

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

PŘEHLED LETECKO-KOSMICKÝCH DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ

SUMMARY OF AEROSPACE TRANSPORT VEHICLES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ROSTISLAV KOŠTIAL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. VLADIMÍR DANĚK, CSc.

BRNO 2008

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Autor: Rostislav Košťal

Název závěrečné práce: Přehled letecko-kosmických dopravních prostředků

Název závěrečné práce ENG: Summary of Aerospace Transport Vehicles

Anotace závěrečné práce: Bakalářská práce popisuje důvody vzniku raketoplánů, jejich vývoj do dnešní doby a předpokládaný vývoj v budoucnu. Dále se práce zabývá konstrukcí, důležitými lety a nehodami raketoplánů.

Anotace závěrečné práce ENG: This Bachelor's thesis describes reasons of constructing space shuttles, their development till nowadays and anticipated development in the future. Below this thesis is dealing with construction, important flights and accidents of space shuttles.

Klíčová slova: Raketoplán, Columbia, Challenger, Discovery, Endeavour, Atlantis, Buran, ISS, SpaceShipOne.

Klíčová slova ENG: Space Shuttle, Columbia, Challenger, Discovery, Endeavour, Atlantis, Buran, ISS, SpaceShipOne.

Typ závěrečné práce: bakalářská práce

Datový formát elektronické verze: pdf

Jazyk závěrečné práce: čeština

Přidělovaný titul: Bc.

Vedoucí závěrečné práce: doc. Ing. Vladimír Daněk, CSc.

Škola: Vysoké učení technické v Brně

Fakulta: Fakulta strojního inženýrství

Ústav / ateliér: Letecký ústav

Studijní program: Strojírenství

Studijní obor: Strojní inženýrství

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE MÉ PRÁCE

KOŠTIAL, R. *Přehled letecko-kosmických dopravních prostředků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 27 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Vladimír Daněk, CSc.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a podle pokynů vedoucího práce.

.....
podpis

Poděkování

Předně bych chtěl poděkovat mé rodině za dlouhodobou podporu. Také děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vladimíru Daňkovi, CSc. za pomoc při vypracování bakalářské práce a Mgr. Jindřišce Kudrnové za jazykovou úpravu práce.

Obsah

1. Úvod	1
2. Rozdělení kosmických dopravních prostředků	1
3. Zdůvodnění zavedení vícenásobně použitelných letecko-kosmických dopravních prostředků	1
4. Historie projektu	2
5. Konstrukční popis raketoplánu (Space Shuttle)	2
5.1 Družicový stupeň (Orbiter).....	4
5.2 Pomocné startovací stupně SRB (Solid Rocket Boosters).....	9
5.3 Palivová nádrž Space Shuttle External Tank (ET).....	10
6. Důležité lety	11
6.1 První let.....	12
6.2 Let STS 9.....	13
7. Sovětské raketoplány - Buran	15
7.1 Buran	15
7.2 Eněrgija	17
7.3 První (poslední) let do vesmíru	17
7.4 Hlavní rozdíly mezi raketoplány Space Shuttle a Buran	18
8. Nehody raketoplánů.....	18
8.1 Nehoda - Challenger	19
8.2 Nehoda – Columbia	21
9. Budoucnost kosmických dopravních prostředků	22
9.1 SpaceShipOne.....	23
10. Slovník pojmů.....	25
11. Závěr	27
12. Seznam použitých citací.....	27
13. Seznam použitých zdrojů	27

1. Úvod

Raketoplán je prostředek k dopravě lidí a materiálu na oběžnou dráhu kolem země, který se vyznačuje tím, že přistává jako letadlo a je možné ho opětovně použít.

V dnešní době se používá jediný raketoplán a to Space Shuttle. Tento raketoplán je zároveň prvním vyvinutým raketoplánem a ve službách americké NASA je již více jak 25 let.

2. Rozdělení kosmických dopravních prostředků

Kosmické dopravní prostředky dělíme na dvě základní skupiny:

A) kosmické dopravní prostředky pro jedno použití

Zástupcem těchto dopravních prostředků jsou nosné rakety, které jsou ve většině případů vícestupňové. Převážná většina raket shoří v atmosféře a je nutno je znovu vyrobit.

B) vícenásobně použitelné letecko-kosmické dopravní prostředky

Zástupcem vícenásobně použitelných letecko-kosmických dopravních prostředků je raketoplán (ang. Space Shuttle), který se po misi ve vesmíru vrací zpět na Zemi a je ho možno opětovně použít.

3. Zdůvodnění zavedení vícenásobně použitelných letecko-kosmických dopravních prostředků

Zavedení a rozvoj vícenásobně použitelných letecko-kosmických dopravních prostředků (dále jen raketoplány) byl dán několika faktory:

A) ekonomické:

Nosné rakety jsou konstruovány tak, že jejich převážná část shoří v atmosféře a je nutno pro další start vyrobit novou, což je velice nákladné. Z toho důvodu vyvstal požadavek na dopravní prostředek, který by svou konstrukcí a charakterem odolal extrémním podmínkám při vstupu do atmosféry a vrátil se na zem, kde bude opět připraven na další start.

B.) politické

V době zahájení projektu STS (Space Transportation System) vrcholil mezi USA a Ruskem závod o dobývání vesmíru a po přistání Američanů na Měsíci měla následovat stavba měsíční základny a další expanze do vesmíru, k tomu byl nutný dopravní prostředek, který by byl schopen rychle, pravidelně a levně dopravovat materiál a personál na oběžnou dráhu a zpět.

4. Historie projektu

5. ledna 1972 prezident Richard Nixon oznámil, že NASA byla pověřena vyvinout vícenásobně použitelný prostředek pro lety na oběžnou dráhu a zpět. Tento dopravní prostředek byl součástí projektu označovaným jako STS. Kromě samotných raketoplánů obsahoval projekt STS i plány na vývoj navazujícího systému meziorbitálních tahačů a případně i prostředku pro kyvadlovou dopravu na Měsíc. Ty ale nebyly nikdy realizovány.

Oproti původním návrhům NASA, které předpokládaly plně vícenásobně použitelný systém, byly učiněny značné kompromisy a projekt se v úvodní fázi vývoje několikrát změnil a konečná realizace se dostala do skluzu zejména pro rozpočtové problémy.

