



Středoškolská technika 2016

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Hybridní reaktivní motor

Jakub Semrád, Linda Průšová, Jiří Machyán

Gymnázium Vlašim
Tylova 271, Vlašim 258 01

Obsah

Úvod	3
Druhy motorů	4
Princip fungování motoru	5
Specifický impuls	6
Peltierův článek + termoelektrický článek a jejich využití	7
Závěr	8
Fotodokumentace	9

Úvod

Když se řekne raketové motory, určitě se mnohým vybaví let do vesmíru, kosmonauti, rakety, ale také obrovské množství emisí, které běžné raketové motory vypouští do okolí. Což to ale zkusit trochu ekologičtěji a navíc velmi nezvykle.

My jsme se pro vynález našeho motoru nechali inspirovat reakcí sodíku s vodou. Protože nikdy předtím nebyl sodík použit jako palivo, jistě se mnoho lidí již teď zděsilo, ale přesto se nabízí otázka: “ Proč to nezkusit? Zní to docela zajímavě, ne?”

My chceme použít sodík jako palivo, protože si myslíme, že jde o mimořádný zdroj vodíku, jehož spalování je ekologické. V současnosti je ale vodík získáván hlavně z ropy a zemního plynu.

Sodík je kov a jako většina kovů je za běžných podmínek v pevném stavu. V našem motoru ale běžné podmínky nepanují. Všichni přece víme, že aby něco hořelo, tak to potřebuje okysličovadlo - asi nejjednodušeji kyslík. No, a ten je přece plynný (případně, když se zchladí na teplotu $-218,79\text{ }^{\circ}\text{C}$ má kapalně skupenství). Běžné raketové motory používají buďto pouze pevné palivo i okysličovadlo, nebo obojí kapalně. Naš motor ale není běžným motorem, jde o hybridní motor. Palivo je v pevném stavu a okysličovadlo ve stavu kapalném.

Pokud se chcete dozvědět o něco více, pokračujte ve čtení na dalších stranách, kde je spousta dalších a o něco podrobnějších informací o našem vynálezu.

Druhy motorů

Jako pohon rakety se používá hned několik druhů motorů. Ten nejjednodušší je raketový motor na tuhá paliva (tzv. TPL). Spalovací komora je téměř až do plna naplněna palivem, resp. směsí paliva a okysličovadla, které postupně odhořívá. Výhodou tohoto motoru je, že neobsahuje prakticky žádné mechanické části, a tak je sníženo riziko poruchy. Díky tomu je velmi spolehlivý. Samozřejmě, že ale i tento motor má svá negativa. Jako asi největší lze uvést, že průběh celé reakce lze řídit jen velmi obtížně (je to téměř nemožné). Tento motor na tuhá paliva lze využít pro řízené i neřízené střely a pro pomocné rakety.

Mezi další můžeme uvést motor na kapalná paliva, který je již o poznání složitější. Motor poháněn kapalnými palivy může spalovat buďto jedno palivo (např. palivo hydrazin), a nebo spaluje více paliv. Jako okysličovadlo se používá kapalný kyslík (zkratka: “LOX”, neboli “Liquid oxygen”). Jedná se o jeden z nejpoužívanějších raketových motorů vůbec. Důvodem, proč se tento typ tak rozšířil, zdaleka není pouze jeden, ale jako příklad by mohl stačit ten asi nejdůležitější - díky kapalným palivům má velký specifický impuls (poměr tahu k množství spotřebovaného paliva za sekundu). Neméně důležitou výhodou je malá hmotnost nádrží na paliva (při použití hustých látek např. kerosinu, tvoří hmotnost nádrže asi pouhé 1% a v případě vodíku asi jen 10% celkové hmotnosti). Nesmíme ovšem zapomínat, že i tento typ motoru má nějaké ty nevýhody, jako například, že tento motor obsahuje spoustu mechanických částic, které jsou náchylné k rozbití, nebo třeba ve stavu beztláče může být kapalné palivo přestáno nasáváno a tak by se následně mohla zadřít turbočerpada, případně pohyb kapalin v nádrži by mohl vést ke ztrátě kontroly nad celou raketou.

