



Sylaby přednášek ze vzdělávacího semináře
v rámci projektu Obloha na dlani

25. - 27. listopadu 2011

KOSMONAUTIKA A RAKETOVÁ TECHNIKA

Kosmické technologie - Pilotované lety



Projekt je spolufinancován z Operačního programu Přeshraniční
spolupráce Slovenská republika - Česká republika 2007 - 2013



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍČ



PROGRAM
CEZHRANIČNEJ
SPOLUPRÁCE
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



Tato akce je realizována s finanční
vypomocí Zlínského kraje

Program semináře:

Pátek 25. listopadu

16:00 až 16:30 - příjezd účastníků - prezence

16:30 až 17:45 - **PŘÍBĚHY KOSMICKÝCH TECHNOLOGIÍ** - Ing. Tomáš Příbyl

18:00 až 19:30 - **ZDRAVOTNICKÉ ZAJIŠTĚNÍ KOSMICKÝCH MISÍ** - Pavel Boháček

Sobota 26. listopadu

08:30 až 10:00 - **MEZINÁRODNÍ KOSMICKÁ STANICE ISS 2010-2011 I. část** - Mgr. Antonín Vítek, CSc.

10:30 až 12:00 - **GEOMETRICKÉ TRYSKY RAKETOVÝCH MOTORŮ PRO POTŘEBY KOSMONAUTIKY A JEJICH VLIV NA NOSNOU KAPACITU A CELKOVOU HMOTNOST NOSNÝCH RAKET** - prof. Ing. Jan Kusák, CSc.

12:00 až 14:30 - přestávka na oběd - odpolední program se koná v kavárně Hotelu APOLLO

14:30 až 15:00 - **PRVNÍ ČECHOSLOVÁK VE VESMÍRU** - Ing. Vladimír Remek

15:00 až 15:30 - **VESMÍRNÁ POLITIKA EU** - Ing. Vladimír Remek

15:30 až 16:00 - **PRVNÍ SLOVÁK VE VESMÍRU** - Ing. Ivan Bella

16:30 až 18:00 - **BESEDA S KOSMONAUTY** - na dotazy odpovídají: Ing. Vladimír Remek a Ing. Ivan Bella

Neděle 27. listopadu

08:30 až 10:00 - **MEZINÁRODNÍ KOSMICKÁ STANICE ISS 2010-2011 II. část** - Mgr. Antonín Vítek, CSc.

10:15 až 11:45 - **NEŽ POPRVÉ Odstartoval Raketoplán** - Ing. Tomáš Příbyl

Změna programu vyhrazena.

Úvodní slovo organizátorů

Milí přátelé, příznivci a zájemci o kosmonautiku a raketovou techniku,

již druhým rokem máme možnost sejít se společně se slovenskými kolegy a přáteli na vzdělávacím přeshraničním semináři zaměřeném na problematiku kosmických technologií. Tentokrát jsme se zaměřili na oblast pilotovaných letů, která byla v minulosti na špici zájmu veřejnosti. Doba se sice změnila, ale skutečnost, že právě Československo bylo třetí zemí na světě, jejíž zástupce se podíval na oběžnou dráhu Země, je stále platná.

Jsmo velmi rádi, že naše pozvání přijali jak první československý kosmonaut pan Ing. Vladimír Remek, tak jeho slovenský kolega Ing. Ivan Bella. Kromě svých příspěvků na semináři budou v rámci pozdně odpolední sobotní besedy odpovídat na dotazy účastníků semináře i běžných návštěvníků.

Stejně jako vloni i v letošním roce můžeme díky projektu **Obloha na dlani** spolufinancovaného z Operačního programu Přeshraniční spolupráce SR-ČR 2007-2013 podpořit především mladé zájemce o účast na této akci. Evropská unie si je vědoma významu a přínosů kosmonautiky a kosmického průmyslu vůbec nejen pro ekonomiku, ale také pro pokrok a rozvoj lidské společnosti.

Hlavním partnerem projektu je Hvezdáreň v Partizánskom. Více informací o projektu, jeho aktivitách i partnerech najdete na webové stránce **www.oblohanadlani.eu**. Akce je realizována s finanční výpomocí Zlínského kraje.

Věříme, že vám tento vzdělávací seminář přinese nové poznatky, nové přátele, kolegy, zajímavé impulsy a motivaci do další práce v této zajímavé a neustále se rozvíjející oblasti.

Za organizační tým

*Libor Lenža, ředitel
Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.*

PŘÍBĚHY KOSMICKÝCH TECHNOLOGIÍ

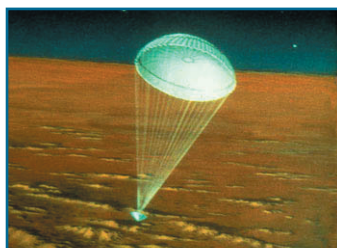
Ing. Tomáš Příbyl, www.kosmonaut.cz

Kosmonautika nám dává nesmírně mnoho: kromě „poznání nepoznaného“ nás obohacuje o technologie či materiály, které bychom jinak neměli k dispozici. A které nalézají široké uplatnění i v „pozemském“ měřítku. Kdo z nás ale dokáže vyjmenovat alespoň pět technologií, které skutečně vznikly v kosmonautice a které se dočkaly masového rozšíření?

Malá nápověda: není to ani teflon (vznikl v roce 1938, dávno před začátkem „kosmické éry lidstva“) nebo suchý zip (výzkum zahájil v roce 1948 švýcarský elektroinženýr George de Mestral; patentoval si jej v roce 1955). Stejně tak slavná „kosmická propiska“ (Space Pen) firmy Fisher zase tak moc kosmická není (ač ji pan Fisher vyrobil pro použití v beztláči, primárně šlo o její propagaci - nikoliv o nutnost, protože klasické propisky v kosmických lodích fungují).

Stručný výčet některých **kosmických technologií**, které našly uplatnění v našem každodenním životě:

- **Vlákn**o vyvinuté pro padákový systém sond Viking (mimochem, je pětikrát pevnější než ocel) se dnes používá při výrobě pneumatik. Oproti původním pneumatikám se tyto „ojedou“ až po zhruba dvojnásobném počtu kilometrů.
- Zařízení pro odběr vzorků horniny na Měsíci až z třímetrové hloubky (úsporný elektromotor, akumulátor nové konstrukce) se stal základem vysavače Dustbuster (Vymítač prachu). Ten byl prvním masově vyráběným **domácím přístrojem na baterie**. V jeho patách pak šly přenosné vrtačky, šroubováky a další elektrické spotřebiče, které už nevyžadovaly pro provoz napájení ze sítě.
- Po požáru v lodi Apollo-204 (alias Apollo-1) vyvinula NASA speciální **nehořlavé nitě a tkaniny**. Ty si našly cestu do vojenských i dopravních letadel, dnes se z nich vyrábí oděvy pro hasiče. Na rozdíl od dříve používaných azbestových „nehořlavých“ overallů totiž mají celou řadu výhod: jsou ohebné (nelámou se), dají se prát, jsou prodyšné, rychle a snadno se oblékají apod.
- Ochrana před požárem ještě jednou: v důsledku tragédie v lodi Apollo vyvinula NASA **detektor požáru**. První podobné čidlo na světě bylo insta-



Padákové šňůry pro přistání na Marsu jsou 5× pevnější než ocel.

