

Iz inostranih armija

Mogućnosti za otkrivanje i uništenje letelica stelt-tehnologije

General-major *ANGEL ONČEVSKI*

Kompleks različitih tehničkih mera i metoda za smanjenje radarske, infracrvene, optičke i akustičke primetljivosti objedinjen je u zapadnoj terminologiji pod nazivom stelt-tehnologija. Niska primetljivost vojnih letelica veoma je važna karakteristika, naročito za avione koji pri izvođenju borbenih zadataka moraju da savladaju sistem protivnikove protivvazdušne odbrane.

Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja i razvoja sredstava za otkrivanje i uništenje letelica stelt-tehnologije i iskustava iz rata u Persijskom zalivu, autor je u članku želeo da ukaže na mogućnosti i specifičnosti organizovanja i vođenja borbe protiv tzv. nevidljivih aviona i drugih sličnih letelica.

U ratu u Persijskom zalivu (1991), među brojnim sredstvima ratne tehnike za izvođenje borbenih zadataka, bili su upotrebljeni i avioni izrađeni po tzv. stelt-tehnologiji, popularno nazvani „nevidljivi“. Radi se o američkim avionima tipa *F-117A*, čija je upotreba u ratu u Zalivu pobudila veliko interesovanje vojnih stručnjaka širom sveta, naročito zbog visoke ocene njihove efikasnosti (prema zapadnoj štampi).

Zbog, svojevremenog uvođenja sredstava za napad iz vazdušnog prostora smanjene radarske primetljivosti u naoružanje ratnih vazduhoplovstava pojedinih zemalja postavljeni su sistemu protivvazdušne odbrane novi, znatno stroži zahtevi. Značajno smanjenje radarske, infracrvene, optičke i akustičke primetljivosti, a time i daljine otkrivanja takvih sredstava, smanjilo je ionako kratko raspoloživo vreme za reagovanje aktivnih sredstava PVO, pre svega artiljerijsko-raketnih sistema i lovačke avijacije. To je nametnulo potrebu za iznalaženjem i preduzimanjem tehničkih, taktičkih i organizacijskih

mera za povećanje efikasnosti snaga i sredstava PVO u borbi protiv aviona, helikoptera, bespilotnih letelica, krstarećih raketa i drugih letelica stelt-tehnologije.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE LETELICA STELT-TEHNOLOGIJE

Kompleks različitih tehničkih mera i metoda za smanjenje radarske, infracrvene, optičke i akustičke primetljivosti letelica objedinjen je u zapadnoj terminologiji pod nazivom stelt (Stealth) – tehnologija. Iako se o toj tehnologiji i letelicama izrađenim po njoj češće i više govori uglavnom od pre nekoliko godina, pokušaji da se takve letelice projektuju i izrade činjeni su znatno ranije. Međutim, oni nisu imali celovit, frontalni, već parcijalni karakter. Na primer, maskirno bojenje aviona primenjivano je još u prvom svetskom ratu – avioni su bojeni tamnosivom ili ljubičastom bojom, koja je otežavala njihovo otkrivanje optičkim sredstvima na pozadini neba pri smanjenoj vidljivosti (u svitanje, sumrak, noću).

Sredinom tridesetih godina, engleski naučnik R. U. Vat predviđao je da će se pri izgradnji budućih bombardera obavezno preduzimati specijalne mere za smanjenje sposobnosti odraza njihove oplata i elemenata konstrukcije. Naime, odrazna površina letelice izražava se veličinom efektivne površine rasejavanja, odnosno efektivne odrazne površine (EOP), koja omogućava da letelica (avion, raketa i sl.) odbija elektromagnetne impulse koje zrače zemaljski ili avionski radari. To, međutim, u vreme drugog svetskog rata i prvim posleratnim godinama nije ostvareno ni kod bombardera, ni kod drugih vrsta borbenih aviona. Tek krajem četrdesetih i početkom pedesetih godina, pri projektovanju i izgradnji američkog bombardera B-52, učinjeni su izvesni napor da se, odgovarajućim izmenama njegove konstrukcije, smanji efektivna odrazna površina.

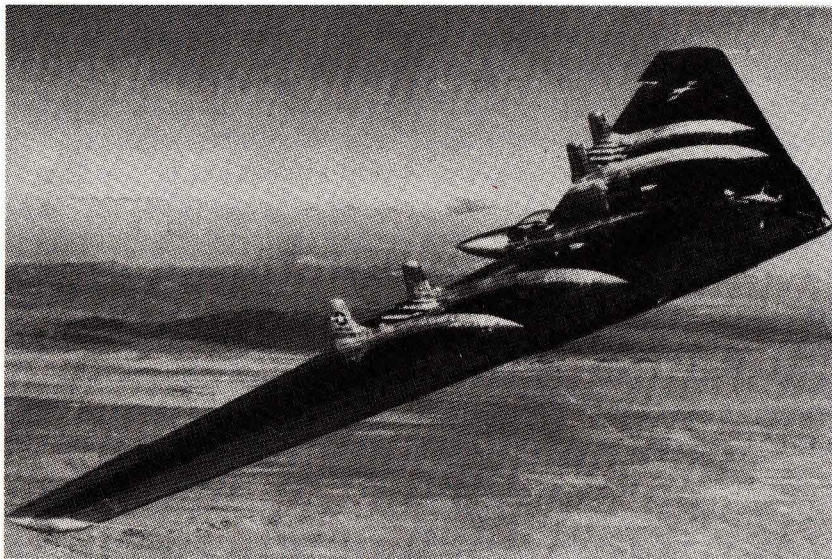
Niska primetljivost vojnih letelica u vidnom, optičkom i infracrvenom opsegu, kao i u radio-opsegu elektromagnetnog zračenja, veoma je važna karakteristika, naročito za avione koji pri izvođenju borbenih zadataka moraju da savladaju sistem protivnikove protivvazdušne odbrane. Stoga se smatra