Podle dopravy paliva do spalovací komory rozdělujeme motory na kapalná paliva do čtyř cyklů. V přetlakovém cyklu je palivo i okysličovadlo vháněno pomocí přetlaku a ve spalovací komoře dochází buďto k samovolnému vzplanutí (v případě, že se jedná o látky hypergolické), nebo pomocí rozněcovadla. Expanzivní cyklus se vyznačuje tím, že palivo je vedeno do spalovací komory úzkými kanálky, ve kterých se ohřívá a expanduje. Toto palivo při svém průchodu kanálky roztáčí turbínu, která je nezbytně nutná kvůli pohonu turbočerpadel. Dalším je otevřený cyklus, který má oproti jiným ještě plynový generátor, do kterého je přiváděna malá část paliva a okysličovadla. Zde se spálí a vzniklá energie se využije k funkci turbočerpadel. Spaliny z plynového generátoru jsou odváděny úzkou trubičkou mimo raketu. Poslední cyklus je značen jako uzavřený. Je podobný, jako otevřený cyklus akorát s rozdílem, že do plynového generátoru je zavedena jen část okysličovadla a veškeré palivo. Spaliny z plynového generátoru jsou vedeny do spalovací komory. Ve spalovací komoře je díky tomuto principu větší tlak a tím i vyšší účinnost.

Kombinací motoru na pevná paliva a motoru na paliva kapalná vzniká tzv. hybridní motor, kterým je náš sodíkový motor. V našem případě se jedná o pevné palivo - sodík a kapalné okysličovadlo - tekutý kyslík. Nyní si pojďme blíže vysvětlit, jak tento sodíkový motor funguje.

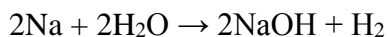
Použité zdroje:

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Sod%C3%ADk>

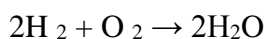
<http://space-kosmo.blog.cz/0903/raketove-motory-a-jejich-typy>

Princip fungování motoru

Naše představa o činnosti motoru je následující. Ve spalovací komoře dochází k reakci sodíku s vodou, kterou můžeme popsat následující rovnicí:

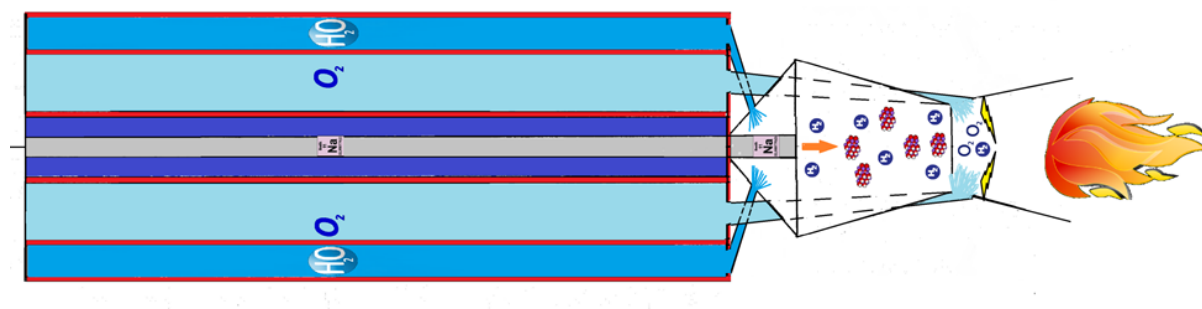


Vzniklý vodík následně promísíme s okysličovadlem – tekutým kyslíkem, který do spalovací komory proudí po otevření ventilů. Výhodou je možnost regulace výkonu motoru pomocí těchto ventilů. Vzniká vysoce výbušná směs. Výbojka zažehne reakci vodíku s kyslíkem:



Jedná se o silně exotermickou reakci, reakční teplo této reakce je $-484 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Raketový motor se pohybuje na principu třetího Newtonova zákona - akce a reakce. Nutno dodat, že ve spalovací komoře se vše děje přibližně rychlostí zvuku, a tak nevznikne riziko, že by se dovnitř dostala jiskra a tak nám celý systém vybouchl.



Jsme si vědomi, že nejdůležitějším parametrem, který charakterizuje raketový motor je tzv. specifický impuls. Specifický impuls raketového motoru je ovlivněn řadou faktorů, z nichž některé jsou dány vlastnostmi použitých pohonných látek, jiné zase konstrukčním řešením. Naším cílem je vypočtenou hodnotu IS nadále zvyšovat.

Specifický impuls

Specifický impuls je rovnice, která je dnes používána pro výpočet výkonnosti raketových motorů. Udává velikost tahu, který vyvine daný raketový motor, v němž spálíme jeden kilogram pohonné látky za jednu sekundu.

