

Oponentní posudek

disertační práce

zpracované **Ing. Jánem Štrbou**

na téma

Stanovenie priebehu odporového tlaku proti pohybu strely v hlavni zbraňového systému

Oponentní posudek zpracoval: **doc. Ing. Stanislav Beer, CSc.**, Katedra zbraní a munice, Fakulta vojenských technologií Univerzity obrany, Brno

Oponovaná disertační práce je zaměřena na aktuální problém vyplývající zejména z implementace normy STANAG 4367 do podmínek zbrojního průmyslu a armády SR. Je zpracována na 94 stranách vlastního textu a obsahuje 35 stran příloh.

Nyní k jednotlivým částem disertační práce (DP).

Cíle disertační práce

Cíle DP jsou uvedeny za úvodem, kdy ještě není provedena analýza současného stavu řešené problematiky a tak je nutné se k jejich formulaci vracet po prostudování dalších částí DP. Domnívám se však, že místo prvního cíle „ověření správnosti a funkčnosti“ modelu STANAG, by měl hlavní cíl DP odpovídat jejímu názvu. Stanovení průběhu odporového tlaku proti pohybu střely je totiž závažným problémem této normy. Samotné vyřešení a experimentální ověření tohoto průběhu by zcela jako cíl DP stačilo.

Teoretická východiska vnitrobalistických výpočtů (kap. 1)

V podkapitole 1.2 je vypsáno odvození základních rovnic popisujících vnitrobalistický děj a následně je pak popsán postup úpravy těchto rovnic pro analytické řešení s důrazem na metodu prof. Sluchockého. Domnívám se, že toto je zbytečné. Uvedený matematický model a jeho úprava na analytické řešení jsou uvedeny v řadě běžně dostupné literatury. Stačilo by proto pouhé přepsání s odkazem na zdroj.

Autor DP se i při tomto podrobném rozepisování odvození jednotlivých rovnic dopustil některých nepřesných formulací. Např.:

- Odrážky a), b) a h) v podkapitole 1.2.4.1 na s. 24 a 24 – tato zjednodušení jsou nutná pouze u analytických metod.

Oponentní posudek

disertační práce

zpracované **Ing. Jánem Štrbou**

na téma

Stanovenie priebehu odporového tlaku proti pohybu strely v hlavni zbraňového systému

Oponentní posudek zpracoval: **doc. Ing. Stanislav Beer, CSc.**, Katedra zbraní a munice, Fakulta vojenských technologií Univerzity obrany, Brno

Oponovaná disertační práce je zaměřena na aktuální problém vyplývající zejména z implementace normy STANAG 4367 do podmínek zbrojního průmyslu a armády SR. Je zpracována na 94 stranách vlastního textu a obsahuje 35 stran příloh.

Nyní k jednotlivým částem disertační práce (DP).

Cíle disertační práce

Cíle DP jsou uvedeny za úvodem, kdy ještě není provedena analýza současného stavu řešené problematiky a tak je nutné se k jejich formulaci vracet po prostudování dalších částí DP. Domnívám se však, že místo prvního cíle „ověření správnosti a funkčnosti“ modelu STANAG, by měl hlavní cíl DP odpovídat jejímu názvu. Stanovení průběhu odporového tlaku proti pohybu střely je totiž závažným problémem této normy. Samotné vyřešení a experimentální ověření tohoto průběhu by zcela jako cíl DP stačilo.

Teoretická východiska vnitrobalistických výpočtů (kap. 1)

V podkapitole 1.2 je vypsáno odvození základních rovnic popisujících vnitrobalistický děj a následně je pak popsán postup úpravy těchto rovnic pro analytické řešení s důrazem na metodu prof. Sluchockého. Domnívám se, že toto je zbytečné. Uvedený matematický model a jeho úprava na analytické řešení jsou uvedeny v řadě běžně dostupné literatury. Stačilo by proto pouhé přepsání s odkazem na zdroj.

