

## Mezinárodní vesmírná stanice (ISS)

**Mezinárodní vesmírná stanice** (International Space Station – **ISS**) je umístěna na nízké oběžné dráze Země ve výšce kolem 400 km. První díl stanice, modul Zaria, byl vynesena na oběžnou dráhu 20. listopadu 1998. Stanice pak byla postupně budována, první stálá posádka vstoupila na stanici 2. listopadu 2000 a od té doby je trvale obydlena většinou šestičlennou posádkou. Vedle ruských a amerických modulů je ke stanici připojen i evropský a japonský modul a na projektu se podílí u dalších 70 států.

Program orbitálních stanic s posádkou běží již od sedmdesátých let minulého století. Americká stanice **Skylab** byla na oběžné dráze 6 let (1973-1979) v letech 1973-4 na ni pracovaly tři trojčlenné posádky celkem 171 dní. Sovětský program **Saljut** probíhal v letech 1971-1991, celkem bylo na oběžnou dráhu dopraveno 7 stanic pro dvou až tříčlennou posádku. Poslední stanice Saljut 6 a 7 pracovaly na oběžné dráze v letech 1977-82, resp. 1982-91 a posádky na nich strávily 683 resp. 816 dní.

Následující stanice **Mir** byla první dlouhodobě obydlená vědecká stanice ve vesmíru na oběžné dráze kolem Země. Její posádka byla tříčlenná, ale mohla pojmout až šest osob.. Stanice pracovala od roku 1986 do roku 2001, s výjimkou tří krátkých období byla nepřetržitě obydlena až do října 1999. Na oběžné dráze ve výšce 385-393 km byla 5510 dnů, z toho s posádkou 4591 dny. Stanice byla vybudována propojením několika modulů, které byly na oběžnou dráhu odděleně dopravovány v letech 1986-96.

Od března 1995 v rámci programu Shuttle-Mir létaly ke stanici i americké raketoplány, které přivážely zásoby a dočasně zvětšovaly obytné a pracovní prostory. Tím vzniklo v té době největší umělé kosmické těleso s celkovou hmotností 250 t, na kterém se vystřídal 104 kosmonautů a bylo provedeno celkem 31 200 experimentů a pozorování. Nejnebezpečnější situace., která na stanici vznikla byla srážka s nákladní lodí Progress v červnu 1997, kdy byl poškozen jeden modul a několik solárních panelů. V březnu 2001 byla stanice navedena do zemské atmosféry, z větší části v ní shořela a zbytky dopadly do Tichého oceánu.

V devadesátých letech USA a Rusko přestaly pracovat na svých vlastních projektech vesmírných stanic Freedom a Mir2 a spojily své síly na výstavbu společné **Mezinárodní vesmírné stanice** (ISS – International Space Station), v průběhu prací se přidaly i Kanada, Japonsko a Evropská vesmírná agentura (ESA). V letech 1995–98 se uskutečnilo 9 zkušebních spojení se stanicí Mir, při kterých se nacvičovalo připojování raketoplánů ke stanici a výměny posádek.

Přitom byla také odzkoušena mezinárodní spolupráce pro pozdější stanici ISS, zejména společné řízení letů stanice a raketoplánu ze dvou středisek řízení letů (v Houstonu a Koroljovu), společná práce mezinárodních posádek, využívání vybavení různého původu, sjednocení zásad zpracování dokumentace a další.

### **Stavba stanice ISS**

Pro stavbu stanice ISS bylo plánováno více než 40 montážních letů, z nich většinu zajistily americké raketoplány, zbytek ruské rakety Proton a Sojuz, zásobování stanice prováděly ruské bezpilotní nákladní lodě Progress.

První modul stanice - **Zarja** vynesla na oběžnou dráhu 20. listopadu 1998 raketa Proton. Modul Zarja původně byl určen pro zajišťování telekomunikačních služeb a řízení letu, později především jako skladovací prostor a zásobník. O 16 dní později se se Zarjou setkal raketoplán Endeavour a připojil k ní modul **Unity**, který slouží jako křižovatka modulů. Může k němu být připojeno až 6 dalších modulů. Tyto dva moduly nebyly schopny udržet potřebnou dráhu a byly nutné časté korekce.

