

A Nemzetközi Űrállomás

BOTH ELŐD, a Magyar Űrkutatási Iroda igazgatója

both@hso.hu

Kulcsszavak: *emberes űrrepülés, nemzetközi űrprogramok, mikrogravitáció*

Az emberes űrrepülések első évtizedében, a 60-as években az űrhajók csak rövid időre tették lehetővé az ember számára a világűrben tartózkodást. Mire az űrhajósok szervezete igazán hozzászólt a súlytalanság körülményeihez, hamarosan vissza kellett térniük a Földre. A sikeres kísérleti repülésekkel egyidőben merült fel az igény nagyobb, tágasabb, komfortosabb és az ember hosszabb időtartamú munkavégzését is lehetővé tevő űreszközök, az úgynevezett űrállomások létesítésére.

Az űrkutatás történetének első űrállomását, a Szaljut-1-et az egykori Szovjetunió a 70-es évek elején állította Föld körüli pályára. Ezt a részben katonai, részben polgári célokat szolgáló sorozat további öt tagja követte. Időközben az amerikaiak 1973-74-ben az Apollo program farvizén kifejlesztett Skylab űrállomáson végeztek sikeres kísérleteket. A Szovjetunió 1982-ben állította pályára a Mir űrállomás alapegységét, melyet később Oroszország „örökölt”. Ez volt az első modul rendszerű űrállomás, egy évtizedig tartó teljes kiépítése során az alapegységhez különböző funkciójú kutatóegységeket kapcsoltak. A Mir valóban hosszú időtartamú űrrepüléseket tett lehetővé, volt olyan alapegység, amely egy évnél hosszabb ideig dolgozott a fedélzetén.

Kutatási kapacitására való tekintettel itt kell megemlíteni az amerikai Spacelab és Spacehab űrlaboratóriumokat is, ám ezek a szó szoros értelmében nem tekinthetők űrállomásnak, hiszen csupán az űrrepülőgépek rakodóterében, tehát korlátozott időtartamig használhatóak.

Mindezen űreszközök részletes leírása és repüléseik története túlnőne cikkünk keretein, így erre itt nem térünk ki részletesen. Annyi mindenesetre megállapítható, hogy – ellentétben az űrkutatás számos más területével – az űrállomások alkalmazásában Oroszország a korábbi évtizedekben sokkal több tapasztalatra tett szert, mint az Egyesült Államok.

Amerikai tervek

A Mir pályára állítását követő évben, 1983 áprilisában Ronald Reagan amerikai elnök szakmai tanácsadó testületet kért fel a NASA űrállomás-terveinek véleményezésére. Ennek alapján 1984. januárban az Unió helyzetéről tartott beszédében javasolta, hogy a NASA 8 milliárd dolláros költséggel építsen állandóan lakható, nemzetközi űrállomást. A célkitűzés nyilvánvalóan politikai indíttatású volt, hiszen javában tartott a hidegháború és a vele együtt járó űrverseny, ezért a nyugati országoknak – amerikai vezetéssel – nagyszabású, lát-

ványos akcióval kellett ellensúlyozni a sikerekkel kecsegtető szovjet lépést.

A NASA 1984. január 27-én létrehozta az űrállomás tervezéséért felelős önálló igazgatóságát. 1985-ben az Európai Űrügynökség (ESA), Kanada és Japán csatlakozott a programhoz, anyagilag is részt vállalva a megvalósításban. A következő év elején azonban a Chalenger űrrepülőgép tragikus balesete beárnyékolta az egész amerikai űrprogramot. A NASA-t súlyos vádak érték, a szervezet helyzete megrendült. Az átdolgozott űrállomás-tervek – kezdetben 10,9 milliárd, 1987 elejére 13 milliárd dollárért – azonban segítették a NASA talpra állását. Mindamellet a Nemzeti Kutatási Tanács szakértői 1987-ben a költségeket legalább 24,5 milliárdra becsülték. 1988. július 18-án a leendő űrállomás a hivatali ideje utolsó évét töltő Reagan elnöktől a kezestségben a Freedom (Szabadság) nevet kapta.

