

Balistika mechanických a plynových střelných zbraní

Z. Chlebounová*, J. Mareš**, J. Paták***

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

*zuzkachlebounova@gmail.com, **maresj23@fjfi.cvut.cz,

***patakjan@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

Předmětem našeho příspěvku je zkoumání ústové rychlosti projektilu vystřeleného ze čtyř různých zbraní. K měření jsme použili balistické kyvadlo a akustickou metodu, abychom mohli v závěru porovnat dva nezávislé měřicí postupy. Zkoumali jsme vzduchovou pušku Slavii STANDARD 630, plynovou pistoli LOV 21 a prak. V rámci fyzikálního semináře jsme také změřili kuličkovou pistoli čínské provenience.

1 Úvod

Ve fyzikálním semináři se balistice věnovalo již několik skupin. Např. Radek Jošek a kol. měřil roce 1998 rychlost diabolky balistickým kyvadlem [1]. V našem příspěvku jsme porovnali dvě metody měření rychlosti střely (balistické kyvadlo, akustická metoda) a změřili jsme rychlosti projektilů čtyř různých zbraní.

2 Charakteristika měřených zbraní

Slavia STANDARD 630

- ráže 4,5 mm
- délka hlavně 530 mm
- celková délka 1160 mm
- hmotnost 3 kg
- ústová rychlost dle manuálu [3] 170 ms^{-1}

LOV 21

- ráže 4,5 mm
- délka hlavně 240 mm
- celková délka 290 mm
- hmotnost 1 kg
- hnací plyn CO_2
- ústová rychlost dle manuálu [4] cca 120 ms^{-1}

Kuličková pistole

- ráže 6 mm
- délka hlavně 120 mm
- celková délka 190 mm

Prak

- Průřez gumy 30 mm²

3 Akustická metoda

Pro realizaci této metody jsme použili: mikrofon, notebook, software pro záznam a zpracování zvuku Wavepad, metr a plech.

Plech, který sloužil jako terč, jsme umístili do vzdálenosti 10 m a mikrofon jsme připojili na hlavěň zbraně. Takto jsme provedli sérii výstřelů a zaznamenávali jsme zvukovou stopu výstřelu a dopadu na terč. Pomocí Wavepadu jsme odečetli časovou prodlevu mezi výstřelem a zásahem terče a odečetli jsme čas po který se zvuk zásahu vracel od terče zpět k mikrofonu. Celý postup jsme opakovali pro všechny zbraně i ze vzdálenosti 16 m.

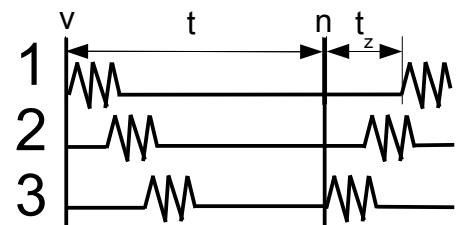
Vzorec pro výpočet rychlosti střely:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{s}{t_0 \pm t_z} = \frac{s}{t_0 \pm \frac{s}{v_z}}$$
$$v_z = (331 + 0,6T) \text{ ms}^{-1},$$

kde s je vzdálenost mezi hlavní a terčem, t_0 naměřený čas, v_z rychlost zvuku, T je teplota ve °C a t_z je čas, který potřebuje zvuk, aby urazil vzdálenost s . Pokud je mikrofon umístěn u hlavní zbraně, čas t_z od naměřeného času odečítáme. Jestliže je mikrofon u terče, čas t_z naopak k naměřenému času přičítáme. Zajímavou možností je umístění mikrofону do poloviny vzdálenosti mezi zbraní a terčem, protože pak naměřený čas odpovídá přímo času letu střely. V této konfiguraci tedy nemusíme brát v úvahu rychlost zvuku, což měření mírně zjednodušuje. [2]

3.1 Problémy

Tato metoda měření vyžaduje dostatečně tiché místo a přiměřenou vzdálenost mezi zbraní a terčem, aby byl zajištěn dostatečný rozestup peaků mezi výstřelem a zásahem. Je důležité odlišit v záznamu zvuku čas výstřelu od ozvěn vycházejícího plynu a zapadnutí závěrky. V rámci této metody jsme nebrali v potaz odpor vzduchu, pouze jsme v tabulkovém editoru



Obr. 1: Náčrtek zaznamenaného signálu pro různé umístění mikrofónu: 1 - u hlavní, 2 - v polovině vzdálenosti mezi hlavní a terčem, 3 - u terče. Svislice v označuje skutečný okamžik výstřelu a svislice n okamžik nárazu.

nasimulovali příslušnou závislost k vysvětlení poklesu rychlosti výstřelu při měření za vzdálenosti 10 m a 16 m. Plynová pistole LOV 21 je závislá na množství plynu v bombičce, proto docházející CO_2 může zkreslit výsledky měření.

4 Balistické kyvadlo

Použitý materiál: dřevěné kyvadlo, závěs, fotoaparát se stativem, metr.