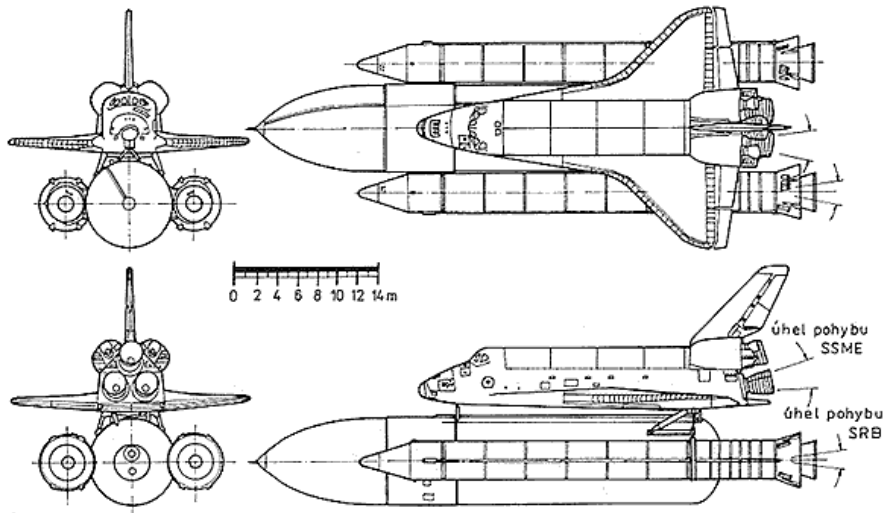
První exemplář schopný letu byl raketoplán Enterprise, který však nebyl uzpůsoben pro lety do vesmíru, ale jen na letové zkoušky v zemské atmosféře. První exemplář schopný letu do vesmíru byl raketoplán Columbia (OV-102), který byl předán 8. března 1979, jeho první let do vesmíru proběhl ve dnech 12. až 14. dubna 1981. Byl zničen při nehodě 1. února 2003 v důsledku poškození, které utrpěl při startu. Druhý raketoplán byl Challenger (OV-099), který byl předělán z exempláře původně určeného k zatěžkávacím zkouškám. Byl předán NASA 30. června 1982, avšak při havárii během startu 28. ledna 1986 byl zničen. Třetí raketoplán Discovery (OV-103) byl předán 16. října 1983 a čtvrtý Atlantis (OV-104) byl dokončen 6. dubna 1985. Posledním postaveným raketoplánem je Endeavour (OV-105), který byl postaven jako náhrada za zničený Challenger. Ve službě je od 25. dubna 1991. Postavení náhradního raketoplánu za zničenou Columbiu nebylo schváleno.

Dle vládního rozhodnutí USA mají být raketoplány ve službě do roku 2010, kdy bude dokončena mezinárodní vesmírná stanice ISS. A nahrazeny by měly být do roku 2012 systémem ORION, který bude pro start využívat nosné rakety ARES.

5. Konstrukční popis raketoplánu (Space Shuttle)

Raketoplán je před startem složen ze tří základních částí: (obr. 1-2)

Kosmický raketoplán Space Shuttle

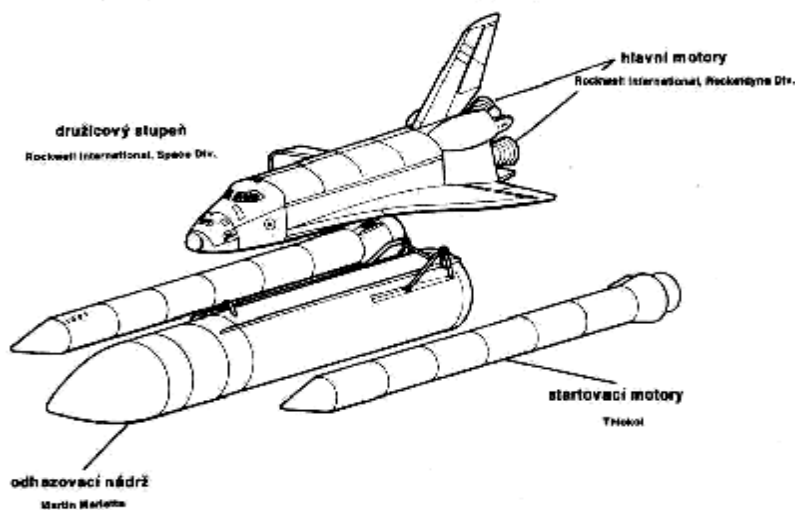


obr.1 Schéma sestaveného raketoplánu

- dva pomocné startovací stupně SRB (Solid Rocket Boosters)
- odhazovací nádrž ET (External Tank)
- družicový stupeň (Orbiter), vybavený hlavními motory SSME (Space Shuttle Main Engines)

Celková délka raketoplánů po sestavení je 56,14 m. Vzletová hmotnost se liší podle typu mise, nákladu neseného na oběžnou dráhu a podle jednotlivých exemplářů a pohybuje se do 2041 tun. Přistávací hmotnost se také pohybuje vzhledem k misi a nákladu neseného zpět na Zemi většinou okolo 90 až 115 tun.

Hlavní prvky kompletní sestavy kosmického raketoplánu a jejich výrobci



obr 2. Hlavní prvky sestavy raketoplánu

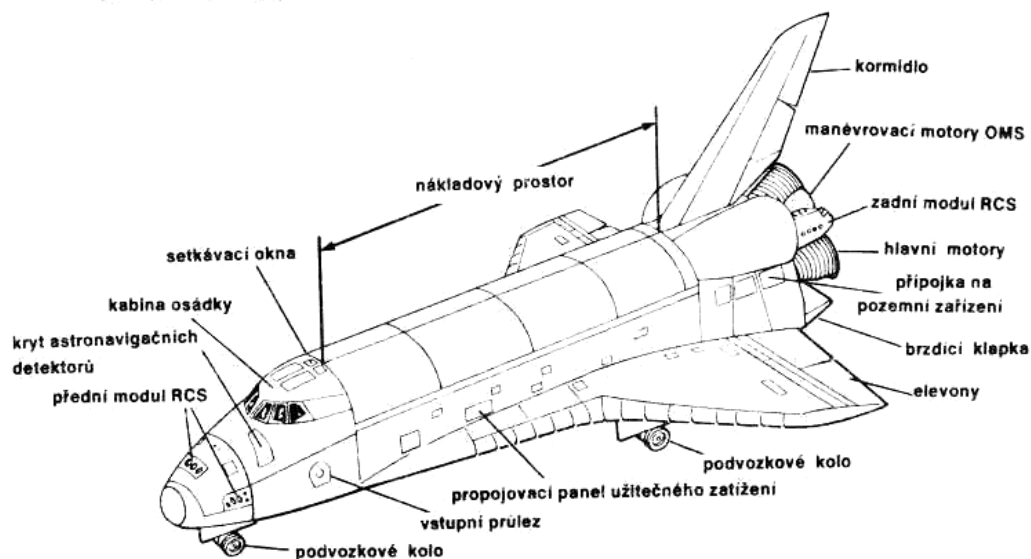
Hlavní [1] technická data kosmického dopravního systému STS.

Vývoj			1972–1981
Použití	kvalifikační lety		1981–1982
	operační lety		1982–
Max. celková hmotnost		t	2041
Rozměry sestaveného prostředku	délka	m	56.144
	výška	m	23.348
	rozpětí	m	23.793
Posádka-počet osob (max.)			3 až 7 (10)
Největší přepravovaný náklad	do kosmu	t	29.5
	při návratu	t	14.5
Maximální rozměry nákladu		m průměr	4.5x18.3
Tah rak. Motorů při startu		MN	30.810
Vytrvalost na oběžné dráze		dny	30

5.1 Družicový stupeň (Orbiter)

Orbiter je nejsložitější a nejdůležitější část raketoplánu (obr 3.). Pojme 7 astronautů (v případě nouze 10). Orbiter je jednoplošník se samonosným dvojitým delta křídlem. Start probíhá jako u klasických nosných raket, ale na Zemi se vrací řízeným klouzavým letem. Pojme 7 astronautů (v případě nouze 10).