1989 nyarán az új elnök, George Bush az amerikai űrkutatás fő céljaként az emberes Mars-expedíciót és a Holdra történő visszatérést jelölte meg. Egyidejűleg csökkentették a NASA teljes költségvetését, ezért az űrállomás-programot is redukálni kellett. Időközben Olaszország tárgyalásokat kezdett a NASA-val, miszerint az ESA-tól függetlenül, közvetlenül is részt vennének az űrállomás létrehozásában.

A kelet-európai politikai változások közepette 1991. július 31-én Bush elnök egyezményt írt alá Gorbacsov szovjet elnökkel a NASA-Mir programról, melynek keretében amerikai űrhajósok a Miren, egy orosz űrhajós pedig az amerikai űrrepülőgépen vesz részt űrutazáson. Egy évvel később Daniel Goldin, a NASA új főigazgatója már azért látogatott Moszkvába, hogy megismerje Oroszország űrprogramját. 1993-ban immár Clinton elnök ismét áttevettette az űrállomást, a költségeket felére kellett csökkenteni. 1993. december 16-án a NASA megegyezett Oroszországgal, hogy az amerikai űrrepülőgépek 10 alkalommal meglátogatják a Mirt. A közös kísérleteket a Nemzetközi Űrállomás orosz közreműködéssel történő megvalósítása első szakaszának tekintették. Mindez a NASA-nak 400 millió dollárba került.

1995 nyarán az USA Számvevőszékének számításai szerint az űrállomás teljes költségvetése a végelszámolásnál 93,9 milliárdra rúg majd, amiből 50,5 milliárdot tesznek ki az űrrepülőgépek repülései. Ugyancsak 1995-ben a Nemzetközi Űrállomás építésének fővállalkozója, a Boeing 190 millió dolláros szerződést kötött az orosz Krunyicsev céggel az FGB jelű modul megépítésére. Ez a modul lett 1998. novemberben az új űrállomás elsőként, immár Zárja néven pályára állított eleme. 1997-ben a NASA köreiből kételyek merültek fel, hogy Oroszország gazdasági nehézségei ellenére vállalni tudja-e kötelezettségeit. Ugyanakkor 1997 végén Brazília is bejelentette, hogy csatlakozik a nagyszabású terv megvalósításához.

Verseny helyett együttműködés

A Nemzetközi Űrállomás gondolata ugyan még a hidegháború és az űrverseny idején fogant, mire azonban a megvalósítás karnyújtásnyi közelségbe került, megváltozott a világpolitikai helyzet. A verseny helyét az együttműködés vette át, így ma már joggal elmondható, hogy az űrkutatás történetének legnagyobb orbitális szerkezete valamennyi űrhajózó nemzet békés célú összefogása eredményeképpen jön létre.

A Nemzetközi Űrállomás történetének fontos mérföldköve volt 1998. január 29. Ezen a napon az érintett űrügynökségek vezetői Washingtonban 15 ország képviseletében aláírták a Nemzetközi Űrállomásra szóló kormányközi egyezményt. Ez helyettesíti az ebben a témában kötött összes korábbi két- és többoldalú megállapodást. A szerződő partnerek: az Egyesült Államok, Oroszország, Kanada, Japán, valamint az ESA akkori 15 tagországa közül 11 (Írország, Ausztria, és Finnország nem vesz részt a költséges programban). A program 16. résztvevője Brazília, amely utólag csatlakozott.

A szerződés szerint az Egyesült Államok vezetésével létesülő űrállomás minden idők legnagyobb nemzetközi tudományos-műszaki programja lesz. A 45 űrrepülőessel több mint 100 fődarabból a világűrben összeszerelendő kutatóbázis teljes kiépülése után hét űrhajósra adhat otthont. A csaknem 460 tonnás berendezés méretét futballpályáéhoz szokták hasonlítani. A tudományos kutatást hat nyomás alatt álló laboratóriumi modul, valamint több, a szabad világűrbe kihelyezett kísérleti platform fogja szolgálni. Létrehozásában a résztvevő űrügynökségek több mint százezer alkalmazottja, valamint több száz szerződéses partner cég munkatársai vesznek részt.

