

# STÍHACÍ LETECTVO PROTI ŘÍZENÝM STŘELÁM S PLOCHOU DRÁHOU LETU

Řízené střely s plochou dráhou letu (RS PDL) představují novou generaci bezpilotních prostředků vzdušného napadení, které se zásadně odlišují od všech předchůzců v tom, že:

- mohou působit do velké hloubky nepřátelského území,
- mají poměrně nevelkou rychlost letu,
- jsou schopné měnit výšku, rychlost a dokonce i směr letu,
- mají velkou přesnost nalétání na objekt úderu,
- jsou schopné samostatně opravovat trať letu.

Bojová činnost stíhacího letectva proti těmto střelám je spojena s určitými těžkostmi, které vyplývají ze způsobu jejich použití: letí v malých a přízemních výškách s proměnným profilem letu, mají malé rozměry a jsou používány hromadně.

Let v malých a přízemních výškách je má chránit před účinností našich prostředků PVO. Nemůžeme si však představovat, že tyto prostředky v podmínkách našeho pahorkatého území poletí ve výškách 20 až 30 m nad terénem. Hlavní typy řízených střel mají poměrně nízké manévrovací schopnosti omezené přetížením  $n_y = 2-4$ . To je zdůvodňováno poměrně vysokým plošným zatížením (až  $1500 \text{ kg/m}^2$ ), které ztěžuje jak manévrování ve vertikální rovině, tak i rychlost. Malé hodnoty povoleného přetížení si vynutí velké polo-měry zatáček (až  $R = 2900 \text{ m}$ ) a pokles

rychlosti letu a tím ztíží ovládnutí. Skutečnost je taková, že při působení na západním a jihozápadním směru nebude možné, aby tyto prostředky vlivem jejich aerodynamických možností, rychlosti letu a tvaru terénu letěly níže než 200 až 300 m nad terénem. Pouze nad centrálními vyvýšeninami poletí ve své výšce 50 až 60 m. Je však nebezpečí, že jejich trať letu povedou přes prostory, které jsou v radiolokačním stínu. Proto jejich pozorování nebude souvislé.

Malé rozměry těchto střel jsou spojené s velikostí efektivní odrazové plochy pro jejich zjišťování radiolokátory a rovněž velikostí pozorované plochy při jejich zrakovém vyhledávání.

Efektivní odrazová plocha je číselným ukazatelem odrazových radiolokačních vlastností cíle, číselná hodnota je závislá na geometrických rozměrech a tvaru cíle, kvalitě povrchu cíle, směru ozáření a odrazových vlastnostech.

Velikost efektivní odrazové plochy je  $0,08-1 \text{ m}^2$ . Nevelký rozměr odrazové plochy způsobuje malé vzdálenosti zjištění i jejich přerušované, nesouvislé vedení v závislosti na změně úhlu, pod kterým tyto střely pozorujeme.

Stíhací letectvo se bude s těmito cíli střetávat:

- po navedení z pozemních nebo vzdušných naváděcích stanovišť,
- po samostatném vyhledání.

**Navedení** na řízené střely je vlivem jejich malé vzdálenosti radiolokačního vyhledávání a nespojitelného vedení značně složitější. Klade vysoké nároky na tempo a přesnost navedení, které jsou podmíněny krátkou dobou letu střely v prostoru viditelnosti radiolokátoru (do 5 minut ve výšce 100 m) a malou vzdáleností jejich zrakového vyhledávání.

Předpokladem úspěšného navedení je kvalitní radiolokační informace. Ta by neměla snižovat přesnost navedení nepřetržitým plněním jednotlivých povelů piloty. Neměla by v dále převyšovat hodnotu 1,5 až 2 km a ve výšce 500 m.

Při navedení stíhačů bereme v úvahu tyto zvláštnosti:

- navedení bude probíhat za silného radiolokačního rušení,
- proběhne ve velmi krátkém čase,
- bude nutné navádět na minimální vzdálenost za cíl, aby jej pilot byl schopen vyhledávat zrakem,
- pro vyhledávání nebude snadné využít palubních radiolokátorů,
- pro lepší podmínky vedení stíhače a zvětšení možnosti vyhledávání cíle použít klesavých manévru,
- nebude nutné brát v úvahu taktické prvky zteče, radiotechnické rušení cíle a jeho obranné manévry.

