



Středoškolská technika 2022

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Vzduchovka

Šimon Stupka, Kristýna Honzíkova

Střední průmyslová škola sdělovací techniky
Panská 3, Praha 1

ANOTACE

Práce se zabývá tematikou vzduchovek. Obsahuje jejich historii, využití, detailní popis a rozdělení. Těžiště práce tvoří vlastní návrh prototypu vzduchovky na pěnové projektily a jejího výrobního procesu. Dále se projekt zabývá teoretickým rozbohem a následným výpočtem ideální délky hlavně pro dosažení nejvyšší úst'ové rychlosti a závislost úst'ové rychlosti na délce hlavně. Závěr práce se věnuje praktickému měření sledovaných veličin pro ověření výpočtu.

1 Úvod

Přestože byly střelné zbraně zkonstruovány především pro vojenské použití, našly své místo i při hře. Hry zahrnující neškodné střelné zbraně se staly populární jako sport, a to i ve formě profesionálních soutěží. Tyto sporty používaly střelné zbraně, které vypadaly velmi podobně jako ty skutečné (airsoft, paintball), což vedlo k zákazu těchto sportů v některých státech. Lidé ale stále chtěli v těchto disciplínách soutěžit, a tak zakázané repliky nahradili dětskými pistolemi střílejícími pěnové šípky, nejznámější je řada Nerf od firmy Hasbro, a vyladili je pro lepší výkon. To nakonec vedlo k vlastním návrhům, díky kterým postupně vzniklo nové hobby, které je spojeno s 3D tiskem. Znudění inženýři si tento koníček vzali jako volnočasovou aktivitu a navrhli zajímavé předimenzované prototypy dětských zbraní, které střílejí nebezpečně vysokou úst'ovou rychlostí a mají dostřel a kadenci mnohonásobně větší než původní hračky. Tento koníček se dokonce rozvinul do té míry, že si na Internetu můžete stáhnout 3D soubory těchto návrhů a vytisknout si své vlastní vzduchovky doma.

Stejně jako dochází k tuningu automobilů, tak i neškodné vzduchovky prochází konstrukčními fázemi, které vylepšují jejich střelecké parametry. Stávají se tak i „hračkami“ životu nebezpečnými.

2 Technologický vývoj vzduchových pistolí

2.1 Proč začaly vznikat vzduchové pistole?

Důvodem byla potřeba vymyslet zbraň, která by byla schopná vystřelit více nábojů, a přitom by byla bezpečná. Tehdejší černý prach používaný od 13. století do poslední třetiny 19. století byl výbušný a nábojnici zatím nikdo nevymyslel. Na opakovací pušku bylo proto potřeba ještě nějaký čas zapomenout. Proto začali puškaři, hlavně v Itálii, vynalézat první vzduchovky. Z nich se dnes dokonce části mechanismů běžně používají v airsoftových zbraních.

Jedním z vynálezců byl i Ital Bartolomeo Girandoni. První pokusy s černým prachem ho připravily o syna, a tak přešel na stlačený vzduch. V roce 1780 mu byl přidělen kontrakt pro rakouskou armádu. Měl vyrobit pušku, která dokáže vystřelit 22 ran ráže 0,47“. Do konce století dodal rakouské armádě přes tisícovku takových zbraní.

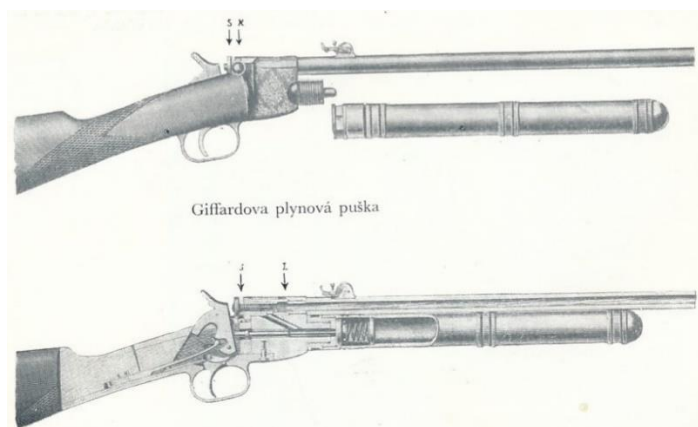
Unikátem těchto zbraní byla nádržka na vzduch umístěná v rukojeti hned za hlavní, která tak maximálně využila energii stlačeného vzduchu. Další kule se nabíjely pružinou, která je po odpalu umístila do „komory“ z boku hlavní.