Z této rovnice vyplývají dva nejdůležitější parametry udávající sílu vyvinutou na kilo paliva. Jsou jimi teplota ve spalovací komoře (T_s) a tlaky ve spalovací komoře (P_{sk}) a tlak v ústí trysky (P_v). Dále je v rovnici započtena průměrná molární hmotnost spalin (M) a univerzální plynová konstanta (R). Poslední neznámou v rovnici je Poissonova konstanta (κ).

$$I_s = \sqrt{\left[\frac{2\kappa R T_s}{(\kappa-1)M} \left(1 - \left(\frac{P_v}{P_{sk}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right) \right]}$$

Prvním krokem ve výpočtu rovnice je dosazení všech jednotek a konstant na svá místa. Tím získáme částečnou představu o tom jak provést další početní operace.

$$I_s = \sqrt{\left[\frac{2 \cdot 1,23 \cdot \frac{8,314459848}{0,042} \cdot 2773,15}{(1,23-1)} \left(1 - \left(\frac{100000}{7000000} \right)^{\frac{1,23-1}{1,23}} \right) \right]}$$

Dále si zjednodušíme zlomky obsahující Poissonovu konstantu a také exponent obsahující tuto konstantu.

$$I_s = \sqrt{\left[\frac{2,46 \cdot \frac{8,314459848}{0,042} \cdot 2773,15}{(0,23)} \left(0,01428571428570,1869919 \right) \right]}$$

Následně si zjednodušíme veškeré zlomky které rovnice obsahuje a obsahy obou závorek mezi sebou roznásobíme. Díky tomu se těchto závorek zbavíme a zůstanou nám poslední dva činitelé pod odmocninou.

$$I_s = \sqrt{5871720,6051277821540,4518368130325}$$

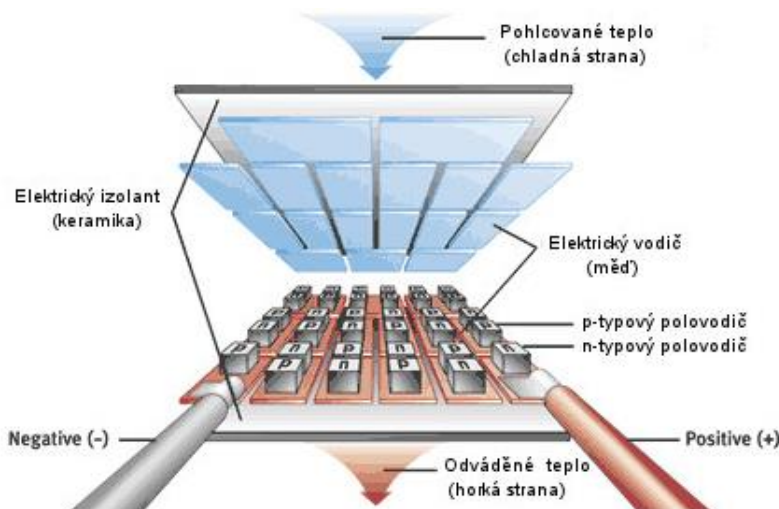
Ty mezi sebou vynásobíme a odmocníme. Tímto způsobem získáme kýžený výsledek rovnice udávající sílu motoru za sekundu při spálení jednoho kilogramu paliva.

$$I_s = 1628,82154 \text{ N}\cdot\text{s/kg}$$

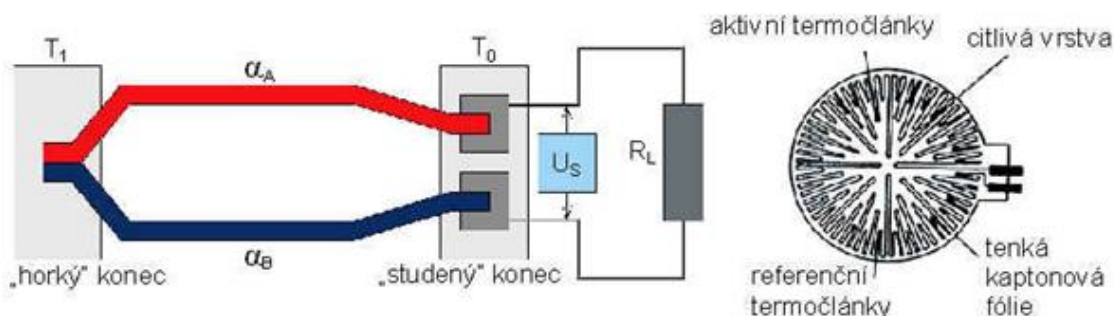
Pro srovnání například raketový motor Space Shuttle Main Engine (jeden ze tří hlavních motorů raketoplánu Space Shuttle, který je vyvíjen americkou firmou Rocketdyne a jako paliva využívá kapalný vodík a kapalný kyslík) má specifický impuls při hladině moře 2560 N.s/kg

