

36. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Had- és Rendészettudományi Szekció
Budapest, 2023. április 18-20.
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Rendészettudományi Kar

Végzetes úrsikló balesetek és okainak feltárása

Jelige: *Robbanásszerű fejlődés*

Pályamunka lezárásának időpontja: 2022.04.

2023.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani témavezetőnknek, dr. Szűcs Endre adjunktus úrnak a támogatásáért, ami nélkül ez a tudományos diákköri dolgozat nem készülhetett volna el.

Hálával tartozunk Haraszti Ferenc intézeti mérnök úrnak, akinek a segítőkészsége és szaktudása döntően hozzájárult a kísérletek biztonságos lebonyolításához.

Ezúttal is köszönjük az egyetem könyvtárvezetőjének, Széll Gábor úrnak az értékes ötleteit, ami tovább színesítette dolgozatunkat.

Tartalomjegyzék

Az űrrepülés történelme röviden	1
Az amerikai űrsiklók fejlesztése.....	5
A Challenger katasztrófája	7
Szilárd hajtóanyag kísérlet	14
Spirál - egy űrrepülő rövid és szomorú története	18
Buran	21
A Columbia katasztrófája.....	24
Űrhajózás napjainkban / Összefoglalás	32
Irodalomjegyzék.....	33
Ábrajegyzék	34

Az űrrepülés történelme röviden

Technológiai újítások és a hírközlés aranykorában már természetes, mindennapi hírnek számít hallani, hogy a Föld egy tőlünk igen távoli pontján fellöttek egy rakétát az űrbe. A gazdaságilag jobban teljesítő országok közül számosnak van saját űrügynöksége. Ilyen például az Egyesült Államoknak a NASA, azaz a Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal. Oroszországnak a Roscosmos, az Európai Uniónak az Európai Űrügynökség. Továbbá, hogy említsünk egy hazánktól igazán távoli országot is, Japánnak a JAXA. Ezen híres szervezeteken kívül még említésre méltó néhány magánkézben lévő űrkutatási, ritkább esetekben űrturisztikai vállalat is. Ide soroljuk az amerikai milliárdos, Elon Musk tulajdonában lévő, korszakalkotó ötleteiről és megoldásairól híres SpaceX, illetve az űrturizmusban úttörő szerepeket játszó, Jeff Bezos nevével fémjelzett Blue Origin, vagy a Sir Richard Branson által birtokolt Virgin Galactic vállalat is. De számos egyéb, állami finanszírozású űrügynökség is létezik a földön. Némelyik, magától értetődően, egyidős az űrrepülés történelmével. Dolgozatunkban röviden ismertetjük a nemzetközi űrrepülést, majd az amerikai és az orosz űrsikló-program történelmét. Részletezzük a Challenger űrsikló tervezését, az építésének fázisait, továbbá a baleset előtti küldetéseit. Ezután elemezzük a katasztrófa idővonalát, a tényeket, melyek a balesethez vezettek, és nem közvetlenül ugyan, de hozzájárultak az űrsikló program végéhez. Ezután elvégzünk egy szilárd rakétahajtóanyaggal és alumínium lemezzel lebonyolított kísérletet, miközben keressük a választ, miért semmisült meg a *Challenger*. Ezt követően kitérünk a *Buran projektnek* nevezett orosz űrsikló fejlesztésére és kudarcainak okaira. Végül górcső alá vesszük a *Columbia* űrsiklót, illetve annak katasztrófáját. Kielemezzük a két amerikai űrsikló balesetének okait, és megpróbálunk párhuzamokat, valamint következtetéseket levonni.

Az első ember alkotta tárgy az űrben egy módosított V2-es rakéta volt, amit a Harmadik Birodalom tudósai lőttek fel 1944. június 20-án egy kutatóállomáson, Németország területén.[1] Habár a rakétát függőlegesen indították útjára, és fel is jutott az űr határáig, nem érte el a szükséges keringési sebességet, ami a Föld esetében 29,78 kilométer per másodperc. Ennek hiányában a rakéta visszazuhant a földre, de csak miután elérte röppályája tetőpontját, a 176 kilométeres magasságot.[2]

