

Několik poznámek k systémům řízení palby z tankových kanonů

Článek se zabývá informativní hodnotou údajů o základních vlastnostech systémů řízení palby z tankových kanonů, s nimiž se většinou setkáváme v časopisech, které si kladou za cíl seznamovat čtenáře se soudobou vojenskou technikou, nebo v prospektech firem, které se výrobou těchto systémů zabývají. Poukazuje na jejich značnou neurčitost, zpravidla danou tím, že k uváděným údajům nejsou dokládány podmínky jejich platnosti. To ve svých důsledcích ztěžuje či zcela znemožňuje hodnocení jednotlivých systémů, a tím i jejich vzájemné srovnávání.

* * *

Z některých publikovaných informací o systémech řízení palby z tankových kanonů může neznalý čtenář často nabýt dojem, že střelba z tankových kanonů, které jsou vybaveny systémem řízení palby, se stává jednoduchou záležitostí, a že výsledek střelby závisí jen na kvalitativní úrovni přístrojové techniky integrované do těchto systémů. Není dostatečně zdůrazňováno, že **každý systém řízení palby je třeba chápat jako jednotný systém technických prostředků a jejich obsluhy, kterým se vytváří podmínky pro překonání omezení vlastních člověku při zachování jeho prioritní úlohy v celém systému.** Nejedná se tedy o automatický, ale pouze automatizovaný prostředek pro zamerování.

Základní pohled na systémy řízení palby z tankových kanonů

Prioritní úloha lidského faktoru plyne z celé řady skutečností. Člověka nelze zbavit odpovědnosti za výsledek bojové činnosti (střelby). Svými zkušenostmi a rozumovými schopnostmi je nenahraditelným prvkem systému, zejména v podmínkách neúplných, zkreslených nebo falešných informací. Sehrává úlohu integrujícího a řídicího prvku celého systému.

Na lidském faktoru plně spočívá výchozí krok procesu vedení střelby - vyhledávání cílů na bojišti a jejich vyhodnocování. Při rozpoznávání cílů a jejich případné identifikaci dokáže využívat jak předchozí zkušenosti, tak aktuální poznatky z jejich chování na bojišti:

1. Lidský faktor je nezastupitelný při výběru cíle, na který má být přednostně vedena střelba, a při volbě způsobu vedení této střelby.
2. Lidský faktor nelze vyloučit z výkonu některých činností v procesu vedení střelby. Plní samozřejmě jen ty úkoly, které nelze přenést na přístrojovou techniku, a na které

svými schopnostmi stačí (k takovým úkolům patří např. měření dálky cílů, navedení a udržování zamiřovací značky zaměřovače na cíli).

3. Lidský faktor je také nezbytný k řešení situací, kdy některé z částí systému řízení palby vykazují závadu (poruchu).

V procesu vedení střelby z tankových kanonů však existují i činnosti, na které lidský faktor buď nestačí, nebo které může přístrojová technika řešit lépe (rychleji a přesněji). Takové činnosti se přenechávají k řešení přístrojovému vybavení tanků.

K takovým činnostem patří především veškeré výpočty nezbytné k řešení úlohy střetu střely s cílem za daných podmínek, zjišťování převážné většiny podkladů pro tyto výpočty a jejich zavádění do balistického počítače.

Je třeba zdůraznit, že automatizací procesu vedení střelby z tankových kanonů se v žádném případě nesleduje snižování nároků na jednotlivé členy osádek tanků. Je tomu spíše naopak. Plyne to nejen z poměrně složitosti systémů řízení palby, ale i z možností volby různých režimů činností těchto systémů, které jsou nutné k zabezpečení plného využití jejich vlastností se zřetelem na stanovený úkol a podmínky pro jeho plnění.

Osádce tanku jsou však vytvořeny podmínky pro zvýšení kvality všech jejích rozhodnutí. Vybavenost tankových kanonů systémy řízení palby umožňuje osádkám větší soustředění právě na ty úkony, v nichž jsou jejich jednotliví členové nezastupitelní. Uspadňuje plnění úkolů v podmínkách deficitu času.