Družicový stupeň raketoplánu



obr. 3 Schéma orbiteru

Rozměry orbiteru jsou:

délka 37,24m

výška 17,25m

rozpětí křídel 23,79m

Prázdná hmotnost se mění podle exempláře (Columbia byla nejtěžší) a pohybuje se okolo 90t. Orbiter je tvořen hliníkovou konstrukcí, pro nejvíc namáhané části je použita konstrukce ocelová a titanová.

Trup se skládá ze tří základních částí

- dvoupodlažní kabina pro posádku
- trup s nákladovým prostorem
- motorový prostor s motory SSME.

Přední část orbiteru (kabina pro posádku)

Přední část orbiteru je dlouhá 8,74m. Zde se nachází kabina pro posádku, stabilizační a manévrovací motory RCS a přední podvozková šachta.

Kabina pro posádku je rozdělena na tři paluby. V horní palubě (pilotní) jsou soustředěny všechny řídicí prvky, najdeme zde také sedadla pilota a velitele letu. Z této paluby je řízen celý raketoplán a jeho systémy. Za sedadlem velitele je v podlaze průchod na střední (obytnou) palubu.

V obytné palubě najdeme 4 kóje pro odpočinek astronautů, sanitární zařízení, kuchyňku, záchod, umyvadlo atd. Dále tu jsou skříňky na uložení potravin, osobních věcí astronautů, manuálů, vědeckého vybavení apod. Za příčkou v přední části obytné paluby se nachází většina elektronických systémů a také pět palubních počítačů (IBM AP-101S s výkonem přes 1 milion operací za sekundu), kdy jsou v kritických fázích letu (start, přistání) zapojeny 4 počítače a pátý slouží jako záložní.

Pod podlahou obytné paluby je paluba technická, kde jsou umístěny přístroje pro podporu života na palubě, odborně nazývané ECLSS (Environmental Control and Life Support System). Do této paluby mají astronauti přístup jen po odmontování podlahových panelů na obytné palubě.

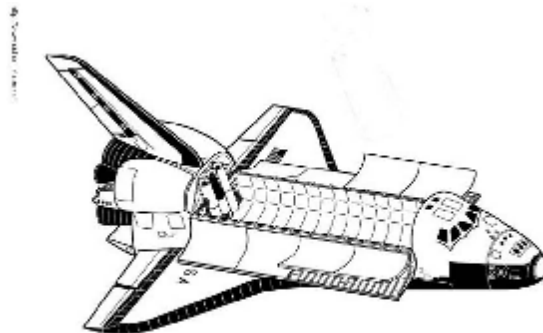
Navigační systém se skládá hlavně z tří inerciálních plošin IMU (Inertial Measurement Units), které posílají do počítače informace o orientaci družicového stupně v prostoru a o

negravitačních zrychlení (např. způsobených prací motorů), negravitační zrychlení měří i souprava čtyř lineárních akcelerometrů. Při setkávacích manévrech se používá pro stanovení vzdálenosti a relativní rychlosti orbiteru palubní radiolokátor. Při navigaci při přistání se používá systém TACAN (Tactical Air Navigation). A nyní se zkušebně začíná používat systém GPS.

Většina komunikace se střediskem je prováděna pomocí systému družic TDRSS (Tracking and Data Relay Satellite System), které obíhají Zemi po geostacionární dráze. Při komunikaci s ISS a s astronauty pracujícími v kosmu se používá vysílání v pásmu UKV (243 až 300Mhz)

Trup s nákladovým prostorem

Střední část orbiteru o rozměrech $18,3 \times 5,2 \times 4,0\text{m}$ je tvořen 12 přepážkami horizontálních i vertikálních dílů. Kolem křídel jsou přidány výztuže ve tvaru T pro zvýšení pevnosti konstrukce. V trupu je schován nákladový prostor který je uzavíratelný dvoukřídlými dveřmi, které jsou vybaveny radiátory klimatizačního systému(obr. 4).



obr. 4 Schéma orbiteru s otevřenými nákladovými dveřmi

Dveře jsou z materiálu na bázi uhlíku a epoxidu s nomexovým jádrem. V trupu se dále nachází manipulační rameno RMS (Remote Manipulator System) a 3 palivové baterie, každá s výkonem 7kW (ve špičce 12kW).

Náklad většinou představují zásoby a moduly pro vesmírnou stanici ISS, sondy nebo je v nákladovém prostoru umístěna laboratoř (Spacehab, nebo starší Spacelab). V podpalubí této části orbiteru jsou po stranách umístěny baterie PRSD (Power Reactant Storage and Distribution), které vyrábějí elektrickou energii z kyslíku a vodíku (odpadem je voda). Tyto baterie rozvádějí po orbiteru el. energii o napětí 28V.

Zadní část orbiteru

V zadní části orbiteru s rozměry 5,48 x 6,7 x 6,09m je prostor pro motory a tři čerpadla hydraulického systému APU (Auxiliary Power Unit) s celkovým výkonem 100kW pro ovládání motorů a aerodynamických řídicích ploch.

Hlavní motory orbiteru SSME (Space Shuttle Main Engines)

Orbiter obsahuje tři kyslíkovodíkové motory SSME, které jsou uloženy v zadní části orbiteru (obr. 5,6). Motory jsou uloženy výkyvně a jejich vychylováním se určuje směr letu při startu na oběžnou dráhu. Motory jsou používány jen pro start. Obvykle pracují 520s nepřetržitě a poté co dojde palivo, se vypnou. Celková životnost motorů je 28600s činnosti do generální prohlídky. Po přistání se motory demontují a posílají na kontrolu. Nominální tah motoru ve vakuu je 3x2,1MN.

Motory pracují s extrémními teplotami, kdy je kapalný vodík skladován při teplotě $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ a ve spalovací komoře dosahuje jeho teplota až $3300\text{ }^{\circ}\text{C}$, proto je část kapalného vodíku vedena po stěnách trysky, čímž je zajištěno regenerativní chlazení trysky (teplota na povrchu stěny trysky nepřekračuje $567\text{ }^{\circ}\text{C}$).



obr. 5

Testování jednoho z motorů SSME



obr.6

Motory zakomponované do orbiteru

Manévrovací motory

Raketoplány obsahují dva typy manévrovacích motorů.

OMS (Orbital Maneuvring System), Obsahující motory OME (Orbital Maneuvring Engine) s tahem 26,7 kN, který jsou umístěny v motorové části orbiteru. Tyto motory jsou výklopné a používají se pro konečné navedení na oběžnou dráhu nebo na navedení na přistávací manévr.