Meggyőződésünk, hogy az épülő űrállomás legfőbb jelentősége éppen az emberiség nemes cél érdekében vállalt, nagyszerű összefogásában rejlik. Minden egyéb másodlagos ehhez képest. Mindamellet hangúlyoznunk kell, hogy szakmai (tudományos) szempontból az űrállomás létrehozása nem jelentheti az együttműködés végcélját, csupán eszköz valamilyen nagyra törő tudományos kutatási program megvalósításához. A nagyszabású vállalkozás létjogosultsága csakis akkor

igazolható, ha az űrállomás használata során a ráfordítással arányos mennyiségű és értékű kutatási eredmény születik.

Az űrállomás egyezmény 15 ország által történt aláírása nem jelenti azt, hogy a további országok ki lennének zárva a programból, a tudományos programok ugyanis általában az egész világ kutatói számára nyitottak. Itt mondjuk el, hogy már hazánk is bekapcsolódott az űrállomás programjába. A KFKI Atomenergia Kutató Intézetében kifejlesztett és készített Pille sugárzásmérő berendezés első példányát már 2001 márciusában felvitték az amerikaiak az Űrállomásra, ahol a DOSMAP kísérletsorozat keretében csaknem fél évig használták. A világűrben már többször sikerrel vizsgázott műszer korszerűsített változatával a kabin belsejében és az űrűrték során az űrhajósokat érő sugárterhelést kísérték figyelemmel. Ugyanennek a műszernek egy másik példányát az orosz szolgálati rendszer részeként 2003 nyarán felvitték az űrállomásra. A Pille szolgáltatásra október végétől került sor, amikor az e sorok írásakor is a világűrben tartózkodó 8. expedíció (a Pille használatára kiképzett) legénysége felváltotta a korábban az ISS-en tarózkodó űrhajósokat.

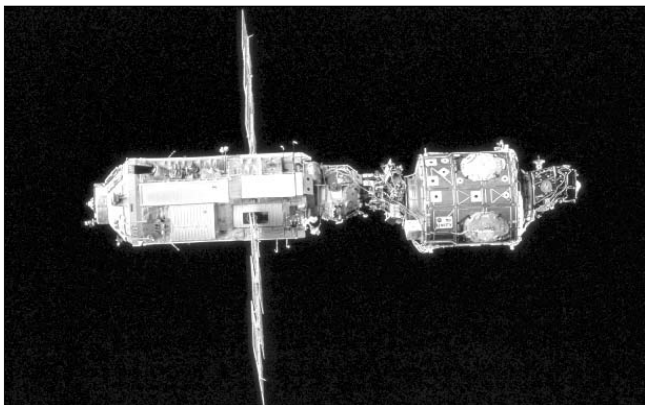
Ugyancsak a magyar űrkutatás jelentős sikere, hogy az ESA egyik kutatási pályázatán elfogadta egy magyar biofizikai kísérlet tervét. Az MTA Biofizikai Kutatólaboratórium munkatársai külföldi partnereikkel együtt biológiailag fontos, kristályos anyagokat akarnak elhelyezni az egyik, kabinon kívüli kísérleti csomagban, hogy megfigyeljék a távoli ibolyántúli sugárzás hatását ezen anyagokra.

Az építkezés

Az ISS építése első szakaszának a NASA űrhajósai által a Mir űrállomáson a 90-es évek második felében végrehajtott, több hónapos űrrepüléseket tekintik. Ennek során az amerikai űrhajósok tapasztalatokat szereztek az űrállomás üzemeltetésében és az ISS-en végrehajtandó, nagyszabású tudományos program előkészítéseként bekapcsolódtak a fedélzeten folyó kutatómunkába.

Az építkezés második szakaszát az orosz és az amerikai építőelemek világűrben történő összeszerelése jelenti. Ez a szakasz a tervek szerint 2004-ig tartott volna, azonban a Columbia tavalyi szerencsétlensége az amerikai űrrepülőgép-programmal együtt az ISS építését is jelentősen visszavetette. Végül az építkezés harmadik szakaszában az űrállomáshoz hozzákapcsolják az európai, a japán és a kanadai elemeket, majd elvégzik az állomás végső beállításait. Ennek időpontját majd csak az űrrepülőgépek újraindulását követően lehet megjósolni.

