

POUŽITÍ DÝMU A AEROSOLŮ K OCHRANĚ PROTI VYSOCE PŘESNÝM ZBRANÍM

Reaguji na článek pplk. Ing. Jana Mesteka uveřejněný ve *Vojenské mysli* č. 6/1990 **K ochraně proti vysoce přesným zbraním**, abych pomohl širokou oblast použití dýmů a aerosolů proti VPZ ozřejmit čtenářům našeho časopisu.

Čím dokonalejší a účinnější jsou zbraňové systémy, tím složitější a náročnější je ochrana proti jejich ničivým účinkům. V současné době je mimořádná pozornost vojenských odborníků zaměřena na tzv. vysoce přesné zbraně. Podle některých názorů se jedná o taktické a operačně taktické řízené nejaderné zbraně, u nichž dochází k takovému spojení bojového náboje a přesnosti působení na maximální vzdálenost jeho dosahu, které zabezpečuje zničení konkrétně určeného cíle prvním výstřelem s pravděpodobností ne menší než 0,5. Jedná se tedy o velmi široké spektrum zbraňových systémů, které jsou již zavedeny ve výzbroji vojsk.

Mezi důležitá **pasivní opatření ochrany proti působení vysoce přesných zbraní patří použití dýmu a aerosolů**. Podle Bojového řádu pozemního vojska spadají k chemickému zabezpečení, ale i do oblasti maskování a je zařazováno i mezi opatření radioelektronického boje. Z uvedeného výčtu je zřejmé, že **používání dýmu a aerosolů je považováno za nedílnou součást bojového zabezpečení**. V podmínkách soudobého boje může být účinné tehdy, jestliže budou mít dýmové clony odpovídající maskovací schopnost vůči elektromagnetickému záření, využívanému u vysoce přesných zbraní.

Vojsková praxe dostatečně prokázala účinnost dýmu a aerosolů proti optickému průzkumu. Hlavní cíle bojového nasazení zadýmovacích prostředků, tj. oslepení nepřítele, maskování vlastních vojsk a snížení účinnosti paleb, byly úspěšně splněny i v lokálních konfliktech dlouho po skončení 2. světové války. Lze oprávněně předpokládat, že splní očekávání i v ochraně proti televizním naváděcím systémům pracujícím ve viditelné části spektra. Dýmové clony vyvíjené současnými zadýmovacími prostředky jsou složeny z částic o velikostech blízkých vlnové délce viditelného záření. Na těchto částicích je záření velmi účinně rozptylováno. Dýmová clona s odpovídající koncentrací částic je proto na optické dráze pro viditelné záření nepřekonatelnou překážkou.

S růstem vlnové délky se snižuje útlum záření, které do dýmové clony vstupuje. Tím klesá i její maskovací schopnost vůči vysoce přesným zbraním, které při své činnosti takové záření využívají. To jsou v první řadě různé druhy infrapřístrojů. Starší verze pracují převážně v blízké infračervené (IČ) oblasti se zářením, jehož vlnová délka 0,8 až 1,2 μm bezprostředně navazuje na viditelnou část spektra. Proto je zde i útlum záření ještě dostačující k tomu, aby výrazně ovlivnil kvalitu

i množství obrazových informací poskytovaných přístroji tohoto typu. Navíc musí záření u aktivních infrapřístrojů projít dýmovou clonou dvakrát, takže celkový útlum záření úměrně této skutečnosti narůstá.

Mnohem složitější již je situace u pasivních přístrojů, které využívají tzv. „atmosférická okna“ 3 až 5 μm , ale zejména 8 až 14 μm . Právě druhá z uvedených oblastí je využívána v boji s pozemními cíli. Termovizní průzkum a samonaváděcí munice s tepelnými čidly patří k perspektivním systémům, jejichž zavádění do techniky dobře vybavených armád je věnována prvořadá pozornost. Infračervené záření o vlnových délkách 8 až 14 μm je v „klasických“ dýmových clonách na pevných i kapalných částicích, vzhledem k jejich poměrně malým rozměrům, rozptylováno jen nepatrně. Termovize i tepelná čidla samonaváděcí munice přitom snímají záření, jehož zdrojem je sám cíl. Při jediném průchodu záření clonou je proto vliv dýmu prakticky nulový.

