

BOTH ELŐD

Az Orion űrhajó fejlesztése

2014 decemberében fontos állomásához érkezett a NASA Orion űrhajójának fejlesztése: az eszköz először járt a világűrben, teljes sikerrel, igaz, egyelőre emberek nélkül. Ebből az alkalomból áttekintjük a fejlesztés eddigi állomásait és a további terveket. A műszaki részletek előtt azonban arra is kitérünk, miért van szükség az Orionra.

A történet száalai a Columbia űrrepülőgép hét űrhajós halálával járó, 2003. februári tragédiájáig nyúlnak vissza. A szerencsétlenségnek a jövőre nézve két fontos következménye volt. Egyrészt döntés született arról, hogy az űrrepülőgépeket ki kell vonni a forgalomból, másrészt George W. Bush akkori elnök meghirdette a távoli világűr emberes űrrepülésekkel történő felderítésének programját (Vision for

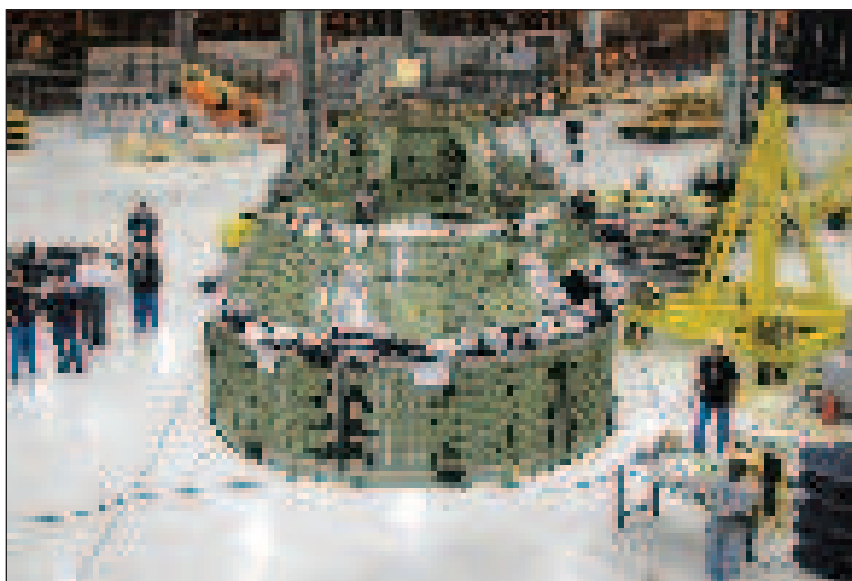
(ISS) építésének befejezéséig még használhatják a gépeket. Így a megmaradt három géppel 2005–2011 között még 22 küldetést hajtottak végre. A végső leállást és a könnyes búcsút az Atlantis 2011. júliusi küldetése jelentette. Ezzel az Egyesült Államok embert a világűrbe juttatni képes eszköz nélkül maradt. Hogy ez így lesz, azt persze már a döntés meghozatalakor tudni lehetett, hiszen a rendelkezésre álló néhány év alatt

ra. (Pusztán pénzügyileg nézve azonban a megoldás mindenképpen olcsóbb, mint az űrrepülőgép-flotta fenntartása.) Ráadásul közvetve Kazahsztánnak is ki vannak szolgáltatva, hiszen az oroszok tőlük bérelik a bajkonuri űrközpont területét. A viszony nem mentes a főként anyagi természetű súrlódásoktól sem; nem véletlen, hogy az oroszok gőzerővel építik a Távols-Keleten saját űrrepülőterüket, a Vasztócsnijt.

A Bush-féle elképzelést azonban, mint arra rövidesen kitérünk, az Obama-kormányzat elvetette. Az ISS kiszolgálását magáncégek által fejlesztendő űrhajókkal képzelik megvalósítani. A fejlesztés folyik (ezt itt nem részletezzük), de a jelenlegi tervek szerint ezek az űrhajók leghamarabb 2017-ben szállíthatnak űrhajósokat az űrállomásra. Tekintettel arra, hogy az ISS működtetése jelenleg 2020-ig biztosított (bár szó van a 2024-ig történő meghosszabbításáról), ez az időpont alapos kételyeket ébreszthet. Mindenesetre a határidő tartása attól függ, hogy a NASA megkapja-e a költségvetésében erre előirányzott évi sok százmillió dollárt.