RCS (Reaction Control System) má tah 3,87 kN. Je to 12 řídicích motorů v motorové sekci a 14 motorů v přední části orbiteru v bloku FRCS (Front Reaction Control System), kde jsou ještě navíc dva motory s tahem 111 N.

Celkový počet raketových motorů v raketoplánu je 49.

Aerodynamické ovládání

Aerodynamické prvky jsou používány jen při letu v atmosféře a to při rychlostech až 10Mach.

Aerodynamické kormidlo (směrovka) je umístěno nad motorovou sekci v zadní části orbiteru, je dvojitě a pokud se obě části natáčejí do jednoho směru, slouží jako kormidlo, pokud se natočí každá část do jiného směru (od sebe), tak slouží jako aerodynamická brzda.

Dvojice křídel se skládá z podélných a příčných žeber a nosníků. Křídla obsahují šachty pro podvozek a výklopné elevony. Elevony jsou výklopné o 40° nahoru a 25° směrem dolů a skládají se ze tří částí, kde každá část je uchycena na třech místech.

Podvozek

Podvozek je tříbodový, kde přední podvozek je v šachtě ve přední části orbiteru krytý dvojkřídlými dveřmi. Zadní podvozek je schován v křídlech pod jednoduchými dveřmi.

Přední podvozek je ovladatelný, nese dvě kola o průměru 80 cm. Zadní podvozek je pevný a nese po dvou pneumatikách o průměru 110 cm. Po vyklopení podvozku (obr 7.) není možné ho opět automaticky zasunout. Jeho zatažení se provádí manuálně až v montážním hangáru.



obr. 7 Přistávající raketoplán

5.2 Pomocné startovací stupně SRB (Solid Rocket Boosters)

SRB je pomocný raketový stupeň na tuhé pohonné látky, které jsou připevněny po stranách palivové nádrže ET a raketoplánu Space Shuttle. Rakety dodávají až 71% tahu pro vzlet.

SRB (Solid Rocket Motor) má délku 45,46m, průměr 3,8m a vzletovou hmotnost 590t (prázdná hmotnost 87t). Větší část tohoto systému tvoří SRM (Solid Rocket Motor) spalující tuhé pohonné hmoty (směs tvořenou 12,04 % polybutadienakrylátu, 16,00 % práškového hliníku a 69,60 % chloristanu amonného, dále pak 0,40 % práškového oxidu železného jako katalyzátoru a 1,96 % epoxidového vytvrzovače). Motory se skládají z osmi segmentů, které jsou ve výrobě složeny po dvou segmentech. A po přepravě jsou na kosmodromu zkompletovány. Horní segment obsahuje iniciační a zážehovou slož, dolní obsahuje expanzní trysku (expanzní poměr 1:11,3), která je vychylitelná (vychylitelnost 8°). Doba činnosti motorů závisí na množství paliva, Každý motor vyvíjí při startu tah 11.8 MN.

Palivový kanál má tvar jedenácticípé hvězdy, proto po prohoření k cípům se tah motorů postupně snižuje. Nad horním segmentem jsou v kuželovité části umístěny padáky a řídicí elektronika.



obr. 8 Sestavený raketoplán

Motory obsahují nálože, které jsou v případě nehody odpáleny, tím se motory rozpůlí a ukončí činnost motoru, z důvodu aby nedoletěly nad obydlenou oblast.

Po splnění funkce se ve výši asi 45km odpálí výbušné šrouby a motory se oddělí od 3 trubkových konstrukcí spojných s ET a tím se oddělí od raketoplánu. Poté se zažehnou motory, které mají dostat motory SRB do bezpečné vzdálenosti od raketoplánu. SRB je setrvačností vynesena do výše kolem 66 km. Poté začnou padat volným pádem k Zemi a ve výši kolem 5 km se odhodí aerodynamický kryt a vypustí se výtažný a poté stabilizační padák o průměru 16,6m. Ve výši 2km se stabilizační padák odhodí a otevřou se tři hlavní padáky o průměru 41,5m, který zbrzdí SRB na rychlost 25m/s. Motory padají do moře, kde jsou poté zhruba 260km od místa startu vyloveny záchranými loděmi. Motory na hladině plavou díky vzduchu, který zůstal po vyhoření paliva uvnitř motoru.

5.3 Palivová nádrž Space Shuttle External Tank (ET)

ET je externí palivová nádrž pro skladování kapalných paliv pro motory SSME (obr.9).



obr. 9 Přesun palivové nádrže ET

V nádrži o délce 47,0m a průměru 8,4m se odděleně skladují kyslík a vodík. Spodní část objemu 1515m³ nese zásobu 102t vodíku a vrchní o objemu 554m³ nese zásobu 616,5t kyslíku. Ze stran se k nádrži připevňují motory SRB.

Povrch nádrže je pokryt tepelnou izolací, která má snížit odpar pohonných hmot z nádrží a částečně zabraňovat námraze a chránit obsah nádrže před aerodynamickým ohřevem během vzletu atmosférou.

Po dosažení suborbitální dráhy a vypnutí SSME je nádrž výbušnými šrouby odpoutána od orbiteru, který se pomocí motorů RCS bezpečně vzdálí od ET. ET pokračuje v letu a zaniká v atmosféře, je to jediná část, která se musí znovu vyrobit.

6. Důležité lety

Raketoplány zatím uskutečnily 122 misí, z toho byly dvě mise poznamenány tragickou nehodou. První mise byla uskutečněna mezi 12. až 14. dubna 1981 (obr. 10).



obr.10 Raketoplán připravený na start

6.1 První let

Datum: 12. až 14. dubna 1981

Význam: 1 pilotovaný let raketoplánu

Raketoplán: Columbia

Posádka: John Young, Robert Crippen

Raketoplán [2] byl pilotovaný veteránem kosmických letů, padesátiletým Johnem Youngem. Ve funkci druhého pilota letěl třiadvacetiletý námořní kapitán Robert Crippen. Start se uskutečnil z rampy 39A na Kennedyho kosmickém středisku 12. dubna 1981. Start byl původně plánovaný na 10. dubna, ale kvůli chybné synchronizaci počítačů se muselo odpočítávání přerušit a start byl o dva dny odložen. Je zajímavé, že 12. duben je datum dalšího slavného výročí v historii kosmonautiky. 12. dubna 1961, přesně 20 let před startem Columbie, se dostal do vesmíru první člověk, Jurij Gagarin. Tento den byl také vyhlášený za světový den letectva a kosmonautiky.