Pravděpodobnost zásahu cíle první ranou

Publikované informace o dosahovaných pravděpodobnostech zásahu cílů první ranou jsou typickým příkladem informací, které jsou buď neurčité (konstatuje se pouze, že daný systém řízení palby zabezpečuje vysokou pravděpodobnost zásahu cíle první ranou), nebo naopak zdánlivě konkrétní (tvrdí se např., že daným systémem řízení palby se docílí pravděpodobnost zásahu cíle první ranou větší jak 90 %), ve skutečnosti však nic neříkající, protože u uváděných hodnot chybí základní informace o podmínkách, za kterých jsou platné (druh cíle, natočení cíle vzhledem k jeho pozorovateli, typ střely, zda se jedná o střelbu z místa či za pohybu, na jakou vzdálenost atd.).

Pravděpodobnost zásahu cíle (s danými rozměry a v dané dálce) závisí na seskupení drah použitého druhu střely (na jejím technickém rozptylu) a na chybách ve stanovení záměrného úhlu a nadběhů (v odměru a v náměru).

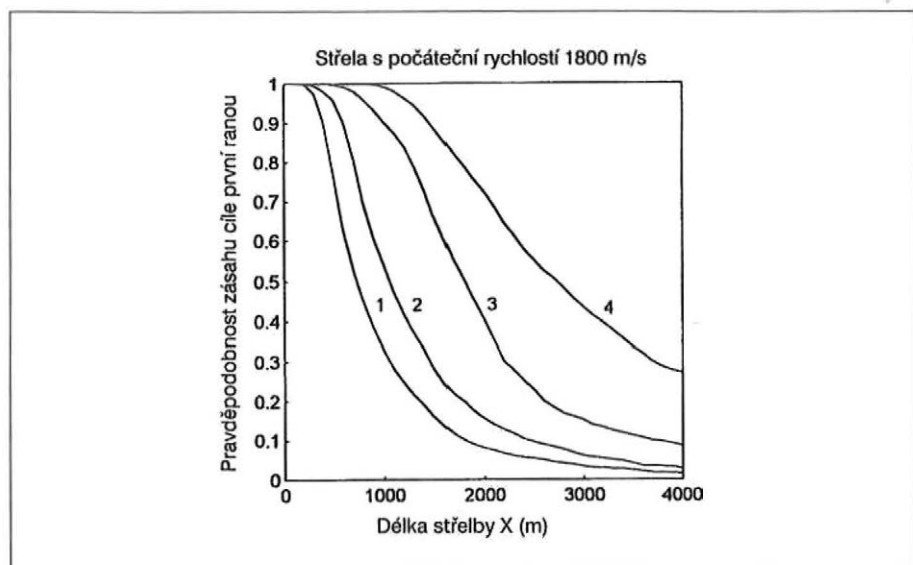
Technický rozptyl je charakterizován pravděpodobnými úchyly výškovými a šířkovými. Jsou uvedeny v tabulkách střelby příslušného tankového kanonu, a to pro každou z použitelných střel.

Pravděpodobné chyby zamíření jsou projevem pravděpodobných chyb v určení prvků, které přímo či nepřímo ovlivňují hodnoty záměrného úhlu a nadběhů, a také pravděpodobných chyb, kterých se dopouští obsluha při vlastním zamiřování (při navádění a udržování zamiřovací značky zaměřovače na cíli).

Za ideální systém řízení palby lze považovat takový systém, v němž by příčinou toho, že nedojde ke střetnutí střely s cílem, byl pouze technický rozptyl (tedy systém, který by za všech okolností zabezpečoval nulové hodnoty pravděpodobných chyb zamíření).

Na technický rozptyl nemá vliv ani systém řízení palby, ani jeho obsluha. Je jednou ze základních vlastností charakterizujících příslušnou střelu při jejím použití v daném tankovém kanonu. Nemění se s podmínkami, za kterých může být střelba z tankového kanonu vedena.

Technický rozptyl proto dává horní hranici dosažitelných hodnot pravděpodobnosti zásahu cíle dané velikosti první ranou (viz ilustrativní křivka 4 na obr.). Tato hranice je nepřekročitelná. Je však různá pro různé druhy střel. Rostoucí dálka střelby vede k poměrně rychlému poklesu pravděpodobnosti zásahu cíle první ranou (to je důsledek změn pravděpodobných výškových a šířkových úchylek při změnách délky střelby; jejich hodnoty s růstem délky střelby narůstají). S rostoucí velikostí cíle je tento pokles mírnější.



