



## **Středoškolská technika 2016**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **Konstrukce modelu rakety**

**Vojta Kratochvíl, Jan Suchánek, Petr Krýda, Petr Jaroš**

Gymnasium Jana Nerudy

Hellichova 3, Praha 1

## Obsah

Úvod.....	3
1. Statický test .....	4
1.1 Popis Statického testu.....	4
1.2 Popis Palivového článku .....	4
1.3 Popis jednotlivých částí palivového článku .....	5
1.3.1 Zátka.....	5
1.3.2 Palivo.....	5
1.3.3 Kanálek.....	5
1.3.4 Plášť.....	5
1.3.5 Tryska.....	5
1.4 Pracovní postup výroby palivového článku pro statický test .....	6
1.5 Výsledek statického testu .....	6
2 Raketa.....	6
2.1 Popis rakety .....	6
2.1.1 Hlavice.....	7
2.1.2 Tělo (trup).....	7
2.1.3 Návrátové zařízení.....	7
2.1.4 Stabilizátory.....	8
2.1.5 Palivový článek a tryska.....	8
2.1.6 Odpalovací zařízení .....	8
2.2 Postup Výroby rakety .....	8
2.3 Výsledek Odpalu .....	9
Závěr.....	10
Zdroje .....	11

## Úvod

Jako naši seminární práci jsme si zvolili experimentální pokus s raketou. Jeho cílem je sestavit model rakety, který bude schopen odpálení, letu a následného pádu brzděného padákem. Tato seminární práce je koncipována jako seznámení čtenáře s tématem modelářství raket, jeho teoretickou i praktickou problematičností a názorné popsání postupu výroby a odpálení rakety. Právě kvůli náležitému zdokumentování práce jsou některé části procesu zachyceny též jako video.

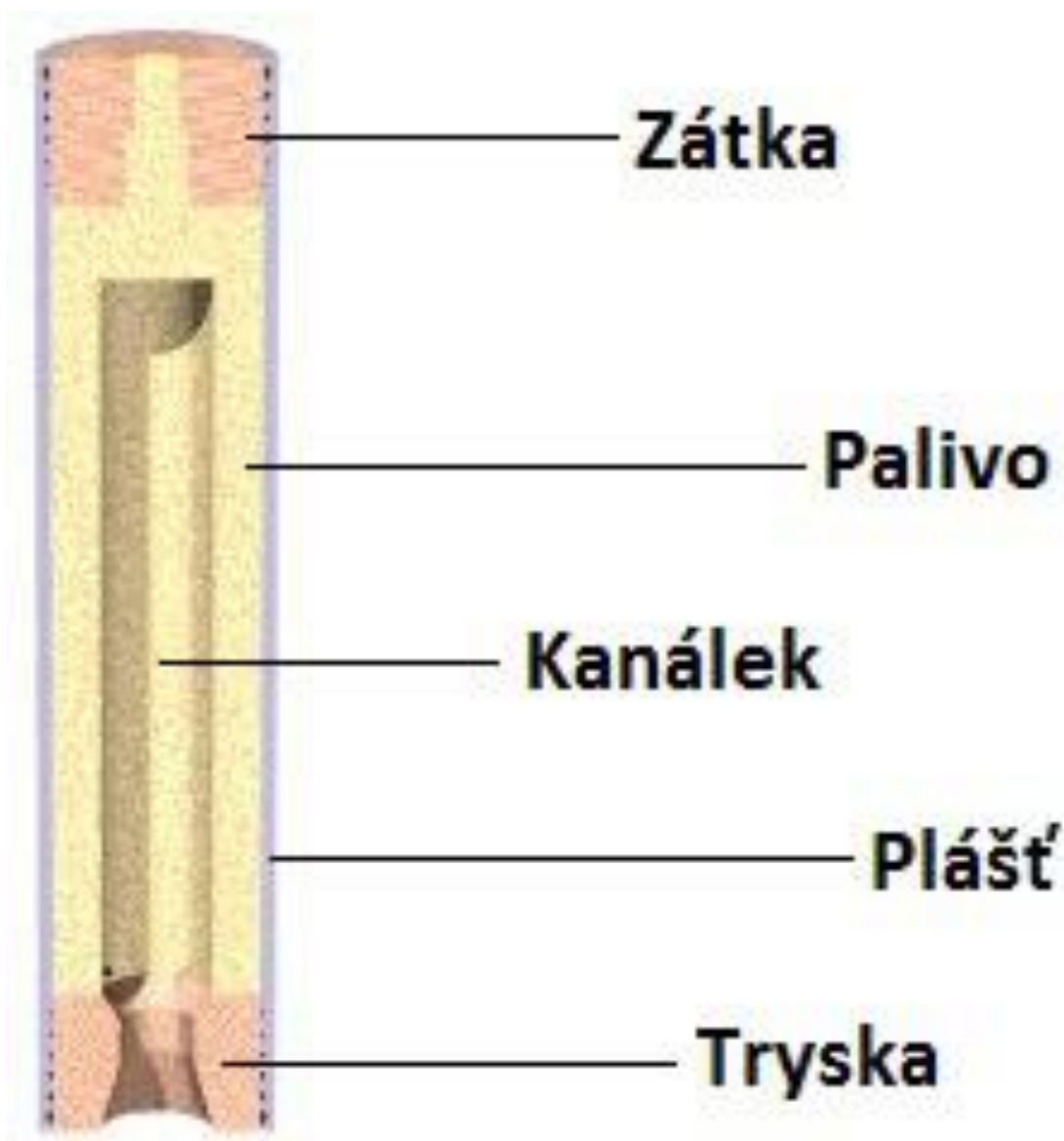
Ke zvolení daného tématu nás vedl náš zájem o fyziku, aerodynamiku a mechaniku a jejich použití v praktické části našeho projektu.