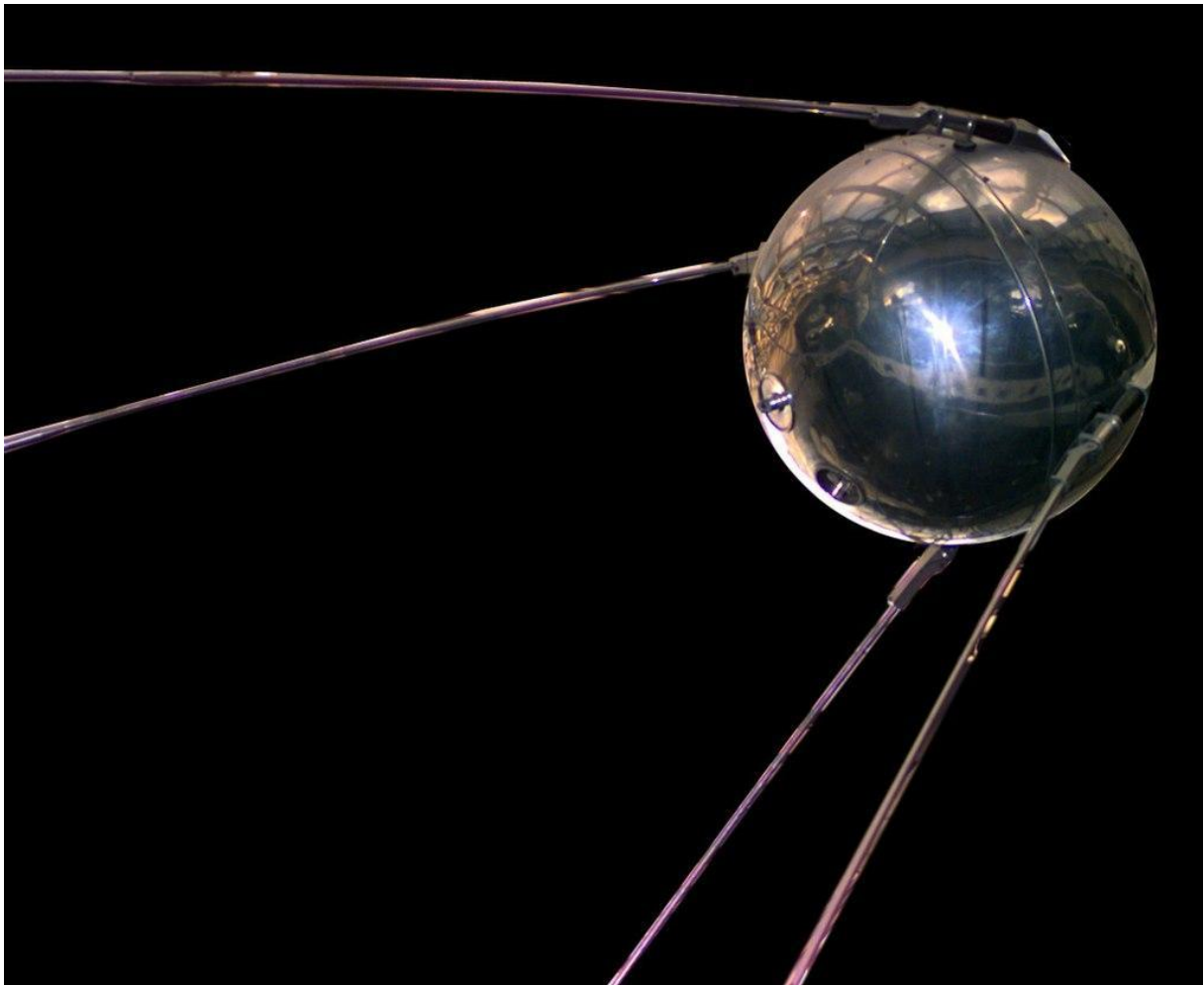


[1.kép] A „MW 18014” – névre hallgató V2-es rakéta

A történelem és a sors fintora, hogy a Harmadik Birodalom bukása után a szövetségeseknek több mint 12 év kellett ahhoz, hogy az első műholdat sikeresen fellőjék az űrbe. 1957. október 4-én a Szovjetunió érte el ezt a mérföldkövet először. A „Szputnyik I” névre keresztelt műhold mindössze 83 kilogrammot nyomott és akkora volt, mint egy gumilabda.

A Szputnyik I-nek nem volt semmi különleges feladata, sem képessége. Nem tudott felvételeket készíteni, sem fontos adatokat kinyerni, majd azt a földre sugározni. Egy értékes haszna mégis volt.[3] Fellövése után 22 napig keringett a Föld körül, ezalatt pedig folyamatosan jelezte saját helyzetét, így az irányítás tudták, hogy a fellövés sikeres és a jövőben minden bizonnyal komolyabb szerkezetek is fellőhetők.

Az emberiség által felküldött első műhold végül kifogyott az energiából, és körülbelül három hónappal a kilövés után visszatért a Föld légkörébe és elégett.



[2.kép] Szputnyik I másolata

Az első élőlényt szintén a Szovjetunió küldte fel az űrbe. Lajka kutya története azóta bejárta a világot. 1957. november 3-án lőtték fel a Szputnyik II-t alacsony Föld körüli pályára.[4] Az 508 kilogramm súlyú és két méter átmérőjű, négy méter magas űrkapszula az állaton kívül még vitt magával rádióadót, távolság és sugárzásmérő műszert, valamint létfenntartó rendszereket, így például élelmiszeradagolót és hőmérsékletszabályozót is. Sajnos utóbbi hamar felmondta a szolgálatot, így Lajka már a küldetés egy korai szakaszában elpusztult túlmelegedés következtében. Áldozatának hála tudták meg az űrrepülés történetében viszonylag korán, hogy milyen fizikai megterhelést jelent egy élő szervezetre egy kilövés és természetesen maga az űr. 1961. április 12-én hajtották végre a történelem első olyan űrrepülését, amely során az űrhajó emberi lényt szállított. A szovjet Jurij Alekszejevics Gagarin volt az első ember az űrben. Az út időtartama mindössze 108 perc volt, és az űrhajó egy 65°-os pályahajlású, 327x191 kilométeres ellipszispályán repült, a kabin pedig alig négy és fél méter hosszú, két és fél méter átmérőjű volt.[5] Azonban akkoriban a szimpla tény, hogy embert járt az űrben, elég volt ahhoz,

hogy a Szovjetunió egy újabb jelképes pontot gyűjtsön össze az Egyesült Államokkal szembeni űrversenyben.