Obr.: Závislost pravděpodobnosti zásahu cíle první ranou na délce střelby při užití systému řízení palby, spodní a horní hranice této závislosti

Při stejných podmínkách pro vedení střelby vede užití systému řízení palby vždy k vyšší hodnotě pravděpodobnosti zásahu cíle první ranou než je tomu při střelbě bez systému řízení palby. Tzn., že hodnoty pravděpodobnosti zásahu cíle první ranou, dosahované při střelbě bez systému řízení palby, lze považovat za jejich spodní hranici. Tato spodní hranice však není na rozdíl od horní hranice přesně definovatelná. Bude se měnit s podmínkami pro vedení střelby, navíc bude ovlivňována i schopnostmi obsluhy (křivka 1, viz obr.).

Žádný systém řízení palby však nemůže zabezpečit nulové hodnoty pravděpodobných chyb zamíření. Jednak proto, že ze všech vlivů, které způsobují náhodné změny tvaru dráhy střely, bere v úvahu jen ty, které jsou postižitelné. Přitom zjišťování hodnot těchto vlivů je zákonitě provázeno chybami. Dále proto, že v žádném případě nelze potlačit chyby, které jsou důsledkem nepřesné či dokonce chybné práce obsluhy.

Užitím libovolného systému řízení palby se proto k horní hranici dosažitelných hodnot pravděpodobnosti zásahu cíle první ranou dané technickým rozptylem můžeme pouze více či méně přiblížit. Možná míra přiblížení závisí samozřejmě na podmínkách, za kterých ke střelbě z tankového kanonu dochází. Rozhodně bude větší při střelbě z místa na pevný (nepohyblivý) cíl (křivka 3 na obr.) než při střelbě za jízdy nerovným terénem na cíl, který se rovněž pohybuje (křivka 2 na obr.).

Křivky, ilustrující pravděpodobnosti zásahu cíle první ranou při střelbě se systémem řízení palby (křivky 2 a 3) a při střelbě bez systému řízení palby (křivka 1), vykazují podobný pokles s rostoucí délkou střelby jako je tomu u křivky odpovídající technickému rozptylu (křivka 4). Je tomu tak proto, že i pravděpodobné chyby zamíření narůstají s růstem délky střelby.

Z obr. je zjevné, že požadovanou hodnotu pravděpodobnosti zásahu daného cíle první ranou budeme dosahovat s danou soustavou tankový kanon - střela na různých délkách, podle toho, za jakých podmínek bude střelba vedena.

Ukazuje se tedy, že údaj o dosažení zcela určité hodnoty pravděpodobnosti zásahu cíle první ranou bude informativní pouze v případě, jestliže bude doložen konkrétní stav podmínek, ke kterým se vztahuje. Konkrétně tzn., že vedle údajů o soustavě tankový kanon - střela musíme znát i údaje o cíli, jeho velikost a vzdálenost, a také existující podmínky pro vedení střelby.

Některé příčiny chyb ve výpočtech prvků střelby

V předchozí části tohoto článku bylo zdůrazněno, že žádný systém řízení palby nemůže zabezpečit nulové hodnoty pravděpodobných chyb zamíření, a že užitím libovolného systému řízení palby se k horní hranici dosažitelných hodnot pravděpodobnosti zásahu cíle první ranou, dané technickým rozptylem příslušné střely, můžeme pouze více či méně přiblížit. Současně v ní bylo poukázáno na hlavní příčiny této skutečnosti.

Při střelbě na pohybující se cíle se musí v rámci řešení úlohy střetu s cílem stanovit nadběhy (v odměru a v náměru). Jejich výpočet se opírá o nejjednodušší hypotézu o pohybu cíle. Tou je předpoklad, že cíl se pohybuje rovnoměrně přímočaře, přičemž v obecném případě může jít o pohyb po nakloněné rovině. Skutečný pohyb cíle však nemusí této hypotéze odpovídat (cíl může po dobu jeho sledování manévrovat, buď rychlostí nebo změnami směru pohybu).

Pro výpočet nadběhů musíme znát parametry pohybu cíle, a pokud dochází ke střelbě z jedoucího tanku, tak i parametry pohybu tohoto tanku. Parametry pohybu daného objektu se rozumí jeho rychlost a jeho směr vzhledem ke směru, v němž je pozorován (sledován), a při pohybu po nakloněné rovině i úhel stoupání či klesání objektu.