Pokusně bylo ověřeno, že zadýmovací prostředky, produkující dým na základě naftových produktů, antracenový, alkalický ani metalochloridový dým, nemají vůči termoviznímu průzkumu žádnou maskovací schopnost. Na snížení kontrastu mezi cílem a jeho okolím se podílely pouze zahřáté obaly použitých zadýmovacích prostředků, proudy horkých spalin a ještě nevychladlých částic dýmu. Jejich maskovací účinek byl ovšem založen na efektu klamného tepelného cíle, nikoli na rozptylu nebo absorpci záření v aerodisperzní soustavě. Navíc byl jen krátkodobý a rozměrově nevýznamný. Překvapivě dobrý zastírací účinek byl zjištěn u oblaku prachových částic, které byly zviřeny proudovým motorem. Obdobný jev je možné očekávat při přesunech v terénu za suchého počasí, po výbuších granátů, zvířením prachu po výstřelech z těžkých zbraní apod. Tímto způsobem vzniklý „bojový aerosol“ může podstatným způsobem omezit vedení termovizního průzkumu a ztížit použití samonaváděcí munice s tepelnými čidly. Tedy nejen hustá mlha, déšť či sněžení, ale také prachové částice snižují propustnost atmosféry pro IČ záření o vlnových délkách 8 až 14 μm .

Při používání dýmu a aerosolů v boji se pochopitelně nelze spoléhat jen na objektivní podmínky, doprovázející tak či onak bojovou činnost vojsk. Proto se v technicky vyspělých armádách věnuje značná pozornost vývoji nových prostředků aerosolové ochrany. Protože základní příčinou nízké maskovací schopnosti dosud zavedených dýmotvorných směsí jsou malé rozměry částic, tvořících aerosol, ve vztahu k vlnovým délkám tepelného záření, orientuje se význam na vytváření aerodisperzních systémů, obsahujících částice, jejichž průměr je srovnatelný nebo větší, než uvažovaná vlnová délka záření.

Poměrně dlouho známý, ale ve vojskové praxi dosud neuskutečněný způsob maskování mikrobalonů je stále považován za perspektivní. Mezi hlavní přednosti mikrobalonů patří jejich nízká hustota a fyziologická neúčinnost. Jsou-li částičky metalizovány, zvyšuje se jejich maskovací schopnost jak v IČ spektru, tak v oblasti mikrovln. V této úpravě mohou být využity i pro radiolokační maskování. Technologická složitost zatím brání využití v bojové technice.

Problematika vytváření aerodisperzních systémů o požadované velikosti částic je řešena i poměrně nenáročnými způsoby z hlediska technického provedení. Je navrhováno **pneumatické nebo výbušné rozptylování práškových materiálů, jako je mastek, kaolin, uhličitán vápenatý, hydrogenuhličitán sodný** a jiné materiály, které tak vytvářejí vznášející se clony. Velikost částic od 3 do 60 μm má zabezpečit účinný útlum IČ záření.

Obdobně se uvažuje o využití vysušených jílu nebo křemičitých písků. Při střední velikosti částic $10\text{ }\mu\text{m}$ je předpokládána sedimentační rychlost asi $0,244\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Při navrhované výšce prachového oblaku 5 metrů by měla jeho stálost dosahovat přibližně 20 minut. Obnovování za bezvětří je předpokládáno každých 10 minut s použitím speciálního generátoru montovaného na pásová vozidla. Stabilitu aerosolu je možné zvýšit udělením záporného náboje částicím prachu. Je-li prach záporně nabit, je nadnášen přirozeným elektrostatickým polem Země. Zpomaluje se tak rovněž koagulace částic.

Snížení rychlosti sedimentace částic je řešeno i návrhem na využití drobných částic hnědého uhlí s nepravidelným pórovitým povrchem upraveným pyrolýzou. Vzduch vyplňující částice snižuje efektivní hustotu materiálu, takže vytvořený aerosol je podstatně stabilnější. Obdobně může být využito i aktivní uhlí. Podstata maskovací schopnosti aerodisperze takového materiálu je objasňována vhodnou hodnotou komplexního indexu lomu pro amorfni uhlík, kdy rozptyl záření je relativně nízký a absorpce v aktuální oblasti vlnových délek poměrně vysoká. Částice aktivního uhlí mají vhodné povrchové vlastnosti a morfologickou strukturu. Póry jsou o velikosti řádově menší než optické vlnové délky, tj. $0,1\text{ }\mu\text{m}$. Pórovitost snižuje hustotu částic, které mají navíc velmi nepravidelný tvar s nerovnostmi na povrchu o velikosti až několik mikrometrů. Velikost částic by měla být stejnoměrně rozdělena přibližně z 80 % v rozmezí od 1 do $9\text{ }\mu\text{m}$. Předpokládá se mechanické rozptylování hotového prášku. Při rozptylování výbuchem je doporučováno použití aktivního uhlí o vysoké mechanické pevnosti.