# 1. Statický test

## 1.1 Popis Statického testu

Statický test spadá pod respirační testy, což je skupina analytických metod, při kterých se analyzuje stabilita biologických materiálů. V našem případě se jedná o test pouze palivového článku rakety a jeho funkčnosti. Nevýhodou statické metody oproti dynamické je absence kontinuální aerace materiálu, avšak vzhledem k faktu, že i při reálném odpalu rakety bude docházet pouze k pasivní difúzi, je statická metoda svou autentičností ideální.

## 1.2 Popis Palivového článku



## 1.3 Popis jednotlivých částí palivového článku

### 1.3.1 Zátka

Zátka slouží k uzátkování palivového článku z horní části. Je vyrobena ze sádry. Uprostřed má vyvrtaný kanálek naplněný palivem. Na jeho konci se nachází mechanismus s padákem, který se odpálí, když kanálek směrem nahoru vyhoří. Tento kanálek s palivem vyhoří pomaleji než zbytek paliva v raketě, proto v momentu, když raketa padá dolů, vyhoří kanál, čímž dojde k vyhození padáku a bezpečnému návratu rakety na zem. Avšak funkčnost kanálku a mechanismu padáku není možné při statickém testu otestovat, takže zátka s kanálkem byla ponechána pouze pro zachování autentického mechanismu palivového článku. Výška: 20 mm  
Šířka: 47 mm

### 1.3.2 Palivo

Palivo je tvořeno směsí dusičnanu draselného a cukru (poměr 65:35). Jde o velmi slabé raketové palivo. Ve článku se nalévá ve stavu tání, kde následně zatuhne do tuhého skupenství.

### 1.3.3 Kanálek

Kanálek jen snižuje množství paliva v palivovém článku, tudíž snižuje i jeho celkový výkon. Ve skutečnosti je funkce kanálku velmi prostá. Proces hoření paliva spotřebovává kyslík ze svého okolí. Účel kanálku je zvětšit reakční plochu a tudíž i množství paliva, které je najednou schopné hořet, tedy pohánět raketu. Šířka: 21 mm  
Výška: 102 mm

### 1.3.4 Plášť

Plášť palivového článku je tvořen PVC trubkou. Navzdory tomu, že se umělá hmota nemusí zdát jako ideální plášť pro hořlavou směs, opak je pravdou. Kombinace samozhášivých vlastností trubky (neschopnost hořet bez vnější iniciace) a rychlého vyhoření paliva pomocí kanálku zajišťuje, že se trubka při vyhoření paliva svou teplotou zdaleka nepřiblíží k teplotě, při které dochází k tepelnému rozkladu PVC trubky a uvolňování nebezpečného chlorovodíku do atmosféry. Samotná PVC trubka byla po statickém testu lehce zdeformovaná, avšak ne natolik, aby to znamenalo problém. Poloměr trubky: 47mm  
Výška: 102 mm

### 1.3.5 Tryska

Tryska je vyrobena ze sádry. Má, pro rakety typický, trychtýřovitý tvar. Jejím cílem je usměrňovat raketa a zvyšovat tlak kvůli lepšímu výkonu. Při statickém testu se sádra ukázala jako nedostatečně tepelně odolná, jelikož zúžená část vyhořela a tryska zevnitř získala téměř válcovitý tvar. Při odpalu rakety bude zpevněna nebo tvořena jiným materiálem. Přesné rozměry trysky jsme získali pomocí vyhodnocení počítačového programu. Pomocí 3D tiskárny jsme si následně vytiskli formu pro trysku.