Kdyby platila zmíněná hypotéza o pohybu cíle (jednalo by se o nemanévrující cíl), potom k určení těchto parametrů by teoreticky stačilo dvojí vysoce přesné měření vzdálenosti cíle s daným časovým odstupem. V případě manévrujícího cíle by počet nezbytných opakovaných měření narůstal v závislosti na druhu prováděného manévru. Požadavkům na přesnost měření vzdáleností cílů vyhovují pouze laserové dálkoměry, tedy aktivní prostředky, jejichž použití je snadno detekovatelné. Navíc opakovaná měření vzdáleností laserovými dálkoměry by vedla k nepřijatelnému nárůstu doby potřebné

k vyřešení úlohy střetnutí střely s cílem (čekací doba mezi jednotlivými měřeními je běžně až několik sekund). Proto opakovaná měření délky cíle laserovým dálkoměrem nepřicházejí v úvahu. To ve svých důsledcích znamená, že parametry pohybu cíle nelze s potřebnou přesností zjistit. Musí být použity náhradní metody jejich zjišťování, které jsou buď jen orientační, nebo do určité míry založené na nepřesných odhadech.

Parametry pohybu tanku, z něhož je vedena střelba, jsou sice měřitelné, avšak nikdy nemůžeme počítat s tím, že měřené hodnoty jsou absolutně přesné. Každé měření je zatížené určitou chybou.

Další chyby, které vstupují do výpočtu prvků střelby (jak záměrného úhlu, tak nadběhů), souvisejí s tím, že hodnoty některých nezanedbatelných vlivů na dráhu střely známe pouze v místě výstřelu a nic nevíme o tom, jakým okamžitým změnám podléhají podél této dráhy. Tak tomu je např. s účinkem přízemního větru, zejména v případech, kdy je střelba vedena na poměrně velké vzdálenosti s menšími počátečními rychlostmi.

S projevy určitých chyb musíme počítat u těch veličin, jejichž hodnoty se zavádějí do balistických počítačů jednorázově, před zahájením bojové činnosti, a nejsou v jejím průběhu korigovány (např. to mohou být údaje o teplotě, tlaku a vlhkosti vzduchu).

Na celkové chybě výpočtu prvků střelby se mohou podílet i některé osobní chyby obsluhy, které mohou být např. důsledkem zrakových vad.

Nezanedbatelnou roli mohou hrát snížené schopnosti obsluhy zvládat stresové situace (činnost v podmínkách časového deficitu), vlivy prostředí v němž obsluha pracuje (hluk a vibrace), a také únava obsluhy.

Zkrácení doby potřebné k uskutečnění prvního výstřelu

Užitím systémů řízení palby z tankových kanonů se vedle zvýšení pravděpodobnosti zásahu cíle první ranou sleduje i zkrácení doby potřebné k uskutečnění prvního výstřelu.

Z informací o různých tankových systémech řízení palby plyne, že tato doba dnes představuje pouze několik sekund. Tyto údaje však neříkají nic o tom, do kterého místa procesu přípravy k uskutečnění prvního výstřelu byl položen časový počátek. Zda je tímto počátkem např. okamžik, v němž bylo přijato rozhodnutí o tom, na který cíl se střelba povede, nebo okamžik, kdy byla do balistického počítače zavedena délka tohoto cíle (tedy okamžik, od kterého začíná cyklické řešení úlohy střetu střely s cílem). Informativní hodnotu těchto údajů snižuje také to, že nic neříkají o tom, za jakých podmínek pro vedení střelby jsou tyto doby dosažitelné.

K informativní hodnotě údajů o době potřebné k uskutečnění prvního výstřelu by přispělo, kdyby byly doloženy pro jednotlivé způsoby vedení střelby časovými diagramy standardních činností obsluhy s různým stupněm vycvičenosti a s jednoznačným vymezením časového počátku.

Protože vždy dochází k souběžně prováděným úkonům (např. v průběhu nabíjení tankového kanonu určeným nábojem může být realizováno měření délky cíle) mohou mít časové diagramy i několik větví se vzájemnými vazbami. Nezbytná návaznost jednotlivých činností obvykle vede k výskytu čekacích dob (čekací doby může vyvolat např. doba potřebná k nabití tankového kanonu, při nutnosti opakovaného měření délky laserovým dálkoměrem doba, za kterou lze opakované měření uskutečnit, doba

aktivace noktovizního prostředku s chlazeným detektorem apod.), které jsou samozřejmě v rozporu s požadavkem na zkrácení doby potřebné k uskutečnění prvního výstřelu.