Start dalšího modulu se opozdil pro finanční a jiné problémy a tak modul **Zvezda** byl vypuštěn až v červenci 2000 a připojen k modulu Zarja a tak vytvořil základ ruské části stanice. Servisní modul Zvezda slouží jako dočasný obytný prostor a zajišťuje dodávky elektrického proudu, telekomunikaci s pozemními středisky a korekce dráhy. V říjnu a listopadu 2000 dopravily ke stanici raketoplány Discovery a Endeavour první část centrální příhradové nosné konstrukce a první solární panely.



Zárodek stanice ISS - Unity (nahore) a Zarja

První stálá posádka, jejímž hlavním úkolem byla aktivace a zabydlení stanice dorazila na ni 2. listopadu 2000. V únoru 2001 pak raketoplán Atlantis k ní dopravil další modul **Destiny**, který byl připojen k modulu Unity. Modul Destiny je hlavním centrem vědeckých experimentů na stanici. Kosmonauti oživilí modul a v březnu 2001 raketoplán Discovery přivezl novou posádku a nákladní modul Leonardo do kterého byl naložen odpad. Raketoplán se pak s první posádkou stanice a odpadem vrátil zpět na zemi.

Důležitou součástí stanice je kanadský robotický manipulátor **Canadarm2**, který přivezl raketoplán Endeavour v dubnu 2001.. Robotický manipulátor je dlouhý 17,6 m, slouží k přemísťování lidí i nákladu podél příhradové konstrukce. Pro jemné a přesné montážní práce je možné k manipulátoru připojit robotickou nástavbu **Dextre**. V letech 2001 a 2002 bylo provedeno ještě 7 letů (z toho 6 raketoplány a 1 raketou Sojuz), které přivezly další části nosné konstrukce, solární panely a jiné části stanice.



### Práce s robotickým manipulátorem

Při stavbě stanice byla ověřována nová koncepce tzv. hlavního nosníku. Jeho více než 100 m dlouhá příhradová konstrukce tvoří kostru stanice (Integrated Truss Structure).

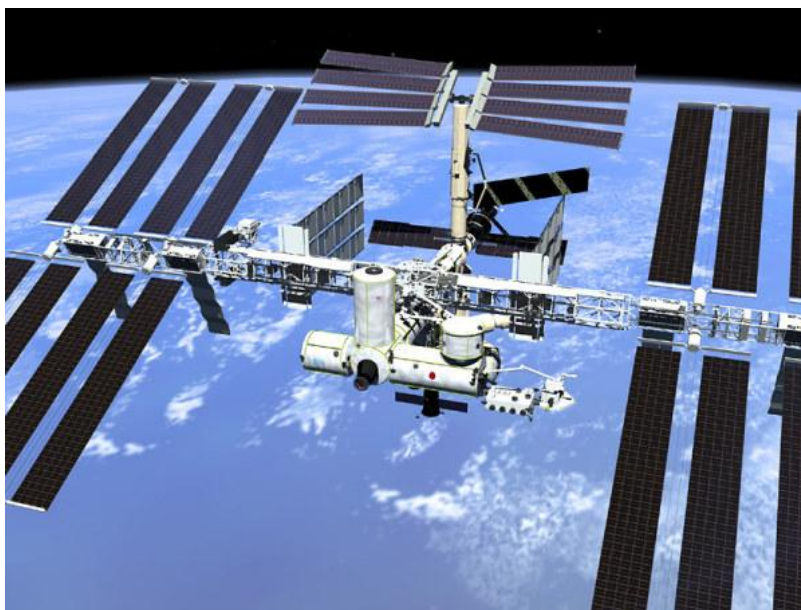
Na obou koncích konstrukce jsou připojeny solární fotovoltaické panely a ve středu nosníku jsou připevněny vlastní hermetizované moduly a další části stanice. K usnadnění výstavby a redukci výstupů do kosmického prostoru je podél hlavního nosníku vybudován mobilní servisní systém, jehož součástí je i robotické rameno Canadarm2.