Ruční elektrická vrtačka byla použita poprvé v programu Apollo: dnes jsou podobné přístroje v každé domácnosti.



lováno na stanici Skylab - dnes je najdete prakticky všude.

- Pro opravářské práce a improvizace vytvořila NASA **pohliníkovanou lepicí pásku** (schopná odolat teplotě až 260 stupňů Celsia). Dnes ji koupíte v každém obchodě s potřebami pro kutily.
- Výrobce cyklistických doplňků Giro oslovil NASA se žádostí o spolupráci na **cyklistické přilbě**. Tyto totiž vážily tři až čtyři kilogramy, byly neprodyšné apod. Díky použití nových materiálů vznikla lehká a aerodynamicky tvarovaná helma. V roce 1989 si ji nasadil na hlavu Greg Lemond a vzápětí vyhrál Tour de France. O rok později ji měli na hlavě všichni závodníci.
- Amesovo kosmické středisko NASA vyvinulo **termoelastickou pěnu**, která se přizpůsobuje tvaru těla, protože její elasticita roste společně s teplotou. Dnes ji nalezneme v polštářích, matracích nebo v obuvi. Pěna přizpůsobující se tvaru těla optimalizuje rozložení tlaku - zvyšuje tak komfort spánku, chůze apod.
- **Silikonový čip** vyvinutý pro přístroj STIS na Hubbleově kosmickém teleskopu se stal základem pro jednoduchou a snadnou detekci rakoviny prsu (celosvětově na ni umírá ročně půl miliónu žen). Díky ní už lékař nemusí brát do ruky skalpel, ale k odběru podezřelé tkáně postačuje jen speciální jehla. Jedno vyšetření pomocí kosmické technologie vyjde na 850 dolarů, zatímco tradiční metoda „řezání skalpelem“ kolem 3500 dolarů.



- K **zastřešení rozměrných konstrukcí** (v Evropě například olympijský stadión v Římě) se používá tkanina původně vyvinutá pro lunární skafandry. Střecha z ní vyrobená má ve srovnání s klasickou pevnou konstrukcí jen třicetinovou hmotnost, ale vyrovná se jí trvanlivostí, nerezaví plus velmi dobře izoluje.

Přístroj STIS pro Hubbleův kosmický teleskop: čip vyvinutý pro něj dnes pomáhá odhalovat rakovinu prsu.



Rozsáhlou brožuru „**Příběhy kosmických technologií**“ s podrobnými informacemi o mnoha kosmických technologiích si lze stáhnout z

Olympijský stadión v Římě chrání tkanina vyvinutá pro kosmické skafandry.

<http://www.oblohanadlani.eu/vystupy-projektu/vzdelavaci-materialy/pribehy-kosmickych-technologii-studijni-materialy.html>

ZDRAVOTNICKÉ ZAJIŠTĚNÍ KOSMICKÝCH MISÍ

Pavel Boháček, *Human Exploration Projects*,

<http://human-exploration.blogspot.com>

Mezinárodní kosmická stanice je unikátní vědecké pracoviště, umístěné na oběžné dráze Země, ve výšce kolem 360 km. **Ostrov života ve smrtícím kosmickém prostředí**, oblétající Zemi každých 90 minut, který je také domovem šestice odvážných lidí. Práce na palubě ISS je velice náročná a nese s sebou celou řadu rizik, mezi kterými jsou i rizika zdravotní. I vcelku banální zdravotní problémy, jako je třeba bolest zubu, smítko v oku nebo lehká poranění, které jsou na Zemi, kde je snadno dostupná odpovídající zdravotní péče, dobře řešitelné, se na oběžné dráze stávají závažnou komplikací, která může zkomplikovat průběh kosmické mise. Ještě horší situace nastává, dojde-li u některého ze členů posádky k závažnému onemocnění či těžkému zranění.



S letovým lékařem v řídicím středisku spolupracuje i celá řada dalších odborníků.

Aby bylo možné podobné situace zvládat, nebo ještě lépe jim předcházet, byla vyvinuta **metodika zdravotní péče o posádky kosmických lodí**, zvaná „**operativní kosmická medicína**“ (*Operational Space Medicine*). Zdravotnické zajištění každé kosmické mise začíná v podstatě již výběrem uchazečů o pozici astronauta. Z počátku byly požadavky velice přísné. Do vesmíru mohli létat prakticky jen zkušební piloti s perfektním zdravím a extrémní mírou fyzické i psychické odolnosti. Postupem času se však zdravotní stav astronautů začal posuzovat spíše podle funkcí, jaké mají během kosmické mise plnit. Každý uchazeč musí v první řadě splňovat požadavky předpisu zdravotní způsobilosti letového personálu JAR-FCL3, Class 2 (ESA). Po přijetí do přípravy každý astronaut absolvuje další řadu podrobných vyšetření a pohovorů, ve kterých je zahrnuto testování fyzické kondice, kardiopulmonální testy, ORL, oční, zubní a u žen gynekologické vyšetření a další. Kromě toho jsou astro(kosmo)nauti podrobováni i řadě testů psychologických. Požadavky na zdravotní stav členů posádek kosmických misí se mírně liší podle kosmických agentur.



Na palubě ISS probíhá v rámci tzv. *emergency drill* také pravidelný nácvik postupů resuscitace.

Ani sebelepší výběr posádky však nezaručí, že během kosmického letu nedojde u některého ze členů posádky ke zdravotním komplikacím nebo ke zranění. Přestože mezi členy posádek bývají i lékaři, **musí zdravotnickým výcvikem projít každý astronaut**. Tento výcvik je v rozsahu asi 300 hodin a zahrnuje teoretické studium kosmické medicíny a praktický nácvik zdravotnických postupů v rozsahu podobném výcviku zdravotnických záchranářů

(paramediků). Medicínský výcvik probíhá ve výcvikových střediscích kosmických agentur s tím, že jeho finální fázi astro/kosmonauti absolvují ve Hvězdném městečku, a také, krátce před startem, na kosmodromu Bajkonur (v případě, že jediným dopravním prostředkem jsou ruské Sojuzy).

Letovou zdravotnickou podporu tvoří jednak letoví lékaři (*Flight Surgeons*), kteří mají za úkol dohlížet na zdraví astronautů, a to nejen během samotného letu, ale také ve fázích předletové přípravy a poletové rehabilitace. Během samotné kosmické mise letový lékař spolupracuje s biomedicínským letovým inženýrem, specialistou, který má na starosti medicínské systémy na palubě ISS. Dále s ním spolupracují týmy expertů, specializující se na různé problémy, které by mohly během mise nastat. Jde například o tým SRAG (*Space Radiation Analysis Group*), který se stará o radiační ochranu posádky, nebo tým psychologů, zvaný BHPG (*Behavioral Health Performance Group*) a další. V rámci každé mise ISS plní dva astronauti úlohu tzv. CMO (*Crew Medical Officer*). Ti mají za úkol plnit úkoly související s každodenní péčí o zdraví posádky, komunikovat s letovými lékaři na zemi a provádět lékařské zákroky v případě úrazů či onemocnění některého ze členů posádky.