Start proběhl ve 12:00 světového času (obr. 11) . Po dvou minutách a dvanácti sekundách se od raketoplánu oddělily motory SRB a na padácích dopadly do Atlantského oceánu, asi 250 kilometrů od pobřeží. Hlavní palivová nádrž ET byla odhozena 8 minut a 50 sekund po startu. Její zbytky dopadly do Indického oceánu. 10 minut a 32 sekund po startu byly vykonány dva manévry, které dostaly raketoplán na kruhovou dráhu ve výšce 240km. Další dva manévry přesunuly Columbiu na eliptickou dráhu ve výšce 273 - 276km.



obr. 11 Raketoplán vyfocený několik sekund po startu

Hlavní náplň letu byla technická. Šlo o prověření konstrukce a systémů při letu ve vesmíru. Důležitou operací bylo otevření dveří nákladového prostoru. Otevřením dveří je totiž podmíněna správná funkčnost chladicího systému. Zkoušel se též systém gravitační stabilizace (namíření delší osy raketoplánu k Zemi).

Přípravy na přistání proběhly už 6 hodin před započítáním brzdícího manévru. K němu došlo 14. dubna 1981 v 17:22 nad Indickým oceánem. Columbia vstoupila do atmosféry s podélnou osou zdvihnutou o 40° vzhledem k horizontu. Při vstupu měla rychlost 24-krát větší než je rychlost zvuku. Ve výšce 43km měl raketoplán rychlost jen 6,5-krát vyšší. 10km nad povrchem snížil Young náklon na 35° a začal otáčení o 210°, po kterém se dostal do kurzu přistávací dráhy na dně vyschlého solného jezera. Columbia se dotkla Země přesně 54 hodin, 20 minut a 52 sekund po startu (obr. 12) . Dojezd do úplného zastavení měřil 2,734m.



obr. 12 Přistání raketoplánu

6.2 Let STS 9

Datum: 28. listopadu až 8. prosince 1981

Význam: 1. cizinec na palubě (dr. UN Merbold / Německo), zároveň první civilisté na palubě (dr. UN Merbold, dr. Byron Lichtenberg), součástí raketoplánu byl Spacelab.

Raketoplán: Columbia

Posádka: John Young, Brewster ti.Shaw, Jr., dr. Robert A. R. Psrker, dr.Owsn K. Garriott, dr. UN Merbold, dr. Byron Lichtenberg

Raketoplán odstartoval 28. listopadu 1981 z mysu Cape Canareval, přesně na začátku velice krátkého startovacího okna (14 minutové později kvůli špatnému počasí na záložním letišti zkráceno na 9 minut) v 11:00 místního času. Členové posádky se rozdělili do dvou

směn (červená a modrá) s délkou směny 12 hodin. Krátce po dosažení výšky 250km nad Zemí došlo k otevření nákladového prostoru a aktivaci Spacelabu. Modrá směna se hned dala do práce a začala se přesouvat do tunelu spojujícího Spacelab s raketoplánem, ale objevil se problém. Posádce se nedařilo otevřít dveře do tunelu. Situaci zachránil dr. Garriott, který si všiml, že zapomněli odjistit pojistku dveří.

Po průlezu do Spacelabu začala modrá směna zapojovat přístroje a aktivovali hlasovou linku ze Spacelabu do vědeckého řídicího střediska POCC. To bylo poprvé, co byla aktivována více jak jedna linka z raketoplánu.

Pracovní náplň letu byla čistě vědecká. Během letu mělo proběhnout celkem 70 pokusů z oborů: astronomie, fyziky, pozorování Země, biologie a pokusy s materiály. Během letu se objevilo několik technických problémů, kdy se většina z nich vyřešila a opravila.

Jako příklad uvedu problémy s datovou jednotkou RAU-21, předávající informace z astronomických přístrojů, která přestala fungovat chvíli po úplné aktivaci Spacelabu. Posádce se jí podařilo opět na chvíli zprovoznit, ale pak opět vypověděla službu. Problém byl vyřešen 3. den letu, kdy se závadou zabýval tým na Zemi, který zjistil, že vzhledem k tomu, že nákladový prostor byl natočen ke Slunci, docházelo k přehřívání spojů datové jednotky RAU-21 a jejímu vypínání. Problém byl vyřešen tím, že se raketoplán, vždy když to bylo potřeba, natočil se nákladovým prostorem do stínu, spoje vychladli a pokus mohl pokračovat.

Pokusy šly velice rychle a 2. den již probíhalo 22 pokusů. A 3. den již bylo zapojeno a v provozu 33 z 38 vědeckých přístrojů. Později bylo zjištěno, že přístroje odebírají o dost méně energie než bylo plánováno, proto se 4. den letu začalo uvažovat o prodloužení letu o jeden den, kdy se 5. den letu rozhodlo o prodloužení, pokud nedojde ke zhoršení klimatických podmínek v místě přistání. I když pokusy byly už z 80% hotové. Na Zemi bylo proto rozhodnuto, že se některé budou opakovat.

Jedenáctý den začaly přípravy na přistání vypojením Spacelabu a všech jeho přístrojů. V 22:55 světového času byl zahájen brzdící manévr. Standardní průběh přistání byl pozměněn o několik manévrů, při kterých bylo zkoumáno aerodynamické chování raketoplánu.

Asi dvě minuty před přistáním se na palubě raketoplánu objevil požár v motorovém prostoru, v důsledku úniku hydrazinu, sloužícímu k pohonu hydraulických čerpadel jednotky APU. Posádka požár vůbec nezaregistrovala a bezpečně přistála na základně Edwards AFB.

Zhruba deset minut po přistání přestaly prohořelé kabely dodávat energii do ventilů v palivových cestách. A uniklý hydrazin se začal zahřívat a nakonec explodoval a zničil palivová čerpadla a ventily.

7. Sovětské raketoplány - Buran

V roce 1976 se SSSR rozhodl pro postavení vlastního raketoplánu, který by byl odpovědí na dokončovaný Space Shuttle. Byl to největší a nejdražší ruský vesmírný projekt. V rámci programu byl vývoj nosné rakety Eněrgija a letounu Antonov An-225 (obr. 15) , který byl schopný přenášet jak samotný raketoplán, tak i nosnou raketu.

Raketoplán měl sloužit k podobným účelům jako americké raketoplány, proto jsou si velice podobné.



obr. 15 Stojící Antonov An-225

7.1 Buran

Buran (obr. 16) je jediným dokončeným ruským raketoplánem a zároveň jediným, který se dostal do vesmíru. Byl postaven roku 1986 a do roku 1988 se na něm prováděly testy a úpravy. Velká pozornost byla věnována systému tepelné ochrany, o které se říká, že je lepší jak u amerických raketoplánů. Buran neměl hlavní motory jako má Space Shuttle a při startu se tak spoléhá jen na nosnou raketu Eněrgija.

