
Recenzovaný článek

Charakteristika násilných vstupů do objektů a experimentální posouzení možného vlivu rozletu střepin na bezpečnost výcviku při použití nálože na ploty

Characteristics of Forcible Entries into Objects and an Experimental Assessment of the Potential Impact of Fragments Scattering on Training Safety when Using Fence Charge

Ota Rolenec, Pavel Mañas, Tibor Palasiewicz

Abstrakt: Článek se věnuje charakteristice násilných vstupů do objektů a pojmu „breaching“, který je za tuto činnost často zaměňován. Dále článek řeší problematiku rozletu střepin při použití nálože k překonání pletivových plotů. V úvodní kapitole je popsána realizace výcviku v této oblasti s využitím cvičišť, která jsou pro tento účel budována ve vojenských výcvikových prostorech. Při provádění výcviku explozivních násilných vstupů se bezpečná vzdálenost pro zasahující týmy a nezúčastněné osoby stanovuje pomocí daných vzorců.

Abstract: The article focuses on the characteristics of forcible entries into objects and the term “breaching”, which is often used interchangeably with this activity. The article further addresses the issue of fragments scattering when using a charge to overcome chain-link fences. The introductory chapter describes the execution of training in this field using the exercise facilities that are built for this purpose in military training areas. When conducting explosive forcible entry training, the safe distance for intervening teams and non-participants is determined using given formulas.

Klíčová slova: Breaching; experiment; nálož na ploty; násilné vstupy do objektů; rozlet střepin.

Keywords: Breaching; Experiment; Fence charge; Forcible Entry into Objects; Fragments Scattering.

ÚVOD

Význam sídelních útvarů jakožto politických, kulturních a průmyslových center je neoddiskutovatelný a díky postupující urbanizaci bude v budoucnu velmi pravděpodobně ještě vzrůstat^{1,2}. Boj ve městech nebo v osadách se tedy v dnešní době jeví jako neoddělitelná součást vojenských bojových operací a provádění taktických činností ve městech je tedy nevyhnutelné. Tomu se přizpůsobuje i příprava a činnost vojsk. Jednou z relativně nových a v podmínkách Armády České republiky (AČR) rozvíjených činností je provádění násilných vstupů do objektů (NVdO), často také označované jako „breaching“. Breaching je nicméně v obecném pojetí charakterizován jako překonávání překážek a spadá do problematiky ženijní podpory pohybu vojsk, tedy zachování mobility jednotek. Zahrnuje překonávání vodních překážek³ nebo odstraňování a ničení povrchových zátarasů včetně výbušných prostředků.

V ženijní doktríně ATP 3.12.1.⁴ se breaching dělí na provádění z chodu a s plánovitou přípravou. Provádění breachingu z chodu (hasty breach) znamená, že se útočící vojska budou snažit o zřizování průchodů v překážkách pouze s minimální změnou sestavy s využitím odtarasovacích prostředků, které mají k dispozici. Při breachingu s plánovitou přípravou (deliberate breach) se z důvodu velikosti a komplexnosti zátarasu vojska přeskupují a dochází ke ztrátě tempa útoku. Uzpůsobuje se struktura sil ke zřízení průchodu z pěchoty, ženistů, pancéřovaných prostředků a prvků přímé a nepřímé palebné podpory⁵. Dále se také v uvedené doktríně vyskytuje pojem „Minefield breaching“, který obsahuje problematiku ražení průchodů v minových polích. Taktéž některé publikace Armády Spojených států amerických (USA) FM 5-34⁶, FM 3-34⁷ a FM 3-34.2⁸ vnímají breaching jako ražení průchodů v minových polích nebo jako překonávání překážek. FM 3-34.2 dále popisuje plánovací proces breachingu.

Pojem breaching ve smyslu NVdO popisuje publikace Armády USA TM 3-34.82⁹, jež část se věnuje postupům při provádění NVdO pomocí výbušnin, tzv. explozivních

1 HRNČIAR, Michal a Jaroslav KOMPAN. *Factors Shaping the Employment of Military Force from the Perspective of the War in Ukraine*. Vojenské rozhledy. 2023, 32 (1), ISSN 1210-3292 (print), 2336-2995 (online). Available at: www.vojenskerohledy.cz

2 DiMARCO, Louis. *Urban operations in Ukraine: Size, Ratios, and the Principles of War*. In: Modern War Institute [online]. Jun 20, 2022 [cit. 2023-11-10]. Available at: <https://mwi.westpoint.edu/urban-operations-in-ukraine-size-ratios-and-the-principles-of-war/>

3 SEDLÁČEK, Martin a Jaroslav ZELENÝ. Požadavky na ženijní informace při překonávání vodních překážek. *Vojenské rozhledy*. 2019, 28 (4), 044-062. ISSN 1210-3292 (print), 2336-2995 (on-line). Available at: www.vojenskerohledy.cz

4 NATO STANDARDIZATION OFFICE [NSO]. ATP-3.12.1, *Tactical Doctrine for Engineering*, Ed. B, Ver. 1, 2023.

5 *Spojenecká taktická doktrína pro ženijní práce podle zásad a principů ATP-3.12.1 (Pub-31-17-05)*. Vyškov: Centrum doktrín VeV-VA Vyškov, 2017.

6 *Engineer Field Data (FM 5-34)*. Washington: Department of the Army, 2003.

7 *Engineer Operations (FM 3-34)*. Washington: Department of the Army, 2020.

8 *Combined-Arms Breaching Operations (FM 3-34.2)*. Washington: Department of the Army, 2002.

9 *Explosives and Demolitions (TM 3-34.82)*. Washington: Department of the Army, 2016.

násilných vstupů. Obsahuje typy náloží používané na jednotlivé konstrukční prvky s návodem k jejich sestavení a taktéž vzorce pro výpočet bezpečných vzdáleností při realizaci těchto vstupů. FM 3-06.11¹⁰ uvádí rozdělení NVdO na jednotlivé typy, ze které vychází národní přístup k této problematice.