Obr. 1: Kopie zbraně prodávaná pod značkou Cantarini

2.2 Giffardova puška

V dnešních vzduchových puškách se často objevuje mechanismus využívající bombičky s CO₂. Tento vynález si v roce 1889 nechal patentovat francouzský inženýr Paul Giffard. Nabíjení jeho pušky bylo velmi snadné a podobné tomu dnešnímu. Takzvaným „zlomením“ hlavně vzhůru se otevřela komora, do které se vložila střela. Vrácením hlavně do původní polohy se natáhl kohoutek, který po stisknutí spouště vypustil část stlačeného CO₂ do komory se střelou.



Obr. 2: Giffardova puška

2.3 České vzduchovky

U nás se výrobě vzduchovek začala věnovat Česká zbrojovka (ČZ). Jedním z jejích prvních produktů byla cvičná vzduchová puška ČZ vz. 35 z konstrukční kanceláře Václava Myšky, zavedená do výzbroje předmnichovské československé armády. Po válce byla inovována a zdokonalena jako známá ČZ vz. 47, typická svým násypkovým zásobníkem a napínací pákou.



Obr. 3: Vzduchová puška ČZ vz. 35

3 Rozdělení vzduchovek podle typu hlavně

3.1 Pevná hlaveň

Vzduchovky s pevnou hlavní jsou opatřeny pákou, která přebírá funkci hlavně, kloubu a táhla, který stlačuje píst.



Obr. 4: Vzduchovka s pevnou hlavní

3.2 Zlamovací hlavěň

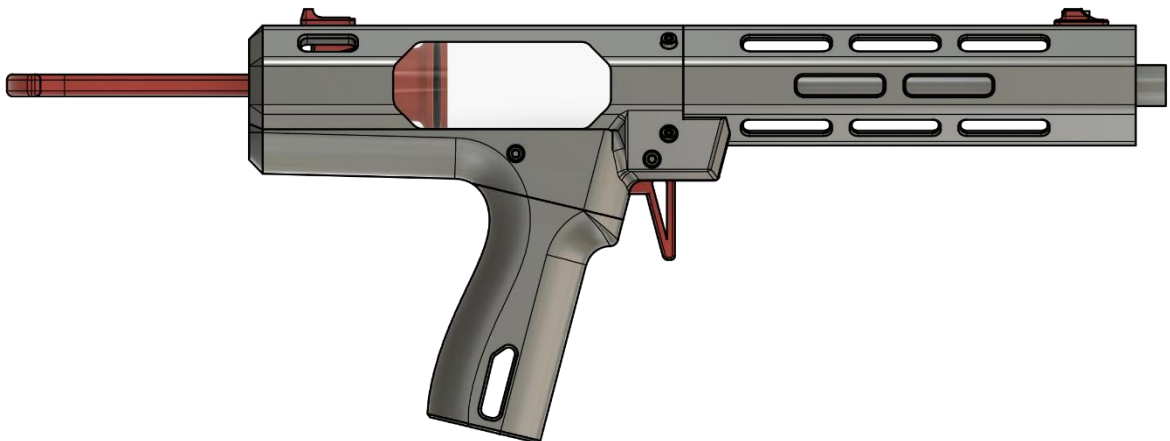
Zlamovací vzduchovky využívají k natažení systém lomení hlavěň v kloubu, kdy táhlo, které je připevněné v kloubu stlačuje píst až do záchytného systému spouště.



Obr. 5: Vzduchovka se zlamovací hlavěň

4 Návrh vlastní vzduchovky

Hobby modifikování a navrhování vzduchovek na pěnové projektily nás z technické stránky zaujalo natolik, že jsme se rozhodli navrhnout vlastní prototyp. Zvolen byl jednoduchý koncept nabíjení zepředu hlavěň s kapacitou jednoho výstřelu po natažení.