A kicsit távolabbi világűr

Szakértők a Bush-féle elképzelések megvalósításának költségét 230 milliárd dollárra becsülték, ezért az Ares hordozórakéták és az űrhajók fejlesztését tartalmazó Constellation programot 2011-ben törölték. A holdbázisról szó sem esett már, így aligha valószínű, hogy az első Holdra szállás 50. évfordulója előtt űrhajós lépne a Holdra. Ugyanígy törölték az amúgy tudományos szempontból vitatható értékű emberes Mars-utazást. Ehelyett elindították az Orion fejlesztését. Az úti cél még nem dőlt el, de szó van arról, hogy az amerikai űrhajósok az Orionnal egy kisbolygóra szállhatnának le. Ennek a küldetésnek az értelmét ugyancsak lehet vitatni, hiszen a megkurtított költségvetésből is automata szondák tucatjait lehetne különböző kisbolygókhoz küldeni. (Gondoljunk arra, hogy a szenzációs tudományos eredményeket hozó Rosetta szonda teljes költségvetése mindössze 1,5 milliárd dollár volt.)



Az Orion űrhajó épülő személyszállító kabinja a NASA Marshall űrközpont New Orleans-i szerelőcsarnokában. Ez a kabin indult az űrbe tavaly decemberben az Exploration Flight Test-1 (EFT-1) kísérleti repülés keretében (Fotó: NASA)

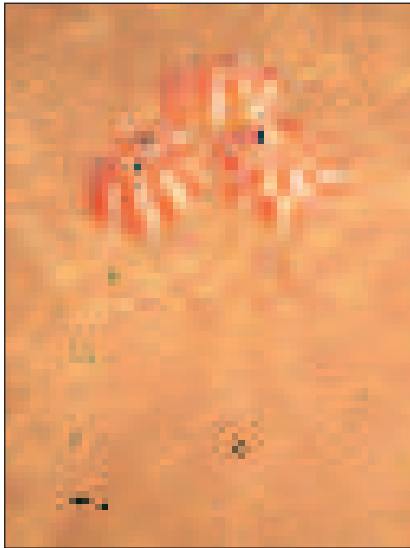
Space Exploration), holdbázissal, a Marsra utazó űrhajósokkal, új hordozórakétákkal és űrhajókkal, szóval mindennel, ami a közvéleményre lelkesítően hathat.

Űrhajó nélkül

Az első döntés tehát az űrrepülőgép-flotta leállítására vonatkozott. Igaz, nem azonnali hatállyal, hanem – új, szigorú biztonsági intézkedések bevezetése mellett – azzal a feltétellel, hogy a Nemzetközi Űrállomás

lehetetlen lett volna új űrhajó kifejlesztése.

A helyzetnek az ISS szempontjából is rossz üzenete volt, hiszen éppen akkor állították le az űrrepülőgépeket, amikor az ISS-en az építkezés helyére az érdemi kutatómunka lépett. Az ISS-re ettől kezdve csak az oroszok tudtak űrhajósokat szállítani, az űrrepülőgéphez képest kicsi és kényelmetlen, de legalább megbízható Szojuzokkal. Az amerikaiak tehát azóta is ki vannak szolgáltatva az oroszoknak, nem kevés pénzért vásárolják a helyeket az ISS-en dolgozó űrhajósok számá-



Az Orion leszállító ejtőernyők próbája 2012 augusztusában az arizonai sivatagban
(Fotó: NASA)