da je za smanjenje primetljivosti letelica najvažnije smanjenje EOP, jer se u savremenim uslovima, a tako će, po svemu sudeći, biti i u doglednoj budućnosti, radari smatraju osnovnim sredstvom za otkrivanje ciljeva u vazдушnom prostoru u sistemu PVO. Smanjenje EOP zavisi od izbora aerodinamičke konfiguracije aviona, primene materijala koji ne odbijaju (ili slabo odbijaju) elektromagnetnu energiju i protivradarskih zastora (premaza). Oštri pregibi pri prelazu s jedne površine na drugu, gabaritni uvodnici vazduha i mlaznici, prvi stepeni kompresora i ventilatora kod dvoprotočnih turbomlaznih motora, spoljnje vešanje raketa i bombi i različitih kontejnera i drugo znatno povećavaju odrazne sposobnosti aviona. Stoga se teži tome da se sve, što je moguće, smesti unutar „zmaja“. Električne odrazne površine mogu se smanjiti smeštanjem motora unutar elemenata konstrukcije aviona, blagim prelazima na spoju krila i trupa, maksimalnim smanjenjem poprečnog preseka, promenom krivine napadne ivice konzola krila, primenom specijalnih uvodnika vazduha i mlaznika, ugradnjom antena pojedinih uređaja unutar elemenata konstrukcije aviona itd.

Udovoljenje svim zahtevima za smanjenje EOP uslovljeno je ostvarivanjem kompromisa između oblika aviona i njegovih letno-tehničkih karakteristika, što nije ni malo lako. Zahtev da se motori, njihovi uvodnici vazduha i mlaznici, kao i ubojna sredstva (rakete, bombe, vatreno naoružanje), smeste unutar konstrukcije aviona nalaže aerodinamičku konfiguraciju koja će obezbediti dovoljan unutrašnji prostor. Taj činilac, kao i težnja da se izbegnu vertikalne repne površine, uslovio je izbor koncepcije „letećeg krila“ (sl. 1), koja omogućava idealnu spregu krila i trupa i maksimalnu korisnu zapreminu unutrašnjeg prostora. Pored toga, takva konfiguracija omogućava smanjenje vertikalnih repnih površina ili da letelica bude bez njih (u tom slučaju se obavezno koristi automatizovani električni daljinski sistem za upravljanje letom).

U praksi se pokazalo da je smanjenje uticaja motora na ukupnu veličinu EOP aviona veoma složeno. Kod klasičnih uvodnika vazduha signali radara dolaze neposredno na prvi stepen kompresora, što je veoma nepovoljno. Da bi se to sprečilo konstruišu se iskrivljeni uvodnici vazduha, unutar kojih se postavljaju specijalne pregrade i deflektori izrađeni

od radioapsorpcionog materijala. Najpogodniji su uvodnici vazduha sa centralnim polukonusnim telom, jednostavne konstrukcije, koji sprečavaju da znatan deo elektromagnetne energije dospe do prvog stepena kompresora.



Sl. 1. Leteće krilo YB-49 koje je konstruisala američka firma „Northrop“ 1940. godine

Problem podvešavanja ubojnih sredstava na spoljnje nosače ispod krila i trupa rešava se, uglavnom, na dva načina: prvo, bombe i rakete podvešavaju se tako da su donekle „utopljene“ u konstrukciju krila ili trupa, i drugo, ubojna sredstva se smeštaju u specijalne odseke u unutrašnjosti trupa aviona. Prvi način se primenjuje kod lovačkih aviona, kod kojih je neophodno obezbediti fleksibilnost upotrebe raketa u borbenim uslovima, a drugi – kod bombardera.

Primena kompozitnih materijala takođe smanjuje EOP, jer njihova molekularna struktura pogoduje rasipanju radar-skih signala. U izgradnji savremenih borbenih aviona i drugih letelica obilno se koriste kompoziti, što povoljno utiče na smanjenje njihove primetljivosti.

Smanjenju EOP doprinosi i upotreba materijala koji apsorbuju ili rasipaju elektromagnetnu energiju signala radara. To su složeni višeslojni materijali od staklenih vlakana i

hemijski obrađene pene, grafita i epoksidne smole, gume i ferita itd. Međutim, primena dodatnih zastora (ekrana) na elemente konstrukcije negativno utiče na aerodinamičke karakteristike aviona.

Jedan od demaskirajućih znakova aviona jeste toplotno zračenje. Slično radarima, i infracrvena sredstva mogu da otkrivaju i prate avion po toplotnom zračenju mnogo pre nego što stigne na daljinu otkrivanja pomoću optičkih sredstava. Postoje tri komponente toplotne signature letelice: zagrevanje motora u radu, vreli gasovi mlazne struje i toplotno zračenje avionskih uređaja, i aerodinamičko zagrevanje „zmaja“. Da bi se smanjio uticaj toplotnog zračenja primenjuju se različiti ekrani, materijali za toplotnu izolaciju i odvođenje vrelih gasova na gornji deo trupa ili krila radi njihovog mešanja sa okolnim vazduhom, kao i specijalni mlaznici.

Na osnovu dosadašnjih ispitivanja, najveći efekat se postiže samo kompleksnim korišćenjem svih metoda stelt-tehnologije namenjenih za bitno smanjenje verovatnoće otkrivanja letelica pomoću elektronskih sredstava. Pri tome, misli se i na upotrebu automatizovanih avionskih elektronskih sistema pomoću kojih se smanjuje efikasnost protivnikovih radarskih i infracrvenih uređaja za otkrivanje ciljeva u vazдушnom prostoru. Sve te konstrukcijske i tehnološke novine, manje ili više, primenjuju se pri projektovanju i proizvodnji borbenih aviona i drugih letelica nove generacije.

