

METODY KVANTITATIVNÍHO HODNOCENÍ RANIVÉHO POTENCIÁLU MALORÁŽOVÝCH STŘEL V EXPERIMENTÁLNÍ RANIVÉ BALISTICE

Ludvík Juříček¹⁾, Rudolf Horák²⁾

ABSTRAKT

Příspěvek je zaměřen do oblasti ranivé balistiky střel malorážových zbraňových systémů. Seznamuje s kritérii a metodikami hodnocení ranivého potenciálu střel používaných u nás, ale i v zahraničí. Velký důraz je položen na oblast experimentální ranivé balistiky. Výsledkem terminálně balistického působení střely je střelný kanál spolu se specifickou reakcí organismu zasaženého člověka na pronikající střelu. Přínosem našeho odborného pracoviště je vlastní návrh kritéria ranivého potenciálu střely (KRPS), založeném na postřelování homogenního fyzikálního modelu, zastupujícího v experimentu reálný cíl.

Klíčová slova:

ranivá balistika, ranivý potenciál střely, střelný kanál, dočasná dutina, kritérium ranivého potenciálu střely (KRPS).

ABSTRACT

The article is focused into area of wound ballistics of small calibre projectiles. It provides brief introduction of casualty criteria and methods of evaluation of wounding potential on human being used at Czech Republic and also abroad. There is emphasised experimental part of wound ballistics in the article. Terminal ballistic effect of projectile results into wound track and specific reaction of human body on penetrating projectile. The contribution of our departments is the proposal of casualty criterion (CC) based on penetration of physical model that replaces live target.

Key words:

wound ballistics, wounding potential projectile, wound track, temporary cavity, casualty criterion (CC).

¹⁾ doc. Ing. Ludvík Juříček, Ph.D., Vysoká škola Karla Engliš, a.s. Brno, Mezírka 775/1, 602 00 Brno, +420 728232698, ludvik.juricek@vske.cz

²⁾ doc. Ing. Rudolf Horák, CSc., Vysoká škola Karla Engliš, a.s. Brno, Mezírka 775/1, 602 00 Brno, +420 774620106, rudolf.horak@vske.cz

1 ÚVOD

Jako kritérium ranivého potenciálu střely byla v minulosti některými autory často zvolena kinetická energie dopadající střely (E_d). Je ovšem zřejmé, že tento přístup je značným zjednodušením, protože ranivý účinek střely v cíli závisí vedle její dopadové kinetické energie na řadě dalších faktorů [2].

Ke kvantifikovanému hodnocení ranivého potenciálu malorážových střel se používá u nás, ale i ve světě řada kritérií. Tato kritéria prošla určitým vývojem a bylo proto nutné při jejich sestavování postupovat odděleně u střeliva určeného pro obranu (krátké kulové zbraně) a výkonného puškového střeliva.

2 KRITÉRIA HODNOCENÍ RANIVÉHO POTENCIÁLU STŘEL NÁBOJŮ PRO KRÁTKÉ KULOVÉ ZBRANĚ

Pro svou jednoduchost a v mnoha případech dostatečnou přesnost, se v minulosti osvědčily metody měření hloubek vniknutí střely do různých pevných materiálů (jedlové nebo smrkové bezsukové dřevo, ocelový a duralový plech předem definovaných tloušťek), ale také nejrůznějších plastických nebo pružně - plastických substitucí biologických tkání (plastelína, mýdlo, balistická želatina, PP 75/25 a gel), které se svými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi nejvíce blíží parametrům reálných tkání [2].

Experimentálně získané charakteristiky popisující proces pronikání střely do zkušebního bloku se staly základem pro odvození nejrůznějších kritérií a metodik hodnocení ranivého potenciálu malorážových střel.