[3.kép] Jurij Gagarin

Az Amerikai Egyesült Államok kezdetben jócskán elmaradt a Szovjetunióval szembeni űrversenyben. Azonban John F. Kennedy amerikai elnök bejelentése gyorsan átbillentette a mérleg állását. Elhatározta, hogy minden áron amerikai űrhajósokat akar látni a holdon. Így 1969. július 20-án Neil Armstrong volt az első ember, aki ennek a grandiózus tervnek képes volt eleget tenni.[6] A NASA Apollo küldetéssorozata számos ember életét követelte, mégis máig az Egyesült Államok az egyetlen ország, melynek űrhajósai más égitesten jártak. Ez a teljesítmény a mai napig példátlan sikernek és elismerésnek örvend. Hatására Amerika megnyerte az űrversenyt, ami hamar technológiai és pénzügyi utat nyitott a későbbi űrsiklóprogramoknak.

Az amerikai űrsiklók fejlesztése

A „űrsikló” kifejezés egy olyan repülőgépet és egyben űrhajót jelentett, ami egyaránt képes volt teljes körű űrhajóként és repülőként is funkcionálni. Az ember szállításra is alkalmas sikló nagy előnye volt, hogy bizonyos részeit újra fel lehetett használni, ezáltal az egyébként rendkívül költséges űrprogramok tudtak valamennyit spórolni a költségvetésben. A szárnyas űrrepülő függőleges állásban, segédrakéták tolóerejét felhasználva hagyta el a Föld légkörét, majd küldetését teljesítve siklórepülő módjára landolt. [7]

Az Egyesült Államok annak reményében áldozott 190 milliárd dollárt a programra 1972 és 2011 között, hogy az űrsiklók fenntartható módon képesek lesznek különböző, rendkívül bonyolult űrbéli feladatokat végrehajtani. Ilyen volt például az űrállomásokon tartózkodó legénységek cseréje, illetve az állomás utánpótlás ellátása, valamint műholdak pályára állítása, és ami a fontosabb, a karbantartása. Továbbá mérések és kísérletek elvégzése az űrben. Ezen célokat a program ugyan sikeresen elvégezte, viszont az ár pénzügyi értelemben és emberéletekben mérve is hatalmas volt.

1968-ban, még az Apollo program befejezése előtt a NASA elkezdett dolgozni az űrsikló projekten. 1969-ben Richard Nixon amerikai elnök létrehozta az *Űrkutatási Munkacsoportot*, amelynek céljai között szerepelt az űrsikló program fejlesztése, valamint egy akkoriban sokkal távolabbinak tűnő Marsi expedíció lebonyolítása is.

A fejlesztés során a NASA-nak gondoskodnia kellett egy, a repülőgép és űrhajó kombinálásával létrehozandó, újra felhasználható űrsikló, akkori nevén „Orbiter” megépítéséről. A teljes (és végleges) koncepció szerint egy küldetés az Orbiterből, egy egyszer használatos üzemanyagtartályból és két újrahasznosítható gyorsító rakétából állt. A gyártást a NASA egyik fővállalkozója, a *North American Aviation*, későbbi nevén *Rockwell International* végezte el. (Egyébként ez a cég gyártotta az Apollo programok során használt fedélzeti parancsnoki modulokat is.) A gyorsítórakétákért és a szilárd hajtóanyagért a *Morton Thiokol Corporation*, míg a hatalmas, külső üzemanyagtartályokért a mai néven *Lockheed Martin*-ként ismert vállalat felelt. Az űrsiklók főhajtóműveit a *Rocketdyne* szállította.

Az első elkészült sikló az *Enterprise* nevet kapta, és 1976 szeptemberében fejeződtek be rajta a munkálatok. Habár ez a jármű űrrepülésre még nem volt alkalmas, így is számos kísérletet végeztek el vele. Kilenc hónapon keresztül folytak a gurulási, siklási, leszállási és megközelítési tesztek. Ezt követően az alabamai Marshall űrközpontba szállították, ahol összeszerelték a fellövéshez szükséges alkatrészekkel és egy éven keresztül tartó rezgési tesztnek vetették alá.

Ezek a kísérletek sikeresen zárultak, ezért a NASA engedélyt adott az építő vállalatoknak egy igazi, űrrepülésre is képes példány megépítésére. Ezt a siklót később *Columbia* névre keresztelték és 1979. márciusában szállították le a Kennedy űrközpontba. Ezt követte az 1982-ben befejezett *Challenger*, később az 1983-ban elkészített *Discovery* és az 1985-ös *Atlantis*. Mivel az *Enterprise* űrrepülésre teljesen alkalmatlan volt, nem számított „teljeskörű” űrsiklónak. Ezért az *Endeavour*-t nevezték a flotta ötödik tagjának és 1991 májusában vette át a NASA. [7]

Az űrsiklóprogram hosszadalmas életútja során ezen öt jármű számos fontos küldetést hajtott végre. Elsőként a *Columbia* repült az űrben 1981. április 12 és 14 között. Ez csupán egy tesztút volt, valódi küldetés nélkül. A soron következő küldetések során az űrsiklók sikeresen felvitték a *Spacelab* névre keresztelt űrállomás moduljait, ami a NASA és az Európai Űrügynökség közös projektje volt a nyolcvanas években. Azonban 1986 és 1989 között szüneteltek a repülések a *Challenger* katasztrófája miatt. 1989 májusában és októberében az *Atlantis* űrsikló szállította keringési pályára a *Magellan* és *Galileo* űrszondákat, míg a *Hubble* űrteleszkópot a *Discovery* állította keringési pályára 1990 áprilisában.