Autor DP se i při tomto podrobném rozepisování odvození jednotlivých rovnic dopustil některých nepřesných formulací. Např.:

- Odrážky a), b) a h) v podkapitole 1.2.4.1 na s. 24 a 24 – tato zjednodušení jsou nutná pouze u analytických metod.

- Odrážka k) na s. 25 – zážeh není periodou výstřelu, správně má být hoření v konstantním objemu, hoření v proměnném objemu a expanze.

Na s. 29 v podkapitole 1.2.4.5 pak chybí vztah pro výpočet veličiny z_m .

Stanovení geometrických charakteristik (kap. 2)

V této části nelze zcela souhlasit s tvrzením uvedeným na konci s. 33 a na s. 34 a 35. Pokud autor přijal za platné zjednodušení o geometrickém hoření prachového zrna a platnost rovnice vývinu prachových plynů (např. rovnice 1.15.1 na s. 25), která je za tohoto předpokladu odvozena, je zbytečné hovořit o přesnosti (nepřesnosti) výroby prachových zrn. Předpoklad o jistém vzájemném uspořádání jednotlivých rozměrů sedmiděrového zrna je pak naplněn návrhem těchto rozměrů. Pokud nebude splněna podmínka jisté vzájemnosti mezi těmito rozměry, pak nelze souhlasit s grafickým znázorněním hoření zrna (viz obr. 2. 4 na s. 37). Nebudou-li určité vazby zaručeny, pak nemusí vzniknout uvedených 12 hranolků.

V odrážkách 1) a 2) na s. 36 je uvedeno, že po prohoření charakteristické tloušťky zrna $2e_1$ bude $z = \psi = 1$. Tato podmínka však dle rovnice (1.15.1) bude splněna pouze v případě, že charakteristika κ bude rovna 1, což platí pro neutrální hoření. Z těchto podmínek pak lze učinit závěr, že i když prach ještě nedohořel, v dalším průběhu výstřelu již nepřibývají prachové plyny a nastává perioda expanze. Ve skutečnosti (i v tvrzení autora) další přírůstek prachových plynů musí zákonitě ovlivnit i velikost tlaku v hlavni.

Z hlediska stanoveného cíle DP (ověření správnosti a funkčnosti modelu STANAG) pak není zdůvodněno, proč se autor zabývá stanovením geometrických charakteristik prachového zrna, když model STANAG vyžaduje znalost povrchu a objemu prachového zrna.

Východiska výpočtu odporového tlaku (kap. 3)

V této části jsou bez jakékoli analýzy uvedeny základní rovnice vnitrobalistického děje dle STANAG 4367 se symbolikou použitou v této normě. Ve vlastní práci však výpočet dle této normy proveden není. Na s. 45 v kap. 3.2.1 autor přijímá, že odpor $br_0 = 0$ MPa, což je v rozporu s citovanou normou. Autor dále nesprávně směšuje veličiny br_0 a p_0 . K přepisu jednotlivých rovnic mám následující připomínky:

- nesprávný rozměr veličiny T_w ve vztahu (3.3.2)
- ve vztahu (3.3.3) má být kvadrát rychlosti v_p
- chybí vysvětlení veličiny h ve vztahu (3.3.7) a veličin f_β a $f_{\beta T}$ ve vztahu (3.8)
- nesprávně je uveden rozměr veličiny β_i ve vztahu (3.8)
- není zřejmé, kde autor vzal hodnotu $k_{br} = 1,75$ na s. 53.

Experimentální střelby (kap. 4)

Tuto část DP považuji za velmi přínosnou. Mám však následující připomínky:

- na s. 57 – chybí typ a parametry použitých tenzometrů
- na s. 72 je uvedeno, že měření času opuštění střely ústí hlavně bylo provedeno opticky dle záblesku vytékajících plynů. Je však známo, že prachové plyny vytékají i před stělou (profuk prachových plynů) a podílejí se na záblesku na ústí. Co tedy bylo měřeno?