Početak sedamdesetih godina u SAD otpočeti su radovi na projektovanju i izgradnji aviona stelt-tehnologije po programu Have Blue. Krajem 1973. saopšteni su zahtevi koje je trebalo da ispuni novi avion, pod nazivom *XST* (Eksperimental Stealth Tactical): mala efikasna odrazna površina, nizak nivo buke motora i relativno niska temperatura izduvnih gasova. Aerodinamička konfiguracija trebalo je da obezbedi nisku primetljivost i dovoljnu zapreminu unutrašnjeg prostora za smeštaj uređaja za protivelektronsku borbu.

Porudžbinu za avion *XST* dobila je poznata firma „Lockheed“. Prvi let jednog od pet ugovorenih prototipova izveden je novembra 1977. godine. Povoljni rezultati ispitivanja prototipova *XST* doprineli su da firma „Lockheed“, sredinom 1981, sklopi ugovor sa ratnim vazduhoplovstvom SAD za pripremu i početak serijske proizvodnje stelt-aviona pod oznakom *F-*

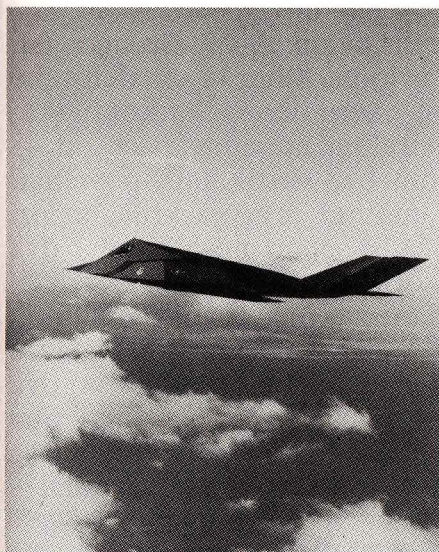
-19A, koji je sada poznat kao *F-117A* (sl. 2). Iste godine (prema jednim podacima u junu, a prema drugim u julu 1981) izveden je prvi let serijskog aviona *F-117A*, a u oktobru 1983. uveden je u operativnu upotrebu.

Konstruktori su preduzeli opsežne mere da primetljivost aviona svedu na minimum. Površina „zmaja“ sačinjena je od mnoštva elemenata, tačno usmerenih u određenom pravcu radi preusmeravanja signala radara u pravce koji se razlikuju od pravca prema anteni radara koji ih je emitovao. Osnovni materijal za izradu elemenata konstrukcije jeste aluminijumska legura sa zastorom koji apsorbuje signale. Aerodinamička konfiguracija mu je veoma slična „letećem krilu“, sa strelom napadne ivice od 67,5 stepeni. Uvodnici vazduha nalaze se iznad krila, s obe strane trupa, a snabdeveni su pregradama od apsorpcionog materijala, što sprečava neposredni dolazak signala radara na lopatice kompresora. Mlaznici su ravni, sa prorezima i vertikalnim pregradama, i nalaze se iznad trupa, duž korenih delova krila i ispod repa. Obezbeđuju brzo mešanje vrelih izduvnih gasova sa okolnim vazduhom i vazduhom koji se delimično odvaja od uvodnika, čime se znatno smanjuje temperatura gasova i toplotno zračenje aviona. Za smeštaj ubojnih sredstava postoji prostor u unutrašnjosti trupa, veličine 4,7 x 1,75 m, dovoljan za smeštanje ubojnih sredstava mase od 1.800 kilograma.

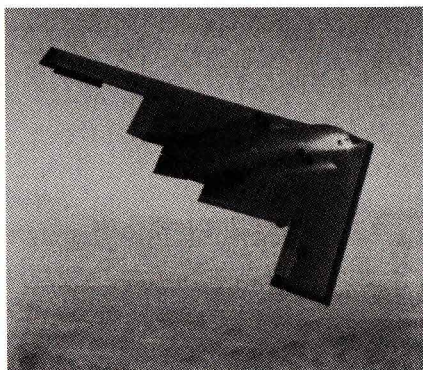
Jedan od projekata koji je realizovan u najvećoj tajnosti jeste američki bombarder *B-2* (sl. 3). Prvi let prototipa aviona *B-2* bio je planiran za decembar 1987, ali je, zbog brojnih tehničkih problema nastalih u toku izgradnje, taj rok pomeren za maj, a zatim za avgust 1988, da bi se konačno odredio početak 1989. godine. Stručnjacima i novinarima avion je zvanično prikazan u fabrici u Palmdejlju, novembra 1988. godine. Avion je, kasnije, s tog aerodroma preleteo u vazduhoplovnu bazu Edvards (Kalifornija) radi ispitivanja u letu.

Bombarder *B-2* izgrađen je po šemi „leteće krilo“, bez vertikalnih upravljivih površina. Njegov izgled podseća na bumerang s ravnom napadnom ivicom, s uglom strele od oko 35 stepeni i izlaznom ivicom testerastog oblika. Napadna i izlazna ivica krila su sačaste konstrukcije, a presek svake njene ćelije čini šestougaonu cev dužine 80–100 mm, čija je uzdužna osa približno paralelna uzdužnoj osi aviona. Unutrašnjost

svake cevi ispunjena je radioapsorpcionim materijalom, čija se gustina povećava od prednje ka zadnjoj ivici cevi. Kao posledica toga, energija elektromagnetnih impulsa koji dolaze od radara delimično se apsorbuje višeslojnim zastorom krila, punjenjem u cevima, i, konačno, slabi pri višestrukome odbijanju od unutrašnjih zidova. U krajnjem, sve to omogućava da napadna ivica krila, praktično, ne odbija signale radara.