Přehled letecko-kosmických dopravních prostředků

Summary of Aerospace Transport Vehicles

Technická [3] data:

Délka	36	m
Výška (u kýlové plochy)	16	m
Průměr trupu	5.6	m
Průměr nákladového prostoru	4.7	m
Délka nákladového prostoru	18.3	m
Rozpětí křídel	24	m
Plocha křídel	250	m ²
Plocha brzdících padáků	75	m ²
Hmotnost (při startu)	105	t
Hmotnost (při přistání)	82	t
Objem kabiny	73	m ³
Hmotnost užitečného zatížení při startu	30	t
Hmotnost užitečného zatížení při přistání	20	t
Posádka	2 až 4	
"Cestující"	6	
Délka letu	od 7 do 30	dnů
Přistávací rychlost	340	km/h
Délka dojezdu	1100 až 2000	m
Plánovaná životnost	100	startů
Počet destiček tepelné ochrany	38 000	ks



obr. 16 Buran přepravovaný letounem Antonov An-225

7.2 Eněrgija

Eněrgija byla vyvíjena jako nosná raketa pro raketoplán Buran, ale měla sloužit jako víceúčelová nosná raketa, kterou je možno použít pro vynesení i jiného nákladu do vesmíru než jen raketoplán. Byla to 2 stupňová raketa, kde se první stupeň vracel zpět na Zemi a mohl být opětovně použit. Druhý stupeň shořel v atmosféře. Ale byla vyvíjena vylepšená verze, kde se měl na zem vracet i 2 stupeň a být znovu použitelný.

7.3 První (poslední) let do vesmíru

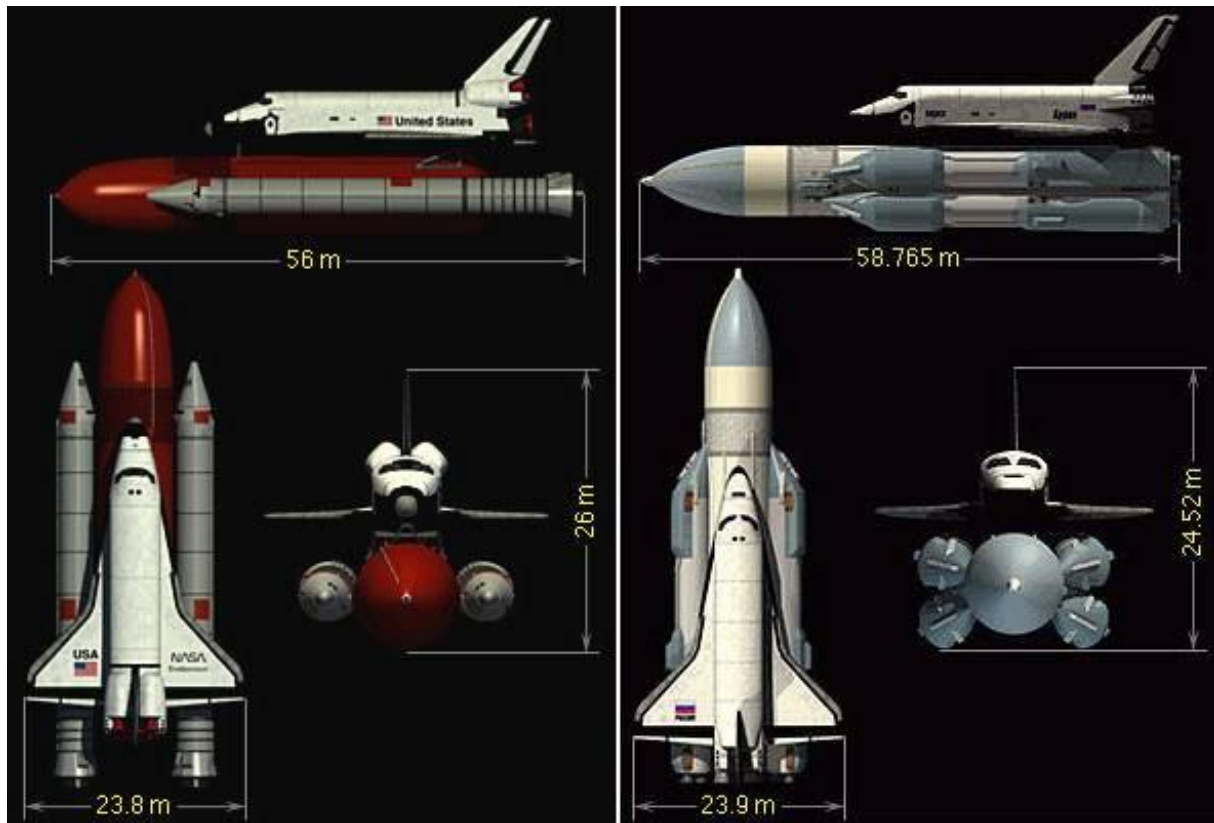
Start se uskutečnil 15. listopadu 1988. Let proběhl v automatickém režimu bez posádky (nebyla nainstalovaná podpora života na palubě), kdy byl raketoplán vynesena do výšky 256 km, kde provedl dva oblety Země a poté se pomocí autopilota vrátil na Zemi, na k tomuto účelu postavené přistávací dráze na kosmodromu Bajkonur. Pro případ špatného počasí byla v záloze přistávací dráha ve vojenském prostoru Ralsko v tehdejší Československu. Na přistání byl raketoplán naveden pomocí autopilota. Vzhledem k politické situaci a nedostatku financí byly další starty odkládány, až byl celý projekt i s nosnou raketou Eněrgija zrušen.

7.4 Hlavní rozdíly mezi raketoplány Space Shuttle a Buran

-Posádka Space Shuttle může být min. dvočlenná. Buran mohl létat v tzv. automatickém režimu (bez posádky).

-Americký raketoplán je složen z palivové nádrže (ET) a dvou přídatných motorů (SRB) a orbiteru. Tyto části tvoří jeden celek, který není možno jinak použít. Ruský raketoplán vynášela do vesmíru nosná raketa Eněrgija, která byla navržena jako víceúčelová a nemusela být použita jen s raketoplánem Buran, ale mohla být použita i pro vynášení samotných družic a materiálu.

-Ruský raketoplán nemá vlastní hlavní motory. Tah při startu obstarává jen nosná raketa.



obr.17 Základní konstrukční uspořádání raketoplánů Space Shuttle a Buranu

8. Nehody raketoplánů

Do dnešního dne potkaly raketoplány dvě tragické nehody

8.1 Nehoda - Challenger

28. ledna 1986 měl raketoplán Challenger dopravit na oběžnou dráhu telekomunikační satelit TDRS-B. Poté měl druhý den vypustit další družici Spartan/Halley, kterou měl 5. den letu opět naložit na palubu. A po šesti dnech se měl vrátit na zem.

Na palubě byl poprvé turista, učitelka Christa McAuliffeová, která byla vybrána v rámci projektu Učitel vesmíru.

Problémy tohoto letu nastaly už na Zemi, kdy byl let několikrát odložen. Nejdříve z důvodu zpoždění předchozí mise, poté z důvodu špatného počasí. 27. ledna byl start pro technickou závadu odložen také a byl odložen na 28. leden. 28. ledna se díky poruše počítače odložil start o dvě hodiny. Ten den bylo na startovní rampě velice chladno, bylo okolo -4°C , v noci až -17°C . Při těchto teplotách nebyl raketoplán nikdy používán ani testován. Při kontrole před startem se neobjevily žádné vážné závady, proto bylo zahájeno odpočítávání ke startu, když někteří pracovníci firmy Thiokol (výrobce SRB) upozorňovali na možnost změny pružnosti těsnících teflonových segmentů motoru SRB. Díky těmto pochybnostem, byla svolána před startem tisková konference, ale tlak termínu a zájem médií byl příliš silný.