Prvním hlavním požadavkem při navedení je, aby byl pilot vůči cíli naveden do takové polohy, odkud by mohl zrakem nebo pomocí technických prostředků na palubě letadla vyhledávat vzdušný cíl.

**Vyhledávání** RS PDL s použitím palubních radiolokátorů v malých a přízemních výškách je ztíženo a v některých případech nemožné. Střežnické radiolokátory RP-21 již podstatou své činnosti nezabezpečují vyhledávání vzdušných cílů ve výškách menších než 800–1000 m nad terénem. Proto u letadel vybavených tímto typem lokátoru bude hlavním způsobem vizuální vyhledávání.

Pouze nejmodernější stíhací letouny jsou vybaveny radiolokátory k vyhledávání

vzdušných cílů v malých a přízemních výškách. Tyto radiolokátory pracují systémem nepřetržitého vyzařování, který není tak citlivý na blízkost země a zabezpečuje vyhledávání vzdušných cílů i na jejím pozadí. Dálka vyhledávání vzdušného cíle je značně závislá na velikosti jeho efektivní odrazové plochy. U cílů o velikosti odrazové plochy 0,1 m<sup>2</sup> je 3–7 km. Dálka zachycení cíle s rozměrem odrazové plochy 0,1 m<sup>2</sup> nepřevyšuje 1,5–5 km.

Dálka zrakového vyhledávání RS PDL bude závislá na mnoha faktorech, z nichž mohou uvést:

- podmínky osvětlenosti,
- rozměry cíle,
- jak se maskovací nátěr shoduje s pozadím, nad kterým letí,
- fyziologické zvláštnosti lidského oka.

Limitujícími faktory při zrakovém vyhledávání RS PDL jsou nakonec rozměry cíle a fyziologické vlastnosti lidského oka. Ze zkušenosti víme, že lidské oko může rozeznávat objekt, jehož rozměry jsou větší než 1/500 vzdálenosti. Protože rozměry a plocha cíle se podle rakursu vyhledávání značně mění, bude se měnit i vzdálenost jejich zrakového vyhledávání.

Aplikujeme-li tento závěr na jednotlivé typy RS PDL, mohou být teoretické vzdálenosti vizuálního vyhledávání pod jednotlivými rakursy — viz **tabulku 1**.

Z tabulky 1 vyplývá, že pilot bude tyto cíle obtížně vyhledávat při nulových a blízkých k nulovým rakursům a při jejich vyhledávání již na ně nezaútočí vzhledem k malé vzdálenosti, která nezabezpečuje zteč z chodu. Hodnoty vzdáleností vizuálního vyhledávání jsou uvedeny pro normální povětrnostní podmínky a za předpokladu, že bezpilotní prostředky nebudou opatřeny maskovacím nátěrem.

Většina střetnutí s RS PDL bude po jejich samostatném vyhledávání. Pro samostatné vyhledávání se stíhačům přiděluje prostory o rozměru 30–40×15–20 km, které se volí na pravděpodobných směrech

**Tabulka 1**

| Typy RS PDL | Rakursy |     |      |      |      |
|-------------|---------|-----|------|------|------|
|             | 0/4     | 1/4 | 2/4  | 3/4  | 4/4  |
| ALCM        | 700     | 990 | 1600 | 2500 | 2900 |
| SLCM        | 500     | 965 | 1500 | 2400 | 2700 |

**Poznámka:** Pro výpočet dálky vyhledání při nulových rakursch bereme v úvahu kromě trupu 50 % rozpětí.

přeletu vzdušných cílů, kolmo na předpokládaný směr jejich letu.

Samostatné vyhledávání pomocí palubního radiolokátoru probíhá ve výškách menších než 1500 m po přechodu lokátoru na režim „MV“. Nejpriznivější podmínky pro vyhledávání cílů v tomto režimu činnosti na pozadí země jsou tehdy, když převýšení stíhače nad cílem nepřesahuje hodnotu 500 m. Se zvětšováním převýšení stíhačského letadla nad cílem klesá pravděpodobnost zjištění a zachycení cíle. Proto RS PDL, které poletí ve výškách 200–300 metrů je třeba vyhledávat ve výškách 700–800 m.