3 KRITÉRIA HODNOCENÍ RANIVÉHO POTENCIÁLU STŘEL NÁBOJŮ PUŠKOVÝCH NÁBOJŮ

Střelná poranění způsobená střelami vojenských automatických pušek, samopalů a kulometů tvoří specifickou skupinu střelných poranění. Praxe ukazuje, že účinnost puškové střely nemůže být obecně popsána jediným energetickým ukazatelem [4]. Naopak účinek střel musí být udáván jako funkce následujících parametrů:

- a) balistickými vlastnostmi střely vyjádřenými kinetickou energií, která je funkcí hmotnosti m_q a dopadové rychlosti v_d střely,
- b) polohou střelného kanálu a
- c) druhem bojové činnosti v okamžiku zásahu puškovou střelou (útok, obrana).

3.1 POSUZOVÁNÍ RANIVÉHO POTENCIÁLU PUŠKOVÉ STŘELY VHODNĚ ZVOLENOU FYZIKÁLNÍ VELIČINOU

Jedná se o kritéria, která definují odolnost živé síly (ŽS) a tedy i účinnosti střely určitou hodnotou zvolené fyzikální veličiny, která vychází z balistických vlastností dopadající střely [2]. Historicky starší názor, který vychází z účinků puškových střel,

charakterizuje jejich ranivý potenciál limitní kinetickou energií E_{lim} [1]. Pro nechráněnou živou sílu (ŽS) jsou hodnoty této energie uváděny v rozmezí 40–240 J, nejčastěji však v rozsahu 80–100 J. Velké rozpětí hodnot udávané zahraničními autory ukazuje na skutečnost, že je téměř nereálné toto kritérium postavit jako standard pro hodnocení účinnosti puškových střel [4].

Novější a realitě bližší je kritérium měrné kinetické energie střely. Limitní měrná energie střely e_{lim} (nazývaná též energetické zatížení střely nebo hustota energie) je definována jako limitní kinetická energie střely E_{lim} [J] vztažená na jednotku jejího příčného průřezu S [m²] při proniku

$$e_{lim} = \frac{E_{lim}}{S}. \quad [\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (1)$$

3.2 PRAVDĚPODOBNOSTNÍ KRITÉRIA ÚČINNOSTI PUŠKOVÝCH STŘEL

V zásadě lze rozlišit dva základní přístupy k řešení. **První přístup** je založen na experimentálním stanovení pravděpodobnostních funkcí, popisujících proces vyřazení živé síly z bojové činnosti (BČ) [5]. Problémem však zůstává matematický popis takto získaných funkčních závislostí. **Druhý přístup** spočívá v určení podmíněné pravděpodobnosti vyřazení živé síly z bojové činnosti $P(I/H)$ na základě pravděpodobností zásahu jednotlivých částí těla v relaci k charakteru činnosti zasaženého p_i ³ a pravděpodobnosti ztráty pro určitý střelný kanál v dané části biologického systému člověka $P(I/H)_i$. Potom lze psát

$$P(I/H) = \sum_{i=1}^{i=5} P(I/H)_i \cdot p_i \cdot [\%] \quad (2)$$

4 NÁVRH VLASTNÍHO KRITÉRIA RANIVÉHO POTENCIÁLU STŘELY (KRPS)

Většina dnes používaných kritérií ranivosti je založena pouze na kvantitativním posouzení ranivého potenciálu střely, ale úroveň využití tohoto potenciálu k ničení zasažených tkání, zůstává víceméně neznámá. Analýzou zavedených a dnes používaných KRP střel malých ráží bylo prokázáno, že žádným z uvedených kritérií není možné objektivně posoudit jejich ranivý potenciál v celém spektru ráží a konstrukcí používaných malorážových střel.