A raketoplán nakonec 28. ledna 1986 v 11:38 odstartoval. Jak se později ukázalo z televizních záběrů, tak již při startu nebylo s jedním z SRB něco v pořádku. Ve spodní části motoru se objevil malý obláček dýmu (obr. 13), který byl vidět ještě asi 12 sekund po startu, pak zmizel (netěsnost se působením aerodynamických sil sama na chvíli utěsnila).



obr. 13 V kroužku označen patrný obláček dýmu, vycházející z motoru SRB

Znovu se dým objevil v čase 59 sekund po startu a v zápětí se změnil na plamen, který poškodil ET a z ní začal unikat vodík (Obr 14.), který se vzňal, a začal přepalovat spodní spoj mezi hlavní nádrží a pomocným motorem. V čase 72 sekund po startu se SRB začal díky přepálenému spoji vychylovat, tak že jeho špička se zabořila do ET a prorazila ji. Z ET začal unikat kyslík a vodík. Aerodynamické síly (rychlost raketoplánu přes 1,5Mach) začaly trhat poškozenou ET. V čase 73 sekund se vodík smíšený s kyslíkem vzňal a došlo k explozi, která zničila raketoplán.



obr. 14. Patrný plamen vycházející z motoru SRB

Příčina nehody

Za příčinu nehody byl nakonec označen spoj mezi segmenty, který díky souhře nešťastných náhod netěsnil a začal propouštět palivo. S největší pravděpodobností došlo k poškození těsnění již při transportu na odpalovací rampu, kdy se těsnění mírně zdeformovalo a muselo se vyrovnat, což mohlo způsobit prvotní poškození. Dalším faktorem byl problém se spoji. *Spoje [4] mezi segmenty musí zajistit těsnost proti pronikání rozžhavených spalin. Spoje jsou dvou typů: stálé, které jsou kompletovány už ve výrobním závodě, a provozní, kompletované na kosmodromu. Spoj je těsněn nadvakrát: vnitřní tepelná izolace je zalita speciální tmelem a plášť má zvláštní spoj. Dolní část provozního spoje má na řezu tvar písmene U, do něhož zapadá vrchní část ve tvaru I. Uvnitř spoje na straně blíže k palivu jsou obě části těsněny dvojicí o-kroužků o průměru 3,66 m a tloušťce 6,4 mm. Při návrhu konstruktéři předpokládali, že tlakem plynů bude vnitřní rameno spodní části U*

přitlačováno k zapadající části vrchního segmentu. V praxi se ale ukázalo, že více se rozepíná slabší zapadající vrchní část. Těsnění, původně navržené na zatížení tlakem, se muselo tedy vyrovnávat naopak rozpínání. Materiál těsnících kroužků ale nebyl schopen dostatečně rychle reagovat při nízkých teplotách. O tomto problému sice NASA věděla již dříve, ale upravené těsnění se mělo začít používat až od roku 1987. Z šetření také vyplynulo, že posádka výbuch přežila a zabil ji až náraz na hladinu.

Důsledky

Po nehodě se na téměř tři roky zastavily veškeré lety raketoplánů. Raketoplány byly modernizovány a bylo provedeno více jak 400 změn. Motory SRB měly více jak 150 změn, kde nejdůležitější byla ta, že se místo 2 těsnících kroužků začali používat 3. Od té doby se jsou astronauti vybaveni padáky a mají při startu lehké oranžové skafandry. Jako náhrada za zničený Challenger byl postaven raketoplán Endeavor.

8.2 Nehoda – Columbia

Raketoplán Columbia byl při své misi STS-107 ve vesmíru téměř 16 dní, které astronauti po delší době trávili výhradně vědeckou činností, což bylo způsobeno tím, že NASA byla kritizována, že raketoplány využívá jen na stavění Mezinárodní kosmické stanice (ISS).

A byl vyvíjen tlak, aby raketoplány plnily i účel vědecký pro komerční účely. Proto se tentokrát do vesmíru nenesla žádná část ISS, ale jen laboratoře, které sloužily k výzkumu. Zkoumaly se fyziologické procesy při stavu s nulovou gravitací, ozonová vrstva a aerosoli. Po úspěšných testech se měl raketoplán vrátit do atmosféry a přistát. 1. února 2003 krátce před devátou hodinou 22 minut před přistáním se objevují potíže. Tepelná čidla na levém křídle přestávají fungovat. Letové středisko se snaží kontaktovat s posádkou, neúspěšně, raketoplán se ve výšce 61 km rozpadá a padá k Zemi.

Příčina nehody

Dle vyšetřovací komise byla jako příčina označena poškozená tepelná izolace, která byla poškozena krátce po startu raketoplánu. Po startu totiž došlo k odpadnutí většího kusu izolační pěny (přibližné rozměry 600 x 380 x 75 mm hmotnost asi 800g) z nádrže ET. Kus izolace dopadl přesně na náběžnou hranu křídla rychlostí 185 až 255m/s, kde poškodil izolační panely RCC.

NASA o tomto problému věděla, ale ze PC simulací vyplynulo, že by nemělo dojít k vážným poškozením. Software, který simuloval náraz izolace, vycházel z testů, kde byly

kusy izolace podstatně menší, a proto byly výsledky nepřesné. V té době si NASA ještě myslela, že panely RCC jsou téměř nezničitelné a takový náraz je nemohl vážně poškodit, a tak podpořená výsledky simulace se dále tímto problémem v průběhu letu nezabývala. Až po nehodě zkusili v NASA ostřelovat panely RCC kusy pěnové izolace a zjistili, že větší kusy způsobují vážná poškození na panelech RCC.

Izolační panely RCC na náběžné hraně křídla čelí nejvyšším teplotám při přistání, kdy teplota plazmy dosahuje až na 1800 °C. Podle závěru by raketoplán mohl bezpečně přistát, kdyby izolace dopadla na jiné místo i přesto že by izolace byla poškozená. Spodek trupu je sice také vystaven vysokým teplotám do 1500 °C, ale tato část není tak namáhána jako náběžné hrany křídel.

Z největší pravděpodobností plazma pronikala přes poškozený panel RCC a přetavila žebro náběžné hrany. Postupně se propalovaly další přepážky konstrukce křídla. Trhlina se vlivem teploty stále rozšiřovala a aerodynamické síly začaly z křídla odtrhávat další izolační destičky a materiál z poškozeného křídla. Nakonec došlo k odtržení celého křídla. Raketoplán začal prudce rotovat. A nakonec došlo k destrukci celého raketoplánu.

