Plukovník v zál. prof. Ing. Václav Lhotský, CSc.

ZJIŠŤOVÁNÍ A SLEDOVÁNÍ RADIOLOKAČNĚ „NEVIDITELNÝCH" LETOUNŮ VE VZDUCHU

Patrně není nic zvláštního na tom, že snaha po vynalézání způsobů, jak čelit možnostem radiolokačních prostředků je časově téměř shodná se vznikem radiolokace samotné. Ve vojenství je to konec konců jev dosti obvyklý. Zdánlivě spletité vazby a souvislosti mezi různými útočnými, obrannými, aktivními či pasívními systémy a protisystémy mají své zákonitosti dané „životní" potřebou okamžitě nalézat na každý nový prostředek ozbrojeného zápasu přiměřený protiprostředek, určitý systém protiopatření atp. Následkem je skutečnost, že žádný z nově vznikajících zbraňových či zabezpečovacích systémů ve vyzbrojování armád si nepodržuje převládající postavení na dlouhou dobu. Tak či onak, je „doháněn" určitým svým „ekvivalentem", který jej v nemálo případech i předčí. V podmínkách soudobého vědeckotechnického rozvoje se dočasně vznikající „mezery" mezi těmito vojenskotechnickými akcemi a reakcemi stále více zúžují a poměrně rychle zaplňují. Nejinak tomu bylo a nadále je u tzv. klasické radiolokace, založené na vyslání, odrazu a příjmu mohutné elektromagnetické energie.

Hned od svého počátku byla radiolokace doprovázena zkoumáním a vynalézáním výkonných rušících prostředků a souběžně s tím i systémů různých organizačních a technických ochran, které mají za úkol efektivnost bojového použití radiolokátorů podstatně snižovat. Jednou z nich je užití tzv. technologie STEALTH (tajnost, skrytost, nepozorovatelnost) uplatněné v konstrukci speciálních letounů, které jsou s určitou nadsázkou a pojmovou nepřesností všeobecně nazývány „radiolokačně neviditelnými". Není bez zajímavosti, že praktické uplatnění tohoto způsobu snižování demaskujících příznaků letících bojových prostředků se z důvodu technologických složitostí stává reálným až v době, kdy jsou v zárodku už novější systémy, do určité míry překonávající původní (klasickou) radiolokaci a schopné alespoň částečně eliminovat účinnost této „poslední a nejdokonalejší" radiotechnické ochrany.

Jaký je v tomto směru reálný stav, resp. jaké jsou možnosti zjišťování a sledování těchto vzdušných objektů, je předmětem mého článku. Nejdříve

chci čtenáře seznámit s některými základními otázkami, které jsou spojeny s vývojem a podstatou technologie STEALTH.

Teoretické a experimentální práce na použití různých speciálních nátěrů pohlcujících (úplně nebo částečně) dopadající elektromagnetickou energii od radiolokátoru se rozbíhají v těsném časovém sledu za bouřlivým rozvojem radiolokace, a to prakticky ihned po skončení druhé světové války. Musím ale podotknout, že část těchto prací má své počátky již v průběhu válečných událostí.

Z hlediska účinného pohlcování elektromagnetické energie přicházely v úvahu čtvrtvlnné ($\alpha/4$) vrstvy s vodivou fólií, která měla poměrně malou tloušťku, avšak byla silně selektivní. Již v padesátých letech byly ve vývoji nátěry zhotovované z magnetických a keramických látek s příslušnými vhodnými pojivy. Vyznačovaly se poměrně velkou odolností vůči tepelným a chemickým vlivům. Dále to byly absorbční nehomogenní vrstvy složené z útlumových organických látek a hliníkového prachu o různé zrnitosti. Tyto vrstvy způsobovaly 95 % ztráty elektromagnetické energie v pásmu $\alpha = 1-3$ cm. Podobný typ obsahoval rostlinná a živočišná vlákna s hliníkovým prachem a tuhou, který byl rozpuštěn v roztoku gumy. Absorbční účinnost ve vlnovém pásmu $\alpha = 0{,}86$ až 12 cm byla rovněž 95 %. Látka byla odolná proti mechanickým a klimatickým vlivům, avšak měla velkou nevýhodu ve snadné zápalnosti. Společným nedostatkem všech těchto látek byla jejich poměrně velká hmotnost a tím i potřebná síla vrstvy. Proto se vývoj začal ubírat další cestou a sice neabsorbovat pouze dopadající zařízení, ale rozptýlit je do různých směrů mimo vzdušný cíl. Je vyvíjena snaha zkonstruovat za tímto účelem letoun s vlivným povrchem, kde by jednotlivé drážky odpovídaly různým vlnovým délkám radiolokátorů, a ty by byly vyplněny pevnou absorbční hmotou. Proto byl tak úkol formulován, aby odrazy ve směru ke zdroji záření byly podstatně sníženy na vlnové délce 15 cm a téměř úplně odstraněny na vlnových délkách kratších.