1994-től folyamatossá váltak az amerikai-orosz közös űrrepülések. Az *Atlantis* számottevő alkalommal repült részben orosz legénységgel és nagyjából négyhavonta látogatta meg az orosz *Mir* űrállomást. Ezen közös űrrepülések a *Nemzetközi Űrállomás* megépítésének közös erőfeszítéseit készítették elő.

A 21. században sem csökkent a kilövések száma. 2000-ben folytatódott az 1998 óta épülő *Nemzetközi Űrállomás* összeállítása, melynek során űrsiklók szállították a modulokat. Vittek fel labormodulokat, légszilipeket, logisztikai blokkokat, sőt még egy robotkart is. A *Canadarm2* az űrállomás karbantartásában segédkezett.



[4.kép] A Columbia űrsikló első fellövése. 1981. április 12.

2003 és 2005 között ismét szüneteltek az űrrepülések. Ezúttal a *Columbia* katasztrófája következtében. A program a *Discovery* 13 napos, űrállomás karbantartó programjával indult újra. Ekkor tesztelték ezen az űrsiklón az új hővédő pajzs lézeres letapogató rendszerét, amellyel a hibafeltárást lehetett megkönnyíteni. Itt több problémát is felfedeztek, ezért a programokat egy teljes évre ismét leállították.

A program 2011-es végleges leállításáig a megmaradt űrsiklók még pár alkalommal jártak az űrben. Főleg logisztikai és karbantartási feladatokat végeztek el. Személyzetet és élelmet szállítottak a *Nemzetközi Űrállomásra*.

A Challenger katasztrófája

A *Challenger* nevű űrsikló (NASA Orbiter jelzés: OV-099) volt a másodiknak elkészült űrsikló. A korábban említett *Rockwell International* (később *Boeing*) építette Kaliforniában. Nevét a *HMS Challenger*-ről és a *Challenger Expedition*-ről kapta. Előbbi egy brit hadihajó, utóbbi egy globális expedíciókat végző hajó volt. Érdeemes megemlíteni, hogy az Apollo-17 landoló egységét szintén így hívták.

1983. április 4-én repült először az űrben. 1983 és 85 között további 3 küldetést teljesített, majd az *Atlantis* siklóval együtt felújításon esett át a Kennedy Űrközpontban, így a két jármű képes

lett rá, hogy nagyobb alkatrészeket, sőt teljes rakéta részlegeket és űrszondákat is szállítson a raketerében.

Teljesítményeit tekintve egyedülállónak mondható a *Challenger* pályafutása. Az űrsikló fedélzetén jutott fel az űrbe az első amerikai és afro-amerikai nő, valamint az első holland és kanadai asztronauta is. Továbbá ez a jármű hajtotta végre az első éjszakai fel, illetve leszállást is, természetesen az űrből.

A végzetes, „STS-51-L” kódjelű küldetés volt az űrsiklóprogram huszonötödik, A *Challenger* űrsikló tizedik kilövése. A legénység egy parancsnokból, egy pilótából, 3 küldetés-specialistából és 2 úgynevezett „hasznos teher specialistából” állt.



[5.kép] A Challenger űrsikló legénysége az STS-51-L kódszámú küldetés során. Balról haladva a felső sorban: Ellison Onizuka, Christa McAuliffe, Gregory Jarvis, Judith Resnik. Balról haladva az alsó sorban: Michael John Smith, Francis Scobee, Ronald McNair.

Francis Scobee parancsnok Vietnámot megjáró veterán pilóta és repülőmérnök volt. Nem ez lett volna élete első űrutazása. Kitüntetett háborús hősként 1984-ben ő volt az „STS-41-C” elnevezésű műhold telepítő és javító küldetés egyik tagja.

Michael Smith volt a balsorsú küldetés elsődleges pilótája. Repüléstechnikából volt mesterdiplomája és ő is többszörösen kitüntetett háborús veterán volt.

Ellison Onizuka kutatómérnök és tesztpilóta volt. Ő volt az első ázsiai-amerikai, aki az űrben járt. Judith Resnik szoftver, elektronikai és orvosbiológiai mérnök volt, míg Ronald McNair fizikus és a második afrikai-amerikai, aki valaha az űrben járt. Ők hárman voltak a szóban forgó misszió küldetés-specialistái.

Gregory Jarvis mérnök és Christa McAuliffe tanár voltak a *Challenger* hasznos-teher specialistái a küldetés során. McAuliffe lett volna az első teljesen civil az űrben. A NASA 1985-ben a „Tanár az űrben” program során választotta ki őt 11 000 másik jelentkező közül, hogy az űrből tanítson gyerekeket és tartson órákat.