Výpočet a vyhodnocení naměřených parametrů (kap. 5)

Zde se domnívám, že výpočet vnitřní balistiky analytickou metodou prof. Sluchockého nepatří do DP, zejména když bylo cílem práce ověření normy STANAG. K této části mám následující připomínky:

- s. 82, vztah pro výpočet parametru b – tím, že autor předpokládá hodnotu $\lambda = 0$ se ve výpočtu dopouští jisté chyby, neboť toto platí pouze pro neutrální hoření
- s. 84, 86 a 87 – chybí odkaz na zdroj tabulek
- s. 90 – není zřejmé, odkud byl získán vztah (5.2)
- s. 95, odst. c) – zde je zaměněna charakteristika počáteční rychlosti za úst'ovou rychlost, obdobně na s. 147
- s. 96, tab. 5.3 – výrazná chyba (3 řády) v hodnotách zrychlení, nutno ověřit správnost vztahu (5.4)
- s. 100, tab. 5.4 – nesouhlasím s uvedenou hodnotou odporového tlaku $br_0 = 0$ (už bylo zmíněno).

Splnění cílů a závěr

K závěru, který je uveden v 1. odst., musel autor dospět již při prostudování dané normy. Tvrzení, že správnost modelu STANAG se nepodařilo prokázat, není podloženo žádným výpočtem. Cílem proto mělo spíš být navržení průběhu odporového tlaku a stanovení jeho hodnot v kritických bodech pro zvolený zbraňový systém.

Nelze pak zcela souhlasit s tvrzením, že autorův výpočet charakteristiky κ přispěje ke zpřesnění řešení vnitrobalistických úloh.

Celkový závěr

Předložená disertační práce řeší aktuální problém. Autor si stanovil cíle, k jejichž naplnění ne vždy zvolil nejvhodnější přístup (správnou metodu). Přesto hlavní přínosy této práce vidím v:

- návrhu průběhu odporového tlaku pro zvolený zbraňový systém
- množství provedených experimentů (kromě jiného změření vložné hloubky, měření teploty na vnitřním i vnějším povrchu hlavně), které však mohly být účelněji využity.

Po stránce věcné, kromě uvedených připomínek, a jazykové nemám k práci připomínky. Po stránce formální mám pouze připomínku k uvedenému přehledu použité literatury jak ve vlastní DP, tak i v anglické anotaci. Autor u některých zdrojů ne vždy vychází z normy ČSN ISO 690...

Při obhajobě žádám o zaujetí stanoviska k následujícím otázkám:

1. Na s. 40 tvrdíte, že koeficient k_d je konstantou pro libovolné rozměry zrna. Dokažte toto tvrzení pro libovolné rozměry R , r a e_f .
2. Vysvětlete rozdíly mezi úst'ovou a počáteční rychlostí střely.
3. Objasněte způsob optického měření doby výstřelu.
4. Uveďte skutečné hodnoty zrychlení střely při výstřelu.

Disertační práce i přes uvedené připomínky splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona 111/1998 Sb. a student prokázal způsobilost k samostatné vědecké práci. Disertační práci proto **doporučuji** předložit k obhajobě.

V Brně dne 13. března 2012



**doc. Ing. Peter Lipták, CSc., Fakulta špeciálnej techniky,
Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne**

**OPONENTSKÝ POSUDOK
doktorandskej dizertačnej práce**

Názov dizertačnej práce: STANOVENIE PRIEBEHU ODPOROVÉHO TLAKU
PROTI POHYBU STRELY V HLAVNI ZBRAŇOVÉHO
SYSTÉMU

Doktorand – autor: Ing. Ján Štrba
Katedra špeciálnej techniky
Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne
Fakulta špeciálnej techniky

Školiteľ: Prof. Ing. Jan Kusák, CSc.
PROTOTYPA, a.s.
Brno

Oponent: doc. Ing. Peter Lipták, CSc.
Katedra špeciálnej techniky
Fakulta špeciálnej techniky
Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne

Predložená dizertačná práca Ing. Jána Štrbu je primeraného rozsahu, 112 strán plus 6 príloh, príloha CD médium 1/1, 48 obrázkov, 44 tabuliek. Je prehľadne rozčlenená do 5 kapitol plus záver. Kapitoly sú ďalej rozčlenené na podkapitoly. Kapitoly na seba logicky nadväzujú. Abstrakt práce (anotácia) je v cudzom jazyku (anglický jazyk).

a) Aktuálnosť tematiky práce a ciele práce

Riešená problematika stanovenia priebehu odporového tlaku proti pohybu strely v hlavni zbraňového systému vychádza z potreby riešiť termodynamický model vnútornej balistiky so súhrnnými parametrami s konkretizáciou na matematický model pohybu strely v drážkovaných hlavniach zbraní bez výtoku prachových plynov s použitím delenej munície. Ide o stanovenie termodynamického vnútrobalistického modelu s parametrami, ktoré sú tvorené sústavou nelineárnych diferenciálnych a algebraických rovníc simulujúcich jednosmerný pohyb konvenčných, rotačne stabilizovaných delostreleckých striel vo vnútri hlavne. Zameranie modelu smeruje k podrobnému riešeniu strát energie v priebehu výstrelu. Predpokladaným výsledkom riešenia tejto problematiky je model priebehu sily proti pohybu strely a riešenie veľkosti a priebehu síl, ktoré pôsobia proti pohybu strely v drážkovanej hlavni.

Autor vhodne nadväzuje na dosiahnutý stav poznania a výsledky experimentov hlavne na Fakulte vojenských technológií Univerzity obrany Brno, na pracoviskách Konštrukty-Defence, a. s. Trenčín a na Fakulte špeciálnej techniky Trenčianskej univerzity Alexandra Dubčeka v Trenčíne.

Práca je vysoko aktuálna použitím analytického modelu založeného na geometrickej predstave o horení prachového zrna so zahrnutím úprav výpočtu podľa prof. Sluchockého s individuálnym prístupom k stanoveniu geometrických charakteristík tvaru prachového zrna ako aj riešením problematiky stanovenia tlakových pomerov medzi dnom strely a dnom nábojovej komory ako predpokladu stanovenia odporového tlaku pôsobiaceho na pohybujúcu sa strelu.

Súčasťou práce je vykonaný strelecký experiment, ktorého prínosom je jeho jedinečnosť.

Autorský návrh výpočtu odporového tlaku metódou strihu materiálu, ktorý je súčasťou práce, dáva predpoklad vedeckého a odborného prínosu práce.

Cieľ dizertačnej práce je pomerne jednoznačne definovaný, je vhodne rozčlenený do štyroch častí aj keď by si jeho vymedzenie, (str.19), vyžadovalo striktnejší a jednoznačnejší prístup z pohľadu širokého spektra možných vplyvov na riešený problém. Možno konštatovať, že ciele dizertačnej práce sú reálne a dávajú predpoklad vedeckého a odborného prínosu. Súčasťou práce by malo byť stanovenie krokov realizácie práce, str. 19, rozpracovávajúcich postup riešenia problematiky od analýzy dosiahnutého poznania a možností experimentálnych prác na zvolenom pracovisku až po vyhodnotenie a posúdenie zistených dát a nameraných výsledkov.

b) Zvolené metódy spracovania

Postup riešenia zvolenej problematiky je správny a logický, autor najprv popísal súčasný stav riešenia danej problematiky, potom sa venoval možným prístupom riešenia zvolenej problematiky a vlastnému riešeniu práce. Správne charakterizoval problematiku nielen z technického hľadiska ale aj z pohľadu súčasného riešenia predpismi a normami (STANAG 4367).