Az űrhajó

Az Orion űrhajó koncepcióját tekintve meglehetősen hasonlít az Apollo-űrhajóhoz. Az űrhajó – akárcsak az Apollo – két fő részből áll, a legénységi kabinból és a műszaki kiszolgáló egységeket tartalmazó úgynevezett szervizmodulból. Az Orion szintén kúp alakú személyszállító kabinjában azonban nem három, hanem négy űrhajós utazhat. Az Apollónál a parancsnoki kabin legnagyobb átmérője és a szervizmodul átmérője 3,9 méter volt. Az Orion kabinja a legszélesebb részen 5 méter átmérőjű, amelyhez a 4,5 méteres szervizmodul kapcsolódik. A furcsa alak abból adódik, hogy a hordozórakéta burkolata alatt a szervizmodul összecukott napelemtábláinak is el kell férnie. (Az Apollón nem voltak napelemek, az energiaellátást tüzelőanyag-cellákkal biztosították.) Az Orion személyszállító kabinja az Apollo-űrhajóhoz hasonlóan három ejtőernyővel érkezik vissza. A három, egyenként 35 méter átmérőjű főernyő működését két kisebb, segédernyő segíti. A közel 10 tonna visszatérő tömeg leszállása két fő- és egy segédernyővel is végrehajtható, a harmadik a maximális biztonságot szolgálja.

Az űrhajóval legfeljebb 21 napos küldetéseket lehet majd végrehajtani, ami azonban egy megfelelő (még nem létező) lakómodul hozzákapsolásával 210 napra növelhető. Egy megfelelően kiválasztott kisbolygó megközelítéséhez ez elég, a Mars eléréséhez azonban a 210 nap is kevés. Az űrhajó induló tömege 31 tonna, amiből 7 tonna az űrhajó orrához kapcsolódó mentőrakéta tömege (ha az indításkor katasztrófa-lyis hiba történik, a mentőrakéta tépi le a személyzet kabinját a felrobbanni készülő ra-

kétárol, és azt olyan magasba emeli, ahonnan ejtőernyővel biztonságosan leszállhat). Végso soron közel 23 tonna a ténylegesen pályára álló hasznos tömeg, ebből csaknem 10 tonna a személyzeti kabin, 12,3 tonna a szervizmodul tömege, a többi a burkolatok, tartó- és összekapcsoló elemek tömege. A szervizmodul közel 8 tonna hajtóanyagot visz magával.

A személyzeti kabin légmentesen zárt belső tere 20 m³, amiből a ténylegesen lakható tér mindössze 9 m³. A maximális, 21 napos küldetést tekintve tágasnak aligha mondható. (A hat űrhajósnak otthont adó ISS teljes, nyomás alatt álló belső térfogata 916 m³, természetesen ebből is hasonló arányban foglalják el a helyet a belső térben elhelyezett műszerek, berendezések. Az ISS-en az űrhajósok jellemzően fél évet töltenek, de már előkészületben vannak egyéves küldetések is. Az Orion belső tere inkább a három űrhajóssal repülő Szojuzok 4 m³-es teljes, illetve 2,5 m³-es hasznos belső teréhez hasonlítható, de a Szojuzsal újabban már csak néhány óra hosszát tart az utazás az ISS-ig vagy vissza. A három űrhajós bő egy hetes utazására méretezett Apollóban ez a térfogat 10,4/6,2 m³ volt.)

Egy 2013-ban aláírt szerződés értelmében a NASA Orion űrhajójának végleges szervizmodulját az Európai Űrügynökség (ESA) készíti. Ez az egység tartalmazza a rakétahajtóműveket és a működtetésükhöz szükséges üzemanyagot, valamint gondoskodik a rendszer áramellátásáról és hőszabályozásáról, illetve ez látja el az űrhajósokat vízzel és levegővel. Nem a semmi- ből kell a fontos egységet megalkotni; a fejlesztés alapvetően az ESA által a Nemzetközi Űrállomás (ISS) kiszolgálására készített és többször sikeresen bevetett ATV teherűrhajóra épül.