Dodání elektřiny do počítačů v raketě - Peltierův článek + termoelektrický článek a jejich využití

K dodání elektřiny do počítačů ovládající hydrauliku v raketě nám slouží Peltierův článek. Tento článek se skládá ze dvou desek, z nichž jedna se ochlazuje a druhá zahřívá, čímž se vytváří elektrický proud. Tomuto jevu říkáme „Seebeckův“ a nebo také „termoelektrický jev“. ¹⁾ Rozdíl teplot nesmí přesahovat hranici 30°C, což je ošetřeno chladiči. Maximální přípustná teplota tzv. "teplého konce" u článků pro generování elektřiny je i přes 500°C. V případě chladících článků je max. povolená teplota pouze 100-200 °C. ²⁾ Články jsou umístěny vně komory, kde probíhá exotermická reakce, v maximálním počtu, který nám umožňuje velikost rakety. ³⁾



Druhá možnost, jak dodat elektřinu do počítačů je spolehlivý **termočlánek**. Používá se především jako čidlo teploty. Využívá také principu termoelektrického jevu. Skládá se ze dvou kovů zapojených do série se dvěma spoji (kov A – spoj AB – kov B – spoj BA – kov A). Mají-li spoje navzájem různou teplotu, vzniká na každém ze spojů odlišný elektrický potenciál, který je zdrojem proudu. Aby byl termočlánek účinný, sdružuje se do baterií. ⁴⁾



- 1) https://cs.wikipedia.org/wiki/Termoelektrick%C3%BD_jev
- 2) <http://zelenycarodej.cz/prvky/energie/130-termoelektricky-generator-teg>
- 3) <http://www.upce.cz/fcht/slchpl/vyzkum/termo-materialy.html>
- 4) <https://cs.wikipedia.org/wiki/Termo%C4%8DI%C3%A1nek>

Závěr

Sodíkový motor by mohl nahradit stávající motory H_2-O_2 , které slouží již 70 let a nebo plazmové motory. Velkým plusem je, že nemá žádné odhazovací části, které by znečišťovaly životní prostředí naší planety, a proto můžeme říct, že z ekologického hlediska je náš motor nezávadný. Nevznikají zde ani žádné nežádoucí produkty, které by mohly jakkoliv ovlivnit životní prostředí, protože všechny odpadní látky jsou spalovány a přeměňovány na tažnou sílu.

Naším cílem je vymyslet mechanismus, kterým by došlo k rychlému, bezpečnému a dokonalému mísení všech složek paliva. Pracujeme na návrhu konstrukce spalovací komory, trysky a efektivního chlazení. V neposlední řadě je naším zájmem propočítat finanční nároky na sestavení tohoto motoru. Je třeba vzít v úvahu také výrobu sodíku. Ten se vyrábí elektrolýzou roztoku chloridu vápenatého (60%) a chloridu sodného (40%). Používají se grafitové (anoda) a železné (katoda) elektrody. Tímto způsobem se ročně vyrobí zhruba 200 000 tun sodíku.

Dosud jsme sestrojili jeden model rakety, který je vyroben z plechu. V současné době tento model zdokonalujeme a vytváříme plány pro model, který bude vyroben na 3D tiskárně. Chtěli bychom vyzkoušet také funkční prototyp v laboratoři.