Takzvaný **systém zdravotní péče o posádku ISS (*Crew Health Care System*)**, je tvořen několika subsystémy. Tzv. HMS (*Health Maintenance System*) obsahuje vybavení pro poskytování lékařské péče. Jde zejména o CHeCS rack - ve kterém je umístěno vybavení pro resuscitaci, obvazový materiál, léky, zubní instrumentárium a chirurgické instrumentárium. V HRF (*Human Research Facility*) je umístěna zejména diagnostická technika, ze které je nejdůležitější speciální ultrazvukové zařízení, tzv. ADUM (*Advanced Ultrasound in Microgravity*). Dalšími systémy jsou *Countermeasures System* (CMS), jehož součástí jsou například zařízení pro posilování svalového aparátu a systém EHS, neboli *Environmental Health System*, který je určen pro monitorování životního prostředí posádky (úroveň radiace, biologická bezpečnost, zplodiny hoření atp.).

Jednou z nejnáročnějších, a také nejnebezpečnějších součástí kosmických misí jsou **výstupy do volného kosmického prostoru**, tzv. EVA (*Extra Vehicular Activity*). Výstupy EVA s sebou nesou řadu specifických rizik, mezi kterými jsou rizika plynoucí zejména z pobytu člověka v umělé atmosféře skafandru. Hrozbu představují zejména technické problémy se skafandrem, následkem kterých může dojít například k hypoxii, přehřátí organismu, kesonově nemoci atd. Významné riziko představuje radiace a nebezpečí úrazu. Lékaři se podílejí na všech fázích EVA, od přípravy v bazénu NBL (*Neutral Buoyancy Laboratory*) přes tzv. pre-breathe protocol, který astronauti podstupují těsně před výstupem, monitoring zdravotního stavu během výstupu až po vyšetření po ukončení operací EVA.

Krizový management ISS musí počítat také s eventualitou, že u některého ze členů posádky dojde ke zranění či onemocnění, které nebude možné na palubě ISS zvládnout. Pak přijde na řadu tzv. medicínská evakuace, neboli MEDEVAC. Ta bude realizována pomocí záchranné lodi Sojuz. MEDEVAC je za určitých podmínek možný od 6 h do 24 hodin a je nutno dodat, že se může jednat o velice riskantní operaci.

Ani po návratu z kosmické mise péče o zdraví astronautů a kosmonautů nekončí. Po šesti měsících ve vesmíru je jejich tělo oslabeno, proto je velká pozornost věnovaná zejména rehabilitaci a posilování pohybového a kardiovaskulárního systému. Kromě jiného jsou astro/kosmonauti podrobováni pravidelným vyšetřením, zaměřeným na prevenci vzniku nádorových onemocnění.

Závěrem je třeba dodat, že celá řada poznatků z oblasti medicíny a krizového managementu, které získáváme během provozu na ISS, využíváme také k péči o pacienty a k záchraně životů na Zemi.

MEZINÁRODNÍ KOSMICKÁ STANICE ISS 2010-2011

Mgr. Antonín Vítek, CSc., Knihovna AV ČR

Nejmarkantnějšími událostmi uplynulých 12 měsíců v životě ISS se jeví především tyto tři:

- ukončení provozu raketoplánů;
- první zkušební let komerční nákladní lodi pro zásobování stanice a případnou dopravu nákladu zpět na zemi Dragon a její nosné rakety Falcon 9;
- první havárie nosné rakety s nákladní lodí mířící k ISS.

Sestava stanice

Hmotnost (2010-11-10): 376 454 kg

Moduly (ke dni 2010-11-10):

- **Zarja** (FGB [=Funkcional'nyj gruzovoj blok]);
- **PMA-1** [=Pressurized Mating Adapter One];
- **Unity** (Node-1);
- **PMA-2** [=Pressurized Mating Adapter Two];
- **Zvezda** (SM [=Servisnyj modul']);



Mezinárodní kosmická stanice ISS s připojeným raketoplánem

- příhradová konstrukce **ITS-Z1** [=Integrated Truss Structure - Zenith One];
- příhradová konstrukce **ITS-P6** [=Integrated Truss Structure - Port Six], kterou tč. tvoří:
 - **ITS-P6 LS** [=Integrated Truss Structure - Port Six Long Spacer];
 - **ITS-P6 IEA** [=Integrated Truss Structure - Port Six Integrated Electronic Assembly];
 - **ITS-P6 PVAA** [=Integrated Truss Structure - Port Six Photovoltaic Array Assembly];
 - **PVR-P6** [=Photovoltaic Radiator Port Six];
 - **PVR-S6** [=Photovoltaic Radiator Starboard Six];
 - **PVR-S4** [=Photovoltaic Radiator Starboard Four];
 - **PMA-3** [=Pressurized Mating Adapter Three];
- laboratorní modul **Destiny**;
- společná přechodová komora **Quest alias JAL** [=Joint Airlock];
- stykový modul a přechodová komora **Pirs alias SO-1** [=Stykovočnyj osek] alias DC-1 [=Docking Compartment];
- příhradová konstrukce **ITS-S0** [=Integrated Truss Structure - Starboard Zero];
- příhradová konstrukce **ITS-S1** [=Integrated Truss Structure - Starboard One], kterou tč. tvoří:
 - vlastní příhradová konstrukce **ITS-S1** [=Integrated Truss Structure - Starboard One];
 - radiátor **ATCSR-S1** [=Active Thermal Control System Radiator - Starboard One];
- příhradová konstrukce **ITS-P1** [=Integrated Truss Structure - Port One], kterou tč. tvoří:
 - vlastní příhradová konstrukce **ITS-P1** [=Integrated Truss Structure - Port One];
 - radiátor **ATCSR-P1** [=Active Thermal Control System Radiator - Port One].
- příhradová konstrukce **ITS-P3** [=Integrated Truss Structure - Port Three]
- otočný spoj **SARJ** [=Solar Alpha Rotary Joint]
- příhradová konstrukce **ITS-P4** [=Integrated Truss Structure - Port Four], kterou tč. tvoří:
 - **ITS-P4 IEA** [=Integrated Truss Structure - Port Six Integrated Electronic Assembly];
 - **ITS-P4 PVAA** [=Integrated Truss Structure - Port Six Photovoltaic Array Assembly];
 - **PVR-P4** [=Photovoltaic Radiator - Port Four];
- příhradová konstrukce **ITS-P5** [=Integrated Truss Structure - Port Five]
- příhradová konstrukce **ITS-S3** [=Integrated Truss Structure - Starboard Three]
- otočný spoj **SARJ** [=Solar Alpha Rotary Joint]
- příhradová konstrukce **ITS-S4** [=Integrated Truss Structure - Starboard Four], kterou tč. tvoří:
 - **ITS-S4 IEA** [=Integrated Truss Structure - Starboard Six Integrated Electronic Assembly];
 - **ITS-S4 PVAA** [=Integrated Truss Structure - Starboard Six Photovoltaic Array Assembly];
 - **PVR-S4** [=Photovoltaic Radiator - Starboard Four];
- příhradová konstrukce **ITS-S5** [=Integrated Truss Structure - Starboard Five]
- propojovací modul **Harmony** (Node-2)
- evropský laboratorní modul **Columbus**
- speciální kanadský manipulátor **SPDM Dextre**
- japonský laboratorní manipulátor
- japonský logistický modul **Kibo ELM-PS**
- japonský laboratorní modul **Kibo PS**

- příhradová konstrukce **ITS-S6** [=Integrated Truss Structure - Starboard Six]
- externí plošina **Kibo JEF** [=Japan Exposed Facility];
- kombinovaný výzkumný modul, stykací místo **Poisk alias MIM-2** [=Malyj ispytatel' - nyj modul'] a přechodová komora
- propojovací modul **Tranquility**
- pozorovací stanoviště **Cupola**
- kombinovaný výzkumný modul, stykací místo **Rassvet alias MIM-1** [=Malyj ispytatel' - nyj modul']

Nové připojené moduly (listopad 2010-listopad 2011):

- skladový modul „Leonardo“ **PMM** [=Permanent Multipurpose Module]
- spektrometr **AMS-02** [=Alpha Magnetic Spectrometer]

Hmotnost (2011-11-05): 395 088 kg



V tak velkém počtu se již kosmonauti na palubě ISS nesejdou.