Sl. 2. Američki avion F-117A

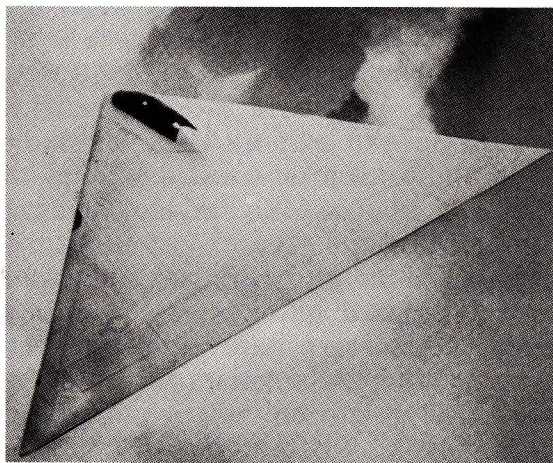


Sl. 3. Američki bombarder B-2

Pogonsku grupu bombardera B-2 čine četiri turbomlazna motora, tipa *F118*, potiska od po 84 Kn, svaki je bez forsaža, a smešteni su u unutrašnjost konstrukcije „letećeg krila“. Tanak pozlaćeni sloj, nanesen na stakleni deo krova kabine, trebalo bi da bude pouzdana prepreka za elektronsko zračenje uređaja koji su smešteni u unutrašnjosti kabine. Toplotno zračenje motora i aviona u celini smanjeno je do minimuma, jer motori nemaju dopunsko sagorevanje, a primenjen je čitav sistem dopunskog hlađenja elemenata pogonske grupe i konstrukcije „zmaja“ koji su izloženi zagrevanju. Buka motora je takođe znatno smanjena primenom različitih tehničkih rešenja. Da bi se površina aviona učinila što glatkijom i čistijom sa nje je odstranjeno sve ono što odbija signale radara: antene, cevi topova, spoljnji nosači bombi i raketa, podvesni rezervoari za gorivo itd. Sve gorivo smešta se u rezervoare unutar konstruk-

cije aviona, a ubojna sredstva (bombe i rakete) – u unutrašnje odseke na specijalne nosače. U poređenju sa bombarderom ranije generacije, *B-2* ima znatno manju EOP. Tako, na primer, poznati američki bombarder *B-52* ima efektivnu odraznu površinu 100, bombarder *B-1B* – oko jedan, a *B-2* svega 0,0464 m². U pogledu mogućnosti otkrivanja, avion *B-2* mnogi upoređuju s pticama.

Ratna mornarica SAD razvija avion *A-12 Avenger* (sl. 4), koji bi bazirao na nosačima aviona, a bio bi izrađen tako da ima veoma nisku primetljivost. Aerodinamičku konfiguraciju aviona čini delta-krilo, sa strelom napadne ivice od 48 stepeni i pravom izlaznom ivicom bez vertikalnih površina. Na sredini svake napadne ivice, unutar prevoja krila, nalazi se šestougaona dielektrična ploča, a ispod nosa aviona dva kružna okna, verovatno sa senzorima za navigacijske i izviđačke uređaje. Na izlaznoj ivici su zakrilca, a na napadnoj, verovatno – pretkrilca. Mlaznici su dvodimenzionalni i nalaze se ispod izlazne ivice. Avion *A-12* opremljen je sa dva turboventilatorska motora bez dopunskog sagorevanja, tipa *F412-GE-400*. To je verzija motora sa aviona *F-18*, ali sa većim ventilatorom, koji obezbeđuje veći dovod vazduha – veći potisak i manji toplotni odraz.

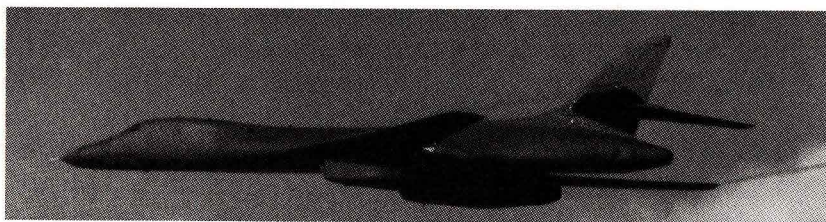


Sl. 4. Avion *A-12 Avenger*

Prilikom izgradnje borbenih aviona naredne generacije (*Rafale*, *EFA*, *EAP*, *Lavi*, *JAS 39 Grippen*, *ATF*) takođe su

primenjene mere za smanjenje primetljivosti. Kod francuskog aviona *Rafale* smanjena je primetljivost radarom, kao i u infracrvenom, ultravioletnom i vidnom opsegu. Metaliziran je stakleni deo krova kabine, smanjen dim iz motora, a vođene rakete vazduh-vazduh tipa *MICA* poluutopljene su u konstrukciju aviona. Kod *EFA* i izraelskog aviona *Lavi* takođe su vođene rakete vazduh-vazduh polu, a kod američkog *ATF (F-22)* potpuno utopljene. Kod aviona *ATF* primenjena su i druga rešenja: kabina nije kapljasta u projekciji spreda kao kod lovačkih aviona treće generacije (*F-16*, na primer), već prati oblik trupa; uvodnici vazduha su povučeni duboko ispod krila; svi poklopci koji u zatvorenom položaju izgledaju kao manji ili veći prorezi testerastog su oblika; sav spoljni teret (ubojna sredstva, rezervoari za gorivo i slično) smešten je u unutrašnjosti trupa itd. Poprečni presek prednjeg dela trupa aviona *F-22* ima oblik dijamanta, što je omogućilo da se signali ne odbijaju prema radaru koji ih zrači, već u nekom drugom željenom pravcu.

Smanjenje efektivne odrazne površine američkog bombardera *B-1B* (sl. 5) postignuto je odgovarajućim tehničkim rešenjima, kao: iskrivljeni kanali uvodnika vazduha; postavljanje u njih kosih radioapsorpcionih pregrada koje rasipaju elektromagnetnu energiju signala u razne pravce; pokrivanje kapaka odseka za bombe, napadne ivice korenog dela krila i uvodnika vazduha radioapsorpcionim zastorom; izbegavanjem oštih ivica i pravih uglova na mestima pregiba oplata; primena blagih prelaza jednih površina u druge; odsustvo oštih završetaka na izbočinama i ispustima, i drugo. Predviđena je i ekranizacija motora, metalizacija staklastog dela krova kabine, primena uvodnika vazduha specijalnog oblika i slično.