1 CHARAKTERISTIKA NÁSILNÝCH VSTUPŮ DO OBJEKTŮ

Při vedení bojové činnosti v urbanizované oblasti je zájmem působících sil minimalizovat škody a počet civilních obětí. Alternativní vstupy do objektů mohou být vytvářeny pomocí zbraňových systémů na těžké technice, popřípadě pomocí speciální ženijní munice¹¹, kdy některé typy obsahují značné množství trhavin vytvářející vysoký přetlak v čele detonační vlny a značný střepinový efekt. Použití takových prostředků pak může představovat ohrožení jak pro civilisty, tak i pro vlastní síly, a v některých případech může vést i k pádu budovy nebo vytvoření neplánovaných zátarasů ze sutin. Proto z vojenského hlediska vznikla potřeba upravit prostředky k provedení NVdO při zachování požadované efektivity. NVdO provádí speciálně vycvičené jednotky s cílem vytvořit průchody ve stavebních konstrukcích (okna, dveře, zdi apod.) k umožnění taktického průniku do objektu, ven z něj nebo vytvoření průchodu uvnitř objektu. NVdO se dělí na tři základní typy:

- Mechanické násilné vstupy do objektů;
- Balistické násilné vstupy do objektů;
- Explosivní násilné vstupy do objektů¹².

Mechanické násilné vstupy do objektů zahrnují postupy k vytváření průchodů do objektů pomocí ručního náradí (sekery, palice, kladiva, páčidla) nebo malou ženijní technikou (motorová řetězová pila, motorová rozbrušovací pila). Balistické násilné vstupy se využívají k rychlému vytvoření vstupu, primárně skrz dveře, pomocí brokovnice ráže 12 mm. Explosivní násilné vstupy do objektů (ENVdO) zahrnují postupy k tvorbě průchodů ve stavebních konstrukcích za využití ženijní munice. Prostředky pro ENVdO jsou v současné době nejprogresivněji rozvíjené¹³.

¹⁰ *Combined Arms Operations in Urban Terrain (FM 3-06.11)*. Washington: Department of the Army, 2016.

¹¹ KOMPAN, Jaroslav. *Bojové trhacie práce*. In: Vojenské reflexie. Liptovský Mikuláš: Akadémia ozbrojených síl generála M.R. Štefánika, 2020, 15 (1), pp. 118–145, ISSN 1336-9202. Available at: http://vr.aos.sk/images/dokumenty/archiv_cisel/2020/vojenske_reflexieXV_1.pdf

¹² *Násilné vstupy do objektů (Pub návrh do tisku)*. Vyškov: Centrum doktrín VeV-VA Vyškov.

¹³ tamtéž

1.1 Realizace výcviku NVdO v ČR

NVdO cvičí v České republice (ČR) již několik dekád speciální policejní jednotky (útvary rychlého nasazení – URNA) a vojenské speciální jednotky. V posledních letech, zejména po zkušenostech ze zahraničních ženijních kurzů, se začala formovat potřeba vytvořit schopnost provádět NVdO u ženijních jednotek, tak aby mohly realizovat tuto formu podpory ve prospěch manévrových jednotek při boji v zastavených prostorech. Ženijní jednotky jsou uzpůsobeny k provádění NVdO, jednak na základě svého předurčení podporovat pohyb vojsk, ale také díky tomu že příslušníci ženijního vojska disponují oprávněním k obsluze příslušné ženijní techniky a oprávněním k provádění nebo řízení trhacích prací.

NVdO mohou realizovat pouze osoby odborně způsobilé k provádění NVdO nebo osoby zařazené do specializačního kurzu k získání této odborné způsobilosti. Specializační kurz NVdO se realizuje v ČR nebo v zahraničí. V případě absolvování zahraničního kurzu o jeho uznání rozhoduje náčelník ženijního vojska (NŽV) AČR. Provádění NVdO je určeno pro¹⁴:

- pro příslušníky jednotek speciálních sil, výsadkového, mechanizovaného a ženijního vojska;
- v případě odůvodněného požadavku pro další příslušníky na základě souhlasného stanoviska NŽV.

Je také potřebné zdůraznit, že vzhledem k uvedeným typům NVdO mohou mechanické násilné vstupy provádět pouze osoby, které jsou vycvičeny nebo zaškoleny v bezpečné manipulaci s ručním nářadím a obsluze zavedené ženijní techniky dle platných předpisů. V rámci balistických násilných vstupů musí být příslušníci vycvičeni v bezpečné manipulaci se zavedenou brokovnicí ráže 12 mm. ENVdO mohou provádět pouze osoby „odborně připravené k provádění ženijních prací s ostrou ženijní municí nebo odborně způsobilé k provádění nebo řízení ženijních prací s ostrou ženijní municí“¹⁵.

Kurz NVdO je složen z níže uvedené problematiky, přičemž tematika ENVdO tvoří polovinu časové dotace kurzu:

- bezpečnostní opatření a stanovení bezpečných prostorů a minimálních bezpečných vzdáleností;
- základní informace o konstrukci budov;
- plán násilného vstupu;
- druhy ručního nářadí, zásady jejich použití a bezpečnostní opatření;
- konstrukce motorových řetězových pil, zásady jejich použití při provádění násilných vstupů a bezpečnostní opatření;

¹⁴ Metodický pokyn náčelníka ženijního vojska AČR k upřesnění přípravy a provádění násilných vstupů do objektů. Praha, 2020.