Az ATV teherűrhajók célba juttatásáról és az ISS-hez történő dokkolásáról a szervizmodul gondoskodott. A szilícium alapú napelemtáblák 100 perccel a start után nyílnak ki, feszítávolságuk 22,3 méter. A négy tábla teljes felülete 33,6 m², ez 4800 watt elektromos teljesítménnyel látja el az űrhajót. Az ATV manőverezéséről a négy, egyenként 490 N tolóerejű főhajtómű és 28 darab, egyenként 220 N tolóerejű fúvóka gondoskodik. Az ISS kiszolgálására használt ATV-k hossza 10,7 méter, a hengeres törzs átmérője pedig 4,5 méter, induló tömege 20,7 tonna. Az ATV alsó része a szervizmodul, ezt használják majd az Orionhoz. Ebben kapnak helyet a napelemek, az elektromos rendszer, beleértve az akkumulátorokat, a hajtóművek és az üzemanyagtartályok, valamint az ISS-re szállítandó víz és levegő tartályai. Az űrhajó első része a rakodótér, amelybe az ISS űrhajósainak ellátására szolgáló több tonna utánpótlás kerül, főként élelem, ruházat, illetve kísérleti eszközök, műszerek. Végül az elkeskenyedő orr-részben a dokkolószerke-

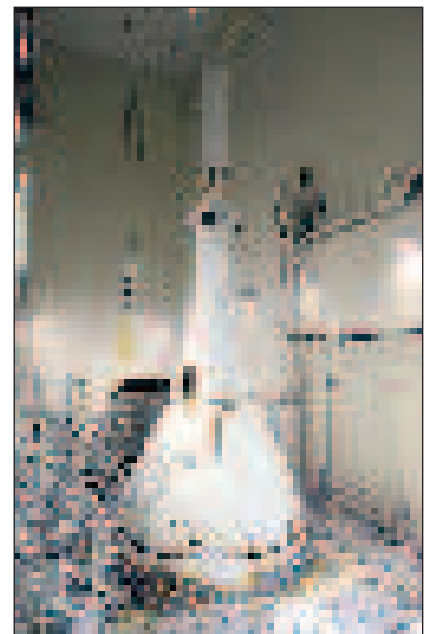
zet kapott helyet. Utóbbi két egység helyére kerül az Orion változatban a személyszállító kabin.

A fejlesztés helyzete

Az elmúlt években folyamatosan tervezték és építették az új űrhajót, ezzel párhuzamosan pedig folyamatosan tesztelték az elkészült részeket. A munkába szerte az Egyesült Államokban (sőt azon kívül is) több mint 1000 cég kapcsolódott be. Ennek eredményeként indulhatott az űrhajó 2014 végén a világűrbe.

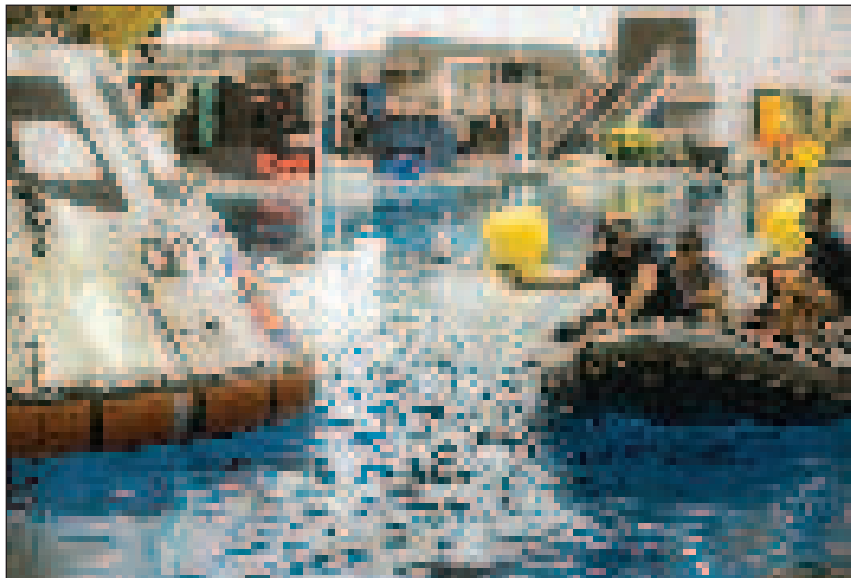
A fejlesztés fontos része volt a visszatérő kabin hőálló burkolata. A NASA mérnökei az ipari szerződő partnerrel együttműködve három éven át keresték a megfelelő hőálló anyagot. Végül az Avcoat márkanévű anyagot választották, amelyet az űrrepülőgép kezdeti repülései során egyes részeinek burkolására már kipróbáltak. A legnagyobb kihívást az jelentette, hogy az Orion külső felülete – a jobb mechanikai stabilitás kedvéért – méhsejt szerkezetű. Az Avcoatot az űrhajó felületén kialakított 330 ezer cella mindegyikébe be kellett juttatni. Az Avcoat úgynevezett elgőzölgő (ablatív) burkolat, vagyis a visszatéréskor a közegellenállás hatására fejlődő hő az anyagot elpárologtatja, ami elvonja a hőt, így a kabin belseje nem melegszik túl.