Důsledky

Lety byly pozastaveny na více jak 2 roky. A komise vydala celkově 29 doporučení pro vyšší bezpečnost budoucích letů. Kdy mimo jiné byl podán návrh na zhotovení postupů, pro poškození v různém měřítku a opravárenské postupy, které by měly být nezávisle na ISS. NASA tyto postupy schválila a první plán zveřejnila 8. září 2003. NASA provedla mnoho úprav na raketoplánech a zároveň omezila možnost odpadávání izolační pěny z ET při startu.

9. Budoucnost kosmických dopravních prostředků

Z rozhodnutí vlády USA se raketoplány po dokončení vesmírné stanice ISS v roce 2010 stáhnou z aktivní služby a USA bude asi 2 roky bez prostředku schopného letět do vesmíru.

V roce 2012 by měl být hotov nový prostředek Orion, který se vrátí ke koncepci nosných raket (Ares) a tím prozatím skončí využití letecko-kosmických dopravních prostředků ve vládních kosmických programech.

V soukromém sektoru se letecko-kosmické dopravní prostředky začnou využívat k vesmírné turistice, kdy se budou turisté vynášet do výšky přes 100km nad mořem. Prvním prostředkem tohoto druhu je SpaceShipOne.

9.1 SpaceShipOne

SpaceShipOne (obr. 18) byla vyvinuta pro soutěž o Cenu X Ansari (cena za opakovaný pilotovaný suborbitální let do výšky nad 100 km) společností Scaled Composites. Konstrukce vychází z konceptu raketoplánu X-15, který vyvinula NASA.



obr. 18 SpaceShipOne za letu zavěšená pod letadlem White King

Raketoplán nestartuje podobně jak raketoplán Space Shuttle, ale startuje jako letadlo. Při startu je sestaven ze dvou částí a to nosného letadla White King, pod kterým je zavěšena SpaceShipOne.

White King je letoun o rozpětí 25m postavený přímo jako nosné letadlo pro SpaceShipOne. Letoun vynese SpaceShipOne do výšky mezi 14-16km, kde vypustí SpaceShipOne.

SpaceShipOne je letoun o rozpětí 5m postavený z kompozitu uhlíkových vláken schopný pojmout až tři členy posádky. Poháněn je hybridním (kombinace tuhého paliva a plynného oxidu kyslíkového) raketovým motorem (obr. 19). Jako palivo se používá kaučuk

(polybutadien HTPB s polymerními řetězci zakončenými skupinou OH) a jako okysličovadlo je použit snadno dostupný N_2O (tzv. "rajský plyn"), uložený v nádrži v kapalné formě. Výhoda je, že N_2O se rychle odpařuje a tím pádem se nemusí použít čerpadlo k dopravě do spalovací komory a při teplotě nad 296 °C se rozkládá, takže manipulace s ním je bezpečná. Navíc je palivo ekologicky šetrné, odpadem hoření je vodní pára, oxid uhličitý a dusík. Pro let do výšky cca. 128km se spalovací komora raketového motoru plní 272 kg kaučuku a do nádrže pro okysličovadlo se tankuje 1370 kg N_2O . Pro výškové lety se pro každý let používá nová spalovací komora a tryska.



obr. 19 SpaceShipOne se zažehnutým hybridním raketovým motorem

Let probíhá tak, že se ve výšce 14-16 km oddělí od nosného letounu a pomocí raketového motoru zrychlí na rychlost až $3,5M$ a po vypnutí motorů setrvačností vystoupá do výšky přes 100km (obr. 20). V této části letu se posádka ocitne v beztlížném stavu. Poté se letoun natočí do návratové konfigurace a začne klesat. Ve výšce 24 km se sklopí křídla do vodorovné polohy a klouzavým letem se letoun vrací na letiště, ze kterého odstartoval. Celý let trvá asi 90 minut.

V dnešní době jsou ve vývinu i SpaceShipTwo a SpaceShipThree, které se koncepčně neliší, ale budou větší a uzpůsobené pro dopravu civilistů na suborbitální dráhu.



obr. 20 SpaceShipOne na letící ve vesmíru

10. Slovník pojmů

Startovací okno

Startovací okno je přesné rozmezí času startu, při němž dosáhne raketoplán daného cíle za nejnižších nákladů (jeho dráha se protíná s dráhou letu cílového objektu, většinou stanice ISS). V případě, že se neletí k určitému cíli, tak se startovací okno stanovuje, pro ideální světelné podmínky, počasí a délku letu (z důvodu přistání).

Startovací okna jsou zejména důležitá pro lety sond, k planetám sluneční soustavy a dále do vesmíru, protože se startovací okna otevírají třeba jen jednou za několik let a mimo startovací okno je téměř nemožné k cíli doletět.

Přistávací okno

Přistávací okno je čas, kdy raketoplán zahajuje přistání, tento čas je vztažen k místu na oběžné dráze, které je vypočteno k bezpečnému přistání raketoplánu na Zemi, toto místo musí být určeno velice přesně z důvodu toho, že raketoplán již nenese žádné palivo a přistává jako kluzák a korigovat dolet lze jen omezeně.

ISS

ISS (International Space Station) je společný projekt 16 států. Výstavba začala roku 1998, ale plány se datují již od roku 1984 (tehdy jen jako čistě americká stanice). Výstavba

začala 20.11.1998 vynesemím modulu Zarya a o 16 dní později k ní byl za pomoci raketoplánu Endeavour připojen modul Unity (obr. 21.)



obr. 21 ISS několik dní po zahájení stavby

Stavba probíhá do současnosti, plánované ukončení je v roce 2010.



Obr. 22 ISS v dnešní podobě

11. Závěr

V roce 2010 se uzavře jedna z kapitol dějin světové kosmonautiky, kdy raketoplány Space Shuttle dokončí vesmírnou stanici ISS a tím skončí jejich téměř 30 letá služba. Raketoplány provázelo mnoho úspěchů a bohužel i dva tragické pády, přesto se podstatným způsobem podílely na rozvoji světové kosmonautiky.

I když se v roce 2010 raketoplán Space Shuttle vydá na svou poslední cestu do vesmíru a tím završí éru raketoplánů, tak si osobně myslím, že nebude trvat dlouho a do vesmíru opět začnou létat raketoplány. Ty sice už asi nebudou tak univerzální jako byl Space Shuttle, protože jako komerční produkt budou navrženy tak, aby co nejlépe a nejefektivněji splnily svůj účel, kterým bude vynášení turistů na oběžnou dráhu, čímž se začne psát další kapitola kosmonautiky.

12. Seznam použitých citací

- [1] http://mek.kosmo.cz/pil_lety/usa/sts/sts_tech.htm
- [2] <http://cs.wikipedia.org/wiki/STS-1>
- [3] http://mek.kosmo.cz/pil_lety/rusko/buran/buran.htm
- [4] <http://cs.wikipedia.org/wiki/STS-51L>

13. Seznam použitých zdrojů

- [1] <http://mek.kosmo.cz>
- [2] <http://nasa.gov>
- [3] <http://cs.wikipedia.org>
- [4] <http://www.vesmir.info>
- [5] <http://www.airliners.net>
- [6] <http://zpravy.idnes.cz>