

Program Apollo

Padesátá léta minulého století přinesla soupeření velmocí USA a SSSR o prvenství v dobývání kosmu. Základní podmínkou úspěchu byla spolehlivá raketa, schopná vynést do vesmíru posádku a potřebné vybavení a překročit rychlost nezbytnou pro překonání zemské přitažlivosti (tj. 2. kosmickou rychlost = 11 200.km/s).

Konkrétní výsledky ve vývoji raket se objevují již v roce 1903, kdy K. Ciolkovskij navrhl raketu fungující na tekuté palivo, na jeho práci navázal ve třicátých letech S. Koroljov.

První úspěšné, prakticky využitelné lety provedl W. von Braun, jeho raketa A4 v roce 1942 dosáhla výšky 83 km. Z ní pak byla vyvinuta a následně použita v útocích na Anglii raketa V2. Po válce byla část těchto raket dopravena do Ameriky (tam také odjel von Braun a většina jeho spolupracovníků), zbytek odvezla sovětská armáda.

První úspěchy přinesl sovětský kosmický program. Jako první vypustil do vesmíru umělou družici (Sputnik 1957) a výčet jeho následujících prvenství byl obdivuhodný : v roce 1959 proletěla Luna 1 kolem Měsíce (první let mimo orbitální dráhu Země), Luna 2 dopravila první sondu na Měsíc a Luna 3 získala první snímky odvrácené strany Měsíce, v roce 1960 byly vyslány první sondy k Marsu a Venuši (Marsnik 1 a Veněra 1) a v dubnu 1961 **obletěl Zemi první člověk – J. Gagarin v lodi Vostok 1.**

V dalších letech následoval let s vícečlennou posádkou (Voschod 1) a první výstup do vesmíru (A. Leonov Voschod 2), společný let dvou lodí (Vostok 3 a Vostok 4), sonda Veněra 3 dosáhla

planetu Venuši, bylo provedeno spojení dvou lodí (lodi Sojuz 4 a Sojuz 5) a na Měsíci vysazeno první vozítko (Lunochod 1).

Ale hlavního cíle – vysazení člověka na Měsíci a jeho návrat na Zemi se sovětským kosmonautům nepodařilo dosáhnout, toto prestižní prvenství získali Američané, kteří z počátku v kosmických letech zaostávali (první družici Explorer 1 se jim podařilo vypustit do vesmíru až v únoru 1958 a jejich první kosmický let J. Glenna na lodi Mercury se uskutečnil v únoru 1962).

Ve snaze předstihnout SSSR vyhlásil v květnu 1961 prezident Kennedy program letu člověka na Měsíc za národní úkol USA. Cílem programu pilotovaných kosmických letů bylo do konce šedesátých let provést **přistání lidí na Měsíci a jejich bezpečný návrat na Zemi.**

Koncepce programu pilotovaných kosmických letů byla schválena již v roce 1962 a realizací byl pověřen **Národní úřad pro letectví a kosmonautiku (NASA)**. Program si vyžádal rozsáhlý rozvoj technologické tvořivosti a byl velmi náročný na zdroje (25,4 miliard dolarů). Podílelo se na něm asi 400 tisíc pracovníků v podnicích a na univerzitách. Skupina NASA pro řízení pilotovaných programů se přestěhovala do nového vědeckého komplexu v Houstonu v Texasu. Prvním úkolem bylo najít nejvhodnější způsob realizace při minimálním riziku pro astronauty. Z navržených možností řešení byla nakonec vybrána varianta „setkání na oběžné dráze Měsíce (Lunar Orbit Rendezvous, LOR), při které: jedna nosná raketa vynese modulární kosmickou loď. Na Měsíci přistane jen část – lunární modul, zatímco velitelský modul počká na oběžné dráze Měsíce. Po novém spojení těchto částí je při zpátečním letu lunární modul odhozen a na Zemi se vrátí astronauti ve velitelském modulu“,

Tato varianta přinášela významnou úsporu hmotnosti kosmické lodě a její výhodou bylo i to, že lunární modul mohl být použit jako záchranný člun v případě selhání velitelského modulu.

Kosmická loď

Základním technickým prostředkem programu byla třímístná kosmická loď **Apollo**, vynášená do vesmíru nosnými raketami Saturn IB a Saturn V z Kennedyho vesmírného střediska na Floridě. První prototyp byl schválen a vyzkoušen již roku 1963.