A tényleges építkezés, vagyis a program második szakasza 1998-ban kezdődött. 1998. november 20-án reggel 6:40 világidőkor a bajkonuri űrrepülőterről magasba emelkedett az a Proton hordozórakéta, amely az űrállomás első elemét, az amerikai megrendelésre



1. ábra A kezdetek.
Az első amerikai modul, a Unity (jobbra) és az első orosz modul, a Zárja, nem sokkal az összekapcsolásuk után, 1998 decemberében. A felvétel az Endeavour űrrepülőgép fedélzetéről készült. (Fotó: NASA)

Oroszországban épített Zárja (Hajnalpír) nevű modul 390 km magas Föld körüli pályára állította. Két héttel később, december 4-én a floridai Kennedy Űrközpontból indult 12 napos útjára az Endeavour űrrepülőgép, rakodóterében az űrállomás második, Unity nevű blokkjával. A repülés harmadik napján az űrhajósok összekapcsolták a két modult, ezzel lerakták a sok éven keresztül épülő Nemzetközi Űrállomás alapkövét.

Az ISS-t száznál több, kisebb-nagyobb darabból állítják össze, amelyeket az amerikai űrrepülőgépekkel, valamint orosz Szojuz és Proton hordozórakétákkal állítanak Föld körüli pályára.

Az űrállomás elemei öt nagy csoportba sorolhatók. Természetesen legfontosabbak a modulok, ezek a nagyjából azonos méretű, henger alakú tartályok, amelyek belsejében az űrhajósok életfenntartásához és munkájához megfelelő körülményeket biztosítanak. Az összekötő elemek (node) kapcsolják egymással össze a modulokat, biztosítják az elágazás lehetőségét, illetve az ide kapcsolódó zsilipkamrákon keresztül lehetővé teszik az űrsétákat. A rácsos tartó elemeiből épül fel az űrállomás gerince, amelyre a napelemeket erősítik. Utóbbiak gondoskodnak az ISS elektromos energiával történő ellátásáról. Végül, amire kevesen gondolnak, külön hőleadó egységekre van szükség ahhoz, hogy a termelődő fölösleges hőtől meg tudjanak szabadulni.

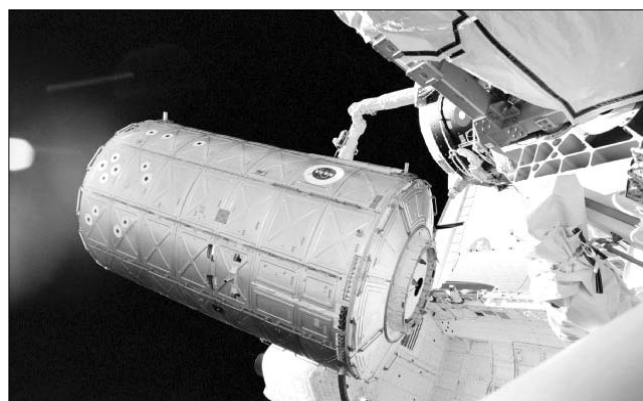
A negyvennél is több tervezett repülésnek már csaknem a felét végrehajtották. Az első két elem összekapcsolása után mérföldkőnek számított az ISS történetében 2000 nyara, amikor a Zvezda modul hozzákapcsolásával lehetővé vált az űrhajósok életfeltételeinek biztosítása. Még abban az évben útnak indult az első állandó személyzet. A következő év elején érkezett meg a nagy, amerikai laboratóriumi modul, a Destiny. Üzembe állították az úgynevezett logisztikai modulokat, melyek lényegében hatalmas, utánpótlást és egyéb anyagokat szállító konténerek. Felszerelték a további építkezéshez nélkülözhetetlen, kanadai gyártmányú robotkارت, és megkezdték annak a rácsos tartónak a kiépítését, amelyik majd a legnagyobb napelemtáblákat fogja tartani.