Hlavním problémem je stanovení objemu a geometrie střelného kanálu (dočasné dutiny) v bloku náhradního materiálu (NM) při proniku malorážové střely (MRS). Geometrii dočasné dutiny je možné stanovit experimentální střelbou do

³ Procentuální rozdělení pravděpodobnosti zásahů jednotlivých částí těla (hlava a krk, hrudník, břicho, horní končetiny (HK), dolní končetiny (DK)).

kompaktních homogenních zkušebních bloků vyrobených z NM odlišných vlastností dvěma základními způsoby [1]:

1. střelbou do bloků vyrobených z plastických (nepružných) materiálů (plastelíny, glycerínového mýdla, směsi petrolátu s parafínem v poměru 75/25 %, směsi jílu nebo kaolínu s vodou apod.),
2. střelbou do bloků vyrobených z pružných (elastických) materiálů (balistické želatiny nebo gelu).

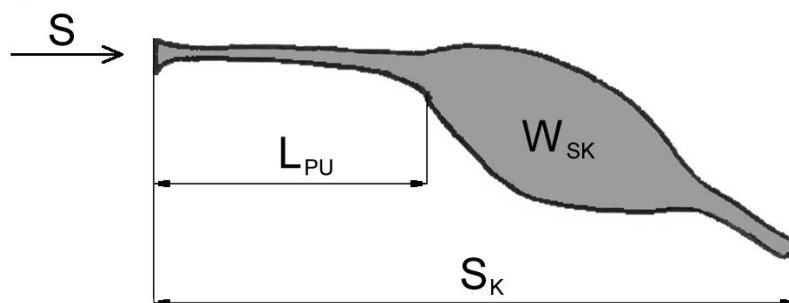
V případě použití plastických látek vzniká po proniku střely v bloku dočasná dutina a její velikost i tvar jsou i po provedeném experimentu zachovány, tj. trvalá dutina odpovídá maximální dočasné dutině, která je úměrná množství předané kinetické energie střely $E_{PŘ}$. Vylitím vytvořené dutiny vodou lze stanovit přímo její objem a po provedení podélného řezu v ose střelného kanálu lze určit i její radiální rozměry a tvar [1].

Při použití zkušebních bloků vyrobených z pružné (elastické) látky, je mechanismus vzniku a chování dočasné dutiny zcela odlišný. Při proniku střely blokem vzniká pulzující dočasná dutina. Po celkovém uklidnění děje se blok smrští zpět do původního tvaru se vznikem trvalé dutiny, která má vzhledem k dutině dočasné zanedbatelný objem.

4.1 SLOŽKY KRITÉRIA RANIVÉHO POTENCIÁLU STŘELY

Z hlediska ranivé balistiky mají pro posouzení ranivosti (účinků) malorážové střely význam následující parametry experimentálně získaného *střelného kanálu* v bloku náhradního materiálu (obr. 1):

- celkový objem dutiny (střelného kanálu) W_{SK} . Tento objem je přímo úměrný celkovému množství předané kinetické energie střely $E_{PŘ}$ zkušebnímu bloku náhradního materiálu,
- základní rozměrové charakteristiky střelného kanálu určující jeho velikost a tvar. Těmito rozměry jsou maximální hloubka vniku střely do bloku s_K a délka přímého úseku (Narrow Channel) střelného kanálu L_{PU} , na kterém se střela v bloku pohybuje stabilně.



Obrázek 1 Základní rozměrové charakteristiky střelného kanálu (s – směr střelby)

Výsledky balistického experimentu s vybranými druhy malorážového střeliva⁴ zpracované ve formě grafického profilu střelného kanálu v bloku náhradní tkáně, spolu s jejich rozměrovými charakteristikami (tab. 1), poskytují základní vstupní údaje pro vlastní návrh kritéria ranivého potenciálu střely (KRPS).