Kosmická loď Apollo se skládala z velitelského, servisního a lunárního modulu.

Velitelský modul měl tvar kužele (výška 3,6 m, průměr 3,9 m, hmotnost 5,5 t). V kabině byla křesla pro posádku, palubní počítače, a část manévrovacích motorků systému RCS, který zajišťoval stabilizaci a orientaci lodě.. Velitelský modul byl jedinou částí lodi, která byla vybavena tepelným štítem pro průlet zemskou atmosférou při návratu na zem kde měl přistát na moři.



Servisní modul měl tvar válce (délka 6,7 m, průměr 3,6 m, hmotnost prázdného 3,85 t, mohl nést 19,4 t pohonných hmot). Obsahoval nádrže na okysličovadlo a palivo pro motor, palivové články a nádrže na kyslík, vodík a dusík. Motor servisního modulu o tahu 91,2 kN zajišťoval všechny manévry: navedení na oběžnou dráhu Měsíce a její opuštění a větší korekce dráhy. Servisní modul nesl také většinu trysek systému RCS.

Lunární modul (výška 7,0 m, rozpětí 9,5 m při vyklopených přistávacích nohách, hmotnost plně naloženého cca 15,1 t) se skládal z přistávacího a startovacího stupně.

Startovací stupeň tvořila přetlaková kabina o objemu 6,65 m³ (z toho 4,5 m³ obyvatelných) a přístrojový úsek. V pilotní kabině byly palubní přístroje, počítače, klimatizace, systém zásobování elektrickou energií, kryt startovacího motoru a po stranách nádrže pohonných hmot. V přístrojovém úseku byly nádrže s heliem pro tlakování pohonného systému a nádrže s kyslíkem a vodou.

K přestupu astronautů mezi velitelským a lunárním modulem během letu sloužil průlez ve stropu kabiny. Průlez k výstupu na měsíční povrch, byl na dně kabiny. Uprostřed přistávacího stupně byl přistávací motor s maximální tahem 46,8 kN. Startovací motor dokázal ve vakuu vyvinout maximální tah 15,6 kN, tah obou motorů bylo možné regulovat.

Ke stabilizaci lodě sloužily dva nezávislé stabilizační systémy, každý s osmi motory. Za normálních podmínek pracovaly oba systémy paralelně, v případě nouze však bylo možné loď stabilizovat jen jedním z nich.

Elektrickou energii lunárnímu modulu dodávaly zinko-stříbrné palivové články (byly lehčí a spolehlivější než vodíkovo-kyslíkové články použité

ve velitelském a servisním modulu). Při startu k návratu k velitelskému modulu zůstal přistávací stupeň na povrchu Měsíce.



Nosná raketa

Nosnými raketami programu Apollo byly rakety Saturn IB., a V. Dvoustupňová raketa Saturn IB měla v prvním stupni motory H-1, ve druhém jeden motor J-2. Na nízkou oběžnou dráhu dokázala dopravit náklad o hmotnosti více než 18 tun a byla tak schopna vynést velitelský i servisní modul Apolla, nebo samotný lunární modul. Byla použita ve čtyřech bezpilotních testech a k vynesení Apolla 7, první pilotované lodi programu. Po skončení měsíčního programu Apollo rakety Saturn IB vynášely astronauty v lodích Apollo ke stanici Skylab i v programu Sojuz-Apollo.

Největší používanou raketou byl **Saturn V**, třístupňová nosná raketa (výška 110 m, průměr cca 10 m, hmotnost s palivem cca 3000 t) schopná vynést až 120 tun užitečného zatížení na nízkou oběžnou

dráhu Země a 47 tun k Měsíci. První stupeň měl pět motorů F-1, druhý pět J-2, třetí jeden J-2. Raketa byla použita ke dvěma bezpilotním testům lodí Apollo (Apollo 4 a 6) a pilotovanému letu Apolla 9 (zkoušky lunárního modulu na oběžné dráze Země) a následně ke všem devíti letům Apolla k Měsíci.

Vlastní lety

Před prvními pilotovanými lety byly nosné rakety Saturn a loď Apollo v létech 1961 – 1966 zkoušeny v bezpilotních misích. Letové testy rakety Saturn I začaly suborbitálními lety, následovaly lety orbitální, nejdříve s maketami lodi Apollo a v roce 1966 již s lodí Apollo. Souběžně probíhaly též zkoušky záchranného systému.