Výšku letu při zrakovém vyhledávání vzdušných cílů volíme v závislosti na jejich výšce letu a předpokládané dále zjištění. Tyto cíle budeme ze stíhačských letadel vyhledávat hlavně bočním sklem, kde úhel pozorování směrem dolů od horizontální roviny nepřevyšuje hodnotu 30°. Přepona trojúhelníku vytvářeného výškou letu a úhlem 30° by neměla převyšovat délku zrakového vyhledávání.

Rychlost letu stíhačských letounů při vyhledávání je vhodné volit 750–800 km.h<sup>-1</sup>. Tato rychlost příliš nezatěžuje pilota v ovládání letadla, umožňuje mu soustředit se na proces vyhledávání a zabezpečuje dostatečnou pružnost letadla při přechodu do zteče i vertikálním manévrem.

V prostoru samostatného vyhledávání jsou možné manévry: zatáčkou dvakrát o 180°, osmičkou, let po trojúhelníku a obdélníku. Každý z těchto manévru má své klady i zápory. Nejpožívanější budou manévry osmičkou a dvakrát o 180°, které jsou nejpraktičtější a které vykazují nejlepší hodnoty vyhledávání a přechodu do zteče.

Manévr osmičkou umožňuje rovnoměrné prohledávání celého prostoru a malá různost kursů mezi stíhačem a cílem (55°) při střetnutí dává vysokou pravděpodobnost přechodu do zteče. Je však složitější na techniku pilotáže.

Manévr zatáčkou dvakrát o 180° je jednodušší, avšak nezabezpečuje rovnoměrné prohledávání prostoru vyhledávání a

vlivem větších úhlů střetnutí klesá pravděpodobnost přechodu do zteče po vyhledání o 30 % vzhledem k možnostem při vyhledávání osmičkou.

Pravděpodobnost samostatného vyhledávání alespoň jednoho cíle je daná vzta-  
hem:

$$W_{vyhl} = 1 - e^{-S_1 \cdot N_c / S_2}$$

kde:  $S_1$  — plocha prohledávaná stíhačem při jednom průletu v prostoru vyhledávání,

$S_2$  — celková plocha prostoru vyhledávání,

$N_c$  — počet cílů v prostoru vyhledávání.

Plocha prohledávaná stíhačem  $S_1$  je závislá:

$$S_1 = L_{zji} \cdot V_{sbl} \cdot t_v$$

kde:  $L_{zji}$  — šířka prostoru vyhledávání pilotem během jednoho cyklu,

$t_v$  — doba jednoho cyklu prohledávání pilotem v daném prostoru,

$V_{sbl}$  — rychlost sblížení, která se rovná

$$V_{sbl} = V_S^2 + V_C^2 - 2 V_S \cdot V_C \cdot \cos \alpha$$

kde:  $\alpha$  — rozdíl kursů letu stíhače a cíle.

Při samostatném vyhledávání RS PDL v prostoru o rozměrech 30×15 km při rychlosti letu stíhače  $V_S = 900$  km.h<sup>-1</sup>, rychlosti letu cíle  $V_C = 800$  km.h<sup>-1</sup>, dále možného vyhledání 1–3 km, jedním a dvěma stíhači, jestliže se v prostoru vyhledávání bude nacházet jedna až čtyři střely, době jednoho cyklu prohledávání 2 min a úhlu střetnutí 60° je možné dosáhnout pravděpodobností vyhledávání ( $D_{vyhl} = 1000$  metrů) — viz **tabulku 2**.

Uvedené pravděpodobnosti vyhledávání ukazují na skutečnost, že vyhledávání jednotlivých malorozměrných cílů jednotlivými stíhači bude značně ztíženo. Jen zvětšení počtu stíhačů v prostorech samostatného vyhledávání poněkud zvyšuje tuto hodnotu.