Vykonaný experiment na delostreleckom zbraňovom systéme stredného kalibru (húfnica 122 mm HD-30A) sú predpokladom overenia vypočítaných a navrhovaných výsledkov dizertačnej práce v reálnych podmienkach Slovenskej a Českej republiky.

Možno konštatovať, že zvolené metódy spracovania dávajú predpoklady naplnenia cieľa práce.

c) Charakteristika, výsledky práce a splnenie cieľov práce

Predložená dizertačná práca je vypracovaná na veľmi dobrej úrovni. Potvrďuje, že doktorand má dobré teoretické vedomosti z danej oblasti, má veľmi dobrý prehľad literatúry a aktuálnych poznatkov. Ďalej potvrdzuje to, že doktorand dokáže konštruovať experimenty, resp. simulačné technológie, k potvrdeniu alebo vyvráteniu predpokladaných hypotetických výsledkov danej oblasti. Doktorand preukázal schopnosť reagovať na konkrétne výsledky a aplikovať ich do ďalšieho postupu práce. Preukázal schopnosť vykonávať experimenty, potrebné na vyhodnotenie zhody praktických skúšok s teoreticky dosiahnutými výsledkami a na základe korelácií schopnosť upravovať vstupné údaje a hľadať nové, dovtedy nepoužívané vplyvy a súvislosti. Používal pritom množstvo moderných, jemu dostupných experimentálnych technológií a experimentálnych reťazcov. To dáva predpoklad vierohodnosti predložených výsledkov práce.

Ďalším obsahom práce a jej závermi možno konštatovať, že ciele práce boli riešenou dizertačnou doktorandskou prácou splnené.

Práca je rozčlenená do piatich kapitol a úvod. V prvej kapitole autor sumarizuje stav dosiahnutého poznania v oblasti výpočtov vnútrobalistických veličín a odporového tlaku. Vymedzuje rovnice stavu plynov, zachovania energie a pohybovú rovnicu strely, stanovuje časový priebeh vnútornej balistiky strely. V druhej kapitole autor charakterizuje vlastný výpočet geometrickej charakteristiky tvaru zrna. V tretej kapitole pri stanovení výpočtu odporového tlaku vychádza z vnútrobalistického modelu STANAG 4367. Vlastný popis experimentu aj s príslušnými meraniami je obsahom kapitoly 4, kapitola 5 je venovaná vyhodnoteniu experimentálnych výsledkov. Zrejme bolo potrebné vymedziť vlastnú kapitolu pre hodnotenie splnenia cieľov dizertačnej práce (str. 109). Pri hodnotení cieľov dizertačnej práce autor vyhodnotil splnenie cieľov dizertačnej práce v súlade s ich stanovením (str. 19). V závere je sumarizovaný prínos práce a predpokladané využitie v praxi.

d) Získané nové poznatky a prínos práce pre ďalší rozvoj vedy a techniky

Pre rozvoj vedy v odbore doktorandského štúdia má práca význam v riešení postupu stanovenia geometrických charakteristík sedemdierového prachu a stanovenie priebehu odporového tlaku metódou strihu vodiacej obrúčky.

Veľkým prínosom je jedinečnosť experimentu v podmienkach Slovenskej a Českej republiky. Zložitosť problematiky merania tlaku v závislosti na dráhe strely v hlavni a na čase bola zvládnutá na požadovanej úrovni o čom svedčí seriózne vyhodnotenie odporového tlaku.

Možno konštatovať, že stanovenie priebehu odporového tlaku proti pohybu strely v hlavni zbraňového systému je teoretickým prínosom práce.

e) Prínos pre prax

Pre teoretický postup výpočtu vnútrobalistických veličín je prínosom jednoznačné stanovenie geometrických charakteristík sedemdierového nitrocelulóзовého prachu bez povrchovej úpravy zrna.

Pre prax je použiteľné overenie modelu STANAG 4367 v podmienkach Slovenskej a Českej republiky - autorský návrh výpočtu odporového tlaku metódou strihu materiálu.