Předpokládá se ovšem i snižování propustnosti IČ záření založené přednostně na rozptylu odrazem. K tomu je navrženo využití listků z hliníku o síle $0,3\text{ }\mu\text{m}$ a délce 2 až $20\text{ }\mu\text{m}$. Principiálně obdobné řešení přináší i využití vloček měděné kompozice. Vločky mají rozměry obdobné jako hliníkové listky a aerodisperze se vytváří výbuchem.

Je známo i využití lamelárního měděného prachu o velikosti částic $0,45\text{ až }1,9\text{ }\mu\text{m}$ a specifickém povrchu $3\text{ }200\text{ až }16\text{ }000\text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Koagulaci prachových částic po rozptýlení má zabránit rozduřovací látka. Nejčastěji k tomu slouží fosforečnan amonný, teflon nebo vysokodisperzní kyselina křemičitá. Měděný prach je rozptylován rozkladnou složi z chloristanu amonného a práškového hliníku. Po vystřelení dýmového granátu se uvolní velký počet malých částí vyvíjejících dým účinný ve viditelném pásmu spektra. Měděný prach je rozkladnou složi dispergován do dýmové clony. Velkým počtem termických polí dochází k tepelnému přetížení senzorů tepelného záření. Vzestupné proudění udržuje měděný prach ve vznosu po dobu asi 120 sekund. Pouhé vymetení měděného prachu by zastírací účinky v IČ oblasti omezilo na pouhých 15 až 30 sekund.

Ve vývoji se objevují moderní typy dýmových generátorů, které vytvářejí aerosoly maskující v širokém spektru, zahrnujícím nejen viditelnou a IČ, ale i milimetrovou oblast. Multispektrálního maskovacího účinku je dosaženo konstrukcí vstřikovacího ústrojí, které umožňuje rozptylovat olejové suspenze tenkých vodivých vláken.

Vysoké účinnosti nových druhů zadýmovacích prostředků se nedosahuje pouze jejich schopností snižovat viditelnost, ale i kombinací záření a dýmu. To umožňuje účinně rušit automatizované zbraňové systémy. Dýmy tohoto typu představují určitý druh tepelné nástrahy pro samonaváděcí munici. V této souvislosti je věnována značná pozornost fosforové munici. Důvodem je pravděpodobně možnost postupného zažehování jednotlivých fosforových tělísek, která při hoření vyvolávají efekt

klamných tepelných cílů. Na tomto principu je založen i VIRSS (Visual and Infrared Screening System), kdy v počátku tvorby dýmové clony vznikají v důsledku explozi zadýmovacích granátů místa vysokých teplot a tím se značně snižuje efektivnost použití infrapřístrojů protivníka včetně termovize.

Z kvalitativního hlediska je požadováno, aby při průchodu tepelného záření dýmovou (aerosolovou) clonou došlo k takovému útlumu, že **snímaný rozdíl teplot cíle a jeho okolí poklesne pod 3 °C.** Tím se sníží dosah termovizního průzkumu **přibližně na polovinu.**

Tepelné zobrazovací přístroje jsou zpravidla využívány ve spojení s **laserovými systémy**, které zde působí **jako dálkoměry nebo přímo jako naváděcí systémy.** O ochraně před jejich účinky obecně platí to, co je v tomto článku uvedeno v souvislosti s aktivními infrapřístroji. U starších typů laserů je využíváno především záření o vlnové délce 1,06 μm. Tím patří do blízké IČ oblasti, kde je ochrana dostatečně vyřešena zavedenými zadýmovacími prostředky. **Modernější lasery** pracují se zářením o vlnové délce **10,6 μm.** Jejich pracovní vlnová délka je tak přibližně ve středu pásma 8 až 14 μm, takže jsou kompatibilní s termovizí. Z taktického hlediska je nutné zajistit ochranu alespoň proti působení jednoho z uvedených systémů.

Praxe ukazuje, že nejde o nemožné požadavky. V bojových podmínkách ve válce v Libanonu bylo použito laserové naváděcí soustavy podmíněno vizuální viditelností cíle a jeho ozařováním až do zásahu střelou. U střely s koncovým navedením pomocí odraženého laserového svazku M 712 Copperhead ráže 155 mm musí být cíl ozařován po dobu 10 až 13 sekund. Hlavními problémy jsou spolupráce s ozařovačem a jeho použití ve členitém terénu, při špatném počasí a při zastírání cíle dýmem. Uvádí se, že **účinnost řídicího systému střely Copperhead je deštěm, dýmem, mlhou a vodní párou snižována přibližně o 25 %.** Rovněž laserem řízený systém Hellfire, používaný ve spojení s TADS (Target Acquisition Designation System – systém pro zjišťování a označování cílů) je závislý na schopnostech noktovizoru vrtulníku a na operátorovi, který označuje cíle.