Vývoj rozptylových a rozptylově absorbčních látek, příznačný pro šedesátá léta byl současně provázen požadavkem, aby takováto verze letounu nešla na úkor jeho aerodynamických vlastností. Svým způsobem zde šlo o určitou předzvěst zrodu nové technologie STEALTH, k níž se vývojem dospělo až v sedmdesátých letech. V této době je již zaznamenán nový komplexnější pohled na tento problém a jeho řešení se projevuje v prvých praktických krocích vedoucích ke konkrétní konstrukci „radiolokačně neviditelných" letounů. V tomto období se braly ohledy ještě jak na celkový tvar, tak i na velikost letounu, druhu materiálů, z nichž měl být zhotoven, včetně použitých nátěrů i vnitřního vybavení.

Zeslabení intenzity odráženého radiolokačního signálu je docilováno změnou konstrukce těch prvků a částí letounu, které se při ozáření mohou chovat obdobně jako tzv. koutové odrážeče, tzn. že při určité poloze letounu soustřeďují elektromagnetickou energii právě do směru jejího vyslání.

Patří sem především dosud používané vstupy vzduchu pohonných jednotek a jejich upevnění na křídlech, tím prakticky i všechny vertikální výstupky na povrchu letounu. Proto se u přívodů vzduchu k pohonným jednotkám letounů typu STEALTH upřednostňují zaoblené kuželovité tvary se speciálními vnitřními přepážkami, které zeslabují, resp. tlumí radiolokační paprsek. Přímým zapuštěním pohonných jednotek do křídel se sleduje odstranění ostrých hran v celkovém profilu letounu. Ke snížení intenzity radiolokačního signálu slouží i plynulý přechod křídla do trupu letounu po celé jeho délce. Ke snížení efektivní odrazné plochy směřuje i umístění výzbroje, a to buď přímo v trupu, nebo v jeho prohlubních s aerodynamickými kryty případně ve speciálních kontejnerech, tvarově navazujících na trup letounu.

Celkově lze letoun typu STEALTH charakterizovat jako letoun zploštělého tvaru, s minimálním bočním a čelním profilem, křídla a trup tvoří jeden celek, letoun má malorozměrné vertikální stabilizační a ovládací prvky, pohonné jednotky se vstupy vzduchu jsou zapuštěné do křídel a převážná část výzbroje je umístěna v trupu letounu. Tyto zásahy do konstrukce letounu se však negativně projevují ve zhoršení jeho stability a ovladatelnosti ze letu. V důsledku toho musí být v náročnějších letových situacích řízen počítačem (automaticky).

Za perspektivní způsob pohlcení nebo útlumu radiolokační energie se považuje použití různých kompozitních materiálů, mezi než patří např. uhlíkové termoplasty. Ty jsou složené z plátů uhlíků ukládaných do speciální matrice, kde se vypalují a postupně pokrývají dalšími vrstvami. Takto získaný materiál je velmi pevný, vysoce tepelně odolný a dobře pohlcuje elektromagnetické záření. Používá se především v konstrukci výstupních trysek pohonných jednotek. K pohlcení elektromagnetické energie na náběžných a zadních hranách křídel se používá speciální „srstnatý" potah. Tato „srst" z útlumových materiálů může mít různé tvary, např. ostroúhlé pyramidky s aerodynamickým pokrytím apod. V této souvislosti není bez zajímavosti, že při použití různých kompozitních materiálů např. z bóru a plastu zůstává u některých typů těchto letounů pouze 5 % kovových součástek.