Pre prax je použiteľné zostavenie a postupné úpravy experimentálneho pracoviska.

f) Pripomienky a otázky

V práci doktorand preukázal dôležitosť overovania si teoreticky získaných výsledkov s výsledkami výpočtov a experimentov.

Doktorand sa pri spracovaní práce dopustil niekoľkých nepresností a nedôsledností:

- Dôslednosť označovania a používania fyzikálnych rozmerov
- Dôslednosť pri citovaní a uvádzaní matematických závislostí a rovníc (napr. str. 27)
- Vymedzenie podmienok platnosti uvádzaných vzťahov

Uvedené pripomienky nepovažujem za podstatné.

Pri obhajobe odporúčam zaujať stanovisko k nasledujúcim otázkam:

- Charakterizujte predpoklady implementácie štandardu STANAG 4367 do podmienok možností Slovenskej a Českej republiky z pohľadu začlenenia v aliancii NATO
- Popíšte komplexnosť prístupu vykonania experimentov z pohľadu vonkajšej a vnútornej balistiky
- Uved'te váš pohľad na ďalšie smerovanie problematiky riešenia výpočtu odporového tlaku pre hlavne zbraňových systémov iných kalibrov

g) Terminológia, jazyková a grafická úprava

Použitá terminológia, jazyková a grafická úprava zodpovedá požiadavkám na dizertačné doktorandské práce. Úroveň neznižujú nepodstatné, drobné nedostatky a preklepy.

h) Zhodnotenie priloženého autoreferátu k dizertačnej práci

Autoreferát dizertačnej práce autora Ing. Jána Štrbu s názvom: „Stanovenie priebehu odporového tlaku proti pohybu strely v hlavni zbraňového systému“ je urobený v súlade s príslušnými ustanoveniami a normami riešiacimi problematiku doktorandského štúdia. Je prehľadný a podáva podstatné údaje o práci doktoranda.

Záverečné hodnotenie

Doktorand Ing. Ján Štrba zvládol na veľmi dobrej úrovni teoretickú aj experimentálnu časť práce. Predložená dizertačná práca po odbornej stránke predstavuje súbor kvalitných výsledkov s veľkým praktickým impaktom. Doktorand jednoznačne prejavil schopnosť samostatnej vedeckej práce a správneho vyhodnocovania získaných výsledkov. Vedecký prínos dizertačnej práce je významný a dopĺňa známe poznatky. Praktická aplikácia získaných poznatkov nájde využitie pri riešení pohybu strely v hlavniach zbraňových systémov.

Na základe uvedených skutočností

o d p o r ú č a m

prácu predložiť na obhajobu na Ústav energetických materiálov FCHT Univerzity Pardubice a po jej úspešnom obhájení navrhujem, aby doktorandovi bola priznaná vedecko-akademická hodnosť PhD.

V Trenčíne dňa 29. februára 2012


doc. Ing. Peter Lipták, CSc.

Oponentní posudek disertační práce

Autor: Ing. Ján Štrba

Název práce:

„Stanovenie priebehu odporového tlaku proti pohybu strely v hlavni zbraňového systému“

Tématem předložené disertační práce je ověření vnitrobalistického modelu hlavňové zbraně střední ráže, definovaného normou STANAG 4367. Cílem je porovnání experimentálních dat (zbraň D 30 ráže 122 mm) s výpočtem a posouzení použitelnosti tohoto modelu pro praktické využití. Již prvotní rozbor uvedené normy však ukázal, že v publikované verzi nejsou uváděny údaje o průběhu tzv. odporového tlaku, nezbytné pro praktickou aplikaci navrženého modelu. Z tohoto důvodu byla teoretická část práce zaměřena mimo jiné na otázku možného alternativního způsobu získání této charakteristiky z experimentálně získaných vnitrobalistických dat. Vlastní experimentální část práce byla realizována na zbrani D30 ráže 122 mm, která plně odpovídá výchozím podmínkám vnitrobalistického modelu dle STANAG 4367. Předložená disertační práce je zpracována v rozsahu 113 stran textu a 35 stran příloh.