Po havárii raketoplánu Columbie v roce 2003 došlo k několikaletému pozastavení letů raketoplánů a výstavba stanice tak nabrala zpoždění. Další lety byly zahájeny až v červenci 2005. Po obnovení letů raketoplánů byly připojeny také dvě další laboratoře - japonský komplex **Kibó** (březen, květen a červenec 2008) a evropský laboratorní modul **Columbus** (únor 2008) s venkovní plošinou.

Celkem bylo v letech 2005 až 2011 provedeno 19 letů ( 18 raketoplány a 1 raketou Sojuz), čímž byla stanice prakticky dokončena.

Po svém dokončení v roce 2011 má ISS celkový vnitřní přetlakový objem (ve kterém je udržován tlak 1013 hPa) téměř 1000 m<sup>3</sup> a hmotnost okolo 450 t. Energie potřebná pro provoz se získává z fotovoltaických článků o energetickém výkonu 110 kW (**W** je hlavní jednotka výkonu. 1 watt je výkon, při němž se vykoná práce 1 joulu za 1 sekundu. )

Rozpětí stanice je 108,4 m, délka 74 m ( v ose modulů 51 m), výška 27,5 m.



ISS po svém dokončení v roce 2011

Stanice ISS je umístěna na mírně eliptické nízké oběžné dráze země ve výšce okolo 400 km. (perigeum 402 km, apogeum 424 km - stav 3.12.2012) a sklon dráhy k rovníku je  $51.64^\circ$ . Tato dráha byla zvolena pro svou ekonomickou dostupnost z amerických i ruských kosmodromů a proto, že poskytuje možnosti pozorování většiny neobydlenějších míst na Zemi. Nepatrné zbytky zemské atmosféry v této výšce ale způsobují pozvolné snižování oběžné dráhy stanice (zhruba o 100 m denně) , která musí být periodicky udržována. To je zajišťováno raketovými motory servisního modulu Zvezda nebo častěji pomocí motorů zásobovacích lodí Progress nebo ATV.

Při průměrné rychlosti 7 700 m/s (27 720 km/h) je doba oběhu 92,8 min, takže za den vykoná stanice 15,7 oběhů kolem Země. Ke dni 3.12.2012 byla na oběžné dráze 5 127 dní, z toho s posádkou 4 414 dní, Orientace stanice na oběžné dráze je určována s ohledem na optimální polohu solárních panelů směrem ke Slunci a na vhodnou pozici radiátorů chladicího systému. Musí též usnadnit manévrování připojovaných kosmických lodí. Pro udržování a změny orientace jsou na stanici dva různé systémy:

- systém gyroskopů, který využívá momentu rotujících setrvačníků. Změnou rychlosti jejich otáčení je dosahováno otáčení stanice kolem příslušné osy. Pro pohon setrvačníků se využívá elektrická energie dodávaná ze solárních článků
- Systém raketových korekčních trysek, který využívá malé raketové motorky umístěné na různých místech stanice. Kapalné pohonné látky pro ně musí být dodávány Země .

## **Zásobování stanice**

Převážnou část dopravy materiálu i kosmonautů zajišťovaly až do léta 2011 americké raketoplány, ruský podíl dopravy obstarávaly kosmické lodě Sojuz a bezpilotní zásobovací lodě Progress. První evropská zásobovací loď ATV (nazvaná Jules Verne) odstartovala k letu ke stanici v březnu 2008, první japonská loď HTV v září 2009. V květnu 2012 se pak ke stanici poprvé připojila i americká kosmická zásobovací loď **Dragon**, která byla vyvinuta soukromou firmou SpaceX s podporou NASA.

Pro budoucnost jsou v USA vyvíjeny kosmické lodě **Cygnus** (první zkušební lety by měly proběhnout ještě letos) a **Orion**, u kterého je první let je plánován na rok 2016..

**Progress** je automatická nákladní kosmická loď odvozená z pilotované transportní lodě typu Sojuz. Do vesmíru je vynášena různými variantami nosných raket. Její vzletové hmotnosti je až 7250 kg, z toho vlastní náklad až 2600 kg. Výdrž lodi ve spojení se stanicí je 6 měsíců. Motorů této lodi se obvykle využívá též ke korekcím oběžné dráhy stanice. Po splnění všech úkolů je nákladní loď naplněna odpadky a věcmi určenými k likvidaci, odpojí se od stanice a je navedena do atmosféry Země, kde shoří. Do června 2009 bylo úspěšně vysláno 121 těchto nákladních lodí.