Před programem Apollo bylo ve dvoumístných lodích **Gemini** nacvičováno spojování dvou kosmických lodí, manévrování, navigace, výstupy do vesmíru a vyzkoušen delší (dvoutýdenní) pobyt lidí ve vesmíru. První pilotovaný let Gemini odstartoval v březnu 1965 a teprve poslední mise Gemini 12 v listopadu 1966 dostatečně prokázala schopnost astronautů spojit oba vesmírné moduly. Současně byly vysílány sondy k prozkoumání a zmapování Měsíce.

První pilotovaný let, označený **Apollo 1** byl plánován na 21. února 1967. Při nácvičku předstartovního odpočítávání a nouzového opuštění lodi (27. ledna) vznikl v poškozeném kabelu elektrický oblouk a v atmosféře obsahující čistý kyslík a při mírně zvýšeném tlaku se oheň rychle rozšířil a astronauti Grissom, White a Chaffee ve velitelském modulu uhořeli.

Několik dalších letů bylo bezpilotních (označení Apollo 2 a 3 nebylo u nich, z ne zcela jasných důvodů použito), v listopadu 1967

proběhl první letový test rakety Saturn V s velitelským a servisním modulem lodí **Apollo 4**, při kterém byl také úspěšně proveden test tepelného štítu při vstupu do atmosféry i vlastní přistání, **Apollo 5** v lednu 1968 vynesl do vesmíru lunární modul, na kterém byly testovány zejména jeho motory.

Apollo 6 v dubnu 1968 byl poslední bezpilotní let s raketou Saturn V. Cílem letu bylo vyzkoušení nosné rakety a restart jejího třetího stupně. Po simulovaném obletu Měsíce vznikly potíže s navedením lodí na otestování návratu do atmosféry Země, ale vlastní přistávací manévr se zdařil.

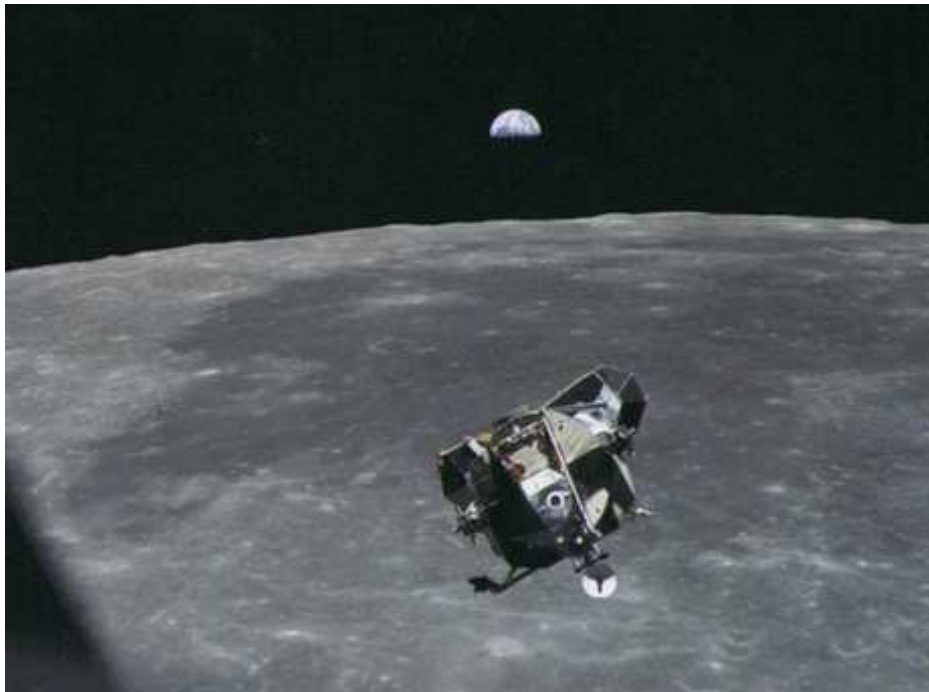
Apollo 7 v říjnu 1968 bylo **první pilotovanou misí** programu. Během jedenáctidenního letu na oběžné dráze kolem Země posádka vyzkoušela velitelský/servisní modul, upravený po požáru Apolla 1. Po technické stránce byl let velmi úspěšný a všechno fungovalo podle plánu.