Jako kyvadlo jsme použili dřevěný kvádr o hmotnosti 477 g zavěšený na dvojitém závěsu z nití o délce 2,5 m. Hmotnost jednoho vystřeleného broku byla 0,5 g. Z bezprostřední blízkosti jsme vystřelili projektil do kyvadla a pomocí fotoaparátu měřili horizontální výchylku. Zpracovávali jsme pouze ty naměřené hodnoty, u kterých projektil uvízl v kyvadle a došlo tak k nepružné srážce. Předpokládali jsme, že tato srážka je dokonale nepružná.

Ze zákona zachování energie vyjádříme rychlost kyvadla po nárazu střely:

$$\frac{1}{2}(M + m)v_2^2 = (M + m)gh$$

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

Pomocí rovnice kružnice spočítáme vertikální výchylku kyvadla:

$$x^2 + y^2 = l^2$$

$$y = \sqrt{l^2 - x^2}$$

$$h = l - \sqrt{l^2 - x^2}$$

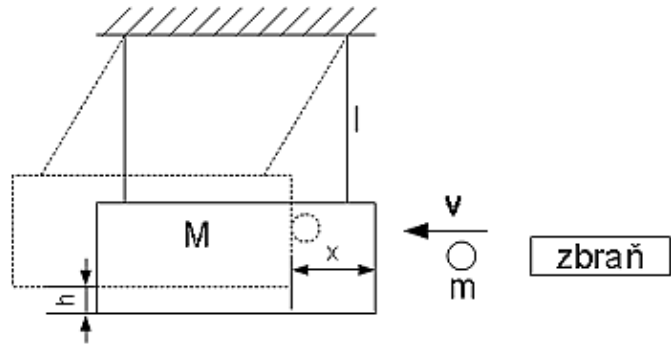
Ze zákona zachování hybnosti vyjádříme rychlost střely:

$$mv_1 = (M + m)v_2$$

$$v_1 = \frac{M + m}{m} \sqrt{2g(l - \sqrt{l^2 - x^2})}$$

4.1 Problémy

Je třeba nalézt dostatečně odolné kyvadlo, které se výstřelem minimálně deformuje. Dvojitý závěs eliminuje vliv rotací kyvadla na jeho výchylku. Nebrali jsme v úvahu vliv odporu prostředí na výchylku kyvadla. Tato metoda není vhodná pro měření rychlosti projektilu vystřeleného z praku, protože se projektil od kyvadla odráží, proto jsme prak měřili pouze akustickou metodou.



Obr. 2: Schéma balistického kyvadla

5 Výsledky

Zbraň	Metoda	Vzdálenost	Rychlost
Slavia 630	akustická	10 m	$(122 \pm 4) \text{ ms}^{-1}$
Slavia 630	akustická	16 m	$(112 \pm 10) \text{ ms}^{-1}$
Slavia 630	balistické kyvadlo	-	123 ms^{-1}
Lov 21*	akustická	10 m	$(103 \pm 7) \text{ ms}^{-1}$
Lov 21	balistické kyvadlo	-	170 ms^{-1}
Prak	akustická	10 m	$(51 \pm 7) \text{ ms}^{-1}$
Kuličková pistole**	akustická	10 m	42 ms^{-1}

* Zbrani Lov 21 docházel při měření plyn.

** Pouze jedno měření v rámci prezentace na Fyzikálním semináři.

6 Závěr

Naše měření měla za úkol demonstrovat různé metody měření rychlosti vystřeleného projektilu z vzduchové pušky Slavia STANDARD 630, plynové pistole LOV 21 a praku. Naměřené hodnoty jsou v rámci zvolených metod porovnatelné, ale neodpovídají hodnotám v manuálech [3] [4]. U Slavia STANDARD 630 přičítáme odchylku stáří zbraně a mechanickému opotřebení pružiny u zbraně LOV 21 je ústňová rychlost závislá na zbývajícím množství CO_2 v bombičce. Rychlost uvedená v manuálu [3] tedy pravděpodobně není maximální ústňová rychlost pistole LOV 21.

Obě vyzkoušené metody se osvědčily a nabízí se jejich použití např. k měření účinnosti zbraní či k stanovení součinitele odporu diabolky.

Reference

- [1] R. Jošek a kol., *Demonstrace praktického využití balistického kyvadla*, Fyzikální seminář, zima 98, FJFI ČVUT, Praha 1998
- [2] M Courtney, *Acoustic methods for measuring bullet velocity*, <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0812/0812.4752.pdf>
- [3] anonym, *Lov21 - plynová pistole na CO2*, <http://www.volny.cz/lov21/lov21.htm>
- [4] anonym, *Slavia 630 STANDARD*, http://www.czub.cz/cz/catalog/84-vzduchove-zbrane-cz/VSP/Slavia_630_STANDARD.aspx
- [5] I. Štoll, *Mechanika*, FJFI ČVUT, Praha 2003
- [6] P. Tarábek a kol., *Odmaturuj z fyziky*, Didaktis, Brno 2004
- [7] kol. autorů, *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*, SPN, Praha 1970