Logistické operace (listopad 2010 - listopad 2011)

2010-11-26 - Odpojení transportní lodi Sojuz-TMA 19

2010-12-17 - Připojení transportní lodi Sojuz-TMA 20

2011-01-24 - Odpojení nákladní lodi Progress M-08M
 2011-01-27 - Připojení nákladního modulu HTV-2 (Kounotori 2)
 2011-01-30 - Připojení nákladní lodi Progress M-09M
 2011-02-18 - Přemístění nákladního modulu HTV-2 (Kounotori 2)
 2011-02-20 - Odpojení nákladní lodi Progress M-07M
 2011-02-24 - Připojení nákladního modulu ATV-2 „Johannes Kepler“
 2011-02-26 - Připojení raketoplánu Discovery
 2011-03-01 - Připojení nákladního modulu PMM Leonardo
 2011-03-07 - Odpojení raketoplánu Discovery
 2011-03-10 - Přemístění nákladního modulu HTV-2 (Kounotori 2)
 2011-03-16 - Odpojení transportní lodi Sojuz TMA-M
 2011-03-28 - Odpojení nákladního modulu HTV-2 (Kounotori 2)
 2011-04-06 - Připojení transportní lodi Sojuz-TMA 21
 2011-04-22 - Odpojení nákladní lodi Progress M-09M
 2011-04-29 - Připojení nákladní lodi Progress M-10M
 2011-05-18 - Připojení raketoplánu Endeavour
 2011-05-23 - Odpojení transportní lodi Sojuz-TMA 20
 2011-05-30 - Odpojení raketoplánu Endeavour
 2011-06-09 - Připojení transportní lodi Sojuz TMA 02M
 2011-06-20 - Odpojení nákladního modulu ATV-2 „Johannes Kepler“
 2011-06-23 - Připojení nákladní lodi Progress M-11M
 2011-07-10 - Připojení raketoplánu Atlantis
 2011-07-11 - Připojení modulu MPLM Raffaello
 2011-07-18 - Odpojení modulu MPLM Raffaello
 2011-07-19 - Odpojení raketoplánu Atlantis
 2011-08-23 - Odpojení nákladní lodi Progress M-11M
 2011-09-16 - Odpojení transportní lodi Sojuz-TMA 21
 2011-10-29 - Odpojení nákladní lodi Progress M-10M
 2011-11-02 - Připojení nákladní lodi Progress M-13M
 2011-11-16 - Připojení transportní lodi Sojuz-TMA 22
 2011-11-23 - Odpojení transportní lodi Sojuz-TMA 02M

Dlouhodobé expedice (listopad 2010 - listopad 2011)

25/26 - A. J. Kaleri, O. J. Skripočka, S. J. Kelly: 2010-10-10 - 2011-03-16
 26/27 - D. J. Kondratjev, P. A. Nespoli, C. G. Coleman[ová]: 2010-12-17 - 2011-05-23
 27/28 - A. I. Borisenko, A. M. Samokutjajev, J. R. Garan Jr.: 2011-04-06 - 2011-09
 28/29 - S. A. Volkov, S. Furukawa, M. E. Fossum: 2011-06-09 - 2011-11-23
 29/30 - A. N. Škaplerov, A. A. Ivanišin a D. C. Burbank: 2011-11-16 - 2012-03-16

Velitelé ISS (listopad 2010 - listopad 2011)

25 - D. H. Wheelock

28 - A. J. Borisenko

26 - S. J. Kelly

29 - S. J. Kelly

27 - D. J. Kondratjev

30 - D. C. Burbank



Opravdu vědecký přístroj: spektrometr nabitých částic vysokých energií AMS-02 po umístění na vnějším povrchu kosmické stanice ISS.

Expedice raketoplánů na ISS

Let: STS-133 Discovery F-39 (ULF-5)

Vzlet: 2011-02-24 21:53:24 UTC

Posádka: Steven W. Lindsey, Eric A. Boe, Benjamin A. Drew, Stephen G. Bowen, Michael R. Barratt, Nicole P. Stott[ová]

Náklad: skladový modul „Leonardo“ PMM

Přistání: 2011-03-09 16:57:17 UTC, Kennedy Space Center, SLF Rwy 15

Let: STS-134 Endeavour F-25 (ULF-6)

Vzlet: 2011-05-16 12:56:28 UTC

Posádka: Mark E. Kelly, Gregory H. Johnson, E. Michael Fincke, Roberto Vittori (Itálie, ESA), Andrew J. Feustel, Gregory E. Chamitoff

Náklad: externí transportní plošina ELC-3, spektrometr nabitých částic

vysokých energií AMS-02

Přistání: 2011-06-01 06:34:51 UTC, Kennedy Space Center, SLF Rwy 15

Let: STS-135 Atlantis F-33 (ULF-7)

Vzlet: 2011-07-08 15:29:03

Posádka: Christopher J. Ferguson, Douglas G. Hurley, Sandra H. Magnus[ová],
Rex J. Walheim

Náklad: nákladní modul MPLM „Raffaello“

Přistání: 2011-07-21 09:57:00 UTC, Kennedy Space Center, SLF Rwy 15

Program COTS

Let: Dragon COTS Demo 1

Vzlet: 2010-12-08 15:43 UTC, Eastern Test Range SLC-40

Nosič: Falcon 9

Provozovatel: Space Exploration Technologies Corp. (SpaceX)

Přistání: 2010-12-08 19:04 UTC, východní Tichý oceán



Poslední start amerického raketoplánu.

GEOMETRICKÉ TRYSKY (GT) RAKETOVÝCH MOTORŮ (RM) PRO POTŘEBY KOSMONAUTIKY A JEJICH VLIV NA NOSNOU KAPACITU A CELKOVOU HMOTNOST NOSNÝCH RAKET

prof. Ing. Jan Kusák, CSc.

1. ÚVOD

Při startu ze Země (planet) musíme pohonným systémem nosiče zabezpečit na jejím povrchu počáteční zrychlení k překonání gravitačního zrychlení planety a potřebnou rychlost k dosažení požadované letové dráhy.

Z energetické věty obdržíme při startu z povrchu Země celkovou ideální rychlost k dosažení oběžné kruhové dráhy

$$v_{\Sigma ID} = [2g_0 R_Z (1 - R_Z / (R_Z + h_{OD}))]^{0,5}, \quad (1)$$

kde je $g_0 = 9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

$R_Z = 6\,378 \cdot 10^3 \text{ m}$

h_{OD} výška oběžné dráhy nad povrchem Země (km)

Průběh $v_{\Sigma ID}$ je uveden v [7], [12] a [13].