Časové diagramy mohou tak odhalit nejen kritická místa jednotlivých systémů řízení palby, ale i věrohodnost uváděných údajů o době potřebné k uskutečnění prvního výstřelu.

Maximální dosahy laserových dálkoměrů

Laserový dálkoměr je nezbytnou součástí každého systému řízení palby z tankového kanonu. Umožňuje požadovanou přesnost zjišťování dálek cílů. V rámci základních informací o jeho provozních údajích je vždy uváděn rozsah měřitelných vzdáleností. Důležitá je jeho horní hranice, tj. maximální dosah. Maximální dosah musí být vždy větší než je účinný dostřel tankového kanonu na předpokládané cíle (musí se počítat s vytvořením dostatečných časových podmínek pro přípravu k výstřelu na cíle, které se mohou dostat na úroveň účinného dostřelu).

U uváděných maximálních dosahů laserových dálkoměrů však nebývá upřesněno, za jakých podmínek lze při měření dálek cílů s těmito dosahy počítat (jaké musí být rozměry a vlastnosti povrchu cílů, jaký musí být stav zemské atmosféry a povětrnostní podmínky v lokalitě měření atd.).

Z poznatků, získaných z praktického používání laserových dálkoměrů, lze soudit, že uváděné dosahy odpovídají zpravidla ideálním podmínkám pro měření vzdáleností. Za jiných podmínek než ideálních (za špatných podmínek), jsou zaručené dosahy laserových dálkoměrů na předpokládané cíle podstatně nižší.

Ideální podmínky pro činnost laserových dálkoměrů nastávají, když přízemní vrstva zemské atmosféry je tzv. čistá a suchá (s malou koncentrací aerosolových částic a s nízkou vlhkostí, tj. nevyskytují se nepříznivé povětrnostní situace), povrchy cílů vykazují vysokou reflektanci (cíle představují světlé rovinné hladké plochy, které jsou navíc kolmé na směr šíření dopadajícího svazku laserových paprsků), a kdy plocha příčného řezu svazku laserových paprsků v uvažované dálce odpovídá pozorované celkové ploše cíle.

Špatné podmínky nastávají při značném znečištění a vysoké vlhkosti přízemní vrstvy zemské atmosféry (při vysoké koncentraci pevných a kapalných aerosolových částic), za nepříznivých povětrnostních situací (za mlhy, deště, sněžení) a v případech měření dálky cílů, jejichž povrchy vykazují malou reflektanci (jsou tmavé, mají drsné a nerovné plochy, ozařované plochy cílů nejsou kolmé na směr šíření dopadajícího laserového svazku).

Zkušenosti z provozu laserových dálkoměrů ukazují, že za špatných podmínek mohou jejich maximální dosahy klesnout až k hodnotám rovným jedné třetině udávaného maximálního dosahu za ideálních podmínek.

Měření dálky cílů může navíc ztěžovat jejich špatná pozorovatelnost (malý kontrast jejich jasu oproti jasu jejich pozadí). Přitom musíme rozlišovat denní dobu, kdy k měření dochází. Jiné podmínky pozorovatelnosti cílů máme ve dne, jiné v noci. V denních podmínkách ztěžuje používání laserových dálkoměrů také osvětlení cílů přímým slunečním světlem (může docházet k mihotání cílů). Používání laserových

dálkoměrů ovlivňují nepříznivě i turbulence přízemních vzduchových vrstev (jeví se nám jako tzv. „tetelení“ vzduchu).

Dosahy optických prostředků

U optických prostředků určených k pozorování a zamerování předpokládaných druhů cílů nás musí zajímat, při jakých maximálních vzdálenostech budou tyto cíle zjistitelné, rozpoznatelné a případně i identifikovatelné. Jde o to, aby tyto dálky byly v souladu s možnými dálkami účinného dostřelu tankových kanonů, a také s požadavkem na vyřešení úlohy střetnutí střely s cílem v dostatečném časovém předstihu.

Zjištěním cíle se rozumí situace, kdy lze na základě určitých projevů (např. jasového nebo teplotního kontrastu v pozorovaném místě, pohybu apod.) konstatovat, že v daném místě „něco je“. Rozpoznáním se rozumí určení třídy (druhu) cíle. Upřesňuje se předchozí poznatek např. konstatováním, že „zjištěný cíl je tank“. Identifikací se rozumí určení typu zjištěného druhu cíle, např. poznáním že „je to tank T 72“.