A balesethez vezető út

A küldetést eredetileg 1985. júliusában indították volna, azonban csúsztatva lett novemberig, majd még tovább 1986. január 22-re. Ezt a dátumot aztán áttették január 28-ra. A kilövés elhalasztásának okai között szerepeltek kisebb-nagyobb javítások és a nem megfelelő időjárás is. Az STS-51-L misszió feladatai közé tartozott volna egy SPARTAN típusú, újra hasznosítható műhold installálása és későbbi befogása, valamint egy további TDRS (Tracking and Data Relay Satellite) Föld körüli pályára állítása is. Ezek a műholdak az űrhajók és a Föld közötti kommunikációt voltak hivatottak megkönnyíteni. Nem utolsósorban pedig a Halley üstököst szerette volna a NASA megfigyeltetni a legénységgel, ami abban az időszámban haladt el a nap előtt. [8]

1986. január 28-án a kinti hőmérséklet rekord alacsony volt. Ilyen hidegben még sosem lőttek fel űrsiklót. Az előjelzések szerint -8 és -3 °C közötti volt a várható hőfok reggel 9 óra 38 perckor. A *Morton Thiokol* mérnökei aggódtak, hogy ilyen hidegben a kilövés közben tönkre mehet némely alkatrész. A csak „O-ring”-ként ismert rész még a vártnál melegebb időben is hajlamos volt sérülni a felszállás alatt.

Az „O-ring” lényegében egy tömítő szelep volt, aminek egyszerre kellett kiállnia a segédrakétákban uralkodó hőt és nyomást, valamint a rakétákon kívüli hőmérsékletet. Ezeket a mechanikus tömítéseket úgy tervezték, hogy egy horonyban üljenek és két felület között

összenyomódjanak és tömítést hozzanak létre a hajtóanyag és a lángok között. A hideg hatására viszont a tömítés rideggé és keménnyé vált. Ezzel a lezárás hatásfoka csökkent.

A kilövésért felelős *Thiokol* mérnökök próbáltak érvelni, hogy nem áll rendelkezésükre elég adat, hogy eldöntsék, kitart-e a tömítés. Számos magas rangú NASA alkalmazott foglalt állást amellet, hogy a kilövést ismét el kell halasztani. Az űrsikló program gyorsítókért felelős igazgatóhelyettese, Joe Kilminster úgy vélte, hogy a kilövést legalább addig el kell halasztani, amíg a kinti hőmérséklet el nem éri a 12 °C-ot. [9]

A *Morton Thiokol* vezetősége végül egy rövid videokonferenciát követően megváltoztatta a véleményét a szóban forgó gyűrűről. Úgy vélték, hogy a meghibásodást előrejelző eredmények nem lehetnek pontosak, hiszen a tesztek és számításokat nem teljes és nem elégséges adatok alapján végezték el. Mivel a *Thiokol* csapata nem támogatta többé a kilövés eltolását, a NASA küldetés-menedzsment csapatának vezetői megtárgyalták a kilövés terv szerinti folytatását. Ők viszont már nem tudtak az „O-gyűrű” miatt fennálló esetleges problémákról. Az információközlés teljes hiányának köszönhetően a *Challenger* indítása mellett döntöttek.

A kilövés reggelén az időjárás a vártnál is hidegebb volt. A segédrakéták -13°C-os hőmérséklete aggodalomra adhatott volna okot, azonban ezeket a számokat csak az általános jelentések kedvéért jegyezték fel, tehát el sem jutottak az illetékesekhez. Ami viszont eljutott, hogy a 73 méter magas állványzat teljesen befagyott és a *Rockwell* mérnökei aggódtak, hogy a kilövéskor letörő jégdarabok esetleg felsértik az űrsikló vagy a segédrakéták burkolatát. A Johnson Űrközpont mérnökei elvetették a problémát, viszont egy órával eltolták a kilövést, hogy a jég nagyrésze el tudjon olvadni. Délelőtt 11:38-kor a hőmérséklet 2°C volt, a jég pedig gyorsan olvadt. A *Challenger* kilövését jóváhagyták.



[6.kép] A *Challenger* és állványzata a kilövés előtt

A szerencsétlenség

A *Challenger* 11:38:00-kor emelkedett fel a Kennedy Űrközpontban található indítóállomásáról. Egészen pontosan a 39B számú komplexumból. Már ekkor látszottak a végzetes probléma halvány jelei. A jobboldali szilárd üzemanyagú segédrakéta sötétszürke füstöt eregetett magából az oldalán. Később megállapították, hogy a korábban említett O-gyűrűt a hideg esővíz és a kilövéskor keletkezett hatalmas mennyiségű hó a kelleténél jobban megrongálta és ezáltal tovább csökkentette a szigetelési képességét az alkatrésznek. A füstöt feltehetően égő alumínium okozta, ami viszont megolvadt és ideiglenesen szigetelte azt a részt a segédrakétán, amit az O-gyűrű nem tudott. Az űrsikló ekkor még viszonylagos biztonságban volt. Az emelkedés 37. másodpercében szélnyírást jelzett a navigációs rendszer. Ez az időjárási anomália főleg esőzések és viharok közben alakul ki, és a hevesen fújó, erős szél hirtelen irányváltoztatására használják ezt a kifejezést. Ezzel a problémával az irányítórendszerek gond nélkül elbírtak. Az emelkedés eddig apróbb nehézségekkel ugyan, de a terv szerint zajlott.