Sl. 5. Američki bombarder *B-1B*

Pored aviona, razvijaju se i krstareće rakete niske primetljivosti. Jedna od njih je i američka krstareća raketa *AGM-129A*, koja ima u poređenju sa raketom *AGM-86B* bolji aerodinamički oblik, novi motor i manji radarski i infracrveni odraz, što povećava verovatnoću proboja neprijateljevog sistema protivvazdušne odbrane.

O dostignućima vojnih stručnjaka bivšeg Sovjetskog Saveza i njihove vazduhoplovne industrije u oblasti stelt-tehnologije nema dovoljno pouzdanih podataka. Međutim, pojedina tehnička rešenja primenjena na avionima *MiG-29*, *MiG-31*, *Su-27* i *Tu-160*, kao i nepotvrđeni podaci u zapadnoj štampi o realizaciji sovjetskog projekta letelica veoma niske primetljivosti, potvrđuju da su i oni postigli značajne rezultate u toj oblasti.

MOGUĆNOSTI OTKRIVANJA LETELICA NISKE PRIMETLJIVOSTI

U vreme realizacije projekata letelica veoma niske primetljivosti štampa je često objavljivala napise o doslovno nevidljivim avionima koji se ne mogu otkriti radarom. Međutim, ubrzo nakon pojave prvih takvih aviona došlo se do saznanja da oni, ipak, nisu potpuno nevidljivi. Načelnik štaba ratnog vazduhoplovstva SAD, general Meril Makpik, prilikom svoje posete SSSR-u 1991. godine, izjavio je da avioni stelt-tehnologije nisu nevidljivi za savremene radare.

Iskustva iz rata u Persijskom zalivu pokazala su da problem otkrivanja „nevidljivih“ aviona nije tako nerešiv kako se pretpostavljalo i tvrdilo. Naime, u vreme letova *F-117A* u zoni Zaliva, francuski radari firme „Tomson“, navodno, otkrivali su te avione u vazdušnom prostoru Saudijske Arabije. Takođe, pojedini vojni stručnjaci smatraju da je bombarder *B-2* vidljiv za radare u određenim uslovima. Australijski vojni stručnjaci, na primer, tvrde da sistem radara za osmatranje iza horizonta, koji obračunava avion odozgo, može da ih otkriva. Naime, bombarder *B-2* na gornjem delu trupa – krila ima tzv. bleštavu površinu – uvodnike vazduha u motore koji omogućavaju da se odraz aviona uoči na ekranu radara.

Nastojanja vojnih stručnjaka da pronađu protivsredstvo i reše problem otkrivanja „nevidljivih“ letelica dovela su do

usavršavanja postojećih i razvoja novih sredstava kojima bi se neutralisale prednosti mnogih komponenata stelt-tehnologije, pre svega radioapsorpcionih materijala. Razvijeni su radari sa većim energetske potencijalom, višim kvalitetom obrade signala i većom osetljivošću prijemnika, kao i nova sredstva i sistemi.

Rešenje problema otkrivanja letelica niske primetljivosti vidi se u korišćenju superširokopojasnih radara, objedinjavanju radara u mrežu sa korelacionom obradom radarske informacije u realnom vremenu, korišćenju efekata tzv. nelinearne radio-lokacije itd. Neka od tih rešenja već se realizuju.

U SAD razvijaju se ultraširokopojasni (UWB) i moćni mikrotalasni radarski sistemi sa svetlosnim pobuđivanjem. Njihov rad je zasnovan na zračenju veoma kratkih, moćnih i širokopojasnih impulsa, što omogućava otkrivanje i praćenje letelica. Istražuje se, takođe, mogućnost korišćenja integralnih šema, supervelike brzine rada, milimetarskog opsega i radara sa više režima rada, sa faziranom antenskom rešetkom. Očekuje se da ti radari imaju široki opseg i visoku stabilnost učestalosti, sposobnost zračenja znatne količine energije u pravcu udaljenih ciljeva i ciljeva niske primetljivosti, i da, pri tome, koriste poboljšani sistem upravljanja snagom.

Velika se pažnja posvećuje povećanju otpornosti radara na ometanje. Zapadna štampa tvrdi da su francuski radari srednjeg dometa tipa *TRS 2620 „žefro“* i osmatrački radari velikog dometa *TRS 2630 „grifon“* digitalni impulsno-doplerski i visokootporni na ometanje. Radar *TRS 2630 „grifon“* koristi gornji deo desetocentimetarskog opsega, dijagram usmerenosti tipa olovke sa slučajnim prepodešavanjem noseće frekvence sa jednog paketića impulsa na drugi, što obezbeđuje visok stepen zaštite od ometanja.

Za povećanje daljine otkrivanja ciljeva u vazdušnom prostoru koriste se radari za osmatranje iza horizonta. U toku ispitivanja jednog takvog radara 1990. godine u SAD cilj je otkriven na udaljenosti od 3.300 km. Ti radari, koji će se koristiti u sistemu za rano otkrivanje ciljeva u vazdušnom prostoru, koriste okolnost da jonosfera ponovo emituje neposredni i odbijeni signal (impuls). Celokupnu informaciju obrađuje računar radar, koji operateru pomaže da izabere najpo-

voljniji deo jonosfere za prolaz i odgovarajuću učestalost impulsa.

Za otkrivanje letelica niske primetljivosti mogu da se koriste i bistatički radari, kod kojih su predajnik i prijemnik međusobno udaljeni. Pošto letelice stelt-tehnologije odvođe odbijenu elektromagnetnu energiju u stranu od izvora zračenja, postavljanje prijemnika bistatičkog radara na liniju rasprostiranja eho-signala može obezbediti njegov prijem bez osetnih gubitaka. Za razliku od običnog, kod kojeg se cilj koji upadne u zrak predajnika može tražiti do maksimalno moguće daljine, bistatički radar obezbeđuje otkrivanje ciljeva samo u ograničenoj zoni, u kojoj se zrak predajnika prekriva zonom vidljivosti prijemnika radara. Za osmatranje celog prostora potrebni su složeni dijagram radara i režim skaniranja, što smanjuje brzinu osmatranja u poređenju s običnim radarom. Bistatički radari mogu da rade u aktivnom i pasivnom režimu, a primaju signale odbijene od ciljeva ozračenih drugim radarima, uključujući čak i protivnikove radare. Pasivni bistatički radar koristi visokoosetljivu faziranu antensku rešetku.

