim partijama, a onda se pripremi dokumentacija za serijsku proizvodnju i sa time se čeka, a dalji napori se ulažu u nova istraživanja.

Kod vojnih praktičara kao i kod vojnotehničkih stručnjaka postoje, u raznim zemljama, različiti stavovi o tome da li nišanskim i osmatračkim IC-uređajima treba opremiti ljudstvo svih jedinica rodova i službi ili, pak, samo specijalne jedinice i pojedince (na primer, snajperiste, izviđače, inžinjerce itd.). Rešenje ne može biti opšteprihvatljivo i univerzalno za sve armije. Presudno utiču ciljevi pojedinih armija i njihova ratna doktrina. Ipak, logično je da se IC-uređajima prvenstveno opreme specijalne jedinice i pojedinci sa specijalnim borbenim zadacima, kao i odgovarajuća oruđa i oružja. IC-detektorima malih dimenzija, kojima se mogu detektovati protivnički IC-izvori, kao što su IC-reflektori i farovi, relativno lako je opremiti veliki procenat ljudstva svih rodova i službi, pošto im je niska cena, mala težina i lako se održavaju. Oklopna borbeni i transportna vozila, međutim, treba da budu opremljena IC-uređajima za noćno kretanje.

Masovna pojava IC-opreme za noćna dejstva nameće neophodnu potrebu punog prilagođavanja tih dejstava novim uslovima, što, pak, izaziva čitav niz problema. Na primer, domet aktivnog IC-uređaja znatno se menja u pogledu uočavanja i osmatranja pokretnih ili nepokretnih ciljeva zavisno od toga kakve su boje i od kakvog materijala su spoljne površine od kojih se reflektuje snop IC-zraka reflektora. Sivomaslinasta boja uniforme ili cerada kojima su prekrivena mnoga prevozna sredstva odlični su reflektori kratkih IC-zraka i zato predstavljaju uočljive ciljeve. Zeleno lišće isto tako dobro reflektuje kratke IC-zrake. Dakle, neutralisanje, odnosno slabljenje efikasnosti protivničkih aktivnih IC-uređaja, zahteva nove mere za maskiranje i prilagođavanje. Njih treba blagovremeno i promišljeno sprovesti na osnovu pouzdanih zaključaka iz prethodnih temeljnih istraživanja.

Naročito je delikatan problem efikasne i najracionalnije upotrebe IC-reflektora u toku noćnih dejstava. U ovom pogledu je najbitnije: prvo, racionalno trošenje izvora napajanja reflektora električnom strujom u cilju produženja njegovog veka između dva uzastopna punjenja i, drugo, svođenje na što je moguće manju meru opasnost da IC-reflektor otkrije protivnik koji i sam raspolaže IC-uređajima. Naizmeničnom i zajedničkom upotrebom IC-detektora, IC-durbina i nišana, s jedne, i IC-reflektora, s druge strane, može se znatno neutralisati efikasnost protivnikovih a povećati efikasnost sopstvenih IC-sredstava. Obukom se u tome mogu steći mnogobrojne finese, veoma pogodne da se iz IC-uređaja u noćnim dejstvima izvuku maksimalna moguća koristi. Kombinovana upotreba dva ili više IC-reflektora sa različitim položajima ili često menjanje njihovih položaja može dati, takođe, korisne rezultate.

Dosetljivost starešina i boraca je značajan činilac pri upotrebi IC-uređaja, a ona zavisi i od njihove sposobnosti da maksimalno koriste sve dobre strane i mogućnosti, a da što više otklone mane ovih tehničkih sredstava. Isto tako i obuka ljudstva u noćnoj vožnji vozila pomoću IC-uređaja, takođe, ima svoje specifičnosti od kojih zavisi njihovo pravilno i taktički najbolje korišćenje.

Dobre i loše strane IC-uređaja na principu aktivnog dejstva. Neki taktičari skloni su da se prema ovim uređajima odnose isključivo tako što se osvrću samo na njihove slabe strane i neumorno kritikuju njihove nedostatke, a zanemaruju njihove dobre strane i koristi koje se od njih mogu imati. Razume se, takvo jednostrano prilaženje ovom sredstvu je pogrešno. Jer, skoro nijedno tehničko sredstvo nije bez mana, a mogu se naći i takva vojnotehnička sredstva čiji je spisak nedostataka duži od spiska dobrih strana pa ipak to ne znači da su ona nekorisna i da se njih treba lišiti. Naprotiv, često se takva sredstva veoma dugo zadržavaju u upotrebi. Sem toga, i najbolje vojnotehničko sredstvo može biti beskorisno ako mu se ne nađe adekvatna primena i ako je u neveštih rukama, a to važi i za IC-uređaje. Njihovo efikasno korišćenje zavisi, pored ostalog, i od poznavanja dobrih i loših strana, taktičko-tehničkih kvaliteta i nedostataka. Zato je korisno da se i oni u najkraćim crtama iznesu.