**Tabulka 2**

| Počet stíhačů<br>v prostoru | Počet cílů v prostoru |      |      |      |
|-----------------------------|-----------------------|------|------|------|
|                             | 1                     | 2    | 3    | 4    |
| 1                           | 0,10                  | 0,18 | 0,25 | 0,33 |
| 2                           | 0,19                  | 0,33 | 0,45 | 0,55 |

Obdobně můžeme vypočítat údaje při jiných délkách vyhledávání.

Při vyhledávání proudů nepřátelských cílů, což bude pro použití RS PDL typické, kdy v prostoru vyhledávání mohou být současně 2–3 střely, bude pravděpodobnost vyhledávání alespoň jednoho cíle jedním stíhačem poměrně vysoká a při působení ve dvojicích bude dávat téměř praktickou jistotu, že při jednom průletu bude alespoň jeden cíl vyhledán.

Poměrně malé vzdálenosti vyhledání RS PDL při malých rakurách budou ztěžovat uskutečnění zteče z chodu. Zvláště s těmi prostředky ničení, které mají poměrně velkou minimální dálku střelby, nebude možné v první zteči vlivem malé vzdálenosti vyhledání zaútočit vůbec.

Zteč řízených střel s plochou dráhou letu má řadu zvláštností, k nimž patří malé rozměry cíle, malá výška letu a skutečnost, že cíl neprovádí obranné manévry, ani nenaruší elektronické prostředky na palubě letadla.

Pro použití řízených raket s tepelnou hlavicí samonavedení je jednou ze základních podmínek střelby zachycení cíle touto hlavicí. Vzdálenosti zachycení (v m) RS PDL hlavicí řízených střel R-3s a R-13M jsou přibližné — viz tabulku 3.

Zachycení RS PDL tepelnou hlavicí sa-

monavedení v přízemních výškách závisí nejen na síle tepelného záření cíle, ale i na síle rušivého infračerveného záření.

Hlavním zdrojem tohoto rušivého záření je odražená a rozptýlená sluneční radiace. Při horizontálním letu ve výškách kolem 300 m přichází rušivý signál nepřetržitě, avšak jeho síla není velká. Při letu ve výškách 100–200 m je zvukový signál působený terénem značný. Určení zvukového signálu od cíle je v horizontálním letu ztíženo a při ostře ohraňované čáře horizontu nemožné.

V každém případě je nevýhodné pokoušet se zachytit cíl v blízkosti jiných, teplotních zdrojů, např. slunce, průmyslových závodů, podél asfaltových cest, železničních tratí ozářených sluncem atd.

V malých výškách při střelbě řízenými raketami nedává pilotovi žádný přístroj signál povolené dálky odpálení, ani nevymezuje rozsah povolených dálek střelby. Dálku střelby může pilot zjišťovat odhadem, nebo pomocí mechanického dálkoměru, je-li to možné. Nesprávné určení dálky střelby může způsobit, že raketa buď cíl nedohoní — při větší dálce střelby, nebo jej dohoní a nebude mít odjištěn zapalovač — při menší dálce střelby.

**Tabulka 3**

| Typ rakety | q           |            |            |
|------------|-------------|------------|------------|
|            | 180°        | 170°       | 160°       |
| R-3s       | 710         | 580        | 550        |
| R-13M      | 1060 – 1420 | 880 – 1170 | 820 – 1100 |

**Tabulka 4**

| Dstf. v m | Počet raket |       |      |      |
|-----------|-------------|-------|------|------|
|           | 16          | 32    | 64   | 96   |
| 350       | 0,07        | 0,13  | 0,23 | 0,31 |
| 400       | 0,055       | 0,10  | 0,19 | 0,25 |
| 450       | 0,043       | 0,082 | 0,15 | 0,21 |
| 500       | 0,035       | 0,068 | 0,13 | 0,18 |
| 550       | 0,029       | 0,056 | 0,11 | 0,15 |
| 600       | 0,025       | 0,048 | 0,09 | 0,13 |

Tabulka 5

| Dstř. v m | Počet raket |       |      |       |
|-----------|-------------|-------|------|-------|
|           | 16          | 32    | 64   | 96    |
| 350       | 0,036       | 0,07  | 0,13 | 0,245 |
| 400       | 0,028       | 0,05  | 0,10 | 0,198 |
| 450       | 0,022       | 0,04  | 0,08 | 0,163 |
| 500       | 0,018       | 0,035 | 0,07 | 0,136 |
| 550       | 0,015       | 0,029 | 0,06 | 0,115 |
| 600       | 0,013       | 0,025 | 0,05 | 0,098 |