Fotodokumentace



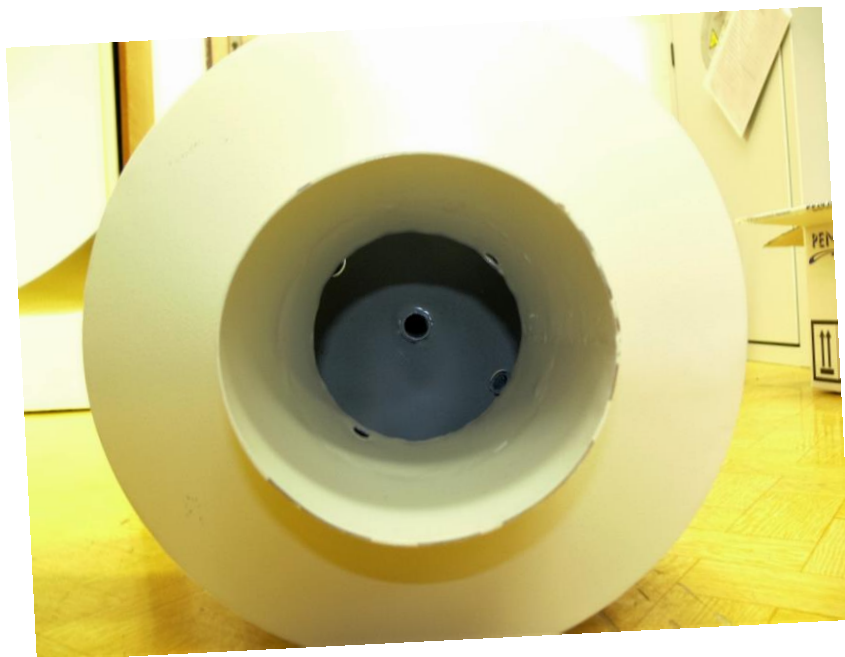
obrázek č. 1 - plášť motoru



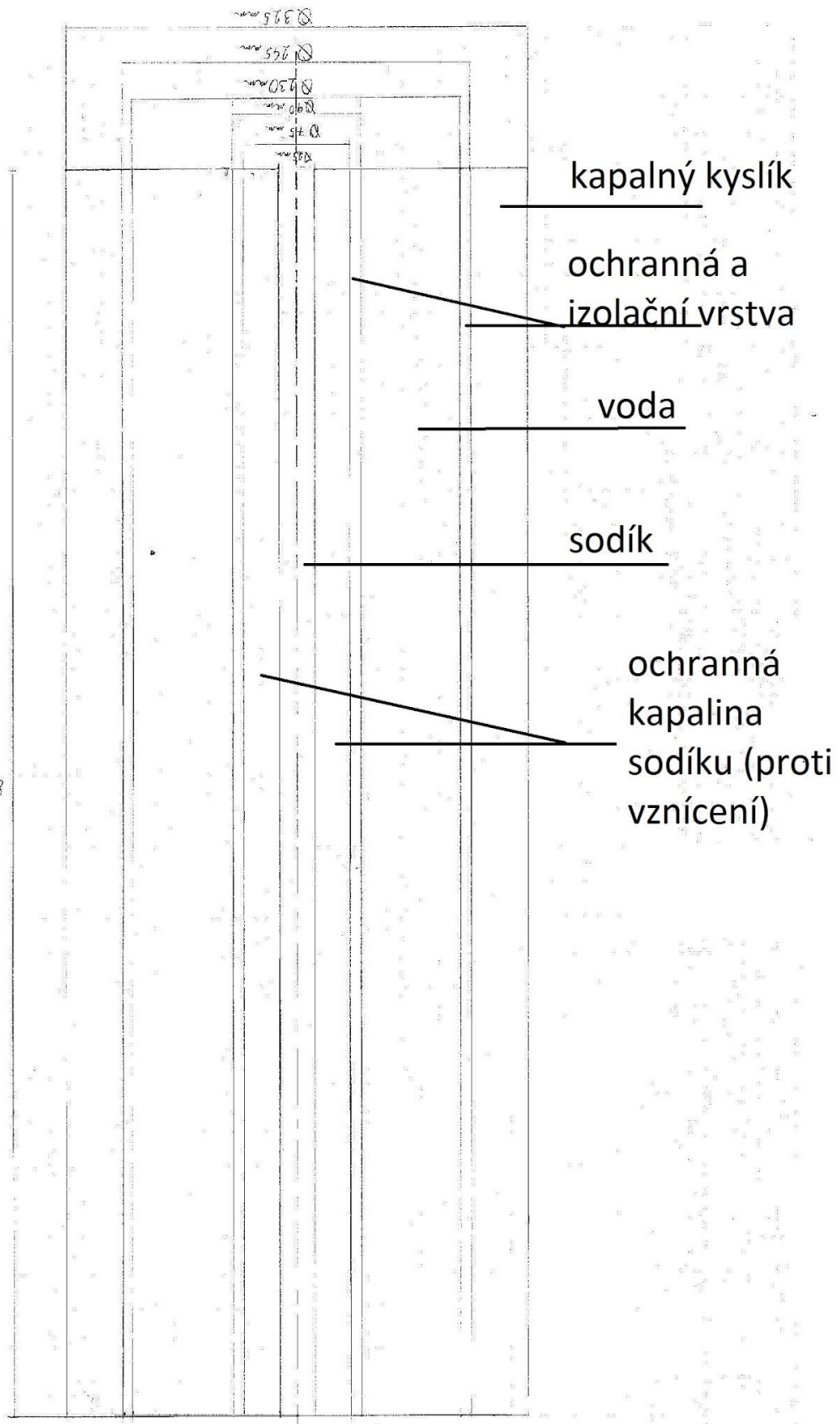
obrázek č. 2 - spalovací komora s tryskou v dolní části motoru