Pohonný systém nosiče musí mít s ohledem na ztráty vyšší zásobu rychlosti, kterou označujeme jako charakteristickou rychlost

$$v_{CHAR} = (1,1 \text{ až } 1,2) v_{\Sigma ID}. \quad (2)$$

Tak např. pro $h_{OD} 1\,000 \text{ km}$ obdržíme $v_{\Sigma ID} 8428 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a v_{CHAR} v rozmezí 9271 až $10114 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ podle velikosti ztrát na rychlosti.

2. PLYNOVÉ TRYSKY RM [1] až [6]

Na Obr. 1 jsou znázorněna schémata RM na tuhou pohonnou hmotu (RM TPH) a kapalnou pohonnou hmotu (RM KPH) s uvedením jednotlivých typů plynových trysek a průběhů termodynamických závislostí.

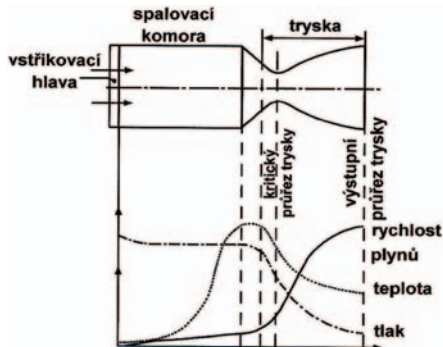
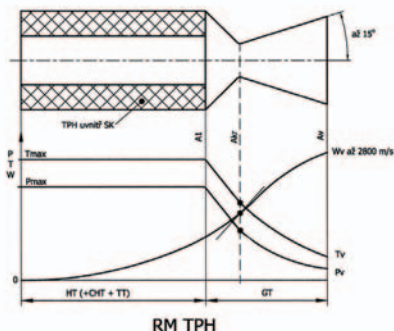
Zkoumáme čtyři základní děje (typy plynových trysek):

- změna průřezu kanálu **A** - **geometrický děj** (geometrická tryska GT);
- změna hmotnosti plynu v proudu **Q_m** - **hmotnostní děj** (hmotnostní tryska HT);
- změna tepelného obsahu v proudu plynu - **tepelný děj** (tepelná tryska TT);
- změna počtu molekul v proudu plynu **N** - **chemický děj** (chemická tryska CHT).

Kvalitativní rozbor výše uvedených dějů provádíme dle následujících vztahů:

- **izolovaný hmotnostní děj** $(1 - M^2)dw/w = dQ_m/Q_m$ (3)

je odvozen úpravou rovnice adiabatické změny stavu plynu, rovnice místní rychlosti zvuku a rovnice změny tepelného obsahu, hmotnostní průtok Q_m je



Obr. 1 Plynové trysky RM

proměnlivý v kanálu konstantního průřezu - v hmotnostní trysce nedosáhneme nadzvukovou rychlost proudu plynu;

- **izolovaný tepelný děj** $(1 - M^2)dw/w = (\kappa r/c^2)dT^*$ (4)

je odvozen úpravou rovnice kontinuity, rovnice stavu, rovnice místní rychlosti zvuku a rovnice změny tepelného obsahu plynu pro kanál konstantního průřezu - v tepelné trysce nedosáhneme nadzvukovou rychlost proudu plynu;

- **izolovaný chemický děj** $(1 - M^2)dw/w = dN/N$ (5)

je odvozen úpravou adiabatické změny stavu plynu, rovnice kontinuity a rovnice energie, předpokládáme chemické reakce bez uvolňování nebo pohlcování tepla, N je počet molekul v proudu plynu - v chemické trysce nedosáhneme nadzvukovou rychlost proudu plynu;

- **izolovaný geometrický děj** $(M^2 - 1)dw/w = dA/A$ (6)

je odvozen úpravou rovnice kontinuity, rovnice adiabatické změny stavu plynu, rovnice místní rychlosti zvuku a rovnice tepelného měrného obsahu plynu - v geometrické trysce dosáhneme nadzvukovou rychlost proudu plynu.

Kombinovaný děj

$(M^2 - 1)dw/w = dA/A - dQ_m/Q_m - (\kappa r/c^2)dT^* - dN/N$ (7)

V předchozích rovnicích dále značí

M - Machovo číslo, $M = w/c$ (-); w - rychlost proudu plynu ($m \cdot s^{-1}$);

c - místní rychlost zvuku $c = (\kappa r T)^{0,5}$ (K); T - teplota proudu plynu (K);
 T^* - teplota zbrzdění (K); κ - adiabatický exponent (.); r - plynová konstanta
(J.(kg.K)⁻¹).

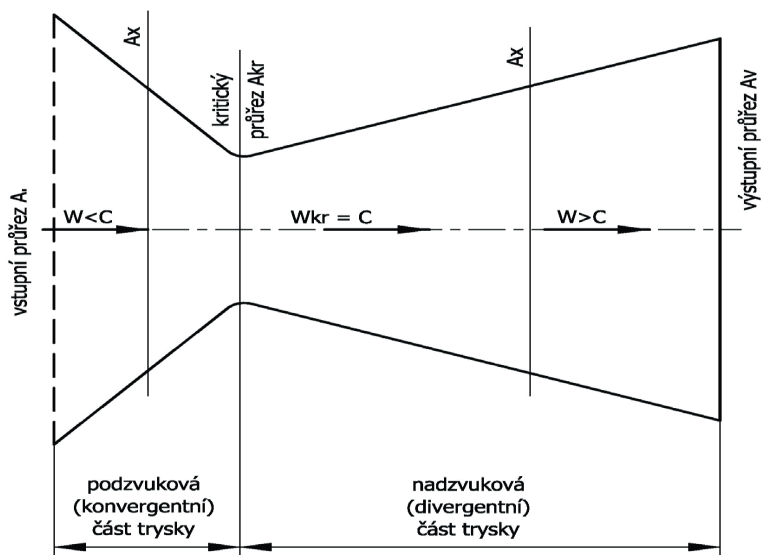
3. PRINCIP FUNKCE GT

Princip funkce GT podle Obr. 2:

- při **podzvukovém proudění** je $w < c$, $M < 1$, pro $dA/A < 0$ z (6) obdržíme $dw/w > 0$, zmenšování průtočného průřezu vede ke zvyšování rychlosti proudu plynu;
- při **nadzvukovém proudění** je $w > c$, $M > 1$, pro $dA/A > 0$ z (6) obdržíme $dw/w > 0$, zvětšování průtočného průřezu vede ke zvyšování rychlosti proudu plynu;
- v kritickém průřezu je $dA/A = 0$, z (6) je $M = 1$.

Ve výstupním průřezu A_v musíme splnit podmínku, že statický tlak proudu plynu p_v je větší nebo nanejvýš roven hodnotě $0,7p_{ATM(y)}$.