**Sojuz** je pilotovaná kosmická loď, vzletová hmotností je až 7220 kg, z toho hmotnost návratového modulu 2950 kg, je určena pro tříčlennou posádku a 120 kg nákladu. Na oběžnou dráhu je dopravena nosnými raketami. Posádka je během návratu do atmosféry vystavena přetížení okolo 3,8 g. Poslední varianta Sojuz TMA-M se používá jako transportní a záchranný prostředek. Let kosmické lodi ke stanici ISS trval obvykle dva dny, od března 2013 je dráha letu upravena tak, že k připojení lodi ke stanici dojde již po 6 hodinách po startu.

**ATV** (Automated Transfer Vehicle) je kosmická loď postavená a provozovaná Evropskou kosmickou agenturou určená k zásobování ISS. Je dopravena na orbitu do výšky 300 km pomocí nosné rakety Ariane 5. Po splnění svého poslání je naplněna odpadem a navedena řízeně do atmosféry, kde shoří. Dosud byly vyslány 4 lodi ATV, jsou schopny dopravit na ISS až 7 t nákladu.

**HTV** (H-II Transfer Vehicle) je nákladní bezpilotní kosmická loď Japonské kosmické agentury (JAXA). Bez nákladu váží 10,5 t. Je podobná evropskému ATV, ale liší se způsobem připojení k ISS. Zatímco ATV se pomocí automatického stykovacího zařízení připojí samo, loď HTV se ke stanici jen přiblíží na cca 10 metrů a je posádkou stanice pomocí robotického manipulátoru Canadarm 2 uchopena, přitažena a spojena se stanicí.

Stejně jako ostatní zásobovací lodě i HTV je po vyložení zásob postupně zaplněna odpadem stanice a shoří v atmosféře. Loď unese až 6 t nákladu, dosud byly ke ISS vyslány 2 lodě HTV.

**Raketoplány** jsou vesmírné lodi postavené v rámci programu **Space Shuttle** pro pilotované lety. Celkem bylo zkonstruováno 5 plně funkčních exemplářů, které vedle letů k ISS plnily i další úkoly.

Družicový stupeň raketoplánu tvoří jednoplošník s deltovitým křídlem o celkové délce 37,24 m, výšce 17,25 m a rozpětí 23,79 m. Jeho prázdná hmotnost se pohybuje kolem 90 t. Družicový stupeň má tři hlavní části:

- dvoupodlažní kabina pro posádku (7, nouzově až 10 osob) a řídicí systémy
- trup s nákladovým prostorem o rozměrech 18,3×5,2×4,0 m tj. cca .380 m<sup>3</sup>
- motorový prostor

Povrch raketoplánu je pokryt systémem tepelné ochrany TPS (*Thermal Protection System*), chránícím trup raketoplánu před aerodynamickým ohřevem během sestupu do atmosféry Země.



Raketoplán Discovery

První let do vesmíru provedl raketoplán **Columbia** v dubnu 1981 a vykonal celkem 28 misí. Při návratu z mise ke stanici ISS v únoru 2003 havaroval během sestupu atmosférou vlivem poškození části tepelné ochrany. Další exemplář **Challenger** (první start v dubnu 1983) vykonal celkem 10 letů. Byl zničen při explozi během startu v lednu 1986. Při obou haváriích zahynuly celé posádky.

Další raketoplány **Discovery** (předán v roce 1983), **Atlantis** (1985) a **Endeavour** (1991) pracovaly až do roku 2011. První dva absolvovaly 33 startů, Endeavour 25. Celkem ztrávily ve vesmíru 1330 dní.

### **Posádka stanice**

Několikačlenná posádka ( je označována jako „Expedice“) pobývá na stanici obvykle po dobu šesti měsíců, bývá smíšená, přičemž každá z hlavních zemí projektu (USA a Rusko) je zastoupena alespoň jedním svým členem.

Další členy posádky mohou nominovat i ostatní kosmické agentury, zúčastněné na projektu. Jeden z členů posádky je vždy jmenován velitelem („vědecký pracovník“- Science Officer) a má hlavní rozhodovací pravomoci na ISS, ostatní jsou palubní inženýři.