Azonban a start után 59 másodperccel még a felvételeken is jól láthatóan tűz alakult ki a jobb oldali segédrakéta oldalán. Teóriák szerint a gépre nehezedő aerodinamikai megterhelés és az erős szél együttese is elég volt ahhoz, hogy letépje a röviddel a kilövés után keletkezett alumínium olvadék tömítést. A tömítetlenség miatt a résen keresztül törhetett ki a tűz a szilárd-hajtóanyagú segédrakéta felszínére. Az így kialakult nyomáskülönbség miatt a sérülés egyre

nagyobbra és nagyobbra nőtt, és mivel a tűz áterjedt a fő üzemanyagtartályra, az égő anyag ekkor már a folyékony hidrogén volt. A probléma ekkor vált súlyossá. A kilövellő tűzcsóva olyan erős volt, hogy a rendszerek érzékelték a hirtelen fellépő oldalirányú tolóerőt és kompenzálták azt. A kilövés utáni 68. másodpercben a nyomás csökkenni kezdett a folyékony hidrogén tartályban. Ez annak a jele lehetett, hogy a külső tűz immár elérte a tároló belsejét. A 72.-ik másodpercnél a sérült segédrakéta enyhén elvált a jármű többi részétől és intenzív oldalirányú tolóerőt kezdett termelni. A fő üzemanyag tartályban a nyomáscsökkenés befejeződött, és ezzel egy időben hatalmas tűzlabda jelent meg az űrsikló oldalán. Valamivel több mint egy másodperccel később robbanás rázta meg a felszálló űrhajót. Ez a robbanás szétvetette az égő hidrogént tartalmazó tartályokat, amik összekeveredtek a szintén megsérült, folyékony oxigént szállító tárolókkal. Az ekkor keletkező újabb robbanás volt az, amit a nézők világszerte láthattak a televízióban. A brutális erők széttépték az űrsiklót és a hordozórakétákat. Az elemeire szétesett *Challenger* maradványai (beleszámítva a még sértetlen pilótafülkét) nagyjából 14 kilométer magasan jártak ekkor, a továbbra is működő hordozók pedig magukban folytatták az útjukat, igaz teljesen irányíthatatlanul. Végül a vezérlés nélkül maradt rakétákat veszélyesnek minősítette a NASA és távolról megsemmisítette őket, nagyjából 40 másodperccel az utolsó robbanást követően.



[7.kép] A robbanás pillanata megörökítve. A képen jól látható, hogy a két hordozórakéta külön-külön ugyan, de folytatta az emelkedést.

A robbanás után a NASA huzamosabb ideig próbált kapcsolatot létesíteni az űrsikló személyzetével, de választ sosem kaptak. Ekkor még nem tudták, de a *Challenger*-en tartózkodó asztronauták a földbe csapódás pillanataig életben, páran pedig még eszméletüknél is voltak. Erre a pilótafülkében található kapcsolók állásából tudtak következtetni. Mivel a kapcsolat a Föld és az űrsikló között megszakadt a robbanás pillanatában, az űrhajósok nem tudhatták, hogy milyen súlyosak a károk és valószínűleg mindent megpróbáltak, hogy ismét pályára állítsák az ő szemszögükből csupán irányíthatatlanul sodródó járművet.

A pilótafülke a szétesést követően ballisztikus pályán haladt tovább, és elérte egészen a 20 kilométeres magasságot. Tehát hajtómű nélkül emelkedett további 6000 métert önmagában. Miután elérte a ballisztikus pálya tetejét, a gravitáció következtében fokozódó sebességgel indult meg a föld felé, majd nagyjából 2 perc 45 másodperccel később becsapódott az Atlanti Óceánba. A hirtelen lassulás szédítő, 200 G nagyságú volt. Ami az emberi testnek, de még a kabin megerősített alumínium vázának is túl sok. A szerencsétlenséget a légénység egy tagja sem élte túl.

Manapság számos űrhajó rendelkezik menekülési lehetőséggel, egy felszállás közbeni súlyos probléma fellépése esetén. Azonban az űrsiklók a NASA szerint „elég megbízhatók” voltak, ezért nem látták szükségét beépíteni egy rendkívül költséges és súly szempontjából is nehéz menekülő rendszert. A *Challenger* balesete után végül kifejlesztettek egy rendszert, ami segített a légénységnek elhagyni a sérült űrsiklót, viszont csak és kizárólag a landolás előtti siklópálya közben, a légtérben, tehát semmiképp sem felszállás közben.

A katasztrófa fő okának a korábban említett „O-gyűrű” nem megfelelő hőmérsékleten való használatát és tönkremenetelét hozta ki a NASA roncs és katasztrófa vizsgáló csapata. A roncsmentési munkálatok már a szerencsétlenség napján megkezdődtek, és még 1997-ben is találtak alkatrészeket az *Challenger*-ből. A maradványok nagyjából 486 négyzetmérföldnyi, azaz 1258 négyzetkilométernyi területen szóródtak szét, és mindössze 187 darabot találtak meg a mentőalakulatok. Március 1-én megkerült a kezdetben megsérült rakéta kiégett eleme is, továbbá április 8-án a teljesen szétroncsolódott légénységi kabin, amiben megtalálták és a felszínre hozták az asztronauták maradványait.