Kao prva mana ispoljava se ograničen domet, koji uz to zavisi i od atmosferskih i donekle terenskih prilika. S tim u vezi je i nedostatak što povećanje dometa zahteva i veću težinu kompleta uređaja. Međutim, činjenica je da borac opremljen osmatračkim IC-uređajem može da efi-

kasno osmatra predteren do 200 pa i više metara i to onda kad bez tog uređaja ne bi mogao tako reći ništa da osmotri čak ni na najmanjem odstojanju ispred i oko sebe, a da ga protivnik koji raspolaže istim uređajima doduše može, ali ne mora otkriti. Kod uređaja za noćnu vožnju borbenih vozila problem dometa se i ne postavlja, jer je postojeći dovoljan za brzine kretanja koje dozvoljava put, odnosno zemljište.

Druga mana uređaja za noćno osmatranje i nišanjenje je što su, zavisno od konkretne namene, relativno teški. Na primer, kompletan infracrveni nišanski uređaj za pušku ili automat teži je od tog oružja, s tim što je nišan sa IC-reflektorom lakši, a najveći deo težine otpada na izvor električne struje, koji se, pak, može pogodnom konstrukcijom podesiti za nošenje preko ramena, odnosno na boku ili leđima. Sem toga, kad god postoji mogućnost borca treba privremeno rasteretiti od dela opreme koji nije nužan u datom borbenom dejstvu, čime mu se olakšava rad i povećava pokretljivost. Mora se, međutim, reći da bez IC-nišana borac može noću da gađa samo nasumce ili ako je na poznate, zastarele i manje-više statične načine, pripremio oružje za noćno gađanje. U kakvom je on položaju u odnosu na protivnika koji koristi nišanske IC-uređaje, ne treba ni pominjati. Problem težine se ne postavlja tako oštro kod IC-uređaja namenjenih za dužu upotrebu sa istog mesta, bez čestog menjanja položaja, a takvi slučajevi mogu biti mnogobrojni (u doba mira na granici, na pojedinim stalnim pravcima, u pristaništima i lukama, u obalskoj odbrani itd).

Postoji i problem nužnosti da se akumulatori, odnosno izvori električne struje često pune. To je velika mana IC-uređaja na principu aktivnog dejstva. Međutim, racionalnom upotrebom IC-reflektora vreme između dva punjenja može se znatno produžiti i izbeći potreba da se akumulator puni svakog dana. Sve zavisi od toga, koliko je IC-reflektor ukupno radio u toku jedne noći. Taj problem se može rešiti na prihvatljiv način.

Među najozbiljnije mane aktivnih IC-uređaja, spada to što njihov reflektor predstavlja idealan cilj za protivnikove osmatračke i nišanske IC-uređaje. U tom slučaju se oštro postavlja pitanje »ko će koga«, kao, uostalom, i svim borbenim dejstvima. Šanse su na strani onog ko u taktičkom i tehničkom pogledu bolje koristi IC-reflektor, odnosno ko lukavije kombinuje upotrebu IC-reflektora i IC-nišana ili infracrvenog osmatračkog durbina. Često menjanje položaja, kao i neke druge mere tehničke prirode mogu dati korisne rezultate. U svakom slučaju, demaskirajući efekat prilikom korišćenja sopstvenih IC-reflektora se mora neprekidno imati u vidu ako i protivnik raspolaže takvim uređajima, jer se time opasnosti mogu svesti na mali rizik.

Relativno velika osetljivost IC-uređaja, mogućni kvarovi i mehanička oštećenja prilikom noćnih dejstava ili transporta su nedostaci koji se mogu znatno smanjiti dobrom konstrukcijom i pravilnom upotrebom i održavanjem osetljivih delova. Osim toga, dobro je da se takvi delovi drže u rezervi uz uređaj, radi brzih zamenama (na primer, elektronsko-optički pretvarač slike, IC-filter i sijalica).

I, na kraju, nedostatak IC-uređaja je što se ne mogu lako i tačno oceniti odstojanja do osmatranog cilja, ali se taj nedostatak — kao što je rečeno — znatno ublažuje vežbom, a kod nišanjenja radi gađanja oru-

žjem i oruđima sa dovoljno razantnom putanjom nema neku naročitu važnost.

Pored ranije pomenutih dobrih strana IC-uređaja na principu aktivnog dejstva, mogu se navesti još i sledeće:

Prvi put u istoriji noćnih borbenih dejstava, posredstvom IC-uređaja, omogućeno je da se potpuno jasno osmatra zemljište na relativno zadovoljavajućim odstojanjima, da se otkrivaju i uočavaju ciljevi i da se gađaju preciznim nišanjenjem, a da se pri tome ne upotrebljavaju sredstva na bazi vidljive svetlosti. U infracrvenom osmatračkom durbinu ili nišanu slika cilja je jasna, vrsta cilja i njegov karakter su određeni, pa je moguće i efikasno i precizno dejstvo po njima. U vezi s tim stvaraju se povoljni uslovi za maksimalno iznenađenje protivnika, bilo u napadu ili u odbrani, kao i u svim drugim vidovima noćnih dejstava.