¹⁵ tamtéž

- konstrukce rozbrušovacích pil, zásady jejich použití při provádění násilných vstupů a bezpečnostní opatření;
- brokovnice a munice do nich, zásady jejich použití při provádění násilných vstupů a bezpečnostní opatření;
- stanovení hmotnosti a tvaru náloží, jejich sestavování a upevňování;
- způsoby roznětu;
- koordinace činnosti při provádění násilných vstupů¹⁶.

1.2 Cvičiště k provádění NVdO

K realizaci kurzu je potřebné disponovat speciálním cvičišťem obsahující konstrukční prvky budov, které mohou být překonávány. V současné době se cvičiště pro provádění NVdO budují ve všech výcvikových prostorech, přičemž v roce 2023 bylo dokončeno ve vojenské výcvikové prostoru Březina. Je označováno zkratkou BTA (Breaching Training Area) a slouží k provádění všech typů NVdO¹⁷. V areálu vojenského útvaru 15. ženijního pluku se v rámci ženijního cvičiště EOD (Explosive Ordnance Disposal) nachází výcvikový prostor pro násilné vstupy do objektů, ve kterém se ale nemůže provádět ENVdO¹⁸.

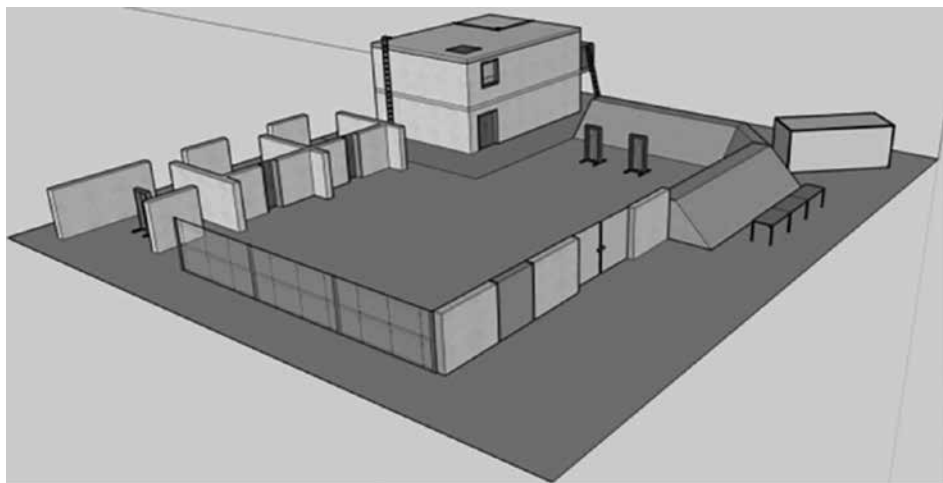
V některých případech byli pro posouzení rozmístění jednotlivých prvků a bezpečnostní problematiky přizváni odborníci z Univerzity obrany. Autoři tohoto článku nicméně neidentifikovali žádný alianční dokument, který by obsahoval variantu schématu cvičiště pro NVdO. Při jejich navrhování a výstavbě se tedy vychází ze získaných zkušeností z národních a zahraničních kurzů, potřeby jednotlivých konstrukčních prvků a disponibilního prostoru. Obrázek č. 1 z ¹⁹ znázorňuje 3D modelaci cvičiště. Tento model, vytvořený příslušníkem 15. ženijního pluku, vychází ze zkušeností z absolvování zahraničního kurzu Engineer Officer probíhajícího v USA, který obsahoval tematiku NVdO.

¹⁶ tamtéž

¹⁷ *Statut vojenského výcvikového prostoru Březina*. Vyškov, 2023.

¹⁸ *Provozní řád ženijního cvičiště EOD*. Bechyně, 2022.

¹⁹ *Násilné vstupy do objektů (Pub návrh do tisku)*. Vyškov: Centrum doktrín VeV-VA Vyškov.



Obrázek č. 1: 3D model cvičiště pro NVdO²⁰

V roce 2023 proběhlo setkání jednoho z autorů článku s příslušníky speciálních jednotek týkající se uspořádání cvičiště a bezpečných zón kolem něj, přičemž v jeho průběhu vyvstal rozpor mezi teorií a praktickými poznatky. Dle tvrzení pyrotechniků při překonávání plotu pomocí nálože nazývané Fence charge nedochází k rozletu střepin ve směru působení výbuchu. Fence charge je určena pro trhání vysokopevnostních bezpečnostních plotů, nicméně pro výcvikové účely se z důvodu vysoké pořizovací ceny bezpečnostních plotů používá standardní pletivo, které je tvořeno ocelovým drátem o průměru do 2 mm s plastovou nebo zinkovou úpravou povrchu.

Na základě závěrů z uvedeného jednání byly vyjádřeny pochybnosti týkající se stanoviska na nulový rozlet střepin při použití Fence charge při trhání běžného pletiva. Vyřešení tohoto rozporu má implikace na určení bezpečnostních vzdáleností okolo cvičiště a výstavbu a užívání dalších objektů v jeho blízkém okolí. Cílem tohoto článku je na základě analytických a numerických metod pro popis rozletu střepin a následného experimentálního ověření potvrdit či vyvrátit tvrzení o nulovém rozletu střepin a stanovit jejich hypotetický dolet a zraňující účinek.

2 VÝPOČET BEZPEČNOSTNÍCH VZDÁLENOSTÍ

Při realizaci ENVdO je nutné kalkulovat s tzv. minimální bezpečnou vzdáleností (minimum safety distance – MSD) vzhledem k celkové hmotnosti výbušnin (net explosive

²⁰ tamtéž

weight – NEW). NEW se přepočítává na hmotnostní ekvivalent k trinitrotoluenu (TNT). Vzorec pro výpočet NEW je následující²¹:

$$NEW = N \cdot m \cdot RE \quad (1)$$

kde NEW – celková hmotnost výbušniny [g];

N – množství výbušniny [m; ks];

m – hmotnost výbušniny [$\text{g} \cdot \text{m}^{-1}$; $\text{g} \cdot \text{ks}^{-1}$];

RE – „relative effectiveness“ faktor.