Obě rozměrové charakteristiky (s_K a L_{PU}) jsou závislé na stabilitě pohybu střely při jejím proniku a do jisté míry i schopnosti se tvarově měnit nebo rozpadat na fragmenty. Jejich vzájemný vztah je vyjádřen koeficientem vybočení střely K_{VS} , který lze zjednodušeně zapsat ve tvaru [1]

$$K_{VS} = \frac{s_K}{L_{PU}} \geq 1, \quad [1] \quad (3)$$

Tabulka 1 Střední hodnoty rozměrových charakteristik střelných kanálů od zkoumaných střel v blocích vyrobených ze směsi PP 75/25 [1]

Druh náboje (typ střely)	Blok ³⁾	E_D	D_V	s_K	L_{PU}	D_{max}	φ	W_{SK}	RRPS
		[J]	[mm]	[cm]	[cm]	[mm]	[°]	[cm ⁻³]	[J.cm ⁻³]
9 mm Luger	A2	517	12,0	28,5	13,5	10,0	4	5,8	89
357 Magnum	B1	714	15,0	16,0	2,7	17,0	0	9,9	79
357 Magnum ¹⁾	F2	553	14,0	21,7	14,5	6,0	4	11,9	46
5,45x39 (7H6) ²⁾	E1	1 596	9,5	35,0	9,0	18,0	7	51,0	31
5,56x45 (SS109)	G1	1 855	12,0	35,7	21,5	38,0	14	61,7	30
7,62x39	C2	2 345	15,5	42,5	9,0	30,0	6	76,8	31
7,62x54 R	D2	3 410	13,0	54,0	18,5	28,0	3	81,3	42

Poznámky:

- 1) Hodnoty dosažené střelbou z revolveru „Taurus“ s třípalcovou hlavní.
- 2) Balistickému zkoumání v této ráži byl také podroben náboj 5,45x39 Cv (dutá plastová střela hmotnosti 0,25 g).
- 3) Jednotlivé zkušební bloky byly pro přehlednost označeny k jejich snadné identifikaci při tvorbě skupin bloků (tandemů) pro účely jejich postřelování výkonnějšími druhy střeliva.
- 4) Celkové objemy střelných kanálů W_{SK} byly stanoveny přímou metodou (vylití dutiny vodou).
- 5) Relativní ranivý potenciál střely (RRPS) je vyjádřen množstvím předané kinetické energie střely E_{PK} v [J] potřebné na vytvoření 1cm³ objemu dutiny střelného kanálu v náhradním materiálu.

⁴ Balistickému zkoumání byly podrobeny střely nábojů těchto ráží: 9 mm Luger; 357 Magnum (Eldorado); 5,45x39 (7H6); 5,56x45 (SS109); 7,62x39 a 7,62x54 R.

S využitím experimentálně zjištěných hodnot celkového objemu střelného kanálu (dočasné dutiny) W_{SK} a výpočtu koeficientu vybočení střely K_{VS} lze stanovit konečný tvar vztahu kritéria ranivého potenciálu střely (KRPS).

$$KRPS = W_{SK} \cdot K_{VS} \quad [\text{cm}^3] \quad (4)$$

4.2 HODNOTY KRITÉRIA RANIVÉHO POTENCIÁLU STŘELY (KRPS) ZKOUMANÝCH STŘEL

Hodnoty kritéria ranivého potenciálu střely dosažené zkoumanými zástupci malorážových střel byly stanoveny z výsledků balistického experimentu při použití výše uvedených vztahů (3) a (4). Dosažené výsledky a pořadí ranivosti jednotlivých střel uvádí tab. 2.

Tabulka 2 Dosažené hodnoty kritéria ranivého potenciálu střely (KRPS) zkoumanými střelami [1]

<i>Druh náboje (typ střely)</i>	$E_{PŘ}$	W_{SK}	s_K	L_{PU}	K_{VS}	$KRPS$	<i>Pořadí úrovně RPS</i>
	[J]	[cm ³]	[cm]	[cm]	[1]	[cm ³]	
9mm Luger	517	5,8	28,5	13,5	2,1	12,2	6
357 Magnum	714	9,9	16,0	2,7	5,9	58,4	5
5,45x45 (7H6)	1 596	51,0	35,0	9,0	3,9	198,3	3
5,56x45 (SS 109)	1 855	61,7	35,7	21,5	1,7	102,5	4
7,62x39	2 345	76,8	42,5	9,0	4,7	362,7	1
7,62x54 R	3 410	81,3	54,0	18,5	2,9	243,9	2