Aktivni IC-uređaji omogućuju sigurno i brzo kretanje u mraku borcima i vozilima, bez upotrebe sredstava za osvetljavanje vidljivom svetlošću.

IC-uređaji su skoro idealno sredstvo za efikasnu primenu u partizanskim dejstvima noću. Ovo važi naročito za lake IC-uređaje, čija težina i veličina neće bitno da utiču na manevar vatrom i pokretom. Obuka trupa u toku mira za partizanska noćna dejstva se mora svuda saobražavati obostranoj primeni IC-uređaja, a svu problematiku u vezi s tim valja posebno i sasvim ozbiljno razraditi.

U odnosu na radare, aktivni IC-uređaji su veoma proste i jednostavne konstrukcije. Isto tako, za jednake domete, IC-uređaji su više puta lakši od odgovarajućih rudarskih sistema. Kad se tome doda da se posredstvom elektronsko-optičkog pretvarača slike dobija i verodostojna slika posmatranih objekata i ciljeva noću, kao i mogućnost da se precizno nišani i gađa, podaci o dobrim stranama IC-uređaja se upotpunjavaju. Pri tome valja naglasiti da IC-uređaji ne eliminišu radare niti da ih svuda zamenjuju, već ih u stvari dopunjuju.

Čest predmet kritike IC-uređaja na principu aktivnog dejstva je cena koštanja. Nije redak slučaj da se kao merilo uzimaju razna poređenja, na primer, da se poredi cena koštanja običnog dogleda ili snajpera sa cenom koštanja infracrvenog ručnog dogleda ili IC-nišana za isto oružje. Kao argument kritike neki navode i to da je IC-nišan, na primer, za streljačko oružje znatno skuplji od samog tog oružja.

Iako sve te pa i neke druge činjenice stvarno stoje, ovakva poređenja su površna i jednostrana. Ono što je najbitnije kod ovog pitanja — to je namena IC-uređaja i koristi koje se mogu dobiti u noćnim dejstvima svih vrsta. A mogućnosti koje pružaju IC-uređaji različite namene nije do sada mogla pružiti nijedna druga tehnika, kako u pogledu prikrivenog manevra noću tako i u pogledu preciznosti noćnog gađanja.

S druge strane, cene koštanja svih proizvoda, pa i IC-uređaja, su relativna stvar. Na njih utiču, kako trenutne cene sirovina na tržištu, tako i cena radne snage, a posebno veličina serije uređaja koji se proizvode. Sa povećavanjem serija cena koštanja po komadu znatno opada. Na povećavanjem serije može vrlo pozitivno da utiče izvoz i da se i na taj način proizvodnja znatno pojeftini. Ponekad se proizvodnja može isključivo ili skoro isključivo nameniti izvozu. Koristi od toga su višestruke.

Osim toga, kad je u pitanju borbeno gotovost trupa, onda nije skupo nijedno borbeno sredstvo koje je povećava. Skupo može biti ono što nema efikasnu primenu i što ne daje odgovarajući efekat prilikom dejstva.

Konačno, možda nije na odmet i ovakvo poređenje. Savremeni srednji tenk košta određenu sumu novaca. Pre izbacivanja iz stroja, on može postići veći ili manji borbeni efekat, a može biti uništen i pre nego što je dao ma kakav rezultat. To zavisi od situacije i mnogih drugih momenata. Međutim, ako se uzme približno da se za istu sumu novca može proizvesti 300 do 500 lakih nišanskih IC-uređaja za streljačko naoružanje, onda je skoro nemoguće da svi ti infracrveni nišanski uređaji budu izbačeni iz stroja odjednom i da prethodno nisu postigli znatne borbene rezultate. U vezi s tim, mogu se nametnuti i izvesti i mnoga druga poređenja i razmišljanja, iz kojih se mogu izvući korisni zaključci.

Namena ovog članka nije bila da se pruži celovit pregled primene vojnih IC-uređaja. On je ograničen na samo neka pitanja, sa težnjom da podstakne na razmišljanje i studiozniju razradu mnogih drugih problema i pitanja, posebno njihovu taktičku stranu, jer se o svemu tome dosad veoma malo pisalo.

Vojni IC-uređaji nisu do sada imali prilike da prođu kroz školu široke i masovne ratne primene u noćnim borbenim dejstvima, ali njihov svestrani razvoj i svakodnevno usavršavanje jasno ukazuju na značaj koji im se pridaje i koji će neosporno imati u eventualnom budućem ratu.

Diplomirani mašinski inženjer
Branko RAKOČEVIĆ