RE faktor je koeficient, který určuje přepočet hmotnosti výbušniny na ekvivalent TNT. Hodnoty pro výbušniny používané v AČR jsou dány níže uvedenou tabulkou.

Tabulka č. 1: Ekvivalenty výkonnosti TNT pro vybrané výbušniny²²

Druhy výbušnin	Výbušná náplň	RE faktor
TNT	TNT	1
ROZBUŠKA (iniciace)	Vždy 1,1 g	1,46
BLESKOVICE Np V	PENT – $12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$	1,27
TRHAVINA PL Np-10	PENT	1,35
TRHAVINA SEMTEX 90 PH 500 g	PENT/RDX	1,35
TRHAVINA SEMTEX PL SE M (40 cm × 20 cm × 0,3 cm)	RDX/PENT – 376 g	1,46
NÁLOŽ TÁHLÁ SEMTEX RAZOR 15 NÁLOŽ TÁHLÁ SEMTEX RAZOR 20 NÁLOŽ TÁHLÁ SEMTEX RAZOR 25	RDX/PENT – $310 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ RDX/PENT – $550 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ RDX/PENT – $860 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$	1,46
NÁLOŽKA.RAZOR BOOSTER	PENT - 6 g	1,46
SEMTEX LCT 55 SEMTEX LCT 205	PENT/RDX – $55 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ PENT/RDX – $205 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$	1,46

Obecný vzorec MSD pro výpočet bezpečnosti osob při NVdO je stanoven následovně²³:

$$MSD = K \cdot \sqrt[3]{NEW} \quad (2)$$

kde MSD – minimální bezpečná vzdálenost [m];

K (koeficient): 4 pro útočný tým se štítem (balistickou dekou);

6 pro útočný tým bez štítu (balistické deky);

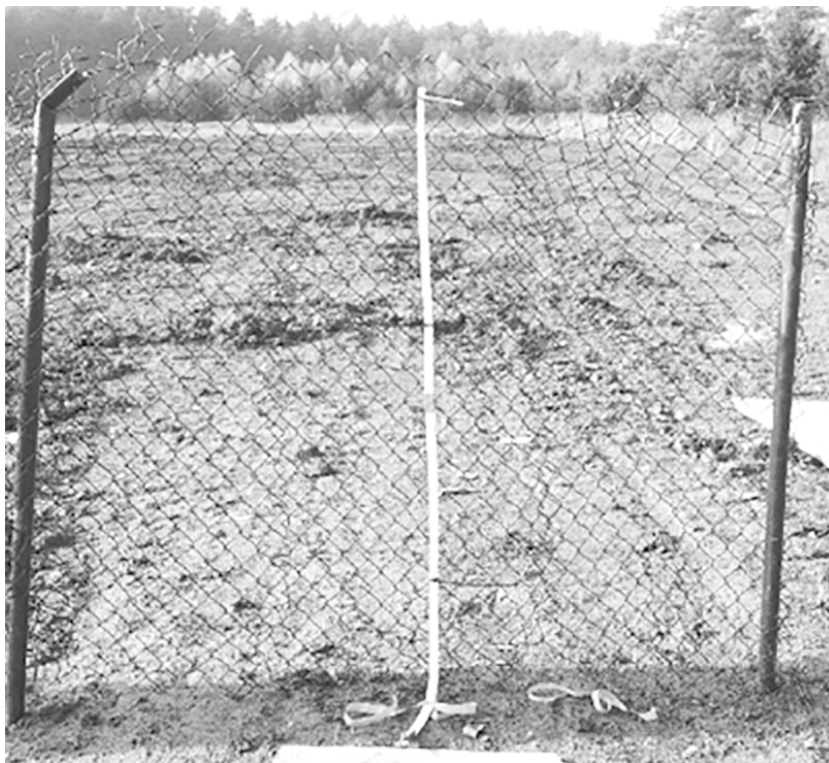
²¹ tamtéž

²² tamtéž

²³ tamtéž

130,1 pro nezúčastněné osoby (rozlet střepin).

Nálož na pletivo se v podmínkách AČR skládá ze 2 m páskové plastické trhaviny LCT 205, 0,35 m bleskovice Np V, počínové náložky Razor BOOSTER a rozbušky (viz Obrázek č. 2). NEW je vypočítáno dle (1) na 0,61 kg ekvivalentu TNT ($NEW = 2 \cdot 205 \cdot 1,46 + 0,35 \cdot 12 \cdot 1,27 + 1 \cdot 6 \cdot 1,46 + 1 \cdot 1,1 \cdot 1,46$). Dle vzorce (2) je MSD při použití balistické deky útočným týmem k provedení breachingu 3,4 m ($MSD = 4 \cdot \sqrt[3]{0,61}$). MSD pro nezúčastněné osoby činí 111 m ($MSD = 130,1 \cdot \sqrt[3]{0,61}$), což představuje určenou bezpečnostní vzdálenost vymezující okruh kolem nálože, za jehož hranicí by nemělo dojít k ohrožení života a zdraví pohybujících se nechráněných osob.



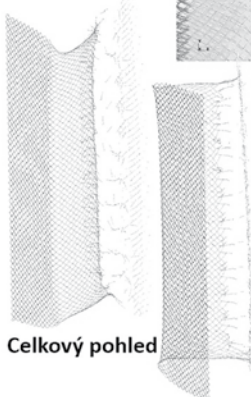
Obrázek č. 2: Nálož na pletivo – Fence charge

3 URČENÍ ROZLETU A ÚČINKU STŘEPIN NA ZÁKLADĚ SIMULACE A VÝPOČTŮ

Na základě numerické simulace, která byla zpracována v rámci projektové dokumentace cvičiště BTA, kdy byl řešen problém případného rozletu střepin při umístění páskové plastické trhaviny na standardní pletivo, byla identifikována možnost rozletu střepin s poměrně vysokou počáteční rychlostí a pod nezanedbatelným úhlem vzhledem ke svislé rovině kolmé k rovině pletiva (viz Obrázek 3).