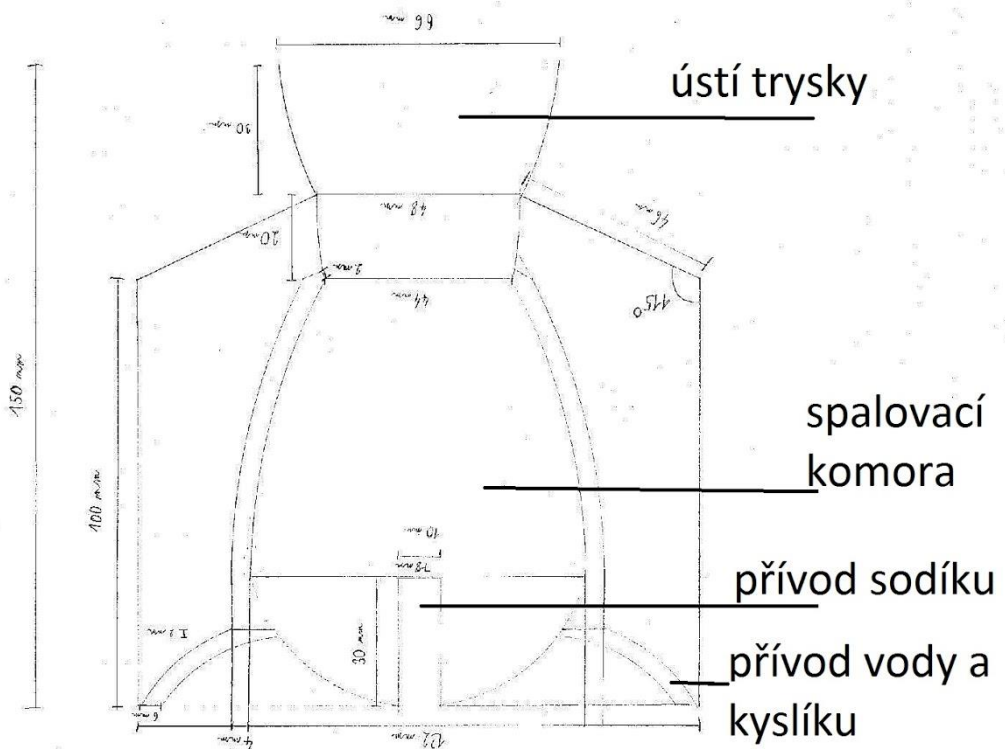
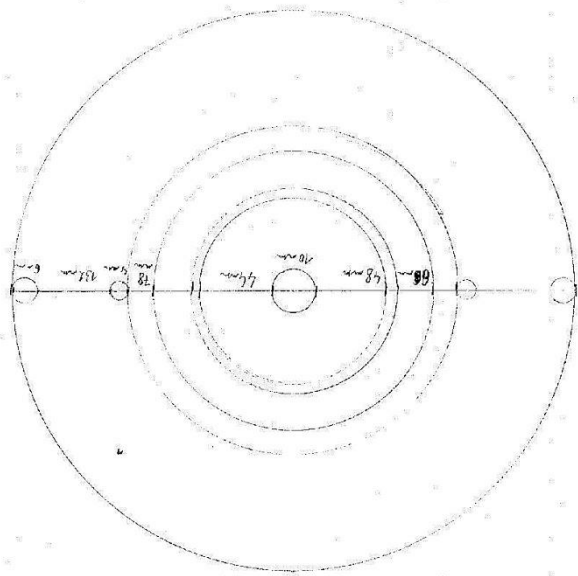
obrázek č. 3 - průřezový náhled do jednotlivých nádrží



obrázek č. 4 - pohled na přívody paliva do komory



obrázek č. 5 - nákres nádrží



obrázek č. 6 - náčrt trysky