A protože celkový tah RM je dán vztahem (8), je průběh tahu závislý na výšce letu. A této vlastnosti lze využít při návrhu GT. **Optimální návrh GT vede k úsporám v celkové hmotnosti nosiče nebo ke zvýšení hmotnosti užitečného zatížení při stejné celkové hmotnosti nosiče.**



Obr. 2 Schéma izolované GT

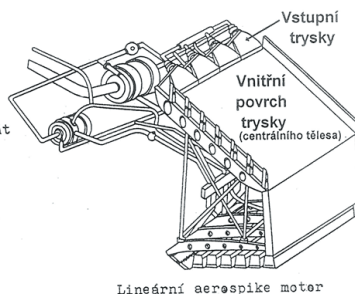
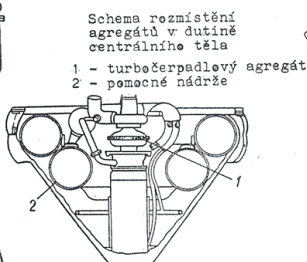
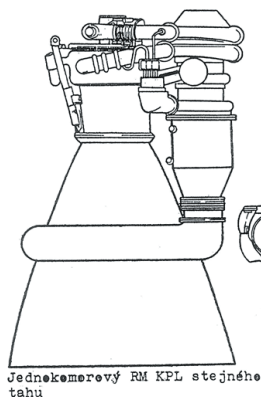
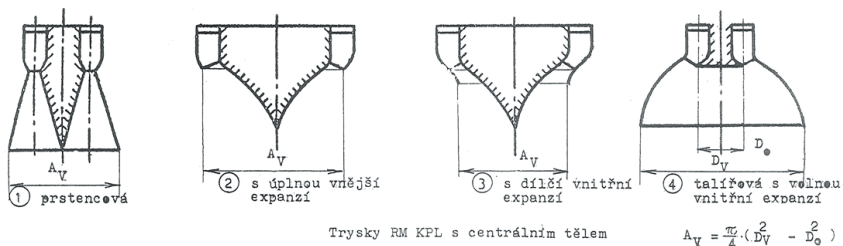
4. KONSTRUKČNÍ USPOŘÁDÁNÍ GT [3], [8], [10]

Rozčlenění velmi široké škály rozmanitých konstrukcí GT uvedené v této části lze brát jako přibližné.

Konstrukční uspořádání: TABULKA

Osově symetrické	kuželové, zvono- vité	jednoduché nebo tandemový násta- vec	
		prstencové	centrální tělo
	s úplnou vnější expanzí	prstencové	centrální tělo
	s dílčí vnitřní expanzí		
	talířové, volná vnitřní expanze		
Lineární	aerospike motor	kombinované	centrální tělo

Vybraná konstrukční uspořádání GT jsou ukázána na Obr. 3.



Obr. 3 Konstrukční uspořádání GT

5. PRŮBĚHY TAHU RM [13], [14]

Tah raketového motoru pro zvolenou pohonnou hmotu (známe poměr měrných tepelných kapacit κ a velikost součinu plynové konstanty a teploty plynu ve vstupním průřezu GT rT_1) lze vyjádřit ve tvaru (pro zjednodušené řešení GT)

$$F_{C(y)} = \gamma(\kappa)\epsilon(\kappa, p_V/p_1)A_{KR} p_1 + A_V(p_V - p_{ATM(y)}) ; \quad (8)$$

objasníme vliv tlakového spádu v GT na hmotnost pohonné hmoty (nosiče) s pomocí následujícího příkladu:

pro $\kappa = 1,16$ obdržíme z tabulek funkcí GT $\gamma = 2,4395$,

pro tlakový spád

1/140 a $\kappa = 1,16$ obdržíme z tabulek funkcí GT $\epsilon = 0,70299$ a pro poměr $A_V/A_{KR} = \beta$ hodnotu 16,947;

1/300 a $\kappa = 1,16$ obdržíme z tabulek funkcí GT $\epsilon = 0,73802$ a pro poměr $A_V/A_{KR} = \beta$ hodnotu 31,140.

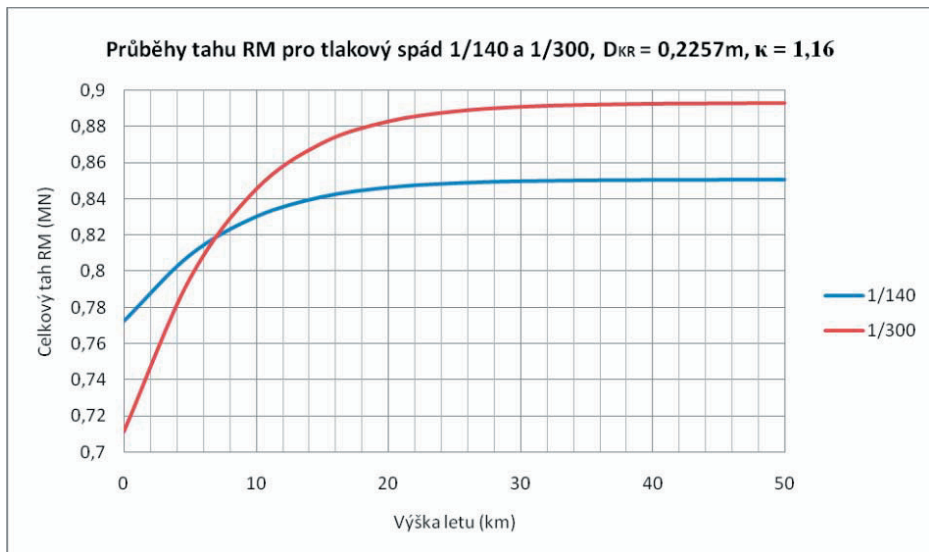
Pro tlakový spád 1/140 potom obdržíme

$$F_{C(y)} = 8,5087 \cdot 10^5 - 0,78540 p_{ATM(y)} \cdot 10^5$$

a pro tlakový spád 1/300

$$F_{C(y)} = 8,8248 \cdot 10^5 - 1,44315 p_{ATM(y)} \cdot 10^5$$

V předchozích vztazích jsme neuvažovali ztráty tahu v důsledku úhlu rozevření trysky ve výstupním průřezu.



Obr. 4 Průběhy tahu RM v závislosti na tlakovém spádu pro tlak ve spalovací komoře (vstupním průřezu GT) $p_1 = 10 \text{ MPa}$

Průběhy tahu jsou pro oba tlakové spády uvedeny na Obr. 4. Průsečík obou závislostí tahu je přibližně ve výšce 7 km, výpočtový tlak okolní atmosféry je $0,407 \cdot 10^5$ Pa. Pro posouzení tohoto případu je významné, že velikost tahu RM pro výšky nad 7 km bude při uplatnění vyššího tlakového spádu než 1/140 vyšší. To je i východisko pro uplatnění teleskopických nástavců, pomocí kterých dosáhneme vyšší velikosti tlakového spádu.

Mezi 20. a 50. km získáme přibližně rozdíl v tahu 0,04 MN, v tomto rozmezí každou sekundu ušetříme $0,04 \cdot 10^6 / w_{EF}$ - pro w_{EF} cca $3000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ je to přibližně $13,3 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$. Celková úspora pohonných hmot je odvislá od celkové doby funkce po přesunutí tryskového nástavce (pro dobu 40 s obdržíme úsporu na hmotnosti větší jak 500 kg). To nám umožňuje navýšit hmotnost užitečného zatížení nebo snížit hmotnost nosiče (do našeho výpočtu musíme ale zapracovat hmotnost mechanismu pro přesun nástavce a hmotnost nástavce). Princip tryskového nástavce byl v minulosti uplatněn například u jedné modifikace amerického nosiče DELTA.

6. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Svoboda, O., Kusák, J. *Tabulky pro zjednodušené řešení geometrické trysky*. VAAZ, Brno 1965
- [2] Kolektiv autorů. *Raketová technika. Základy teorie a konstrukce raket, 1. díl*. Skripta S-2553-I. VAAZ, Brno 1968
- [3] Dobrovolskij, M. V. *Židkostnyje raketnyje dvigatěli. Osnovy projektirovaniya*. Izdatel'stvo Mašinostrojenie. Moskva 1968, str. 23
- [4] Kolektiv autorů. *Raketová technika. Základy teorie a konstrukce raket, 2. díl*. Skripta S-2553-II. VAAZ, Brno 1969
- [5] Sedlák, V., Ludvík, F., Kusák, J. *Rakety*. Skripta S-2121. VAAZ, Brno 1977
- [6] Kusák, J. *Základy raketové techniky. Sylaby přednášek*. HVM 1976, 81 stran. Kapitola III. Termodynamika raketových motorů, str. 18 až 24
- [7] Růžička, B., Popelínský, L. *Rakety a kosmodromy*. NV 1986, str. 11 a 12
- [8] Kusák, J. *Kosmické rakety dneška*. HVM 1998. ISBN 80-902445-3-X, str. 71 a 72
- [9] Kusák, J. *Vnitřní balistika raketových motorů na tuhou pohonnou hmotu*. Učební texty. VŠ ChT v Pardubicích. Pardubice 1990
- [10] L'Áerospike du X-33. *Air Cosmos/Aviation International* No 1574/75. Vendredi 12 Juillet 1996, str. 47
- [11] Kusák, J. *Pohonné jednotky s raketovými motory na TPH a jejich uplatnění v nosných raketách*. Sylaby přednášek. Kosmonautika 2002. HVM, str. 13 až 22
- [12] Kusák, J. *Kosmické rakety - nezbytný předpoklad pro kosmický výzkum*. Sylaby přednášek ze semináře 50 LET VÝZKUMU VESMÍRU k 50. Výročí otevření Hvězdárny Valašské Meziříčí pro veřejnost. HVM 23. až 25. září 2005, str. 23 až 34
- [13] Kusák, J. *Určení hmotnosti a rozměrů nosné rakety z dílčích údajů o oběžné dráze a hmotnosti užitečného zatížení*. HVM 23. až 25. listopadu 2007, str. 23 až 34
- [14] Kusák, J. *Nepublikované rukopisy (výpočty) 2010-2011*.

VLADIMÍR REMEK

František Martinek

V dosavadní historii kosmonautiky se do vesmíru zatím podíval jediný český kosmonaut - **Vladimír Remek**. Od 12. dubna 1961, kdy do vesmíru odstartoval jako první člověk Jurij Alexejevič Gagarin, má tento kosmonaut již více než 520 následovníků. Vedle sovětských (nyní ruských) kosmonautů a amerických astronautů odstartoval do vesmíru **2. března 1978** Vladimír Remek, zástupce bývalého Československa - třetího státu světa, jehož občan pozoroval Zemi z kosmického prostoru. Kosmická loď **Sojuz 28**, na jejíž palubě se nacházel společně s Alexejem Gubarevem, se po dvou dnech letu připojila k orbitální stanici **SALJUT 6**, kde v té době pobývali dva sovětské kosmonauti. Vladimír Remek se stal 87. pozemšťanem v kosmickém prostoru. Jeho let trval 7 dnů 2 hodiny a 18 minut. Náhradníkem



Oldřich Pelčák, náhradník Vladimíra Remka.

Vladimíra Remka, vycvičeným a připraveným k letu, byl Oldřich Pelčák.

A kdy poletí do kosmu další Čech? Česká republika se stala členem **Evropské kosmické agentury ESA** 12. 11. 2008. A tady se otevírá velká příležitost. ESA má vlastní tým kosmonautů složený z občanů členských zemí, kteří létají do vesmíru na palubách ruských lodí Sojuz či dříve na palubě amerického raketoplánu. Čas od času oddíl prochází obměnou. Poslední nábor kosmonautů ESA se konal v roce 2008 ještě bez naší účasti. Do příštího konkurzu se již budou moci přihlásit i občané z České republiky.

IVAN BELLA

František Martinek

První (a doposud jediný) slovenský kosmonaut **Ivan Bella** se narodil 21. 5. 1964 v Dolnej Lehote při Brezne jako občan bývalého Československa. V roce 1983 se stal pilotem. Dne 23. 3. 1998 odešel do Hvězdného Městečka u Moskvy, kde se začal připravovat na kosmický



let. V srpnu 1998 byl zařazen do hlavní rusko-francouzsko-slovenské posádky 27. expedice na kosmickou stanici MIR. Kosmická loď Sojuz TM-29 s tříčlennou posádkou odstartovala 20. 2. 1999. Kromě Ivana Belly byli na palubě ruský velitel Viktor M. Afanasjev a francouzský kosmonaut Jean-Pierre Haigneré. Slovenský kosmonaut se vrátil na Zemi 28. 2. 1999 na palubě kosmické lodi Sojuz TM-28 společně s ruským kosmonautem Gennadijem Padalkou.



Ivan Bella realizoval v průběhu letu 6 vědeckých experimentů. Čtyři byly z oblasti medicíny, jeden z oblasti biologie a jeden z fyziky. Vědecký program nesl název Štefánik. Celkové náklady na realizaci letu dosáhly hodnoty 15,6 miliónu slovenských korun, které byly uvolněny v rámci deblokace ruského dluhu.

Náhradníkem slovenského kosmonauta byl Michal Fulier (vlevo).

NEŽ POPRVÉ Odstartoval Raketooplán

Ing. Tomáš Přibyl

Přednáška zmapuje události předcházející 12. dubnu 1981. Zaměří se na historii vývoje raketoplánu i jeho předchůdců a podívá se také na politické i technické výzvy, jímž program čelil.

Trochu drahý vesmír

Na přelomu šedesátých a sedmdesátých let minulého století vyprchala euforie z letu lidí na Měsíc, a tak se začal kdekdo ptát po ekonomice a efektivitě dobývání vesmíru. Cesta na Měsíc byla plodem studené války



a vznikla zpotřeby „porazit“ Sovětský svaz v nevyhlášených kosmických závodech. Na nějaký ten dolar se tedy nehledělo, a tak šlo na kosmonautiku až 5,5 % amerického HDP (1966). Pro srovnání: v rozpočtovém roce 2010 to bylo 0,52 procenta!

Na Měsíc byla plodem studené války a vznikla zpotřeby „porazit“ Sovětský svaz v nevyhlášených kosmických závodech. Na nějaký ten dolar se tedy nehledělo, a tak šlo na kosmonautiku až 5,5 % amerického HDP (1966). Pro srovnání: v rozpočtovém roce 2010 to bylo 0,52 procenta!