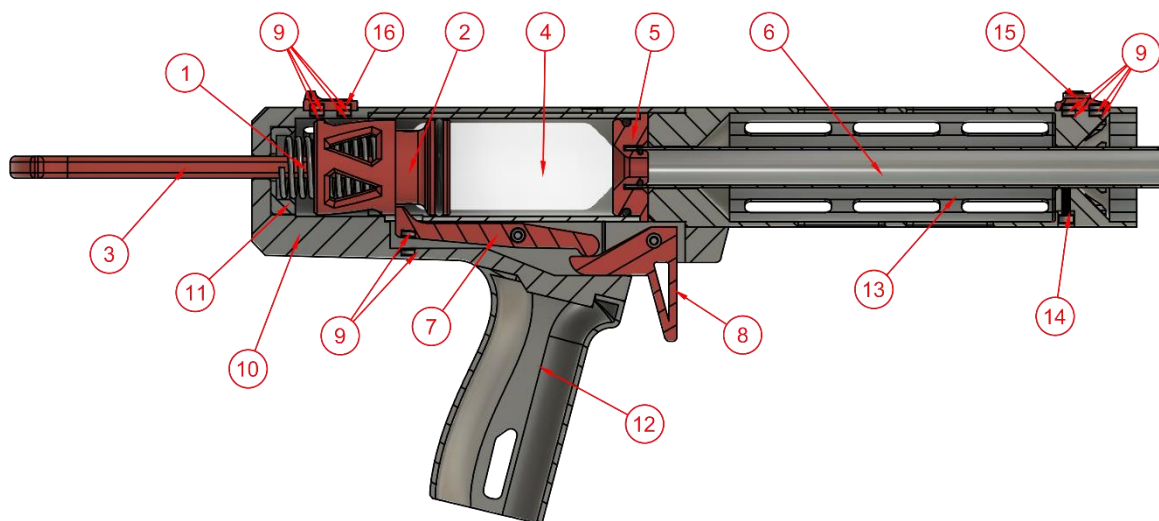


Obr. 6: Vlastní vzduchovka

Základní rozměry jako objem pístnice a její vnitřní průměr byly vybrány podle dostupných součástek jako jsou standardizované o-kroužky a trubka z plexiskla. Vnější rozměr pístnice z velké části určil vnější rozměry vzduchovky.

Celkový design vzduchovky byl inspirován moderními útočnými puškami. Toto rozhodnutí nejen dopadlo esteticky zajímavě, ale také zajistilo již osvědčený komfort pro střelce.

Popis vzduchovky



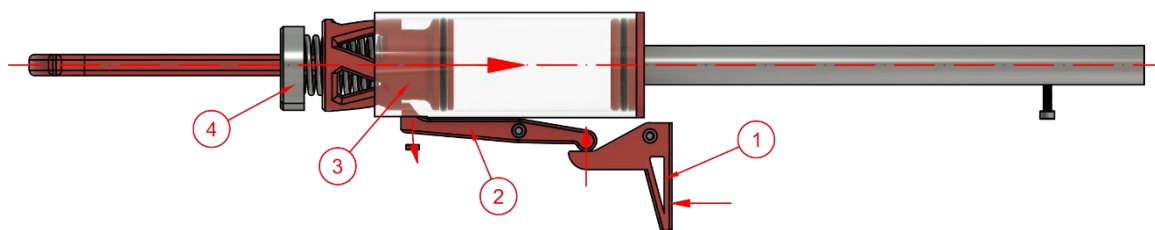
Obr. 7: Popis vzduchovky

Legenda

- | | | | |
|----|----------------|-----|----------------------|
| 1. | pružina | 9. | magnet Ø5x2mm |
| 2. | píst | 10. | tělo |
| 3. | natahovací hák | 11. | sedlo pružiny |
| 4. | pístnice | 12. | rukojeť |
| 5. | tryska | 13. | předpažbí |
| 6. | hlaveň | 14. | aretační šroub M3x10 |
| 7. | záchyť pístu | 15. | muška |
| 8. | spoušť | 16. | hledí |

5 Princip funkce vzduchovky

Naše vzduchovka funguje na principu pružina-píst. Při stisknutí spouště se záchyť pístu vychýlí z cesty pístu a umožní pístu pohyb. Zrychlující píst postupně stlačí vzduch do prostoru trysky, z které se vzduch opět začne rozpínat do hlavně a urychlovat projektil až do okamžiku, kdy projektil opustí hlavěň. Přebytký tlak výustí z hlavně hned za projektilem a píst se dostane do přední polohy.



Obr. 8 Spoušťový mechanismus

Mechanismus spouště je rozdělen na 4 části: spoušť (1), záchyť pístu (2), píst (3) a sedlo pružiny (4). Spoušť zprostředkovává interakci se střelcem. Záchyť pístu slouží k zastavení pístu v zadní poloze a zabránění výstřelu před stisknutím spouště. Funkce pístu je stlačování vzduchu v pístnici při výstřelu, tímto způsobem převádí sílu pružiny na tlak vzduchu. Sedlo pružiny zajišťuje správný chod pístu a zabráňuje šíření rezonancí pružiny do těla a ostatních součástí.