Tabulka 6

| Dstř. v m | Rakurs cíle |      |
|-----------|-------------|------|
|           | 0/4         | 1/4  |
| 100       | 0,66        | 0,48 |
| 150       | 0,44        | 0,27 |
| 200       | 0,30        | 0,17 |
| 250       | 0,21        | 0,11 |
| 300       | 0,15        | 0,08 |
| 350       | 0,11        | 0,06 |
| 400       | 0,09        | 0,05 |

Tabulka 7

| Dstř. v m | Rakurs cíle |      |
|-----------|-------------|------|
|           | 0/4         | 1/4  |
| 100       | 0,72        | 0,63 |
| 150       | 0,60        | 0,43 |
| 200       | 0,46        | 0,29 |
| 250       | 0,35        | 0,21 |
| 300       | 0,26        | 0,15 |
| 350       | 0,21        | 0,11 |
| 400       | 0,16        | 0,09 |

Účinnost letecké střelby na řízené střely s plochou dráhou letu bude značně závislá na přesnosti zamíření. Je to způsobeno malými rozměry těchto cílů.

Řízené rakety typu R-3s, R-13M a R-60 jsou při střelbě na tyto vzdušné cíle více závislé na intenzitě jejich tepelného záření než na jeho rozměrech. Rozměry budou však ovlivňovat počet střepin, které zasáhnou cíl při výbuchu rakety. Za podmínky, že hlavice rakety vybuchne ve vzdálenosti 9 m od cíle by střela zasáhla asi 10 střepin, což by bylo pro její zničení dostatečné.

Střelba kanóny a neřízenými raketami bude nejúčinnější střelba na řízené střely s plochou dráhou letu. Neřízené rake-

ty typu S-5M můžeme použít v počtu 16, 32, 64 a 96, a to jak salvou, tak automaticky. Při střelbě neřízenými raketami pod rakursem 0/4 můžeme dosáhnout pravděpodobnosti zničení — viz **tabulku 4**.

Při střelbě neřízenými raketami typu S-5M pod rakursem 1/4 můžeme očekávat pravděpodobnosti zničení — viz **tabulku 5**.

Při střelbě na RS PDL z letadla MiG-21F-13 kanónem NR-30 můžeme počítat s hodnotami pravděpodobnosti zničení (za podmínek  $\eta = 14, \omega = 1,3$ ) — viz **tabulku 6**.

Při střelbě z kanónu GŠ-23 z letadla MiG-21MF, MiG-23 za podmínek  $\eta = 54$  a  $\omega = 2,5$  můžeme očekávat pravděpodobnost zničení — viz **tabulku 7**.

Z rozboru je zřejmé, že velmi účinnou výzbrojí při ničení RS PDL v přízemních výškách bude hlavně kanónová výzbroj. Při střelbě touto výzbrojí z minimálních dálek 100–300 m je pravděpodobnost ničení poměrně vysoká. Ukazuje se však, že střelba kanóny ze vzdálenosti větší než 400 m je málo účinná.

Použití řízených střel, a to pouze R-13M, proti RS PDL je možné jen ve výškách větších než 300 m, kde je pilot schopen na podkladě rušivých tónů od ostatních tepelných zdrojů vydělit tón působící vzdušným cílem. Střelba ve výškách menších než 300 m je ztížena a je téměř nemožná. Ani použití chlazení citlivých prvků hlavice rakety neřeší tento problém.

Neřízené rakety typu S-5M jsou velmi účinným prostředkem pro ničení bezpilotních letadel, vždyť jeden zásah stačí pro jejich zničení. Avšak malé rozměry střely a poměrně velká minimální vzdálenost střelby způsobují velký rozptyl a malou pravděpodobnost zásahu.

Vyjítí ze zteče je nutné energickým manévrem směrem od cíle. Zasažení cíle střepinami raket i kanónovými střelami ve většině případů (snad výjimečně) nemůže způsobit výbuch jaderné nálože.