Rychlost a směr rozletu úlomků pletiva

LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost
Time = 5.0005
Contours of Resultant Velocity
min=0, at node# 2247
max=275.74, at node# 32789
Vectors of Total-velocity
min=0, at node# 2247
max=275.74, at node# 32789



Boční pohled
Odhad počátečního úhlu dráhy

Vectors	Fringe
2.757e+02	2.757e+02
2.482e+02	2.482e+02
2.206e+02	2.206e+02
1.930e+02	1.930e+02
1.654e+02	1.654e+02
1.379e+02	1.379e+02
1.103e+02	1.103e+02
8.272e+01	8.272e+01
5.515e+01	5.515e+01
2.757e+01	2.757e+01
0.000e+00	0.000e+00

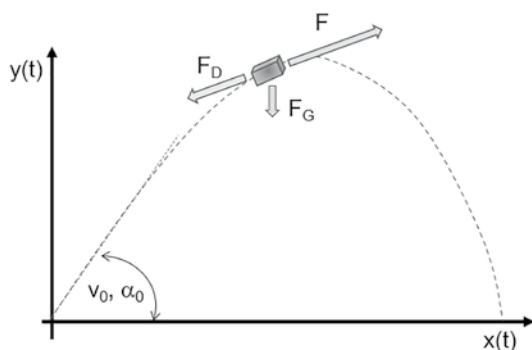


Obrázek č. 3: Simulace rozletu střepin z pletiva při použití páskové plastické trhaviny

Hlavní výsledky simulace (počáteční rychlost střepiny, průměrná velikost střepiny) je možné použít jako vstupní hodnoty pro následné analytické výpočty doletu střepin a jejich kinetické energie, která podmiňuje jejich ranivý účinek.

Na Obrázku 4 je schéma rovnováhy sil na střepině letící vzduchem po balistické křivce, ze kterého lze odvodit soustavu 4 diferenciálních rovnic popisujících let střepiny včetně uvažování odporu vzduchu v závislosti na rychlosti a čelní ploše střepiny např. v²⁴. Vzhledem k zaměření časopisu nejsou uváděny další podrobnosti k odvození a řešení, jsou diskutovány pouze výsledky.

²⁴ *Formulae for ammunition management*, International Ammunition Technical Guidelines. IATG 01.80: United Nations Office for Disarmament Affairs, 2021. Available at: <https://data.unsafeguard.org/iatg/en/IATG-01.80-Formulae-ammunition-management-IATG-V.3.pdf>



Rovnováha sil:

$$m_{střep} \cdot \frac{d}{dt} v(t) = Fg + Fd$$

Změna úhlu letu:

$$\frac{d}{dt} \theta(t) = - \frac{g \cdot \cos(\theta(t))}{v(t)}$$

Změna polohy vodorovně
(x) a svisle (y):

$$\frac{d}{dt} x(t) = v(t) \cdot \cos(\theta(t))$$

$$\frac{d}{dt} y(t) = v(t) \cdot \sin(\theta(t))$$

Obrázek č. 4: Balistická křivka a rovnováha sil při letu střepiny

Kinetická energie letící střepiny je dána obecným vztahem

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v(t)^2 \quad (3)$$

kde m [kg] je hmotnost střepiny a $v(t)$ [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] je okamžitá rychlost střepiny. Zraňující účinek letící střepiny je možné hodnotit podle postupů uvedených např. v ²⁵ nebo ²⁶. Zjednodušené kritérium uvádí, že střepiny s kinetickou energií 27 J a více mohou způsobit člověku vážné až fatální zranění, což je pro účely tohoto článku dostatečné. Podle stejných pramenů se uvažuje povrch těla průměrného člověka asi 1,9 m^2 . Z této plochy a předpokládaného počtu střepin, které vzniknou po výbuchu, a úhlu jejich rozletu lze stanovit pravděpodobnost zranění.

4 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ ROZLETU STŘEPIN

Ve vojenském výcvikovém prostoru Boletice byla na trhací jámě provedena příprava a vlastní realizace experimentu. K trhacím pracím se využilo stanoviště, které obsahovalo kůly po předchozím výcviku ve vzdálenosti 2 až 4 m od sebe, které byly dostatečně pevně ukotveny do země. Zde bylo možné zřídit 3 plotová pole (viz Obrázek 5). Ke stavbě plotových polí bylo využito pozinkované pletivo s průměrem drátu 2 mm s velikostí oka 50

²⁵ *tamtéž*

²⁶ *Green Book: Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from release of hazardous materials*. CPR 16E, The Hague: Directorate-General of Labour of the Ministry of Social Affairs and Employment, 1st Edition, 1992. Available at: <https://publications.tno.nl/publication/34634118/X2BfNj/TNO-1992-greenbook-2.pdf>

× 50 mm o výšce 2 m s horním i dolním napínacím drátem. Jako střední napínací drát byl využit vázací drát o průměru 2 mm.



Obrázek č. 5: Instalované pletivo na prvním stanovišti

Svědečné desky se skládaly ze střešních latí sešroubovaných do obdélníkového tvaru šířky 1 m a výšky 2 m s bočním zajištěním svislé polohy. Jako materiál pro sledování zásahu střepinami byl zvolen balicí papír s vahou $90 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. Z důvodu klimatických podmínek (silný vítr) se ukázal tento materiál jako nevhodný. Plocha 2 m^2 kladla působícímu větru značný odpor, a tudíž při větším poryvu došlo k utržení papíru. Jako náhradní materiál byla použita ochranná fólie Selitstop, která je charakteristická vysokou pružností a také pevností. Pro první výbuch byla upevněna na celou plochu svědečné desky. Z důvodu přetrvávajícího silného větru se pro následující tři exploze připevňovala „pouze“ na 1 m^2 horní části svědečné desky.