V prvním období osídlení (Expedice 1 – 6) do května 2003 – byla stanice obsazována tříčlennými posádkami složenými z kosmonautů USA a Ruska.



Druhé období osídlení (Expedice 7 – 13) od května 2003 do července 2006 bylo ovlivněno zkrácením letů raketoplánu Columbia. Pozastavením letů raketoplánů došlo k omezení zásobovacích možností stanice (prováděly je jen lodi Sojuz) a proto byl posádka stanice jen dvoučlenná, - vždy jeden Rus a jeden Američan.

Třetí etapa osídlení započala v červenci 2006 po obnovení pravidelných letů raketoplánů. Byl zaveden systém, při kterém byli dva členové základní posádky rotováni vždy po šesti měsících pomocí kosmických lodí Sojuz.

Noví členové posádky se ve své lodi připojili k ISS a přibližně při týdenním společném letu obou posádek docházelo k aklimatizaci a předávání stanice a experimentů. Potom se stará posádka vracela se na Zem. Délka pobytu závisela na frekvenci letů raketoplánů a proto kolísala mezi šesti týdny až šesti měsíci.

V rámci příletů kosmických raketoplánů ke stanici ISS bývala na období zhruba dvou týdnů rozšířena základní posádka stanice o návštěvnickou posádku raketoplánu,. Na stanici pak přebývalo až 10 kosmonautů, což umožňovalo efektivně plnit náročný harmonogram výstavby včetně kosmických výstupů. Zvětšená posádka ovšem poměrně značně zatěžovala zdroje stanice.

Stálá posádka ISS je od května 2009 šestičlenná.. Tento stav je zabezpečen zvýšením počtu trvale zakotvených lodí Sojuz na dvě.

Průměrný den pro posádku začíná v 6:00, následuje ranní toaleta, kontrola stavu stanice. Po snídání se připraví se na denní práci a s řídicím střediskem upřesní denní program.

Pracují pravidelně od 8:00 do 13:00 a po hodinové přestávce na oběd až do 19,00, kdy se sejdou na konferenci s řídicím střediskem nad programem na příští den.

Večeře začíná v 19:30, příprava jídla na příští den, kontrola systémů stanice, večerní osobní hygiena a od 21:30 se uloží do spacích pytlů. Během dne věnuje pravidelně 2,5 hodiny cvičení.

## Věda a výzkum na stanici

Na stanici ISS jsou prováděny experimenty, které z velké části využívají specifické prostředí stanice, především mikrogravitace. Mezi hlavní oblasti výzkumu se řadí experimenty z oblasti biologie (biomedicína a biotechnologie), fyziky (dynamika kapalin, materiálové vědy, kvantová fyzika), astronomie (kosmologie) a meteorologie.

V oblasti biologie je hlavní úsilí věnováno studiu vlivu dlouhodobého pobytu člověka ve vesmíru. Jsou analyzovány negativní vlivy jako odvápnování kostí, svalová atrofie, transport tělních tekutin.

Důležitou roli zastává výzkum vlivu kosmického záření a radiace na člověka, zejména na jeho nervovou soustavu. Je rovněž sledováno chování malé posádky v uzavřeném prostředí stanice.

Jedním z cílů těchto výzkumů je příprava technologií a postupů nutných pro dlouhodobé pilotované mise v rámci sluneční soustavy, pobyt na Měsíci a výhledově i mise na planetu Mars.

Hlavní část výzkumu se provádí a je soustředěna do tří laboratorních modulů:

- Destiny – slouží jako hlavní všeobecná laboratoř. Je to nejstarší vědecký modul stanice.
- Columbus – je zaměřen na biologické a biomedicínské experimenty a výzkum
- Kibó – největší laboratoř zaměřená na materiálový výzkum a astronomii

Dalším zařízením jsou venkovní nepřetlakové plošiny Express Logistics Carriers, na kterých jsou prováděny experimenty v kosmickém prostředí a vakuu. V roce 2011 byl na stanici umístěn alfa částicový spektrometr AMS-2, jehož úlohou je dlouhodobý vědecký výzkum antihmoty, temné hmoty a kosmického záření.

Vypracoval: ing. Jiří Valenta