A Columbia űrrepülőgép 2003. februári katasztrófája miatt az Egyesült Államok hosszabb időre leállította az űrrepülőgép indításait. Ez súlyosan érintette az űrállomás-programot is. A személyzet váltását azóta orosz Szojuz űrhajókkal biztosítják, és a korábbi három helyett csak két űrhajós tartózkodik a fedélzeten. Az űrhajósok nem fogadnak látogatókat sem, akik korábban az űrrepülőgéppel rendszeresen felvitték az újabb elemeket. Minthogy szünetel az építkezés, a személyzet tagjai űrsétákat sem hajtanak végre. A tudományos kísérletek számát is erőteljesen csökkentették, csak a legfontosabbakat végzik el, emellett egyes oktatási programokat folytatnak.

Jelenleg az ISS tömege 187 tonna, ami a teljes tömeg mintegy 40%-a. Lakható térfogata 425 köbméter, a napelemtáblák felülete 892 négyzetméter. Az űrállomás legnagyobb kiterjedései három egymásra merőleges irányban 73, 44 és 27 méter. A floridai Kennedy Űrközpontban további, mintegy 75 tonna tömegű alkatrész áll készenlétben, hogy folytatódhasson az ISS építése. (E sorok megírásakor – 2004 januárjában – az űrrepülőgép-program újraindítását a szakemberek 2004 őszére várják.) A kész elemek között található egyebek között a második amerikai kutatólaboratórium és a Kibo nevű japán modul. Ha mindezeket a már elkészült elemeket beépítik, akkor a tudományos laboratóriumok térfogata megháromszorozódik, háromszorosára nő a napelemek felülete, és 80 százalékkal több energia áll majd a kutatási programok rendelkezésére.

Megemlíthetjük még, hogy az űrállomás az egyenlítővel 51,6 fokos szöveget bezáró pályasíkban kering a Föld körül, így ennek következtében időnként hazánk fölött is elrepül. Ha átvonulása az esti vagy a hajnali szürkület idejére esik, a csaknem 400 km magasan keringő szerkezetről visszaverődnek a Nap sugarai, így szabad szemmel könnyen megfigyelhető az általában nyugatról kelet felé mozgó fénypont. Kedvező esetben már most is a fényesebb csillagokhoz hasonló a fénye, és ahogy nő a mérete, úgy válik egyre ragyogóbbá. A mindenkori láthatóságára vonatkozó előrejelzés az interneten keresztül a www.heavens-above.com címről tetszés szerinti földrajzi helyre lehívható.

2. ábra Az űrrepülőgép robotkarja megragadja és kiemeli a rakozótérből a Destiny amerikai kutatómodult, hogy hozzákapcsolhassák az ISS többi részéhez. A felvétel az Atlantis fedélzetéről készült, 2001. februárban. (Fotó: NASA)



Az építés fázisában az ISS 3 fős személyzetnek adhat otthont. A normális üzemmenetben alkalmazott alapelv szerint az egyik állandó személyzet parancsnoka amerikai, két tagja pedig orosz, a következőnek viszont orosz a parancsnoka, és a két tagja amerikai. Ettől a rendszertől kényszerűségből eltértek, mióta „takaréklángon” üzemeltetik az űrállomást, azóta egy orosz és egy amerikai űrhajós alkotja a személyzetet. Jelenleg a nyolcadik állandó személyzet, Michael Foale és Alekszander Kareli lakja az űrállomást.