Letelice u vazдушnom prostoru mogu biti otkrivene na osnovu prijema energije (signala) odbijene od površine letelica ili zračenja energije letelice, kao i registrovanja promena okoline nastalih pri kretanju letelica u toj sredini. Utvrđeno je, naime, da se oko aviona stelt-tehnologije, usled promena hemijskog sastava atmosfere, u letu formira neka vrsta „obla-ka“ koje registruju pojedini tipovi radara. Te pojave mogu biti iskorišćene za otkrivanje i određivanje pozicije aviona u prostoru pod uslovom da se uspešno razrade metodi njihovog registrovanja. Nosači nuklearnog oružja izvori su nuklearnog zračenja koje mogu da registruju visokoosetljivi senzori, što takođe može biti iskorišćeno za određivanje pozicije izvora (aviona – nosača). Vojni stručnjaci smatraju da se verovatnoća otkrivanja letelica niske primetljivosti može povećati upotrebom aviona sistema AWACS, posebno onih koji su opremljeni radarima sa digitalnom obradom signala, kao i pasivnim otkrivanjem aviona pomoću satelitskog navigacijskog sistema. Najavljen je razvoj tzv. antistelt-radara, koji bi mogao da neutrališe apsorpcionu sposobnost specijalnih protivradarskih zastora, kao i izvođenje na orbitu specijalnih moćnih infracrvenih teleskopa koji bi letelice otkrivali u pasivnom režimu rada.

Problem otkrivanja i praćenja letelica niske primetljivosti, očigledno, veoma je složen. Međutim, stručnjaci smatraju da su radari uvek imali izvesnu prednost pred svojim „suparnicima“, te se nadaju da će takav ishod biti i kada se radi o letelicama stelt-tehnologije.

MOGUĆNOSTI UNIŠTENJA LETELICA NISKE PRIMETLJIVOSTI

U ratu u Persijskom zalivu, u kojem su bili angažovani i avioni *F-117A*, nisu stečena značajnija iskustva u otkrivanju, a posebno u uništenju letelica niske primetljivosti. Nema tačnih podataka o tome koliko su bili angažovani radari iračkih oružanih snaga za otkrivanje i praćenje i sredstva njihovih artiljerijsko-raketnih sistema PVO za uništenje takvih letelica, a sasvim je izvesno da irački lovački avioni nisu ni u jednom slučaju presretali i vodili borbu protiv *F-117A* u vazдушnom prostoru. Takođe, poznato je da u tom ratu nije oboren nijedan avion *F-117A*. Iskustva iz tog rata, međutim, ne mogu biti pouzdana osnova za donošenje zaključka o nemogućnosti uništenja letelica niske primetljivosti. Tačno je da je borba protiv njih veoma specifična i da zahteva nestandardne tehničke, taktičke i organizacijske mere i postupke pri njihovom otkrivanju, praćenju i uništenju, ali je sasvim sigurno i to da se ne može govoriti o nemogućnosti njihovog uništenja u vazдушnom prostoru.

Jedan od osnovnih činilaca koji utiče na efikasnost dejstva artiljerijsko-raketnih sistema PVO jeste pravovremena i pouzdana informacija o cilju u vazдушnom prostoru. U vezi s tim, osnovni naponi vojnih stručnjaka usmereni su na poboljšanje karakteristika radara za otkrivanje i praćenje ciljeva. Koriste se metodi adaptivne obrade signala, fazirane antenske rešetke, a radari se dopunjuju pasivnim sredstvima i sistemima za otkrivanje i praćenje ciljeva: termovizijskim, televizijskim, optičkim i laserskim. Osim toga, radari se opremaju automatskim sistemom za identifikaciju ciljeva, tako da raspoznaju o kojoj se vrsti cilja radi: lovcu, bombarderu, krstarećoj raketi ili lažnom cilju.

Zbog relativno male daljine otkrivanja letelica niske primetljivosti čine se veliki naponi za smanjenje vremena

reagovanja borbenih sredstava protivvazdušne odbrane. Povećanjem tačnosti pokazivanja ciljeva, uvođenjem sistema za automatski izbor kanala za praćenje cilja koji nije neutralisan ometanjem, automatizacijom svih procesa (operacija) sve do potpunog isključenja funkcija čoveka – operatera, primenom elektronskih računara velike brzine rada, vreme reagovanja pojedinih raketnih sistema PVO svedeno je na svega 4–6 sekundi. Osim toga, usavršavaju se i sistemi za upravljanje vatrom. Već su uvedeni u naoružanje automatizovani sistemi za upravljanje vatrom raketnih sistema PVO malog dometa, koji obezbeđuju otkrivanje ciljeva u vazdušnom prostoru, ocenu stepena njihove opasnosti, izbor najpogodnijeg raketnog sistema za dejstvo i raspodelu ciljeva između njih. Pojedini takvi sistemi mogu istovremeno da upravljaju vatrom i do 40 sredstava raketnih sistema protivvazdušne odbrane.

Navedene i druge slične mere trebalo bi da povećaju efikasnost artiljerijsko-raketnih sistema PVO pri uništenju letelica stelt-tehnologije. Njihov razvoj kreće se u dva uzajamno povezana pravca: modernizacija onih koji su se pokazali uspešni i izgradnja novih sistema na osnovu poslednjih dostignuća nauke i tehnike.