Od prosince 1968 do května 1969 byly plánovány tři pilotované lety s raketou Saturn V, při kterých měla být vyzkoušena loď Apollo včetně lunárního modulu. Ten ale nebyl včas k dispozici a tak byl jen velitelský a servisní modul lodí **Apollo 8** vyslán v prosinci 1968 na oběžnou dráhu Měsíce. Provedl 10 oběhů, pořídil skoro patnáct set snímků a z lodí se vysílal první přímý televizní přenos z kosmu.

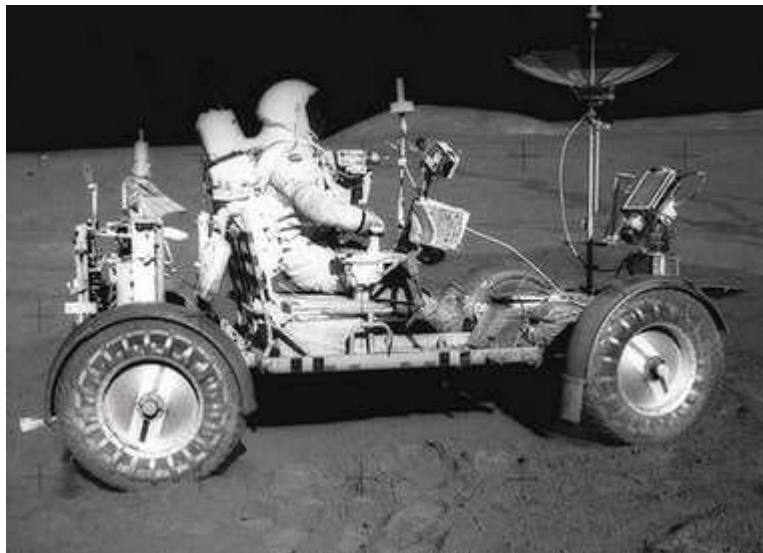
Při letu **Apolla 9** (březen 1969) byl prověřen za letu na oběžné dráze kolem Země i lunární modul, určený k přistání dvoučlenné posádky na povrchu Měsíce a to tak, že bylo provedeno oddělení lunárního modulu se dvěma astronauty od velitelské sekce a samostatný let obou částí. Následovalo úspěšné spojení a přestup astronautů do návratové kabiny. Při výstupu do vesmíru byly otestovány skafandry.

Poslední zkoušku před přistáním na Měsíci představoval let **Apollo 10** (květen 1969). Astronauti přestoupili na oběžné dráze kolem Měsíce do lunárního modulu, odpojili se a sestoupili na nižší oběžnou dráhu ve výšce pouhých 15 km nad povrchem.

Vyvrcholením celého programu byl let **Apollo 11**. Kosmická loď s tříčlennou posádkou ve složení N. Armstrong, E. Aldrin a M. Collins odstartovala 16. července 1969. Dne 20. července posádka navedla kosmickou loď na oběžnou dráhu kolem Měsíce, dvojice kosmonautů Armstrong a Aldrin usedla do lunárního modulu, oddělila se od mateřské kosmické lodi a **poprvé uskutečnila přistání člověka na jiném vesmírném tělese, než je Země**. K výstupu na měsíční povrch došlo 21. července, jako první pozemšťan vkročil na Měsíc Neil Armstrong, který při tom pronesl památnou větu: „***Je to malý krok pro člověka, ale velký skok pro lidstvo.***“



Následovala úspěšná přistání posádek **Apollo 12** (listopad 1969 – dva výstupy), **Apollo 14** (leden 1971 – dva výstupy), **Apollo 15** (červenec 1971 – pobyt prodloužen na 3 dny, 3 výstupy) a **Apollo 16** (duben 1972, třídní pobyt, 3 výstupy). Astronauti na Měsíci při výstupech na povrch prováděli zadané úkoly, při kterých od Apolla 15 již používali k pohybu po Měsíci vozidlo Lunar Rover. Jeho pohonnou jednotku tvořily čtyři elektromotory o výkonu 185 W, natáčení předního a zadního páru kol umožňovaly servomotory. Vozidlo bylo schopno dosáhnout rychlosti až 16 km/h.





Vážné problémy měla let **Apollo 13** (duben 1970). Při cestě k Měsíci došlo k havárii, při které byly vyřazeny z provozu palivové články napájející proudem velitelskou sekci lidí a dvě kyslíkové nádrže.