2013-ban végezték el az űrhajó statikus nyúzópróbáit. A floridai Kennedy Űrköz-



Az Orion űrhajó és a mentőrakéta a szerelőcsarnokban

pontban egy hónapon keresztül gyötörték, húzták és nyomták az Oriont, ezzel szimulálva a kabint érő mechanikus terheléseket. Az erre a célra épített, hat méter magas szer-



A Haditengerészet bűvárjai a Johnson Űrközpont 13 méter mély, súlytalanságot szimuláló medencéjében az Orion makettjén az űrkabin óceánra érkezése utáni mentését gyakorolják (Fotó: NASA)

kezetben hidraulikus hengerek fejtették ki az Orionra a nyomó- vagy húzóerőt. A próbarepülés közben az űrhajóra ható, nyolc különböző típusú feszültséget szimuláltak, minden esetben a számított értékek 110 százalékával terheltek meg a modellt. Több mint 1600 pontban mérték a fellépő deformációkat. Az űrhajóra gyakorolt terhelés 7 és 120 tonna között változott. A kabin nyomásállósági tesztjét is elvégezték, az űrhajó kiállta a megpróbáltatásokat.

Fontosak voltak az ugyancsak tavaly elvégzett leszállási próbák. Az Orion leszállókabin eredeti nagyságú makettjével a majdaninál nehezebb, sivatagi körülmények között hajtották végre a tesztek. Az amerikai Légierő C-17-es gépével felvitt makettet különböző magasságokból (egyik alkalommal 10 km-nél magasabbról) ejtették le (a végleges Orion a Csendes-óceán vizére fog leszállni). Azt is kipróbálták, hogy a három közül két ejtőernyővel is biztonságosan lehozható-e a kabin. Kipróbálták, mi történik, ha leszállás közben véletlenül beleakad valamibe és elnyíródik az egyik ejtőernyő kötélpote. Kiderült, hogy a szimulált hiba ellenére a leszállás biztonságos.

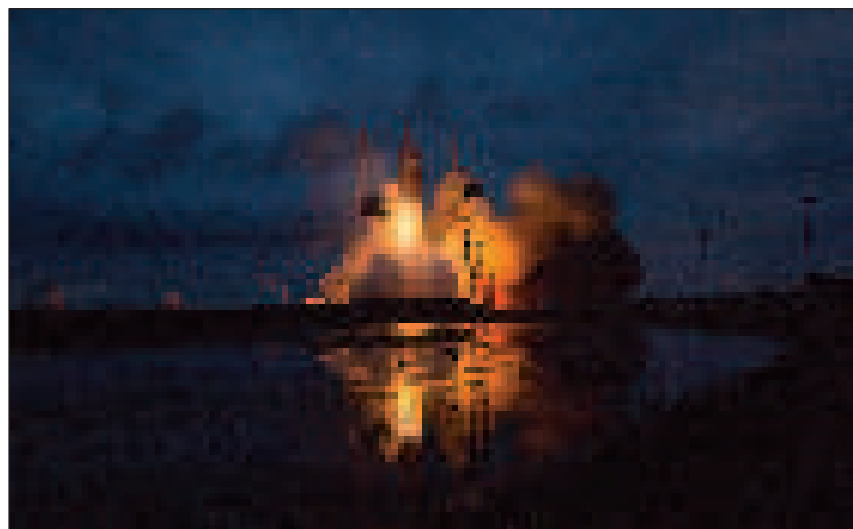
Az említettek és sok hasonló ellenőrzés után kerülhetett sor 2014. december 5-én az űrhajó első kísérleti repülésére (EFT-1, Exploration Flight Test-1), természetesen egyelőre űrhajósok nélkül. Az Oriont még nem a később hozzá tartozó SLS (Space Launch System) rakéta emelte a magasba, hanem a United Launch Alliance (a Lockheed Martin és a Boeing által létrehozott ipari szövetség) Delta-IV rakétájának legnagyobb teljesítményű (Heavy) változata. A repülés célja az volt, hogy miután a Földön a szimulált körülmények között részenként