A tragédiát élőben adták az amerikai hírsatornák, valamint *Christa McAuliffe* tanárnő fedélzeten tartózkodása miatt az iskolákban is ment a közvetítés az órákon. Egyes becslések szerint nagyjából 40 millió amerikai nézte végig az űrsikló haláltusáját. A baleset következtében *Ronald Reagan* amerikai elnök elhalasztotta az aznapra tervezett évertékelő beszédét, a *State of the Union*-t, és helyette a balesetben elhunytak emlékére tartott beszédet. Továbbá indítványozta, hogy alakuljon egy bizottság, ami volt űrhajósokból áll és feladata,

hogy hasonló katasztrófa ne történhessen megint. Ez volt a *Rogers bizottság*, aminek olyan híres asztronauták is tagjai voltak, mint *Neil Armstrong* vagy *Sally Ride*.



[8.kép] A hibás nyomásálló gyűrű következtében keletkezett lyuk a jobb oldali segédrakétán.

Szilárd hajtóanyag kísérlet

Kísérletünk célja az volt, hogy szimuláljuk a *Challenger* szerencsétlenségének fő okát úgy, hogy a szilárd hajtóanyag szűrő lángja közvetlenül az alumínium felületet éri, mivel az 1986-os baleset is hasonló okok miatt ment végbe. Szilárd hajtóanyagként feketelőpor-kátrány keverékét használtuk biztonsági szempontokat szem előtt tartva, hiszen a feketelőpor égési sebessége 400 m/s ellentétben a szerves lőporral, ami akár 800 m/s-ot is elérhet, amely robbanásveszéllyel fenyegetett.

A hajtóanyag összetétele:

- 1,6 g Faszén, C
- 1 g Kén, S
- 7,4 g Salétromsó, KNO_3 (oxidálószer)
- 3,5 g Bükkfakátrány

A szén, a kén és a salétromsó finom porrá őrlése után hozzáadtuk a folyékony állapotban lévő bükkfakátrányt, és ezeket összekeverve egy pasztaszerű anyagot kaptunk. Egy hétre állni hagytuk, mielőtt végrehajtottuk volna a kísérletet. Fúvókának egy áruházban kapható külső menetes, $\frac{3}{4}$ " belső átmérőjű króm közcsavart és az alját lezáró, hozzátartozó kupakot használtunk.

A kísérletet három fázisra osztottuk a 13,5 g kész hajtóanyagunkkal. Először, a működőképesség bizonyítása érdekében meggyújtottunk 0,56 g hajtóanyagot önmagában egy öntött vaslapon. Ezzel bebizonyítottuk, hogy ég a keverék. A vártnál nehezebben gyulladt be, azonban kellő intenzitással és nem robbanva égett.



[9.kép] A felhasznált alumínium lemez és első kísérlet. A szilárd hajtóanyag égéstesztje.

A második kísérlet már a fúvókában történt, csökkentett üzemanyag mennyiséggel, 2,44 g-ot használtunk fel. Először egy papírkánóccal próbálkoztunk meggyújtani a keveréket, amely nem volt sikeresnek mondható. Ezt követően egy hosszú szárú öngyújtóval közvetlenül a keveréket céloztuk meg, melynek eredményeképpen sikeresen begyulladt. A fúvóka (a közcsavar belseje) megfelelően koncentrált az égést egy irányba, pont úgy, mint ahogy az igazi rakéta hajtóművek működnek. Ezután tovább léphettünk a harmadik (és egyben utolsó) kísérletre.



[10.kép] Fúvóka megtöltve és második kísérlet.

A harmadik kísérletnél az eddig fel nem használt, 5,5 g hajtóanyagot beletöltöttük, majd ismét fölé helyezzük az alumínium tesztdarabot. Ez a lap 0,5 mm vastag volt és 98% tisztaságú alumíniumból készült. A mintát a lángtól 7 mm távolságra rögzítettük, mely megfelel a láng kiindulási pontjától számított legforróbb területnek. A hajtóanyagot 40-50 másodperc próbálkozás után sikerült meggyújtani, valószínűleg az okozta a nehézséget, hogy túl erősen nyomtuk bele a hajtóanyagot töltés közben. Gyulladás után hamar elérte a kívánt szúrólángformát és elkezdte roncsolni az alumínium lapot.