4.1 Použité nálože a vzdálenost svědečných desek u jednotlivých výbuchů

Celkem byly provedeny čtyři výbuchy na instalovaném pletivu. K sestavení Fence charge se použila bleskovice Np V, plastická trhavina LCT 55 a LCT 205. U každé nálože sloužila k iniciaci počínová náložka Razor BOOSTER a elektrická rozbuška umístěná ve spodní části nálože (používání způsob z důvodu snazší manipulace s iniciátory a vedení přívodního kabelu k útočnému týmu po zemi). Cílem použití jiné než předepsané nálože na bezpečnostní ploty bylo ověřit, zda k přeražení běžně používaného pletiva pro výcvikové účely nedostačuje nálož o nižší mohutnosti.

Jako první byly k sestavení nálože použity tři odnože bleskovice Np V spojené k sobě páskou. Jeden metr bleskovice obsahuje 12 g pentritu, celkem tedy bylo na roztržení plotu aplikováno 72 g pentritu. K zachycení střepin vzniklých při výbuchu bylo využito 5 svědečných desek ustavených do kruhového oblouku ve vzdálenosti 6 m od připravené nálože (viz Obrázek 6).



Obrázek č. 6: Fence charge sestavená z bleskovice

Pro druhý a třetí výbuchový test byla použita plastická trhavina LCT 205, která je pro tento typ nálože v rámci NVdO stanovena. Jak vypovídá její označení, tak obsahuje 205 g plastické trhaviny na 1 m délky (viz Tabulka 1). Nálože na překonání plotu sestavené z tohoto typu plastické trhaviny tedy obsahovaly 410 g trhaviny. Svědečné desky byly při druhém výbuchu opět umístěny 6 m od nálože stejně jako v případě bleskovice. V rámci třetího trhání pletiva byly svědečné desky umístěny na vzdálenost 5 m od nálože

a k zachycení letících střepin se použily čtyři desky (viz Obrázek 7). Pro poslední čtvrtou nálož se použila plastická trhavina LCT 55. Určení celkového množství trhaviny v náloži je analogické jako u předchozího typu nálože (viz Tabulka 1), tedy zde bylo celkem použito 110 g plastické trhaviny. Rozmístění svědečných desek bylo stejné jako u třetího výbuchu.



Obrázek č. 7: Fence charge sestavená z plastické trhaviny LCT 205

4.2 Výsledky experimentu

Bleskovice byla použita jako první nálož, jelikož obsahovala nejméně trhaviny a účelem bylo kromě měření hustoty rozletu střepin zjistit, zda tlaková vlna neprotrhne materiál svědečných desek. Z důvodu malé mohutnosti trhaviny v náloži došlo k protržení plotu pouze v horní části pletiva (viz Obrázek 8). Zbytek ocelových drátů vykazoval pouze minimální poškození a nahodilé přetržení. Při výbuchu došlo vlivem působení přetlaku v čele rázové vlny k odtržení části papíru a fólie od rámu svědečných desek, nedošlo ovšem k jejich přetržení nebo roztržení, čímž byla zachována jejich funkce (tento efekt se projevil u každého výbuchu). Na svědečných deskách nebyl zaznamenán žádný průlet střepiny. Tato nálož byla na základě svého minimálního destruktivního účinku na pletivo vyhodnocena jako nevhodná pro provádění ENVDO pro překonávání pletivových plotů.



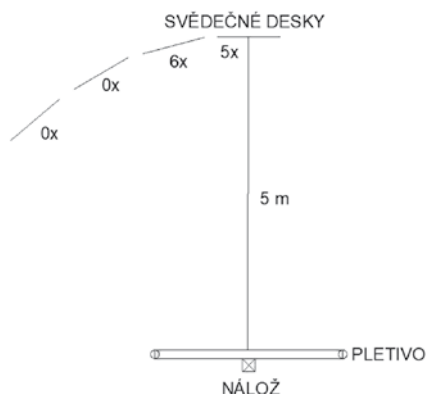
Obrázek č. 8: Poškození pletiva při použití nálože sestavené z bleskovic NPV

Dále byly realizovány dvě exploze s použitím plastické trhavy LCT 205. U obou explozí došlo k přetržení pletiva v celé jeho délce (viz Obrázek 9).

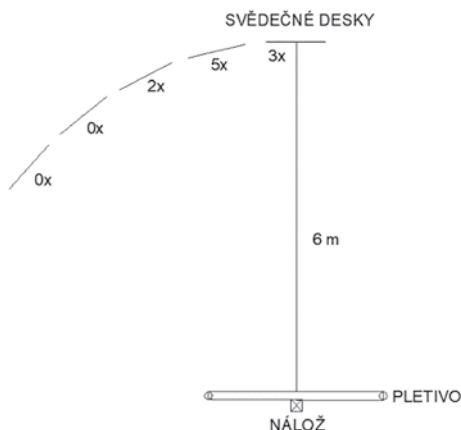


Obrázek č. 9: Přetržení pletiva při použití plastické trhavy LCT 205

Průlet střepin svědečnými deskami byl zachycen při obou testech s trhavinou LCT 205. U vzdálenosti 6 m bylo zaznamenáno 10 střepin, u 5 m vzdálenosti celkem 11 střepin. Ot-vory po střepinách se vyskytovaly vždy na desce v kolmém směru k rovině plotu. U vzdálenosti 5 m dále na přilehlé boční desce (viz Obrázek 10), u vzdálenosti 6 m na dvou přilehlých bočních deskách (viz Obrázek 11).