Tavaly júliusban ünnepelték meg, hogy ezer napja tartózkodik személyzet az állomáson. Ez idő alatt az első hét legénység 10 amerikai és 10 orosz tagja átlagosan 4-6 hónapot töltött el a világűrben. Az űrállomásról 26 űrsétát végeztek el, emellett az űrrepülőgép ottjártakor további 25 űrsétára került sor, melyek során az űrhajósok összesen 317 órát töltöttek a világűrben. Az űrhajósok 11 alkalommal fogadták az űrrepülőgép látogatását, 10 orosz Progressz teherűrhajóról rakodták át az egyenként több tonna utánpótlást, továbbá négy Szojuz űrhajó látogatását is fogadták, közöttük kettőnek az első két űrturista is az utasa volt. Mégis talán a legszokatlanabb – és a bulvársajtó fantáziáját is megmozgató – esemény tavaly nyáron történt az űrállomáson, amikor a hetedik személyzet orosz tagja, menet közben megnősült. Az űrállomás építése mellett a személyzet megkezdte a tudományos munkát is, eddig már csaknem 150 különféle kísérletet végeztek el.

A tudományos program

Sokan kételkednek az egész űrállomásprogram létjogosultságában. Őket csak a sikeres és hatékony tudományos program győzheti meg. Lássuk, mit ígérnek az űrállomás tervezői! Természetesen cikkünkben csak rövid áttekintést adhatunk arról, amit bárki elolvashat a <http://spaceflight.nasa.gov/station/science/index.html> honlapról kiindulva elérhető dokumentumokban.

Az űrfizika területén mindenképp a Világegyetem fejlődését és szerkezetét, valamint a Naprendszer akaráját vizsgálni, továbbá idegen bolygórendszereket keresnek és megpróbálják feltárni azok eredetét. Fontos terület a Nap-Föld fizikai kapcsolatok kutatása, mert ez közvetlen hatással van a világméretű távközlési rendszerek működésére, valamint a földi időjárás és az éghajlat hosszú távú változásaira.

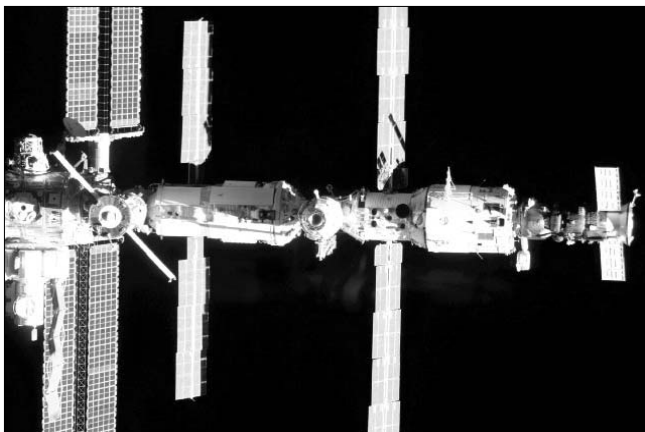
Az űrélettani kutatásokon belül a NASA két fő irányt jelölt ki. Az orvosbiológiai vizsgálatok segítenek megismerni az emberi szervezet fiziológiai és pszichológiai viselkedését a hosszú időtartamú űrrepülések során. E területen kiemelt szerepet kap az űrhajósokat érő sugárterhelés rendszeres mérése, amelynek egyik eszköze, mint említettük, a magyar Pille műszer.

A gravitációs biológiai vizsgálatok célja inkább alap kutatás jellegű. A molekuláris biológiai szinttől kezdve a sejteken keresztül a különféle biológiai és ökológiai rendszerek viselkedéséig vizsgálják a súlytalanság hatását. A kutatók a mikrogravitáció körülményei között például fehérjéket vagy csaknem tökéletes belső szerkezetű félvezető kristályokat állíthatnak elő. Vizsgálhatják az immunrendszer és az emberi szervezet más részeinek működését a súlytalanság viszonyai között. A mikrogravitáció hatására megváltozik az agy, az idegek, az izmok, a csontok működése. Ezeknek az alig észrevehető változásoknak a nyomon követése hozzásegíthet egyes, a Földön előforduló betegségek gyógyításához.

A mikrogravitációs vizsgálatok bizonyos alapvető fizikai kutatások mellett négy fő területre terjednek ki. Az anyagtudományok célja mindenképp a világűrben előállított anyagok szerkezetének, termikus, mágneses, kémiai és tulajdonságainak vizsgálata. Fontos kérdés, hogy befolyásolja a Földön a gravitáció által működtetett konvekció és ülepedés hiánya az anyagok kialakulását. A kutatások végcélja, hogy a Földön használható módszereket és anyagokat dolgozzanak ki.