Poseban problem je uništenje letelica stelt-tehnologije u vazdušnom prostoru dejstvom lovačkih aviona. Koliko je poznato, do sada nije vođena borba u vazdušnom prostoru između tzv. konvencionalnog lovačkog aviona i aviona stelt-tehnologije. Zbog toga se i razmatranje moguće fizionomije i taktike vođenja borbe u vazdušnom prostoru protiv takvih letelica može zasnivati gotovo samo na predviđanjima. Kako za artiljerijsko-raketne sisteme PVO, tako i za efikasnost borbene upotrebe lovačkih aviona veliki značaj ima pravovremena i pouzdana informacija o cilju u vazdušnom prostoru. Relativno mala daljina otkrivanja letelica stelt-tehnologije značajno smanjuje vreme koje posadama lovačkih aviona stoji na raspolaganju za njihovo presretanje i uništenje pre nego što stignu na liniju otkačivanja (lansiranja) ubojnih sredstava. Prema onome što se zna, daljina radarskog otkrivanja takvih letelica je toliko mala (meri se desetinama kilometara) da je zaštita objekata na zemlji od izviđanja i dejstva aviona stelt-tehnologije presretanjem iz pripravnosti na zemlji praktično isključena. Vreme od otkrivanja cilja u vazdušnom prostoru

do njegovog doleta na liniju otkaćinjanja (lansiranja) ubojnih sredstava gotovo je uvek manje od vremena ukupnog zakašnje-nja lovačkog aviona (od vremena potrebnog za donošenje odluke o presretanju, prenošenja naređenja do posada, pole-tanja i leta lovca do linije lansiranja vođenih raketa vazduh-va-zduh) pri dejstvu iz pripravnosti na zemlji. Zbog toga će, pri zaštiti objekata na zemlji, lovački avioni morati da primenjuju presretanje iz pripravnosti u vazдушnom prostoru (iz zona očekivanja ili patroliranja).

Pri presretanju letelica stelt-tehnologije jedan od problema jeste otežano radarsko navođenje lovačkih aviona. Mala daljina otkrivanja cilja, kratko vreme njegovog leta u zoni osmatranja radara, povremeni gubitak odraza cilja na ekranu radara zbog slabljenja signala i drugo znatno otežavaju precizno radarsko navođenje lovca na ciljeve u vazдушnom prostoru. Problem se usložava time što, za razliku od klasičnih aviona, avioni stelt-tehnologije najčešće se ne mogu otkrivati i pratiti na osnovu rada njihovih radio-elektronskih uređaja (radari, predajnici aktivnih smetnji i sl.). Naime, avioni stelt-tehnologije opremljeni su radarima veće tajnosti rada, s adaptivnim podešavanjem snage i stalnom promenom učesta-losti i oblika impulsa. Osim toga, ti avioni su opremljeni, uglavnom, pasivnim uređajima koji ne zrače – infracrvenim senzorima za prednje osmatranje i optoelektronskim vizirima – i ubojnim sredstvima koja ne zahtevaju osvetljavanje cilja, dok se predajnici aktivnih smetnji upotrebljavaju u krajnjoj nuždi i pri smanjenoj snazi.

Prema nekim podacima, radari savremenih lovačkih aviona mogu da otkrivaju avione stelt-tehnologije na udaljeno-sti do 20–25, a cilj hvataju na daljini do 15 km.¹ Na osnovu toga može se zaključiti da je efikasnost (daljina) otkrivanja aviona stelt-tehnologije značajna pretpostavka za uspešno vođenje borbe lovaca protiv njih, odnosno da navedene daljine otkrivanja i hvatanja cilja ne omogućavaju lovačkim avionima upotrebu vođenih raketa klase vazduh-vazduh srednjeg i većeg dometa za uništenje takvih aviona.

Pri dejstvu po objektima na zemlji avioni stelt-tehnologije mogu izvoditi let praktično u celom opsegu visina njihove

¹ „Aviacija i kosmonavtika“, br. 7/91, str. 4.

borbene upotrebe. Za povećanje radijusa dejstva, daljine otkrivanja ciljeva na kopnu i moru, lansiranja vođenih raketa klase vazduh-zemlja i otkaćinjanja vođenih avionskih bombi celishodniji su letovi i dejstva sa srednjih i većih visina. Ti avioni borbene zadatke mogu da obavljaju i na granično malim visinama. Međutim, pri letu na tim visinama, osobito noću i u složenim meteorološkim uslovima danju, rad avionskog radara za praćenje reljefa zemljišta može da demaskira let aviona, odnosno da olakša njegovo otkrivanje, praćenje i presretanje.

U pogledu daljine otkrivanja avionskim radarima avioni stelt-tehnologije su u znatnoj prednosti u odnosu na savremene lovačke avione tipa *F-15*, *F-16*, *Mirage-2000*, *MiG-29*, *Su-27* i slično. Savremeni lovački avioni imaju veću (za sto i više puta) efektivnu odraznu površinu od aviona stelt-tehnologije kakav je *F-117A*, pa ih njihovi radari otkrivaju na većoj udaljenosti. Odnosno, pilot aviona stelt-tehnologije ima mogućnosti da na ekranu svog radara otkrije odraz protivnikovog lovca u letu (u zoni očekivanja ili patroliranja) i preduzme mere za izbegavanje susreta s njim ili donese odluku za dejstvo po njemu znatno pre nego što to može da ostvari i učini pilot lovačkog aviona. Zbog toga, piloti lovačkih aviona sadašnje generacije, pri presretanju aviona stelt-tehnologije, naoružanih, između ostalog, vođenim raketama vazduh-vazduh, moraju da primenjuju posebne taktičke postupke za njihovo obmanjivanje i određene tehničke mere za ometanje (dezorijentaciju) glava za samonavođenje njihovih raketa. To je posebno značajno i neophodno ukoliko su avioni stelt-tehnologije naoružani vođenim raketama srednjeg i većeg dometa, jer se tada piloti lovačkih aviona izlažu opasnosti da budu oboreni pre nego što ih i otkriju.