Šířka: 47 mm

Výška: 15,6 mm

## **1.4 Pracovní postup výroby palivového článku pro statický test**

1. Pomocí počítačového programu jsme nakreslili formu pro trysku. Poté ji 3D tiskárnou vytiskli.
2. Nalili jsme sádro do formy.
3. Odřezky z PVC trubky a železnou tyč jsme použili jako formu pro zátku.
4. Vyrobili jsme zátku.
5. Uvařili jsme palivo, které jsme vlili do palivového článku; na vzniknutí kanálku jsme použili kovovou tyč.
6. Zaslou trysku jsme vlepi do pláště.
7. Uvařili jsme palivo, které jsme vlili do palivového článku; na vzniknutí kanálku jsme použili kovovou tyč.
8. Vlepili jsme zátku.
9. Nechali jsme zaschnout lepidlo.

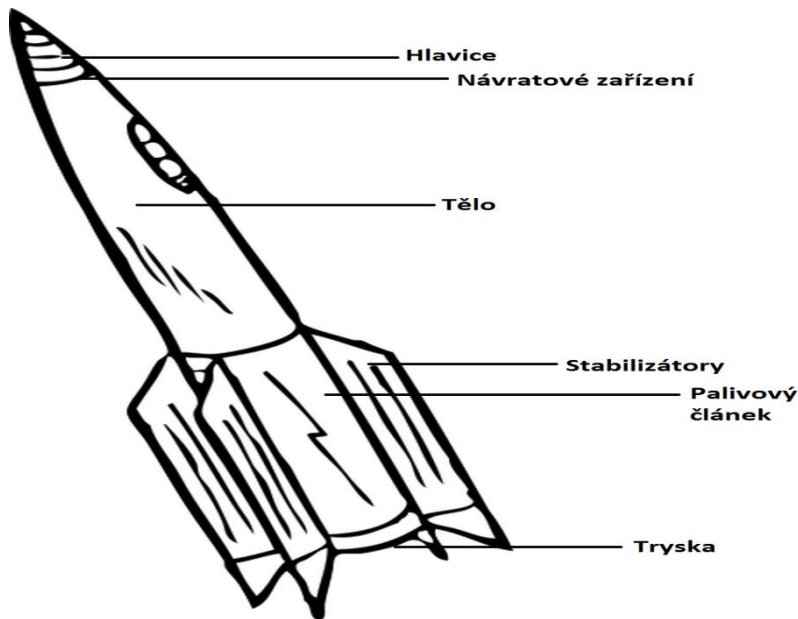
## **1.5 Výsledek statického testu**

Statický test dopadl výborně. Palivový článek vyhořel a celý test se obešel bez potíží. Rozhodli jsme se posunout dál v našem projektu.

# **2 Raketa**

## **2.1 Popis rakety**

Díky nadějnému výsledku statického testu jsme pokračovali v našem plánu sestavení modelu rakety.



### 2.1.1 Hlavice

Hlavice má jednoduchý účel. Uzavírá tělo (trup) rakety na přední části a klade co nejmenší odpor. Při tvarování hlavice je nejdůležitější právě její aerodynamické řešení. My jsme pracovali s kuželovou hlavicí, která je na výrobu nejjednodušší.

### 2.1.2 Tělo (trup)

Tělo rakety je základní součást rakety, která nese ostatní části rakety. V našem případě to znamenalo palivový článek, stabilizátory, návratové zařízení a hlavicí. Tvar trupu je většinou válec; tak se stalo i v našem případě. V našem případě byl vyroben z tenkostěnné papírové trubky.

Výška: 50 cm

Šířka: 4.9 cm

### 2.1.3 Návratové zařízení

Jeden druh návratového zařízení už byl zmíněn (viz 1.3.1 Zátka). My jsme se však rozhodli pro složitější zařízení. Jako materiál jsme použili pevný igelit hexagonového tvaru o kružnici s vnějším poloměrem 40 cm.