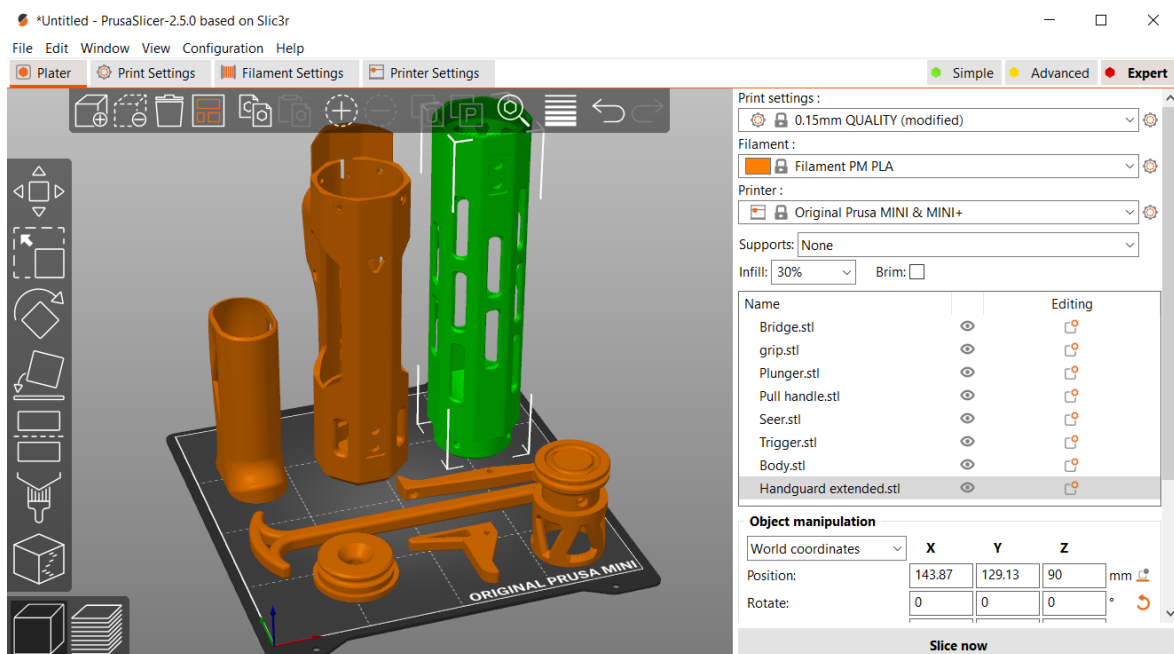
Největší výzvou návrhu bylo navrhnout spoušťový mechanismus, který by zvládl pojmout silnou pružinu. Pro dosažení vysoké úst'ové rychlosti je potřeba silná pružina, námi zvolená pružina působí při stlačení silou 110 N na záchyť pístu, který byl dimenzován, aby bezpečně namáhání zvládl.

Síla pružiny také zvyšuje nežádoucí spolupůsobení mezi pístem a záchytem pístu, což navyšuje sílu potřebnou ke stisknutí spouště. Pro alespoň částečné zabránění tohoto efektu byla kontaktní plocha záchyty pístu zkosena o 5°. (obr. 12, odkaz (2))

Dalším nežádoucím efektem bylo tvoření podtlaku za pístem při výstřelu, což ovlivňovalo výkon vzduchovky. Problém byl vyřešen sacími otvory (obr. 13, odkaz (3)) na zadní části těla.

6 Přizpůsobení pro tisk

Vzduchovku jsme modelovali s předpokladem pro výrobu pomocí technologie FFF 3D tisku. Už při navrhování se u všech součástí musí vybrat optimální orientace tisku, pro správnou odolnost a jednoduchost tiskového procesu. Kromě pístu se nám podařilo všechny součástky vymodelovat tak, že při tisku nepotřebují žádné tiskové podpěry.



Obr. 9: Program PrusaSlicer

7 Měření úst'ové rychlosti projektilu

Úst'ovou rychlost projektilu jsme měřili pomocí optické závory (fotobrány) od měřicího systému firmy Vernier.



Obr. 10: Optická závora Vernier

Pro přesné výsledky měření bylo potřeba, aby každý projektil proletěl fotobránou pod stejným úhlem a se stejnou dráhou letu před fotobránou. Již zde jsme využily systém M-LOK pro navrhnutí střeleckého svěráku, který zajistí zbraň v jedné pozici.