Jenomže toto výsadní postavení kosmonautiky ve stylu „neptej se a plat“ nemohlo trvat věčně. A tak bylo zapotřebí začít hledat způsoby, jak cesty do vesmíru zlevnit. Za největší

problém přitom byla považována cena dopravy nákladů na oběžnou dráhu. Je to logické, protože tehdy byla symbolem kosmonautiky superraketa **Saturn-5**. Extrémně silný, ale extrémně nákladný nosič. Jeho jeden start - v přepočtu na dnešní relace - vycházel na zhruba 2,5 mld. dolarů. Což je sedmina stávajícího rozpočtu NASA.

Saturn-5 je ovšem případem nebývale drahé rakety. Dnes platí, že cena dopravy nákladu do vesmíru (tedy nosné rakety) představuje zpravidla jen deset až dvacet procent celkové ceny mise a že ji tedy nějakým zásadním způsobem neovlivňuje. Jenomže v éře Saturnu-5 byly nosné rakety brány za „žábu na prameni“, a tak vzniklo přesvědčení, které ovlivnilo kosmonautiku na desítky let dopředu. Přesvědčení, že je nutné snížit cenu za vynášení nákladů do vesmíru.

Sen o kosmickém letounu

Tak začal vznikat **program kosmických raketoplánů**, který vyšel z předpokladu, že do vesmíru je možné létat stejně jako s dopravními letadly. Tedy že kosmické letouny projdou po přistání jen základní technickou prohlídkou, budou jen natankovány a mohou se na oběžnou dráhu obratem vrátit. Tím mělo být dosaženo velké frekvence startů (počítalo se s šedesáti ročně) - a tím i nízké jednotkové ceny za start.



I takto mohl vypadat kosmický raketoplán.

Jenomže raketoplán byl nakonec „dítětem kompromisu“. Původní předpoklady vycházely z toho, že bude dvoustupňový, že oba stupně budou plně vícenásobně použitelné a že bude startovat i přistávat jako běžné letadlo. Tedy horizontálně a v podstatě na jakémkoliv jen trochu lépe vybaveném letišti. Cena vývoje této koncepce se počátkem sedmdesátých let odhadovala na dvacet miliard dolarů.

To ale bylo více, než si americká kosmonautika mohla dovolit. A tak bylo zapotřebí najít jinou koncepci, která bude levnější. Kompromisní řešení se nakonec našlo (startovat se bude jako raketa, přistávat jako letadlo - ne celý systém bude vícenásobně použitelný, když hlavní palivová nádrž při každém startu shoří v atmosféře). Odhadovalo se, že bude stát přece jen přijatelnějších pět miliard dolarů (nakonec se vývoj raketoplánů prodražil na téměř dvojnásobek, do premiérového startu stál 9,9 mld. dolarů).

Pět miliard bylo přijatelnějších, ale stále ještě nikoliv přijatelných. Do hry ale vstoupil nesmírně silný partner, který byl možnostmi kosmických raketoplánů vpravdě nadšený. Právě výše zmíněný Pentagon, a to v podobě amerického

letectva. To projekt podpořilo a převzalo významnou část vývojových nákladů, ale samozřejmě za podmínky, že jeho podobu bude moci ovlivňovat.

Pod taktovkou armády

NASA spočítala, že pro své kosmické mise bude potřebovat raketoplán s prostorem pro náklad o délce 12 metrů a průměru 3 m. Nosnost stroje neměla přesáhnout deset tun s tím, že při stratu by vážil jen 40 až 50 tun. Naproti tomu armáda požadovala nákladový prostor dlouhý 18 metrů a o průměru 4,5 m, nosnost pak až třicet tun nákladu. Raketoplán tak při startu „nabobtnal“ na více než sto tun. Hovoříme pouze o vlastním kosmickém letounu, nikoliv o prvním stupni, nádrži či palivu - v prvním případě měla být hmotnost na startu pod tisíc tun, ve druhém překračuje dva tisíce tun.



Několik různých koncepcí raketoplánu: dvojici strojů vlevo prosazovala NASA, zvítězil požadavek armády (vpravo).

Zvláštní přitom je, že dodnes nikdo neví, odkud požadavek amerického letectva na výše uvedenou nosnou kapacitu vznikl. Žádný do té doby realizovaný nebo probíhající či budoucí projekt ji totiž nevyžadoval v takovém rozsahu. Jinými slovy by se dalo říci, že požadavky NASA měly stoprocentně vyhovovat potřebám armády. „Někdo někdy někde“ (historikové dodnes neví, kdo, kdy a kde) ale rozhodl jinak a požadoval stroj s výrazně větší kapacitou.

Větší stroj je samozřejmě náročnější na údržbu, a také výrazně dražší



Jednu z největších technických výzev u raketoplánu představovala vícenásobně použitelná tepelná ochrana.

(v přepočtu na dnešní ceny). Jedna mise tak vychází na jen o trochu méně, než 1,5 miliardy dolarů - srovnejte si se superdrahou raketou Saturn-5, o které se svého času kvůli extrémní ceně říkalo, že je „pozlacená“.

na provoz apod. Odhaduje se, že ve srovnání s původním požadavkem NASA jde o cca čtyřnásobný růst provozních nákladů.

Kostky ale byly vrženy a raketoplán se začal vyvíjet dle požadavků amerického letectva.

Šetřit je nutné, ať to stojí, co to stojí

Podle výpočtu Univerzity v Coloradu dosud **vývoj a provoz kosmických raketoplánů „spolykal“ 192 miliard dolarů**

Poznámky

Hvězdárna Valašské Meziříčí, příspěvková organizace Zlínského kraje

Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí

Telefon: 00 420 571 611 928 Fax: 00 420 517 611 528

E-mail: info@astrovm.cz

Internet: <http://www.astrovm.cz>

www.oblohanadlani.eu

K tisku připravil František Martinek (fmartinek@astrovm.cz)

Sazba a grafika Naděžda Lenžová

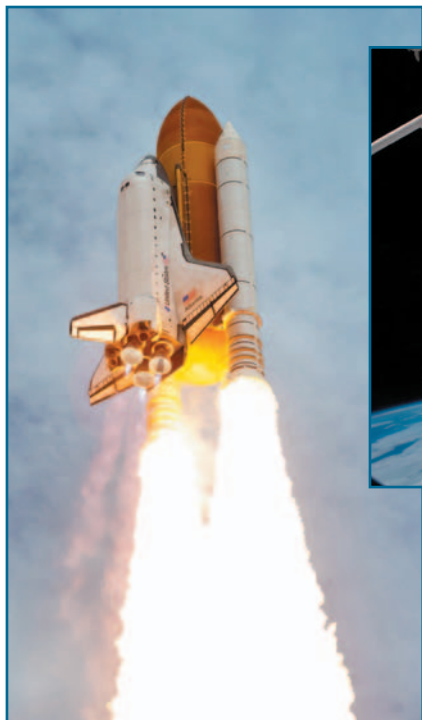
Tisk Společnost NWT

© 2011 Hvězdárna Valašské Meziříčí

Vydáno v rámci projektu Obloha na dlani podpořeného OP Přeshraniční spolupráce SR-ČR 2007-2013. Tato akce je realizována s finanční výpomocí Zlínského kraje.



Poslední let raketoplánu STS-135





Posádka orbitální stanice Saljut 6 včetně československého kosmonauta Vladimíra Remka (první zleva).

Raketoplán Atlantis na vypouštěcí rampě před posledním letem raketoplánů STS-135.