Poznámky:

- 1) Dosažené hodnoty **KRPS** jsou velmi silně závislé na koeficientu vybočení střely K_{VS} , který je výrazně ovlivněn stabilitou střely při jejím proniku blokem NM (délkou úseku L_{PU}).
- 2) Střela pistolového náboje *9mm Luger* s menší předanou kinetickou energií $E_{PŘ}$ (517 J) vykazuje v důsledku dobré stability při svém proniku podle tohoto kritéria nižší ranivost než střela revolverového náboje *357 Magnum*⁵.
- 3) Ranivost mikrorážového střeliva (*5,45x39* a *5,56x45*) hodnoceného navrženým kritériem **KRPS** je ovlivněna použitou metodikou střeleckého experimentu. Provedený experiment potvrdil velkou stabilitu střely *SS 109*.

⁵ Délka přímého úseku dráhy L_{PU} střely ráže *357 Magnum* byla odvozena z délky proniku, na které došlo k úplnému dokončení řízené expanze těla střely ($L_{PU} = 2,7 \text{ cm}$).

náboje 5,56x45 při jejím proniku blokem NM ($L_{PU} = 21,5$ cm); přesto, že byla vystřelena z velmi malé vzdálenosti.

- 4) Hodnocení dvou zástupců klasické vojenské puškové ráže (7,62 mm) je ovlivněno vojenským určením těchto nábojů. Na rozdíl od náboje 7,62x39, který je určen ke střelbě na nekrytou živou sílu, je náboj 7,62x54 R určen k vyrazení živé síly ukryté v lehké bojové technice.

5 ZÁVĚR

Hodnocení ranivého potenciálu MRS pomocí navrženého **KRPS** vychází z balistického experimentu, založeném na postřelování zkušebních bloků takových tloušťek, které zajišťují zachycení celkového střelného kanálu.

KRPS v sobě zahrnuje předanou (pohlčenou) kinetickou energii pronikající střely $E_{PŘ}$ bloku náhradního materiálu, reprezentovanou celkovým objemem střelného kanálu W_{SK} a využití ranivého potenciálu střely, vyjádřeném místním uplatněním kinetické energie střely v určité hloubce proniku. Charakter chování střely při jejím proniku určuje tvar dutiny střelného kanálu, který vyjadřuje koeficient vybočení střely K_{VS} .

Uvedený způsob hodnocení MRS, lépe postihuje jejich ranivý potenciál v případě střelných poranění trupu, kdy je možné očekávat dlouhé střelné kanály nebo zástřely.

LITERATURA

- [1] JUŘÍČEK, Ludvík. *Simulace a hodnocení účinků malorážových střel na živou sílu*. (Doktorská disertační práce). Brno: Vojenská akademie v Brně, 2000, 132 s.
- [2] KLEIN, Leo, FERKO, Alexander a kol. *Principy válečné chirurgie*. Praha: Grada Publishing. 2005, 132 s. ISBN 80-247-0735-7.
- [3] KOMENDA, Jan, JUŘÍČEK, Ludvík, ROUBAL, Petr, FOLVARSKÝ, Jan. *Střelná poranění a ranivá balistika*. Praha: Střelecká revue č. 1 - 4/1999.
- [4] KOMENDA, Jan, JUŘÍČEK, Ludvík. *Střelná poranění způsobená střelami vojenských pušek*. Praha: Střelecká revue č. 1 - 4/2000.
- [5] SELLIER, K. G., KNEUBÜHL, Beat, P. *Wundballistik und ihre ballistischen Grundlagen*. Berlín: Springer-Verlag, Berlin, 2000.

Článek recenzovali dva nezávislí recenzenti.