Dalším opatřením, počítajícím už s jistou perspektivou, je i potlačování infračerveného záření letounů. Mezi hlavní zdroje tohoto vyzařování patří výstupní trysky pohonných jednotek, samotné pohonné jednotky a povrch letounu, zahřívaný při průletu atmosférou. Snížení intenzity infračerveného záření se dociluje ochlazováním výstupních plynů, předáváním tepla motorů do okolního vzduchu bez směrových účinků a použitím speciálních povlaků, které zmenšují tření obtékajícího vzduchu.

Zvlášt důležitým problémem je snižování elektromagnetického záření, jehož zdrojem je palubní elektronika letounu, zejména pak jeho anténní systém. Nejúčinnějším opatřením je zde maximální omezování vysílacího režimu. U trvale pracujících prostředků se řeší jejich umístění tak, aby

propojovací přívody byly co nejkratší. Rádiové prostředky jsou nahrazovány infračervenými, nebo laserovými. Navádění letounů je zabezpečováno družicovými naváděcími systémy. U zařízení často pracujících v aktivním režimu se přísně sleduje omezení jejich výkonu vzhledem k potřebným dosahům, a to výraznější směrovostí, zvýšením citlivosti a potlačováním vnitřních šumů. Nežádoucí vyzařování propojovacích kabelů je snižováno širším použitím vláknitých optických vodičů, ve větší míře jsou používány stínící kryty anténních systémů atd.

Pro ztížení zjištění těchto letounů protivníkem mají být rovněž vybavovány dalšími systémy radioelektronického boje (pasivními prostředky, klamnými rušiči atp.).

Pozoruhodné rovněž je, že zkušenosti získané z konstrukce těchto speciálních prostředků mají být uplatněny v inovačních vývojových programech všech dalších druhů vojenského letectva. Tato skutečnost na druhé straně do značné míry poznamenává dosavadní organizaci PVO, a to jak po technické, tak i operačně taktické stránce.

Reálné možnosti zjišťování a sledování letounů konstruovaných podle technologie STEALTH a jejich vliv na organizaci PVO

Jak jsem napsal již v úvodu, jsou dříve uvedené přednosti speciálních letounů typu STEALTH velmi pečlivě sledovány a jejich zavádění je takřka vzápětí doprovázeno zintenzívněním výzkumných prací v oblasti příslušných protiopatření. Při respektování vzájemných závislostí je možné tyto závislosti rozdělit zhruba na výlučně technická a operačně-taktická.

Hlavním opatřením z nich je soustředění pozornosti na prodlužování vlnových délek radiolokátorů, které mají všeobecně větší vyhlídky na zachycení těchto „neviditelných" letounů. Využívají známé rezonace elektromagnetické vlny, ke které dochází, jestliže její délka přibližně odpovídá rozměrům letounu nebo některých jeho výraznějších částí. V tomto případě dochází k jakémusi „vzkypění" (zesílení) radiolokačního signálu, který může být snadněji pak zachycen. Přestože letouny typu STEALTH jsou konstruovány tak, aby byly zbaveny tohoto rezonančního efektu, mohou být spolehlivě vedeny např. zahorizontálními radiolokačními stanicemi pracujícími na velmi dlouhých vlnových délkách (až 30 m a s frekvencí okolo 10 MHz). Použití těchto radiolokátorů současně snižuje efektivnost dalšího komponentu technologie STEALTH, tj. radioabsorbčního materiálu. Většina těchto materiálů totiž obsahuje „aktivní prvek", v němž se ozářením budí elektrony a mění molekulární struktura. Vysokofrekvenční energie sondujícího signálu radiolokátoru pak nutí elektrony orientovat se jedním a vzápětí druhým (opačným) směrem. Strukturou kmitajících molekul materiálu je část energie pohlcována. Při prodloužení vlnové délky a snížení frekvence radiolokačního signálu se kmitání molekul zpomaluje a absorbční schopnost materiálu se tak zmenšuje.