Při střelbě řízenými raketami R-13M a R-3S, kdy dálka střelby bude 1000 m a více, potřebuje raketa pro přilet k cíli 3–4 s. Za předpokladu, že RS PDL poletí v našem terénu ve výšce 300 m a obvykle způsobují poškození ocasních ploch, zapříčiní pozvolný pád střely na zem, který může trvat 3–4 s. To umožní pilotovi, aby se v tomto okamžiku nacházel ve vzdálenosti asi 2000 m od místa dopadu, což ho chrání před tepelným zářením pumy a tlaková vlna ho zastihne ve vzdálenosti 5000 m od místa dopadu ( $V_c = 800 \text{ km.h}^{-1}$ ,  $V_s = 900 \text{ km.h}^{-1}$ ), kdy její účinek na letoun nebude již tak velký (u 100 kt).

Složitější situace je po střelbě z kanónů, kdy se pilot nachází ve vzdálenosti jen

800 m od místa dopadu a tlaková vlna ho zastihne ve vzdálenosti asi 4000 m od místa výbuchu ( $V_c = 800 \text{ km.h}^{-1}$ ,  $V_s = 850 \text{ km.h}^{-1}$  a  $D_{stř} = 200 \text{ m}$ ).

Lepší podmínky pro vzdálení se od místa výbuchu jsou při zteči střel pod určitým rakursem.

RS PDL můžeme ničit podle dvou základních variant:

První varianta — ničení střel nad nepřátelským územím nebo nad vlastním územím v blízkosti čáry dotyku. Je to varianta nevýhodnější a je spojena s maximální bezpečností pilota i s minimálním ohrožením pozemních objektů. Je to proto, že jaderná nálož po dopadu nevybuchne, neboť zapalovače této nálože budou nad vlastním (nepřátelským) územím a po určitou dobu i nad naším zajištěné. Doba zajištění zapalovačů nad naším územím bude taková, aby výbuch jaderné nálože střely neohrozil vlastní vojska. Vzdálenost výbuchu od státní hranice (čáry dotyku) může být v závislosti na kilotonáži až několik desítek kilometrů.

Tato varianta činnosti je náročná na včasnost upozornění na přilet těchto prostředků, ale i na dostatečné umlčení nepřátelské PVO v tomto prostoru.

Druhá varianta — ničení těchto prostředků v určených pásmech nad vlastním územím. Je skutečností, že RS PDL nebudou působit na objekty umístěné v malé hloubce státního území (nebo blízko čáry dotyku), a proto není třeba po jejich vyhledání s jejich ničením pospíchat. Zvláště ne tehdy, když by RS PDL po dopadu mohly způsobit velké škody. Proto bude vhodné v prostoru bojové činnosti vymezit pásma o šířce 25–30 km, v jejichž rozsahu RS PDL ničit. Těchto pásem podle možností na náletovém směru vytvořit několik, odstupovat je do hloubky tak, aby piloti nemuseli dlouho čekat na vletnutí do nich. Tato pásma podle možností volit v horském prostoru, kde výbuchy střel způsobí nejmenší škody.

Bojová činnost stíhacího letectva proti RS PDL bude probíhat v rámci vzdušných a protivzdušných operací a při obraně pozemních vojsk a důležitých objektů státního území.

Při vedení bojové činnosti proti těmto střelám bereme v úvahu některé zvláštnosti, které tuto činnost ztěžují. Je to jednak skutečnost, že střetnutí s těmito střelami bude víceméně náhodný proces, který ne vždy musí skončit ztečí. Malá vzdálenost vyhledání těchto cílů nebude vždy zabezpečovat uskutečnění zteče z chodu s použitím všech druhů výzbroje. Boj s těmito prostředky bude klást vysoké nároky na připravenost létajícího personálu, který se musí podílet na vzniku situace samostatně rozhodovat a plnit úkoly s maximální iniciativou a rozhodností. Proto bude nutné již v mírové době naučit piloty vyhledávat malorozměrné vzdušné cíle, které letí v přízemních výškách s poměrně velkou rychlostí, odhadovat vzdálenost k nim, přesně zaměřovat všemi druhy zaměřovačů. Jen tehdy budou schopni úspěšně plnit tyto úkoly ve skutečném boji.