Obr. 11 Měření úst'ové rychlosti

Změřili jsme čas průletu náboje fotobránou t a délku střely l , ze kterých jsme vypočítali rychlost střely, podle vzorce:

$$v = \frac{l}{t}$$

Úst'ovou rychlost projektilu jsme počítali u vzduchovky s délkou hlavně 160 mm, 240 mm a 320 mm, použitý náboj měl délku 38 mm.

Hlaveň 160 mm

výstřel č.	čas průletu [s]	rychlost [m/s]
1	0,000742	51,21
2	0,000796	47,74
3	0,000790	48,10
4	0,000757	50,20
5	0,000816	46,57
6	0,000743	51,14
7	0,000764	49,74
8	0,000754	50,40
9	0,000746	50,94
10	0,000763	49,80
11	0,000772	49,22
	průměr	49,55

Hlaveň 240 mm

výstřel č.	čas průletu [s]	rychlost [m/s]
1	0,000750	50,67
2	0,000743	51,14
3	0,000754	50,40
4	0,000736	51,63
5	0,000735	51,70
6	0,000733	51,84
7	0,000746	50,94
8	0,000747	50,87
9	0,000765	49,67
10	0,000747	50,87
11	0,000771	49,29
	průměr	50,82

Hlaveň 320 mm

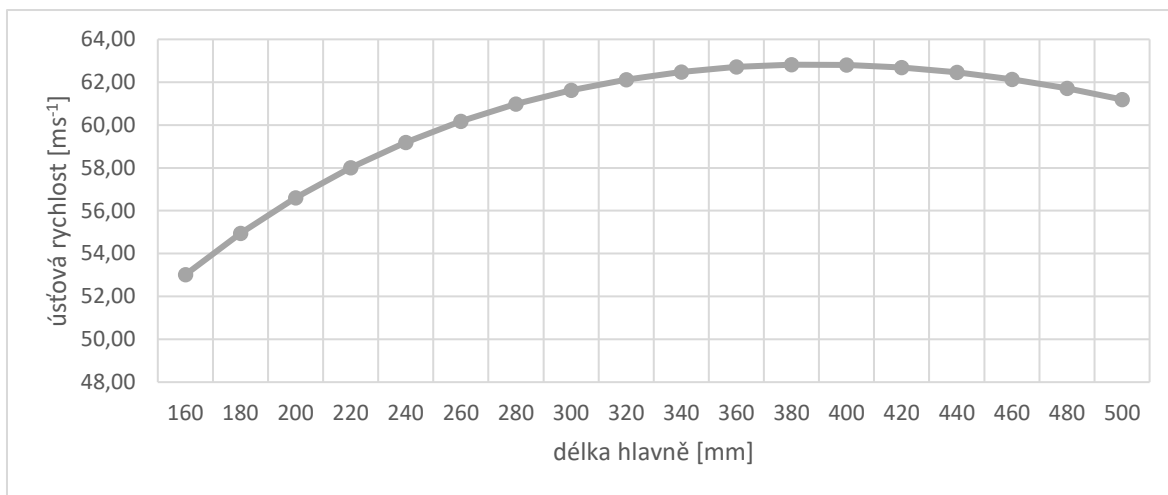
výstřel č.	čas průletu [s]	rychlost [m/s]
1	0,000759	50,07
2	0,000736	51,63
3	0,000739	51,42
4	0,000794	47,86
5	0,000765	49,67
6	0,000767	49,54
7	0,000772	49,22
8	0,000754	50,40
9	0,000753	50,46
10	0,000784	48,47
11	0,000763	49,80
	průměr	49,87

8 Závislost úst'ové rychlosti projektilu na délce hlavně

Pro závislost úst'ové rychlosti projektilu na délce hlavně použijeme vztah pro výpočet rychlosti pomocí izotermického děje.

$$v_i = \sqrt{\frac{2}{m} \left(pV_{\text{komory}} \ln \left(1 + \frac{S_{\text{hlavně}}L}{V_{\text{komory}}} \right) - S_{\text{pístu}}Lp_{\text{atm}} - LF \right)}$$

Ze vztahu vypočítáme úst'ovou rychlost projektilu odpovídající dané délce hlavně, následně z dat vytvoříme graf. Určíme nejvhodnější délku hlavně s nejvyšší úst'ovou rychlostí.



Graf 1: Závislosti ústřední rychlosti na délce hlavně