Érdekességek

- A Nemzetközi Űrállomás teljes tömege megközelíti az 500 tonnát (455,8 t).
- Egymástól legtávolabbi két pontja között 108,6 méter lesz a fesztávolság, az űrállomás hossza pedig 79,9 méter lesz.
- Nyomás alá (101,36 kilopascal) helyezett belső térfogata 1200 köbméter, annyi, mint egy Boeing-747 belső tere.
- Darabjait az amerikai űrrepülőgépek, valamint az orosz Proton és Szojuz hordozórakéták 45 részletben szállítják.
- Energiaellátásáról négy napelemes egység gondoskodik, egységenként 23 kW teljesítménnyel. A napelemtáblák felülete 4200 négyzetméter.
- Az elektromos rendszerhez 12,5 km kábelt használnak fel.
- Az elektronikus egységek megépítéséhez 1900 fajta ellenállást, 500 féle kondenzátort és 150 féle tranzisztort használnak.
- Az űrállomásnak négy, a Föld felé néző ablaka lesz.
- Az önálló lakóegységen kívül legfontosabb egységei a hat kutatómodul, melyek közül egy amerikai, egy európai (ESA), egy japán és három orosz.
- Az űrállomás vezérlését 52 számítógép végzi. Ezek közül 16 folyamatosan felügyeli az állomás fizikai állapotát regisztráló 2000 érzékelő adatait. Programjuk nem kevesebb, mint 400 ezer sorból áll.
- Két számítógép gondoskodik a Földet 90 percenként megkerülő állomás mindenkor helyes tájolásáról.
- A repülésirányító számítógépprogram 1,7 millió sorból áll.
- A kanadai gyártmányú, 16,5 m hosszú robotkar teherbírása 125 tonna (természetesen a súlytalanságban „csak” a megmozgatott teher tehetetlenségét kell legyőzni). A robotkar a hosszanti rácsos tartó mentén elmozdítható.



3. ábra
Így nézett ki a Nemzetközi Űrállomás 2001 végén.
A felvétel készítésekor már a negyedik, háromfős
legénység tartózkodott az ISS fedélzetén. (Fotó: NASA)

Ehhez kapcsolódik a folyadékok és gázok súlytalanságbeli viselkedésének kutatása. Jelentősek lehetnek a világűrben végzett égésvizsgálatok földi alkalmazásai, hiszen energiaszükségletünk 85%-át valamilyen égési folyamatból nyerjük. Ha a kutatások eredményeképpen csupán 2%-kal hatékonyabbá tehető az égési folyamat, akkor ez az Egyesült Államok számára évi 8 milliárd dollár megtakarítást jelenthet. Emellett a hatékonyabb égés a környezetszennyezést is csökkenti. Végül, de nem utolsósorban ide tartoznak a biotechnológiai kutatások, mindenek előtt a Földön elérhetőnél nagyobb és hibátlanabb fehérjekristályok növesztése. Ide tartozik a különféle sejt- és szövettenyészetek viselkedésének tanulmányozása, melynek eredményeit például a rákkutatás hasznosíthatja.

Nem marad ki természetesen a tudományos programból a Föld és erőforrásainak vizsgálata sem. Az űrállomás a földfelszín 75%-a fölött rendszeresen elrepül, e területen lakik az emberiség 95%-a. A Föld felé néző ablakokon keresztül lehetővé válik a NASA által évekkel ezelőtt automatikus műholdakkal megkezdett „Küldetés a Föld bolygóhoz” program kiegészítése, a levegőminőség, az éghajlat, a földhasznosítás, az élelemtermelés, valamint az óceánok és édesvizek állapotának megfigyelése.