V úvodní části práce je uveden přehledný teoretický rozbor problematiky výpočtu vnitrobalistických charakteristik a definovány hlavní zjednodušující předpoklady (str.25) nezbytné pro teoretický výpočet, včetně odvození příslušných vztahů pro jednotlivé fáze výstřelu. K této části nemám připomínky, snad kromě doporučení, že u teoretického modelu by bylo vhodné stručně diskutovat platnost zjednodušujících předpokladů z hlediska reálného zbraňového systému (zážeh prachové náplně není ve skutečnosti okamžitý, vždy dochází k úniku prachových plynů před střelou atd.).

V kapitole 2. je uveden podrobněji rozbor problematiky stanovení geometrických charakteristik sedmiděrového prachového zrna při hoření. Jednou ze stěžejních částí disertační práce je autorův návrh řešení a odvozený postup teoretického stanovení geometrických charakteristik změny tvaru při odhořívání sedmiděrového prachového zrna. Jak je podrobně uvedeno v části 2.2, vychází autor při řešení rovněž z několika zjednodušujících předpokladů a je zde uvedena i diskuse jejich oprávněnosti a zejména zdůvodnění vlivu na konečný výsledek.

Teoretický rozbor k odvození vztahů je proveden podrobně a srozumitelně. Je diskutováno zvolené zjednodušení a vliv reálného tvaru sedmiděrového zrna z hlediska změny rozměrů v průběhu výroby (lisování, sušení). Technologie výroby vždy přináší rozptyly v rozměrech a navíc dochází k určité deformaci zrna, zejména z důvodů nerovnoměrnosti toku prachové masy v matici a výskytu nehomogenit při lisování. Skutečná geometrie prachového zrna je vždy odlišná od ideálního tvaru (obvykle vyosené otvory, vnitřní rozměry nejsou shodné) a rozpad zrna při dohořívání je pak odlišný od idealizovaného tvaru. U skutečné prachové náplně, při dobře provedené homogenizaci, můžeme však uvažovat průměrné hodnoty rozměrů a zpřesnění modelového výpočtu má tedy své opodstatnění.

Odvozený geometrický model odhořívání sedmiděrového prachového zrna považují za přínosný pro modelování vnitrobalistických dějů.

Hlavním cílem práce je porovnání a hodnocení experimentálních výsledků střeleckých zkoušek dle modelu vnitřní balistiky hlavňové zbraně STANAG 4367. Považují za užitečné autorem provedené celkové shrnutí a hodnocení přístupu normy STANAG k dané problematice. Skutečnost, že v publikované normě nejsou k dispozici tabulky nebo vztahy pro výpočet odporového tlaku, nezbytné pro výpočet vnitřní balistiky konkrétního zbraňového systému je pochopitelné. Získání těchto experimentálních údajů je natolik nákladné, že patrně žádný výrobce tyto údaje neposkytuje zdarma. Podle mého názoru tento typ normy má zejména metodický význam a navíc dle dostupných údajů bude patrně i tato norma dále novelizována. Patrně se tedy zatím nepředpokládá, že bude sloužit pro výpočty, použitelné pro konstrukci konkrétní zbraně a munice.

V této souvislosti je třeba ocenit metodický přístup autora k provedení a vyhodnocení experimentálních střeleckých zkoušek. Chybí pouze diskuse jiných možností měření tlaku (piezo). Použití tenzometrů pro měření tlaku v hlavni je do určité míry náhradní způsob měření a může být mimo jiné jednou z příčin zkreslení výsledků výpočtů odporového tlaku v závěrečné části práce, jak bude uvedeno dále.