## 2.1.4 Stabilizátory

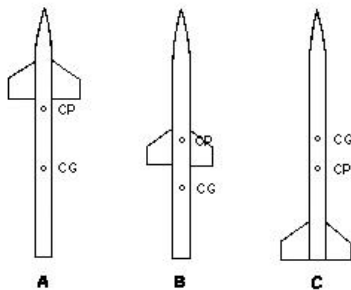
Stabilizátory stabilizují směr letu rakety po opuštění rampy. Naše stabilizátory musely být lehké a zároveň pevné, proto jsme jako výchozí materiál zvolili balzu. Jsou umístěny na zadní části trupu. Stabilizátory mohou být tři (vzájemné úhly  $120^\circ$ ) nebo čtyři (vzájemné úhly  $90^\circ$ ). Větší počet stabilizátorů je kontraproduktivní kvůli zvyšující se váze zadní části rakety a zvyšujícímu se aerodynamickému odporu celé rakety.

Stabilní let rakety je ovlivněn vzájemnou polohou váhového a aerodynamického těžiště.

Stabilizátory slouží ke správnému vyvážení a určení poloh obou těžišť (viz obrázek - A,B špatně, C správně).

CG = váhové těžiště

CP = aerodynamické těžiště



## 2.1.5 Palivový článek a tryska

Viz kapitola „1.3 Popis jednotlivých částí palivového článku”.

## 2.1.6 Odpalovací zařízení

K bezpečnému odpálení rakety jsme použili časovač, což je jednoduchý monostabilní klopný obvod. Funguje na prostém principu. Z baterie se nabíjí přes rezistor kondenzátor, který když se nabije na určité napětí, otevře tranzistor. V kolektorovém obvodu tranzistoru je zapojeno relé, které se sepne. Čas sepnutí je dán kapacitou kondenzátoru, odporem rezistoru a prahovým napětím tranzistoru. Relé sepne spínač, jenž je napojen do obvodu s další baterií a elektrickým palníkem, který zapálí raketové palivo.

## 2.2 Postup Výroby rakety

- Vyrobili jsme hlavici a koupili trup.
- Sestrojili jsme palivový článek (viz kapitola 1.4).
- Na balzu o tloušťce stabilizátorů jsme obkreslili jejich tvar a vyřízli je.
- Do trupu jsme vložili a přilepili palivový článek.
- Nad palivový článek jsme vložili naše návratové zařízení.
- Přikryli jsme návratové zařízení hlavici.
- Ze stran jsme přilepili čtyři stabilizátory se vzájemnými úhly  $90^\circ$ .



- Na stranu jsme připevnili dutý válec (špulku), díky kterému bylo možné raketu nasadit na odpalovací rampu (2 metry dlouhá kovová tyč s kovovou podložkou).
- Tímto byla výroba dokončena.

## **2.3 Výsledek Odpalu**

Po odpálení rakety vyhořel palivový článek, ale raketa se nevznesla ani o centimetr. Domníváme se, že se tak stalo kvůli vysoké hmotnosti rakety.

## **Závěr**

Náš původní cíl (sestavení funkčního modelu rakety, jeho následné odpálení a brzděný návrat) skončil nezdarem. Navzdory tomu to, čeho jsme dosáhli, považujeme za úspěch. Přinejmenším se nám podařilo vyrobit funkční palivový článek. Uvědomujeme si, že při projektu takovéto náročnosti by úspěch hned při prvním pokusu byl ohromným štěstím. Navzdory tomu to, čeho jsme dosáhli, považujeme za úspěch. Přinejmenším se nám podařilo vyrobit funkční palivový článek, což by pro další pokusy o vyrobení funkčního modelu rakety byl nadějný odrazový můstek.

## Zdroje

<http://raketky.x2u.cz/index.php>

<http://www.raketaci.cz/index.php/ke-stahnuti/pomocne-programy#>

[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=14044](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=14044)

[http://raketove.modely.sweb.cz/raketove\\_modely.htm](http://raketove.modely.sweb.cz/raketove_modely.htm)

[http://www.ewp.rpi.edu/hartford/~ernesto/S2013/EP/MaterialsforStudents/Lee/Sutton-Biblarz-Rocket\\_Propulsion\\_Elements.pdf](http://www.ewp.rpi.edu/hartford/~ernesto/S2013/EP/MaterialsforStudents/Lee/Sutton-Biblarz-Rocket_Propulsion_Elements.pdf)

<https://www.youtube.com/watch?v=r2lDXoW78u0>

<http://science.howstuffworks.com/rocket.htm>

<http://www.peckamodel.cz/>