A kutatási program első fő helyszíne a 8,4 m hosszú és 4,2 m átmérőjű amerikai kutatómodul. Belsejében a kísérleti berendezéseket szabványos, a lehető leggazdaságosabb térkitöltést biztosító alakú rekeszekben helyezik el. Az egység belsejében 24, egyenként mintegy 600 kg tömegű rekesz kap helyet. Közülük 13-ban a kísérleti eszközök kapnak helyet, a többi 11 viszont a műszerek és a kutatási feladatokat végrehajtó űrhajósok számára biztosítja az energiaellátást, a megfelelő hőmérsékletet, páratartalmat, gondoskodik a levegő regenerálásáról és így tovább. A rekeszekben belül a kísérleti eszközök természetesen „menet közben”, a világűrben cserélhetők.

De vajon milyen fizikai környezetet biztosít az űrállomás a kísérletekhez, vagy legalábbis milyen paramétereket ajánl fel a NASA a fedélzeten – jó pénzért – kí-

sérletezni kívánó felhasználóknak? Nos, a fedélzeten mindenek előtt mikrogravitáció uralkodik, vagyis a tapasztalható gyorsulások legalább hat nagyságrenddel kisebbek a földfelszíni nehézségi gyorsulásnál. Ezeknek a gyorsulásoknak több oka van. Egyrészt az űrállomás 400 km közötti magasságában még kimutatható a légköri fékeződés hatása. Ez az égi mechanikai paradoxon néven ismert jelenség következményeképpen gyorsítja az állomás mozgását, amely parányi, de nagyjából állandó gyorsulást hoz létre az űreszközök belsejében. A gyorsulások másik forrása az a körülmény, hogy fizikailag csak az űrállomás tömegközéppontja mozog a Föld körüli tehetetlenségi pályán. A kiterjedt szerkezet távolabbi részei saját, önálló keringési pályájuk mentén szeretnének haladni, ami ugyancsak kicsiny gyorsulások fellépését eredményezheti.

Végül, de nem utolsósorban a különféle fedélzeti berendezések által keltett vibrációk ugyancsak megzavarják a tökéletes súlytalanságot. E rezgések 0,01 és 300 Hz között a legkülönbözőbb frekvenciájúak lehetnek. Pontos modellszámítások léteznek arra vonatkozóan, hogy az egyes modulokban milyen hosszú időn keresztül tudják a fenti követelményeket kielégítő mikrogravitációt biztosítani.

A belső környezet az ember számára legkellemebb feltételeket próbálja utánozni. Az átlagos légnyomás 101,4 kPa, amelytől nem engednek meg túl nagy eltéréseket, a nyomásnak mindig 97,9 és 102,7 kPa között kell maradnia. A kabinlégkör összetétele a földfelszínivel megegyező, tehát 78% nitrogént és 21% oxigént tartalmaz. A levegő relatív nedvességtartalma ezzel szemben viszonylag tág határok, 25% és 70% között változhat. A szén-dioxid mennyisége napi átlagban nem haladhatja meg a 0,7%-ot, kivéve a személyzet cseréjének az időszakát, amikor több űrhajós tartózkodik a fedélzeten. Ilyenkor ez az érték 1% fölött is megengedhető.

Kísérleteket nem csak az állomás belsejében, hanem bizonyos esetekben „odakint” is végeznek, így azt sem árt tudni, milyen az ISS külső környezete. Ennek pontos leírásakor nem elég a semleges felsőlégkört, a plazmát, a töltött részecskék által képviselt sugárzást, az elektromágneses sugárzást, a meteorokat, az űrszemetet, a mágneses és a gravitációs teret figyelembe venni, hanem azt is ismerni kell, milyen változást okoz a felsorolt paraméterekben az ISS jelenléte. Pontosan megszabják például, hogy az űrállomást elhagyó gázok legfeljebb az átlátszóság milyen mértékű csökkenését okozhatják a Földet vagy a világűr megfigyelő műszerek látóirányában. A későbbiekben az ISS külső részére olyan speciális műszereket fognak felszerelni, amelyek az utóbbi hatásokat vizsgálják.

E sorok megírásakor csak bizakodhatunk abban, hogy az év végén újra indulnak az űrrepülőgépek, helyreáll az ISS üzemeltetésének megkezdett rendje és tovább folytatódik az építkezés, miközben a tudományos eredményekről is egyre többet hallhatunk.