mindent ellenőriztek, most a tényleges, világtűrbeli körülmények között is kipróbálják az összeállított rendszert. Különösen fontos volt a repülési elektronika, az irányítórendszer, a különböző részek leválasztásának és az ejtőernyők működésének ellenőrzése.

A Floridából indított Orion és a hordozórakéta 1 perc 23 másodperc emelkedés után elérte a szerkezetre a legnagyobb dinamikai nyomást jelentő magasságot (Max-Q, az egyre nagyobb sebességű mozgás, de egy-

1:25-nél túllépte a hangsebességet, majd 5 és fél percnél az első fokozat befejezte a működését. 5:49-kor beindult a 11 perc 50 másodpercen keresztül működő második fokozat. Eközben ledobták a szervizmodult védő burkolatot és a mentőrakétát. A start után 17 perc 39 másodperccel az űrhajó rátért a kezdeti, 185 és 888 km felszín fölötti magasságú, Föld körüli pályájára. Miután megkerülte a Földet, 4 perc 45 másodpercre újra beindították a hajtóművet, hogy az űrhajó a következő keringése során 5800 km-re távolodjék a Földtől. Ember szállítására képes űrhajó (még ha most üresen is) az Apollo-program vége óta, azaz 42 éve nem járt ilyen távol a Földtől. Ez a Nemzetközi Űrállomás keringési magasságának 15-szöröse, bár a Hold távolságának csak alig 1,5 százaléka.

Az űrhajó 15 perc alatt átrepült a fokozott sugárzási terhelést jelentő van Allen-öveken, majd 3 óra 5 perccel az indulása után elérte a maximális magasságát. Negyedórával később leválasztották a szervizmodult, majd a hajtóművek 10 másodperces működtetésével visszatérő pályára vezérelték. Indulása után bő 4 és fél órával 32 000 km/óra sebességgel belépett a Föld légkörébe. A kabin mozgását előbb csak a közegellenállás fékezi, miközben külső felülete 2200 °C-ra forrósodik fel. Ilyenkor 2,5 percre a kabin körül kialakuló forró plazmaburok leárnyékolja a rádióhullámokat, a kabin és a külvilág között minden rádiókapcsolat megszűnik. Amikor a közegellenállás 480 km/óra fékezte az Oriont, kinyíltak a fékezőernyők. Miután ezek 160 km/óra csökkentették a sebességét, kinyíltak a leszálló ejtőernyők, amelyek 30 km/



A 2014. december 5-i start a Légierő Cape Canaveral-i támaszpontjáról (Fotó: NASA)

re ritkuló levegőben az a pont, ahol a közegellenállás a legnagyobb terhelést jelenti a szerkezetre, tovább emelkedve a sebesség nő, de a légsűrűség csökken, ezért a teljes dinamikus terhelés is csökken). A start után