Závažným nedostatkem těchto zahorizontálních radiolokátorů jsou značné rozměry antén, celková objemnost zařízení, tím i omezené manévrovací schopnosti, ale hlavně pak nepřesnost v určování souřadnic vzdušných cílů. Proto hlavním úkolem těchto radiolokátorů je výstraha o počátku resp. nebezpečí vzdušného napadení.

K vyhledávání vzdušných cílů s malou efektivní odrazovou plochou mohou být použity tzv. **bistatické (dvoupoziční) radiolokátory, složené z odděleného rozmístění vysílače (pozemního nebo kosmického) a pozemního přijímače.** Pokud je elektromagnetická energie dopadající na letoun STEALTH odváděna stranou od směru vyzařovacího zdroje, pak přijímač může tuto energii zachytit bez větších ztrát, avšak za cenu složitějšího technického zabezpečení synchronizace práce mezi vysílačem a přijímačem. Tímto, zdánlivě jednoduchým způsobem lze vyhledávat cíle pouze v určitém vymezeném prostoru, čímž vznikají poměrně značné nároky na sestavení souvislého radiolokačního pole, diagramu činnosti a režimu snímání. Podle údajů zahraniční literatury jsou rozpracovány a experimentálně ověřovány i další varianty **„rozptýlené radiolokace"**, např. systém několika přijímačů synchronizovaných jedním vysílačem apod. Všeobecně zde platí, že rozptylem průzkumných prostředků se pravděpodobnost zachycení těchto cílů bude vždycky zvyšovat.

V poslední době je koncepčně rozpracována a laboratorně vyvíjena speciální radiolokační stanice typu „ANTI-STEALTH". Tento radiolokátor může neutralizovat absorbční schopnost speciálních nátěrů, danou změnami ve struktuře materiálu pod vlivem vysokofrekvenčního ozařování. Jestliže jsou impulsy radiolokátoru zbaveny vysokofrekvenčního zaplnění a navíc jsou přibližně zformovány do pravoúhlého tvaru, pak k efektu jejich pohlcení nedochází. Publikované výsledky experimentů ukazují, že dva hlavní typy absorbčních materiálů (dielektrický a magnetický) oslabují tyto nezaplněné impulsy celkem neznatelně. I když existující prototypy těchto radiolokátorů vykazují zatím velmi nízkou úroveň středního výkonu a dosahu (řádové desítky metrů), není podle mínění zahraničních odborníků problém zvýšit výkon vysílače na hodnoty potřebné pro zjišťování letounů. Oproti klasické lokaci jsou u těchto „impulsně nezaplněných" radiolokačních stanic podstatné rozdíly v konstrukci přijímače, kde není možné využít Dopplerova efektu a musí být zavedeny speciální systémy pro kódování a dekódování impulsů.

Zatím daleko nejlepší předpoklady pro zachycení tzv. radiolokačně neviditelných letounů mají prostředky tzv. pasívní lokace, které využívají vnějšího elektromagnetického projevu těchto cílů. Přestože letouny typu STEALTH jsou uzpůsobeny k maximálnímu snížení elektromagnetického záření, nelze je v tomto ohledu považovat za nezjistitelné. Reálné možnosti jsou zde dány především citlivostí přijímačů komplexů radiotechnického průzkumu (KRTP). Obdobné předpoklady mají i průzkumné prostředky

jednotek REB. V této souvislosti má zvlášť důležitý význam automatizované propojení těchto pasívních systémů na prostředky aktivní radiolokace s cílem jejich bezprostředního navedení na tyto vzdušné objekty. Z aktivních prostředků je účelné především využívat radiolokátory metrového a decimetrového vlnového pásma, vybavené popřípadě příslušným optoelektronickým zařízením. Pravděpodobnost zjištění lze rovněž zvyšovat sektorovým režimem snímání a snížením otáček antény. Vedle radiotechnického a radiolokačního průzkumu má svůj význam i rádiový a agenturní průzkum vzdušného protivníka, který taktéž může poskytnout určité údaje o pohybu cílů, zvláště na vzdálených přístupech.