Druhou stěžejní částí disertační práce autorův vlastní postup výpočtu tzv. odporového tlaku dle posuzované normy. Vzhledem k absenci těchto údajů v STANAG 4367 autor navrhl a matematicky zpracoval vlastní originální model, vycházející z modelové představy deformace vodící obroučky při výstřelu stříhem a zpracoval výpočet pro experimentálně použitý zbraňový systém ráže 122 mm a konkrétní konstrukci střely. Získané výsledky mají fyzikální smysl a odpovídají s relativně dobrou shodou předpokládanému teoretickému průběhu odporového tlaku dle STANAG 4367 (obr. str. 103). I když se v případě zvolené zbraně ráže 122 mm jedná o jeden speciální případ, je samozřejmě otázkou, jaké výsledky bude navržená metoda stanovení odporového tlaku poskytovat u dalších zbraňových systémů (jiná konstrukce hlavně a střely, tvar a materiál vodící obroučky). Za cenné rovněž považují, že autor předpokládá další rozvíjení této metody v rámci vlastní odborné činnosti.

Jako alternativní způsob výpočtu průběhu odporového tlaku je v práci uvedena metoda navržená přímo v normě STANAG 4367, tj. výpočet z difference tlaků u dna nábojové komory a za střelou. Výsledek je prezentován grafickou formou a autor konstatuje, že určitá shoda s teoretickým průběhem odporového tlaku křivky je pouze do hodnoty maximálního tlaku, další průběh neodpovídá fyzikálnímu ději (obr. str. 107) a (na rozdíl od předchozí metody) neposkytuje reálné hodnoty. V disertační práci však chybí diskuse k výsledkům získaným dle této metody výpočtu odporového tlaku. Dle mého názoru autor mohl vyjádřit názor na příčiny a zdroje možných chyb (výsledky měření a výpočtů tlaků atd.). Je však zřejmé, že pro použití metodiky stanovení odporového tlaku dle STANAG 4367 bude třeba realizovat jiný způsob měření průběhu tlaku při výstřelu.

Z hlediska formálního obsahuje práce bohužel značné množství překlepů, vzniklých patrně při tisku (rozdělná slova). Na druhé straně však tento nedostatek vyvažují dobře zpracované obrázky názorné obrázky, grafy a tabulky. Práce obsahuje

samostatné přílohy, přičemž 24 stran tvoří tabulky měřených vnitrobalistických hodnot. Dle mého názoru však tato příloha mohla být zpracována samostatně ve vhodném tabulkovém procesoru (EXCEL) a přiložena pouze na CD pro případné další využití měřených hodnot.

Celkový závěr

Předložená disertační práce je přínosem v oblasti modelování procesů vnitřní balistiky. Autor navrhl a program experimentálních střeleckých zkoušek ve zbrani D30 ráže 122 mm a získané výsledky vyhodnotil a použil pro ověření navrhovaného modelu vnitřní balistiky dle STANAG 4367.

Odvodil a zpracoval autorsky přesnější způsob výpočtu geometrických charakteristik sedmiděrového prachového zrna a navrhl originální způsob stanovení odporového tlaku proti pohybu střely v drážkované hlavni na základě modelu, který vychází z modelu stříhu materiálu obroučky střely při zařezávání do drážek hlavně v přechodovém kuželu. Tento model vykazuje dobrou shodu s teoretickým průběhem odporu proti pohybu střely, jak je uveden v normě STANAG 4367 a získané hodnoty odpovídají předpokládanému průběhu odporového tlaku. Naopak stanovení hodnot odporového tlaku z rozdílu tlaků v hlavni (výpočet provedený z experimentálních dat) vykazuje nereálný průběh. Důvody by si zasloužily podrobnější rozbor a komentář.

Práce podrobně uvádí metodiky a postup realizace experimentálních střeleckých zkoušek, vyhodnocení získaných výsledků a diskusi k jejich interpretaci dle balistického modelu normy STANAG 4367.,

Práce splňuje požadavky na odbornou úroveň a formální zpracování disertační práce a doporučuji ji k obhajobě.

V Pardubicích 5.3.2012

Doc.ing.Ladislav Lehký,CSc.