Taktika vođenja borbe u vazдушnom prostoru protiv aviona stelt-tehnologije nije ni teorijski ni praktično razrađena. Fizionomija i način vođenja borbe između lovačkih aviona sadašnje generacije (dakle, aviona koji ne mogu biti potpuno svrstani u avione niske, već samo smanjene primetljivosti) i aviona stelt-tehnologije razlikovaće se od fizionomije i načina vođenja borbe između aviona iste – stelt-tehnologije. U prvom slučaju, ukoliko pilot lovačkog aviona, primenom određenih taktičkih postupaka, spreči da bude prevremeno otkriven,

odnosno obezbedi da do međusobnog otkrivanja avionskim radarima dođe gotovo istovremeno, može se pretpostaviti da bi se borba u vazдушnom prostoru vodila na malim odstojanjima – bila bi bliska i manevarska. Ako bi daljina otkrivanja, odnosno hvatanja cilja bila u granicama do 20–25, odnosno 15 km, tada bi najverovatnije bila isključena borba u susretnim kursevima i morali bi se izvoditi odgovarajući manevri u horizontalnoj i vertikalnoj ravni radi dovođenja svog aviona u položaj za lansiranje raketa. U svakom slučaju, za presretanje aviona stelt-tehnologije biće potrebne jače snage lovačke avijacije (veći broj aviona) nego u slučaju presretanja konvencionalnih aviona. Naime, biće potrebno da lovački avioni lete na manjem međusobnom udaljenju kako bi stvorili neprekidno radarsko polje, pa će stoga i biti potreban veći broj aviona za pokrivanje određene zone verovatnog naleta protivnikovih aviona stelt-tehnologije. Osim toga, lovački avioni će morati biti raspoređeni (ešelonirani) po visini i dubini, takođe na manjim udaljenostima, što zahteva veći broj aviona za zatvaranje određenog dela vazdušnog prostora.

Borba u vazдушnom prostoru između aviona stelt-tehnologije, na sadašnjem stepenu razvoja avionskih radara i vođenih raketa vazduh-vazduh, bila bi u većini slučajeva bliska i manevarska. Takvu borbu bi vodio, na primer, novi američki lovac *F-22*, za kojeg stručnjaci tvrde da ima sto puta manju efektivnu odraznu površinu od lovaca tipa *F-15* i *F-16*.

Na osnovu rezultata usavršavanja postojećih i razvoja novih elektronskih sistema (avionski radari, njihovi računari, pokazivači i slično) i vazduhoplovnog naoružanja, pre svega vođenih raketa vazduh-vazduh različitog dometa i sistema vođenja, može se sa sigurnošću pretpostaviti da će u dogleđnoj budućnosti lovački avioni biti opremljeni novim radarima i novim raketama znatno većih mogućnosti. To može povećati daljinu otkrivanja aviona stelt-tehnologije, odnosno smanjiti minimalnu potrebnu daljinu za uspešno dejstvo vođenim raketama u susretnim kursevima (u čelo). Kao posledica toga, u fizionomiju i način vođenja borbe u vazдушnom prostoru između aviona stelt-tehnologije bile bi unete znatne promene: borba bi se vodila na malim i srednjim udaljenostima, pri svim rakursima, u velikom opsegu visina i brzina leta. Sve bi to trebalo da poveća verovatnoću uništenja aviona niske primetljivosti.

Zaključak

Razvoj i uvođenje u naoružanje aviona i drugih letelica stelt-tehnologije nametnuli su potrebu za iznalaženjem sredstava i metoda za njihovo otkrivanje i uništenje. Veoma niska primetljivost takvih letelica za radarska, infracrvena, optička i akustička sredstva uslovljava preduzimanje i primenu specifičnih tehničkih, taktičkih i organizacijskih mera i postupaka pri organizovanju i izvođenju zaštite objekata na zemlji i u vazдушnom prostoru od izviđanja i vatrenog dejstva letelica stelt-tehnologije.

Brojna i dugotrajna ispitivanja na zemlji i u vazдушnom prostoru i dosadašnja praksa, iako oskudna, pokazali su da se problem otkrivanja i praćenja letelica niske primetljivosti najefikasnije rešava primenom kompleksnih mera kojima se neutrališu prednosti mnogih komponenata stelt-tehnologije, pre svega radioapsorpcionih materijala. Rešenje se vidi u razvoju radara sa većim energetske potencijalom, višim kvalitetom obrade signala, većom osetljivošću prijemnika i principijelno novih sredstava i sistema za otkrivanje i praćenje ciljeva u vazдушnom prostoru.

Povećanje verovatnoće uništenja letelica niske primetljivosti uslovljeno je obezbeđenjem pravovremene i pouzdane informacije o njihovim koordinatama u vazдушnom prostoru, automatizacijom svih operacija sve do potpunog isključenja funkcija čoveka – operatera (skraćivanjem vremena reagovanja borbenih sistema PVO), izborom najpogodnijeg borbenog sredstva za dejstvo, primenom visokoefikasnih vođenih raketa klase zemlja-vazduh i vazduh-vazduh, kao i razradom novih taktičkih postupaka i tehničkih i organizacijskih mera, i drugo.

S obzirom na mala iskustva iz borbene upotrebe letelica stelt-tehnologije u ratnim dejstvima, vojnim stručnjacima, očigledno, predstoji mukotrpan posao da predvide fizionomiju i razrade taktiku borbe protiv njih. Na povoljan ishod te borbe svakako će uticati ubrzani razvoj radarskih, infracrvenih i drugih sredstava za otkrivanje i praćenje ciljeva u vazдушnom prostoru, artiljerijskih i raketnih sistema PVO i lovačkih aviona nove generacije, uključujući i njihovu elektronsku opremu i raketno vođeno naoružanje. Vreme će pokazati ko će u toj borbi postići prednost – letelice stelt-tehnologije ili sredstva za njihovo otkrivanje i uništenje.