Obrázek č. 10: Rozmístění na 5 m



Obrázek č. 11: Rozmístění na 6 m

Nálož sestavená pomocí LCT 55 byla na základě množství použité trhaviny druhá nejsilnější v rámci provedeného experimentu. Účelem testu bylo jistit, zda je tato nálož vhodná pro překonávání pletivového plotu a zda při její detonaci vznikají

střepiny. Po provedeném výbuchu bylo zjištěno, že pletivo bylo přetrženo pouze na pěti místech (viz Obrázek 12). Svědečné desky, které byly vzdáleny od nálože 5 m, nezachytily průlet střepin. Tato nálož byla taktéž vyhodnocena jako nevhodná k překonávání těchto typů plotů při ENVdO.



Obrázek č. 12: Protržení plotu po detonaci plastické trhavin LCT 55

5 DISKUZE

Na základě provedeného experimentu bylo prokázáno, že při výbuchu Fence charge dochází na pletivu k jeho přetržení a vymrštění úlomků drátů ve směru kolmém k rovině plotu. Bylo tedy vyvráceno empirické tvrzení o nulovém rozletu střepin u tohoto typu nálože a konstrukčního prvku.

U 5 m vzdálenosti svědečných desek bylo zjištěno celkem 11 zásahů na kruhové výseči o délce 2 m, obdobně u 6 m vzdálenosti bylo zjištěno 10 zásahů na kruhové výseči o délce 3 m. Při použití vztahu pro délku kruhové výseče l :

$$l = r \cdot \alpha [\text{rad}] \quad (4)$$

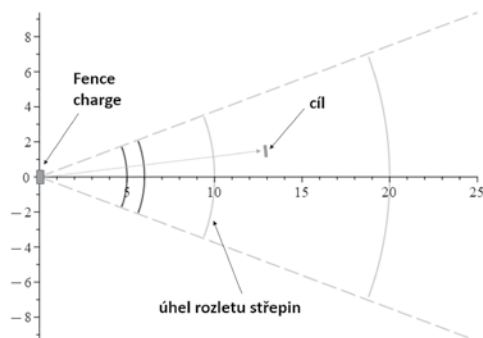
kde r [m] je poloměr a α [rad] je úhel kruhové výseče, lze ověřit předpokládaný rozlet střepin v rozmezí přibližně 40° až 60°. Z celkového povrchu těla průměrného člověka 1,9 m² bude účinkům střepin vystavena přibližně jedna třetina, tj. 0,6 m². Pokud by takovýto člověk stál v kruhové výseči určené úhlem rozletu střepin, tak ho podle výsledků experimentu zasáhnou s velmi vysokou pravděpodobností 2–3 střepiny, které v závislosti na své kinetické energii (viz vztah 3) mohou způsobit velmi vážné nebo i fatální zranění.

Teoreticky lze počet střepin zasahujících člověka v určité vzdálenosti a jejich ranivý účinek založený na kinetické energii letící střepiny odvodit z balistické křivky, celkového

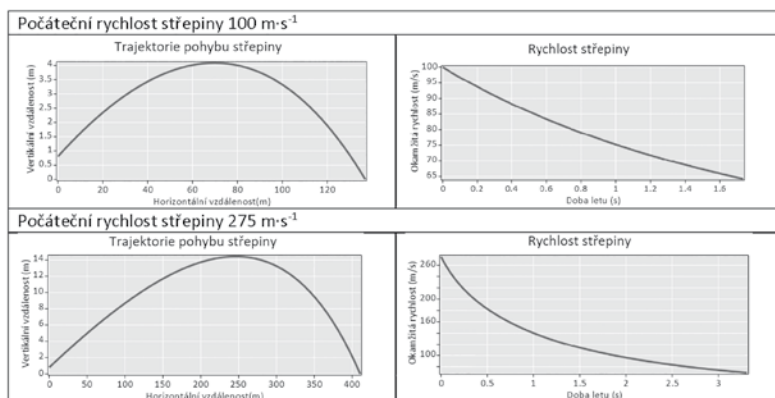
počtu střepin a počáteční rychlosti střepiny (grafické schéma úlohy je na Obrázku 13). Teoretický počet střepin lze stanovit z úvahy, že při výbuchu Fence charge se střepiny tvoří z 2–3 nejbližších sloupců pletiva, kterých se výbušnina dotýká (viz obrázky 6, 8, 12) a střepiny budou mít délku přibližně rovnou rozměru oka pletiva, což je cca 40 mm. Při výšce pletiva 1,8 m může takto vzniknout cca 130–190 střepin o délce 40 mm, průměru 1,8 mm a hmotnosti přibližně 3 g.

Z výsledků numerické simulace (viz Obrázek 13) lze stanovit počáteční rychlost střepiny v rozmezí 100 až 275 m·s⁻¹. Při počáteční rychlosti střepiny 100 m·s⁻¹ je její kinetická energie podle vztahu (3) 30 J, při počáteční rychlosti 275 m·s⁻¹ je její kinetická energie 227 J. V obou případech to znamená, že minimálně na počátku své dráhy mají střepiny dostatečnou kinetickou energii pro způsobení vážného až fatálního zranění.

Z diferenciálních rovnic popisujících rovnováhu sil při letu střepiny (viz Obrázek 4) lze stanovit okamžitou rychlost střepiny v závislosti na předpokládaném odporu vzduchu a také maximální dolet střepiny (viz grafy na Obrázku 14).



Obrázek č. 13: Schéma pravděpodobnosti zásahu střepinou v závislosti na vzdálenosti a úhlu rozletu



Obrázek č. 14: Graf doletu a okamžité rychlosti střepiny v závislosti na počáteční rychlosti

Z těchto údajů lze relativně snadno dopočítat údaje v následující Tabulce 2.