Při výčtu průzkumných prostředků nelze opomenout ani jisté možnosti doplňující vidového průzkumu (pozemního, případně vzdušného), který při radionálním plošném (či prostorovém) uspořádání může být rovněž nezanedbatelným zdrojem informací o polohách těchto „neviditelných" cílů.

Z naznačených možností, převážně technického rázu, je zřejmé, že tyto „skryté" cíle mohou být pravděpodobně zjišťovány především na velkých vzdálenostech, budou patrně ztráceny nebo přerušované vedeny na středních délkách s následně možným zachycením na bezprostředních přístupech k bráněným objektům. Proto možnosti jejich zjišťování a „plynulého" sledování budou limitovány i stupněm dokonalosti celkové organizace PVO. K ní vedle vlastní výzbroje přednostně přispívá i bojové použití automatizovaných systémů velení (ASV), zabezpečujících automatizovaný sběr a zpracování informací o pohybu všech vzdušných objektů. V našem případě je důležité plně využívat pamětí počítačů ASV a možností prognózování dalšího kursu letu těchto cílů k jejich opětnému zachycení aktivními radiolokačními prostředky. Prostřednictvím ASV lze také dosáhnout už zmiňovaného automatizovaného propojení pasívního lokačního systému na prostředky „klasické" radiolokace. Do komplexu organizačních opatření v rámci PVO bude dále nepochybně patřit i dovedné využití průzkumných prostředků různého technického složení a operačně-taktického určení. V této souvislosti se ukazuje účelným organizovat na pravděpodobných náletových směrech systém soustředěného sektorového vyhledávání, který byl aktivován na základě údajů dalekého průzkumu. V každém případě je třeba zajistit bezprostřední průnik informací o situaci ve vzduchu k nadřízeným stupňům velení. Vedle úzké centralizace průzkumu je nutné stejný důraz dávat na decentralizované vyhledávání těchto „nepozorovatelných" cílů spolu se zabezpečením spolehlivé součinnosti mezi různými průzkumnými silami a prostředky. Z operačního hlediska má při řízení průzkumných prostředků zvláštní význam včasné zjištění, resp. posouzení nebo odhad zámyslu použití těchto „utajovaných" letounů protivníkem. Nezastupitelné místo v celkovém průzkumném a informačním procesu má vysoká vycvičenost obsluh přístrojů a připravenost velitelů a štábů včas a správně hodnotit

vzdušnou situaci, přenést úsilí průzkumných prostředků na nejvíce ohrožené směry, využít výsledků průzkumu součinnostních vojsk, včas aktivovat skrytý průzkumný systém, zasadit potřebné zálohy atd.

□

Závěrem nezbývá než poukázat na to, že stručné shrnutí možností zjišťování a sledování tzv. radiolokačně neviditelných letounů není jistě vyčerpávající, zvláště vezmeme-li v úvahu, že práce v tomto směru jsou přísně utajovány a nepochybně budou urychlovány. Přesto obsah mého článku snad dosti prokazatelným způsobem naznačuje, že tzv. **radiolokační neviditelnost má svoje relativně vymezené hranice**. I když zjišťování těchto cílů je podstatně ztížené, jeví se principiálně možným a navíc různé cesty řešení tohoto problému obsahují zcela reálné naděje a perspektivy dalšího rozvíjení. Jsou mimo jiné dokladem neustále se prostupujících tendencí ve vyzbrojování a vybavování nynějších moderních armád, které, pokud tyto armády budou existovat, nemůže být prakticky nikdy ukončeno. V každém případě je použití letounů technologie STEALTH dalším z vážných momentů, jež činí organizaci soudobé PVO mnohem složitější a kladou na ni kvalitativně nové nároky a požadavky. Je však opodstatněné očekávat, že postupem času budou možnosti vyhledávání a sledování „neviditelných" letounů nadále vzrůstat. V souladu s naším úvodním tvrzením je však na druhé straně nutné počítat i se souběžným přehodnocováním a zdokonalováním dosavadních koncepcí a programů této nové technologie v konstrukci vojenských letounů. Tím více je proto třeba předpokládat, že v článku nastíněné možnosti a prostředky nenahrazují současné průzkumné systémy, ale do jisté míry je pouze doplňují a rozšiřují.

□ ■ □