Ochranu proti působení laserových zbraňových systémů je však možné zabezpečit i dostatečným utlumením laserového svazku. Je známo, že **malé částice rozptýlené v atmosféře rozptýlí zaostřený laserový svazek. Znečištění ovzduší na bojišti je možné zvýšit oblaky prachu** (např. dělostřeleckou palbou). **Při dostatečné hustotě částic ve vzduchu lze průchodu záření zcela zabránit.** Je požadováno, aby útlum způsobený aerosolem dosahoval alespoň 15 dB pro jeden průchod clonou. V takovém případě se předpokládá, že celkový útlum, na němž se podílí i zeslabení záření absorpcí na povrchu bojové techniky, dosáhne požadované hodnoty 40 dB.

Jedním z nejrozšířenějších zdrojů informací, nezbytných k vedení boje, jsou v současné době **prostředky radiolokačního průzkumu.** Slouží ke zjišťování pozemních (zpravidla pohyblivých) a vzdušných cílů. Mohou ale odhalovat i palebná postavení raket, raketometů, děl a minometů. Mezi jejich výhody patří, že určují s dostatečnou přesností směr, vzdálenost, rychlost pohybu zjištěných cílů a získané informace poskytují v čase blízkém skutečnému. Tím umožňují jejich přímé využití palebnými prostředky.

Účinné použití radiolokátorů je však podmíněno přímou radiolokační viditelností cíle. Má-li mít použití dýmu a aerosolů na radiolokační průzkumné prostředky požadovaný vliv, musí zabezpečit především snížení této viditelnosti. K tomu

může dojít buď snížením účinné odrazné plochy cíle, nebo absorpcí, ale hlavně rozptýlením záření radiolokátoru v prostoru chráněného cíle.

Zvýšení zastíracích účinků dýmu a aerosolů je možné dosáhnout vhodnou úpravou elektrických vlastností částic dýmu. Jedním z možných způsobů je příprava tzv. ionizovaných dýmů. Při propouštění dýmu kovovou mřížkou získávají částice záporný náboj a vytvořený ionizovaný dýmový oblak se k elektromagnetickým vlnám chová jako polovodiivá plocha. V činnosti radioelektronických a optoelektronických zařízení vznikají silné poruchy. Falešné signály na stínítku radiolokátoru znesnadňují pozorování cílů. Nejvhodnější k tomu účelu jsou zatím ionizované dýmy s příměsí práškových kovů, např. sodíku, draslíku, horčíku, hliníku apod.

Další možností je využívání tzv. rezonančních dýmů. Aerosol je tvořen zmagnetovanými ferritovými částicemi. Vznikají kontrastní clony vysoce účinné v úzkém pásmu tzv. rezonanční frekvence. Přitom jsou ferritové částice využitelné k oslabení nebo rušení elektromagnetických signálů v širokém frekvenčním pásmu.

Rušivý účinek na radiolokaci má i použití kovových listků, především z již uvedeného hliníku, o síle do $0,3\mu\text{m}$ a rozměrech 2 až $20\mu\text{m}$. K obdobným účelům lze údajně využít i trialkylaluminiové sloučeniny, vytvářející světélkující dýmy. K odrazu rádiových vln byly sledovány i možnosti využití metalizovaných plastických hmot (mikrobalonky). Dosažené výsledky však zatím neumožnily zavedení takových dýmů do vojenské praxe.



Použití dýmu a aerosolů k ochraně proti vysoce přesným zbraním je v současné době předmětem intenzivní výzkumné práce. Kromě dořešení složitých problémů technického charakteru, jež naznačil tento příspěvek, je nezbytné se zabývat rovněž studiem zásad bojového použití zadýmovacích prostředků. Nelze je považovat za nejdůležitější z celého komplexu opatření, ale nebylo by ani správné jejich roli nedoceňovat. V porovnání s jinými prostředky a způsoby ochrany proti vysoce přesným zbraním má používání dýmu a aerosolů některé přednosti, zvláště v mobilních fázích bojové činnosti, kdy je využití jiných maskovacích a ochranných vlastností terénu nebo technických prostředků málo účinné nebo nemožné.

Podplukovník Ing. Petr Langer, CSc.