Jedinou nadějí pro posádku (byli 330 tisíc km od Země) byl nepoškozený lunární modu, který byl schopen zajistit po určitou dobu základní podmínky pro přežití.. Do záchrany se daly týmy odborníků, záložní posádka v simulátoru modelovala různé podmínky a situace podobné těm, jaké jsou a mohou nastat. Bylo nezbytné navrhnout, které méně důležité systémy lodi mohou být vypnuty, aby byla snížena spotřeba proudu a tak vydržely články z lunárního modulu.

Největším problémem byla skutečnost, že loď se v té době pohybovala po **nenávratné** dráze a při dalším letu bez korekcí by minula Zemi asi o 6000 km. Jedinou možností záchrany v dané

situaci bylo obletět Měsíc a ve vhodném místě dráhu pomocí motorů lunárního modulu zkorigovat tak, aby Apollo namířilo k Zemi. Tato úprava dráhy se podařila, ale bylo nutno řešit další problémy – v lunárním modulu stoupal obsah kyslíčnicku uhličitého v ovzduší (pomohlo se improvizovaným propojením se systémem ve velitelské sekci), snižovala se teplota uvnitř lodí, bylo riziko, že zásoby kyslíku a vody nebudou stačit na zbývajících asi 80 hodin letu a jiné.

Nakonec se ale posádce podařilo bezpečně přistát pouhých 700 metrů od teoretického místa přistání. Přesná příčina výbuchu jednoho kyslíkového tanku se nikdy nezjistila.

Posledním letem k Měsíci bylo **Apollo 17**. Jeho výsadkový modul Challenger přistál 11. prosince 1972 v oblasti kráteru Taurus-Littroe a E.Cernan byl posledním člověkem stojícím na povrchu Měsíce. Posádka Apolla 17 se vrátila na Zemi 19. prosince 1972. Ve vesmírných letech programu Apollo mělo šest posádek, tedy dvanáct astronautů možnost se projít po Měsíci a stát se tak jedinými lidmi, kteří navštívili jiné vesmírné těleso.

Původně byly plánovány ještě tři další lety na Měsíc, Apollo 18 až 20, ale po velkém snížení rozpočtu NASA byly roku 1970 tyto mise zrušeny. To ale nic nemění na skutečnosti, že projekt Apollo představuje významnou kapitolu historie lidstva.

Rakety Saturn a lodí Apollo byly po skončení letů k Měsíci použity pro program Skylab (1973–1974) ve kterém byla vynesena na oběžnou dráhu Země vesmírná stanice Skylab. Ta byla v létech 1973-74 třikrát osídlena posádkou. Stanice zanikla v

červenci 1979..

Lod' Apollo byla použita i při sovětsko-americkém letu Sojuz-Apollo v červenci 1975, kdy se setkaly a spojily lod' Apollo a Sojuz 19. Tento let se stal počátkem budoucí kosmické spolupráce a byl i poslední pilotovanou misí NASA před prvním letem raketoplánu Space-Shuttle v roce 1981.

Lety k Měsíci programu Apollo přinesly nová prvenství v pilotovaných letech do vesmíru. Zůstaly jedinými pilotovanými lety mimo nízkou oběžnou dráhu Země. Program urychlil technologický pokrok v mnoha oblastech souvisejících s raketovou technikou a pilotovanými kosmickými lety. Měsíční mise získaly dále cenná vědecká data a 382 kg měsíčních vzorků. Prováděné pokusy a pozorování zkoumaly mechaniku hornin, meteoroidy, šíření seismických vln, šíření tepla, měřily vzdálenost Měsíce od Země, magnetická pole a sluneční vítr.. Zanechané měřicí aparatury pracovaly do září 1977, pasivní odražeče je možno pro měření vzdálenosti Měsíce používat dodnes.

USA ani Rusko v nejbližší době s lety na Měsíc neuvažují, kosmický výzkum se nyní soustřeďuje hlavně na činnost ISS (mezinárodní kosmické stanice) a na vysílání sond k dalším planetám i za hranice sluneční soustavy.

USA po ukončení činnosti raketoplánů nemají k dispozici ani vhodnou vesmírnou lod' pro zásobování ISS, ani schopnou letu mimo orbitální dráhu. V těchto dnech se ale objevila v tisku zpráva, (v souvislosti s úspěšnou zkouškou spojení dvou jejích

kosmických lodí) že se k letu na Měsíc připravuje Čína. První lety mají být provedeny po roce 2017, přistání a výstup na povrch by se měly uskutečnit po roce 2020.

Vypracoval: ing. Jiří Valenta