Tabulka č. 2: Hypotetický počet a kinetická energie střepin, které mohou zasáhnout osoby při výcviku s Fence charge na cvičišti BTA

Počáteční rychlost střepiny	popis	Vzdálenost 5 m	Vzdálenost 10 m	Vzdálenost 20 m
100 m·s ⁻¹	Počet střepin zasahujících cíl	27 ks	10 ks	4 ks
	Kinetická energie střepiny	15 J	15 J	14 J
275 m·s ⁻¹	Počet střepin zasahujících cíl	27 ks	10 ks	3 ks
	Kinetická energie střepiny	116 J	111 J	102 J

ZÁVĚR

Násilné vstupy do objektů budou představovat významnou činnost vojsk i v budoucím období. Před nasazením jednotek do reálného boje bude probíhat jejich řádná příprava, přičemž výcvik jednotek by se měl co nejvíce přibližovat reálnému nasazení a zároveň se musí dodržovat stanovená bezpečnostní opatření jak pro cvičící jednotky, tak pro nezúčastněné osoby.

Na základě provedeného experimentu lze považovat za prokázané, že při používání Fence charge např. typu LCT 205, dochází k rozletu střepin (úlomků pletiva) ve směru působícího výbuchu pod úhlem rozletu přibližně 40°–60°. Na základě provedených simulací lze konstatovat, že předpokládaná počáteční rychlost střepin v rozmezí 100–275 m·s⁻¹ determinuje u střepiny dostatečnou kinetickou energii ke způsobení vážného až fatálního zranění. Zároveň se dolet takovéto střepiny pohybuje v rozmezí od 140 do 400 m.

Na základě těchto zjištění by měla být upravena organizace výcviku a bezpečnostní opatření na cvičišti BTA takovým způsobem, aby při výcviku s ostrou municí (Fence charge) nemohla vyskytovat ve směru působícího výbuchu žádná další osoba.

Výsledky experimentu jsou v poměrně dobré shodě s výsledky simulací, minimálně v tom ohledu, že při používání Fence charge dochází ke vzniku střepin a je tedy vyvrácen dosud převládající názor, že se tak neděje. Autoři článku předpokládají následující výzkum, kdy se soustředí na přesnější postupy zjišťování počtu střepin, které se mohou uvolnit, a dále na zjištění jejich počáteční rychlosti, která je zásadní pro stanovení dostatečně přesné trajektorie jejich letu, a také jejich kinetické energie v průběhu letu. Návazující studie by se mohla zabývat zkoumáním pravděpodobnosti zásahu cíle v závislosti na vzdálenosti a velikosti cíle.

SEZNAM ZKRATEK

Zkratka	Anglický termín	Český termín
AČR		Armáda České republiky
BTA	Breaching Training Area	cvičiště k provádění breachingu
ČR		Česká republika
ENVdO		explozivní násilné vstupy do objektů
EOD	Explosive Ordnance Disposal	likvidace výbušných prostředků
MSD	Minimum Safety Distance	minimální bezpečná vzdálenost
NEW	Net Explosive Weight	celková hmotnost výbušniny
NVdO		násilné vstupy do objektů
NŽV		náčelník ženijního vojska
TNT	trinitrotoluene	trinitrotoluen
URNA		Útvar rychlého nasazení
USA	United States of America	Spojené státy americké

Autoři:

Plk. Ing. Ota Rolenc, Ph.D., narozen 1983. Absolvent bakalářského (2005) a magisterského (2010) studijního programu na Fakultě ekonomiky a managementu Univerzity obrany. U vojenských útvarů zastával různé velitelské a štábní funkce. V roce 2018 úspěšně dokončil studium kombinovaného doktorského studijního programu. Aktuálně zastává pozici vedoucího skupiny Katedry ženijní podpory. Ve své vědecko-pedagogické činnosti se zabývá problematikou ženijní podpory vojsk ve vojenských operacích, simulacemi průběhu ženijní podpory činnosti vojsk a působení výbuchu na konstrukční prvky budov.

Plk. (v. z.) doc. Ing. Pavel Mañas, Ph.D., narozen 1967. Vystudoval bývalou Vojenskou akademii v Brně a celou svou profesní kariéru spojil se vzděláváním studentů v oblasti vojenských konstrukcí, ochranných staveb a účinků zbraňových systémů na konstrukce. V poslední době se věnuje modelování a simulacím v oblasti strukturální analýzy konstrukcí a jejich mezní únosnosti a odolnosti, ochraně infrastruktury nutné pro obranu státu a kritické infrastruktury a také bezpečnostním analýzám. V období 2010 až 2019 vedl Katedru ženijních technologií Univerzity obrany. V současné době působí na Univerzitě obrany, VUT Brno a v komerční sféře.

Plk. gšt. Ing. Tibor Palasiewicz, Ph.D., narozen 1975. Po ukončení Vysoké vojenské školy ve Vyškově v roce 2000 byl zařazen u ženijního vojska na různých velitelských a štábních funkcích, naposledy u Velitelství 4. brigády rychlého nasazení. V roce 2008 nastoupil do funkce odborného asistenta katedry ženijní podpory Univerzity obrany, kde působí dosud jako vedoucí katedry. V roce 2015 dokončil studium doktorského studijního programu.

Jeho specializace je zaměřena do oblastí použití jednotek ženijního vojska v operacích, zatarasování a odstraňování výbušných prostředků.

Jak citovat: ROLENEC, Ota, Pavel MAŇAS a Tibor PALASIEWICZ. Charakteristika násilných vstupů do objektů a experimentální posouzení možného vlivu rozletu střepin na bezpečnost výcviku při použití nálože na ploty. *Vojenské rozhledy*. 2024, 33 (2), 147-166. ISSN 1210-3292 (print), 2336-2995 (on-line). Available at: www.vojenskerozhledy.cz.