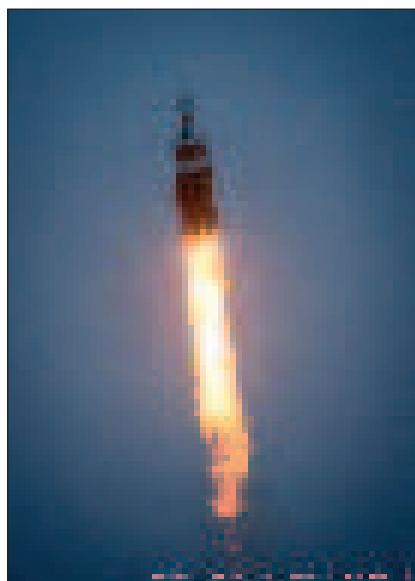
órára lassították. Ilyen sebességgel csobbant a Csendes-óceán vizébe, 1000 km-re a kaliforniai partok előtt. Az Orion első repülése 4 óra 23 perc 29 másodpercig tartott (magyar idő szerint 13:05 és 17:29 között), és

teljes sikerrel fejeződött be. A kísérleti repülés a NASA adatai szerint 375 millió dollárt emésztett fel az Orion fejlesztésének szűkös költségvetéséből.

Érdekes, hogy ha már az üres űrkabin feljutott az űrbe, akkor néhány emléktárgyat is elhelyeztek a fedélzetén, például az Apollo-űrhajósok által gyűjtött holdkőzetből egy kisebb mintát, egy dinoszaurusz-ösmaradvány darabját és Gustav Holst: A bolygók című zeneművének a Marsról szóló tételét.

További lépések

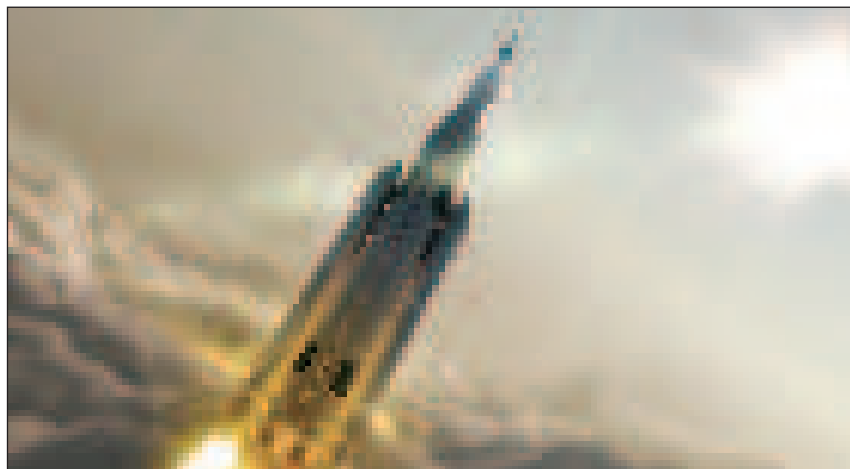
Éppen a költségvetési korlátok miatt jelenleg nem terveznek 2018-nál hamarabb újabb próbarepülést. Akkor az Orion űrhajósok nélkül megkerülné a Holdat. Ezt figyelembe véve az Orion leghamarabb 2021-ben emelkedhet úgy a magasba, hogy a kabinban űrhajósok ülnek. (Ezt a laza programot, a három évenkénti indításokat érdemes az Apollo-program feszített menetrendjével



A Delta-IV Heavy hordozórakéta első próbarepülésére emeli az Orion kabin
(Fotó: Walter Scriptunas II – www.scriptunasimages.com)

összehasonlítani. Akkor az Apollo-1 1967. januári tragédiáját követő hat év alatt kijavították a rendszer hibáit, körbepülték a Holdat, majd hatszor sikeresen leszálltak a Holdra, egyszer sikertelenül próbálkoztak. Ehhez képest most az első, abszolút sikeres próbarepülést követő hat év alatt egyetlen újabb próbát terveznek, még mindig űrhajósok nélkül.)

Ennek ellenére a NASA reméli, hogy az Orion egyszer majd eljuthat a Holdra, sőt talán a Marsra is. Erre persze reálisan a 2030-as éveknél hamarabb aligha számíthatunk. A



Az SLS rakéta egyelőre még csak rajzon létezik, 2018-ra kell elkészülnie (Forrás: NASA)

Hold eléréséhez még ki kellene fejleszteni az Apollo holdkompjához hasonló leszállóegységet, erről azonban még nincs szó, különösen nem a költségvetésben. Az Orion szakértők szerint önmagában a Mars-utazásra sem alkalmas, leszállóegységre ott is szükség lenne, sőt, a hosszú utazáshoz az űrhajósok számára tágasabb lakóteret is biztosítani kellene. Így a szűk belső tér Orion legfeljebb része lehetne az expedíciós szerelvénynek. Mindamellet, a jelenlegi amerikai belpolitikai helyzet – az ellenzéki többség a Kongresszusban és a Szenátusban – nem ad okot túlzott optimizmusra, egy-egy költségvetési sor könnyen áldozatul eshet a politikai játszmáknak. Óva intenek tehát a vérmes reményektől.