Dálky, při kterých lze dané cíle zjistit, rozpoznat a identifikovat, jsou závislé na tom, jaké detaily povrchu cílů můžeme použitými optickými prostředky rozlišit (tj. na jejich rozlišovací schopnosti). Je proto zřejmé, že rozpoznání cíle bude možné v menší dálce než je dálka jeho zjištění, a že identifikace cíle bude zase možná v menší dálce, než je dálka jeho rozpoznání.

Optické přístroje s vyšší rozlišovací schopností zaručují zjišťování, rozpoznávání a identifikaci cílů na větších dálkách.

Dálky zjišťování, rozpoznávání a identifikace cílů denními přístroji jsou také ovlivňovány úrovní přímého slunečního záření a záření oblohy v průběhu jednotlivých ročních období a jediného dne (od svítání až po soumrak) a reflektancemi povrchů cílů a jejich pozadí.

Dálky zjišťování, rozpoznávání a identifikace cílů noktovizními přístroji jsou ovlivňovány principy, které jednotlivé druhy těchto přístrojů využívají ke své funkci.

Noktovizní prostředky, které pracují v blízkém infračerveném spektrálním oboru optického záření, využívají ke své činnosti ozáření pozorované scény noční oblohou (hvězdami, planetami sluneční soustavy a Měsícem) a rozdíly v odrazech záření noční oblohy cílem a jeho pozadím. Úroveň záření noční oblohy je značně proměnná (mění se s oblačností, závisí na fázi Měsíce).

Noktovizní prostředky, které pracují ve vzdáleném infračerveném spektrálním oboru optického záření, využívají ke své činnosti rozdíly ve vlastním záření pozorovaných objektů (cílů a jejich pozadí). Připomeňme si, že zdrojem vlastního záření je každý objekt s povrchovou teplotou vyšší než 0 °K. Rozdíly vlastního záření jsou tedy dány rozdíly v povrchových teplotách pozorovaných objektů.

U noktovizních přístrojů jsou možnosti zjišťování, rozpoznávání a identifikace cílů navíc ztíženy způsobem zobrazení pozorované scény (zobrazení např. postrádá různobarevnost). Plné využití možností těchto přístrojů vyžaduje proto speciální výcvik jejich obsluh.

Ve firemních prospektech o optických prostředcích systémů řízení palby z tankových kanonů jsou uváděny konkrétní hodnoty dálek zjištění, rozpoznání a identifikace cíle typu tanku, které jsou těmito prostředky dosažitelné, avšak opět bez vyčerpávajícího upřesnění podmínek, za kterých jsou platné. Pouze při možnosti přepínání velikosti zorného pole (zvětšení) optické soustavy přístroje se uvádí, jakému nastavení těchto hodnot uváděné dálky odpovídají. Zcela jsou opomíjeny pozorovací podmínky. Nic se zpravidla neříká o tom, zda se jedná o zaručené dálky, dosažitelné za jakýchkoliv okolností, či o dálky odpovídající jen ideálním pozorovacím podmínkám, které samozřejmě za méně příznivých pozorovacích podmínek (při znečištění přízemní vrstvy zemské atmosféry, nepříznivých povětrnostních podmínkách, a též při nižších kontrastech mezi cílem a jeho pozadím) mohou být podstatně nižší. Z uváděných hodnot lze soudit, že se většinou jedná o dálky, které jsou dosažitelné jen za ideálních pozorovacích podmínek.

* * *

Z předchozích poznámek je zřejmé, že údaje o možnostech konkrétních systémů řízení palby z tankových kanonů, s nimiž se můžeme setkat v různých prospektech a článcích, musí být vždy brány s patřičnou rezervou. Pokud nejsou upřesněny podmínky jejich platnosti, postrádají věrohodnost.

Upozornění pro autory časopisu Vojenské rozhledy

Příspěvky v českém jazyce zasílejte na adresu redakce na disketě v textovém editoru (T 602, Word 6 až Word 8, případně formát RTF) a v jednom vytištěném exempláři, nebo prostřednictvím E-mailu: hasekr@army.cz.

Na konec každého příspěvku uveďte pod čarou svůj krátký životopis, včetně adresy a rodného čísla, čísla účtu, na nějž je možné zasílat honorář, a způsob kontaktu (telefonní číslo, fax, E-mail).