A decemberi sikeres próbarepülés után William H. Gerstenmaier, a NASA emberes űrrepülésért felelős főigazgató-helyettese úgy nyilatkozott, hogy a sikeres kísérlet segíthet pozitív irányban befolyásolni a NASA távoli célpontok felé irányuló emberes űrprogramjáról (exploration) folyó politikai vitát.

Egyelőre az sem világos, mi lehet az Orion első „éles” bevetésének a célpontja. A NASA nem vetette el egy kisbolygó befogásának és Hold körüli pályára állításának a tervét. A Hold körül keringő kisbolygó reális célpont lehet az Orion számára, de ez önmagában nyilván kevés ahhoz, hogy az Orion bizonyítsa a létjogosultságát. Egyes kételkedők az Oriont a Bush-féle, túl ambiciózusnak tekintett tervek maradványának tekintik, és emiatt dollár milliárdok elpocsékolásáról beszélnek.

Az Obama-kormányzat először a Constellation-programmal együtt az egész Oriont is lesöpörte az asztalról. Ezzel sok kongresszusi képviselő nem értett egyet, ezért sikerült az Oriont alig módosított változatát az ISS-hez mentőűrhajóként használható fejlesztésként visszacsempészni a költségvetésbe. Eközben persze a NASA azoknak a magánűrhajóknak a fejlesztését is finanszírozza, amelyek ugyancsak személyzetet szállítanának az ISS-re, és így,

akárcsak most a Szojuzok, egyúttal mentőűrhajóként is funkcionálnának. Két ilyen űrhajó fejlesztése is folyik, a Boeingnél és a SpaceX-nél. Utóbbi cég vezetője azt nyilatkozta, hogy az ő Dragon űrhajójuk is képes lesz mindarra, amire az Orion, beleértve a távolabbi objektumok elérését is.

Az Orion építésével párhuzamosan a NASA-nál folyik annak a nagy teljesítményű hordozórakétának (SLS, Space Launch System) a fejlesztése, amelyik ténylegesen a bolygóközi utazáshoz szükséges sebességre tudja gyorsítani az Oriont. (Erre a Delta-IV-nek még a Heavy változata sem elég, ezt csak a próbarepülésre lehetett használni, ez még a Holdig sem tudná eljuttatni az Oriont.) Ennek a 2018-ra tervezett következő próbarepülésig el kellene készülnie. A rakéta és az Orion kapszula együttes fejlesztési költségeit 19 és 22 milliárd dollár közöttire becsülik. A 2018-ig kifejlesztendő Block-I alapváltozat 70 tonna hasznos terhet fog tudni alacsony Föld körüli pályára állítani, a később kifejlesztendő Block-IA változat már 105 tonnát. (Az európai Ariane-5 rakéta 21 tonnát emelhet alacsony pályára, az Apollo-programban használt Saturn-V viszont 118 tonna hasznos teher magasba emelésére volt képes.)

Összefoglalva azt mondhatjuk tehát, hogy a nagyterítő terveket már megfogalmazták, de azok még nem öltöttek konkrét formát. A műszaki fejlesztés folyik, sikeresen, de meglehetősen lassan. Ugyanakkor az ambiciózus tervek valóra váltásához szükséges rendszer több összetevője még teljesen hiányzik. A legnagyobb nehézséget mégis a csekélynek nem mondható költségvetésért folyó folyamatos harc jelenti. ✱

Irodalom

- Orion: <http://www.nasa.gov/exploration/systems/orion/index.html>
Space Launch System: <http://www.nasa.gov/exploration/systems/sls/index.html>