[11.kép] A harmadik kísérlet lefolyása



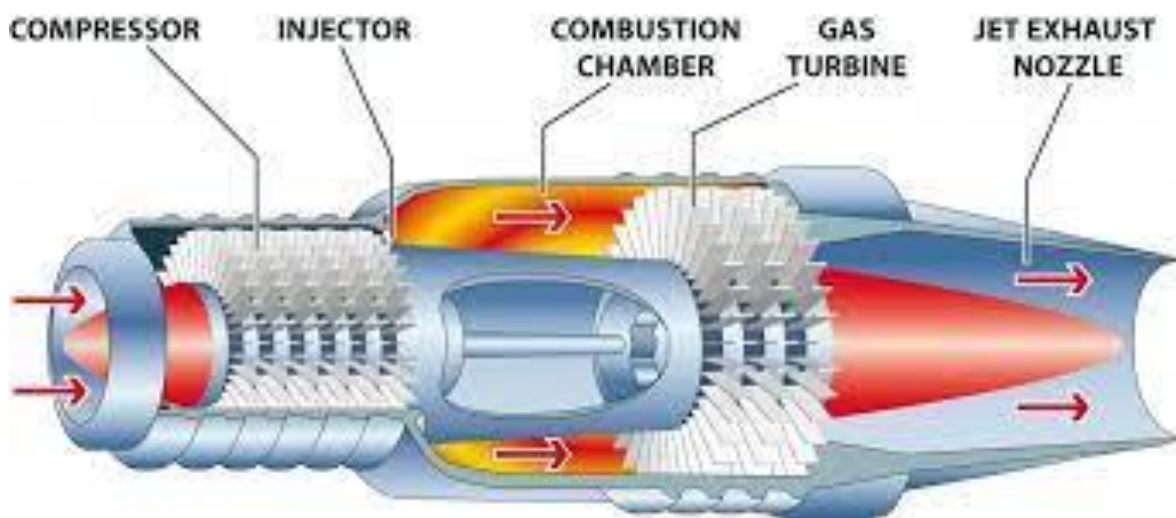
[12.kép] Bal oldalon a Challenger űrsikló azon alkatrésze, ahol a katasztrófáért felelős gyűrű volt. Jobb oldalon pedig az általunk végrehajtott kísérlet eredménye. Mindkét képen jól látható a megolvadt, szerkezetileg meggyengült alumínium.

Az kísérlet lefolyása után megvizsgáltuk az alumínium lapot és arra a következtetésre jutottunk, hogy a kísérlet elérte a célját, mivel a tesztlap felületét megolvasztotta a láng a felületét, az olvadék cseppekbe rendeződve szilárdult meg a lehűlés következtében, és az alumínium lemez másik oldaláról egy kúp alakú bemélyedés volt megfigyelhető, ami az olvadással összhangban lévő anyaghiányra utal. Hasonló jelenség észlelhető a *Challenger* gyorsítórakétájának megtalált roncsain is.

Spirál - egy űrrepülő rövid és szomorú története

A szovjet űrprogramban az 1950-es évek elején vetették fel az ötletét egy többször használatos hordozó eszköznek, amely segítségével úgy vélték, hogy egy megbízhatóbb és hatékonyabb módot találnak az űrközlekedésre. Nyikolaj Petrovics Kamanyin tábornok[10] vezette le először az ilyen hordozó eszköz alapkoncepcióját és feladatait 1962-ben, és már űrrepülőnek nevezte az eszközt, igaz első sorban még katonai alkalmazásra szánta. Kétirányú, párhuzamos tervezet volt: egy 65-150 km magasságban és egy 3000 km pályamagasságban üzemelő változat (ez utóbbinak képesnek kellett lennie akár egyhónapos küldetésre is). Az 1965-ben megfogalmazott ötéves tervben már szerepelt a repülő megvalósítása. Kamanyin a légierő szempontjából alakította az űrrepülő-programot, melynek a feladatát kiadta a Honvédelmi Minisztérium CRII-30 intézetének, amely rögtön meg is fogalmazott több kívánalmat az új fegyverrendszer feladatkörével kapcsolatban. Legyen gyors reakcióideje (ez viszonylag általános a légierőnél), képes legyen stratégiai felderítésre (az ellenség mobil harceszközei mozgásának követésére). Legyen képes célpontok megsemmisítésre is (legfőképp a nukleáris hadászati rakéták), valamint ellenséges űreszközök felderítésre, természetesen rendszeres fel és leszállásokkal és a személyzet gyakori cseréjével. Ennek eredményeképpen született az az ötlet, hogy egy kisméretű repülőt egy egyfokozatú rakéta juttasson az űrbe, melyet a hiperszonikus hordozógép visz nagyobb magasságba és ott a már említett repülőgép lecsatlakozik és önállóan folytatja tovább útját. Az említett kisebb repülőgépnek képesnek kell lennie az űrben és a légkörben is megfelelően manővereznie. Hasonló volt az elképzelés, mint az amerikai Bell MX-2276 hordozója. A projekt neve Spirál lett és az OKB-155 kódnevet kapta a legendás Mikojan-Gurjevics iroda által. Egy olyan mérnök vezette a tervezést, akiről azt lehet elmondani, hogy a szovjet repülés és az űrkutatás egyik legfontosabb alakja, Gleb Jevgenyijevics Lozino-Lozinszkij volt. Kezdetben hajtóműveken dolgozott, Ljulkával alkotta meg az első szovjet gázturbinát, az RTD-1-et, majd a VK-107A-n és a VK-1F-en, amely az első utánégetős motorja volt hazájának, amelyet a későbbi MiG-17 modellekbe építettek bele és azzal lépte át először a

hangsebességet. Dolgozott a talán legelterjedtebb vadászpilóta, a MiG-21-esen és a leggyorsabb elfogó vadászon, a MiG-31-esen. A három szovjet űrpilóta program vezetője volt, a már említett *Spirálnak*, a későbbi *Burán* és *MAKSZ*-projekteknek. Az űrpilóta az OSz jelölést kapta a szó orosz megfelelője rövidítéseként. A folyékony hajtóanyagú gyorsítórakéta szintén rövidítéssel a ZsU jelölést kapta. A hordozó repülőt GSZR névre keresztelték és a Tupoljev iroda fejlesztette. Egy deltaszárnyas kialakításban gondolkoztak, a függőleges vezérsíkok különös módon a szárnyak végén kaptak helyet. Ezt azzal lehet magyarázni, hogy az OSz és a ZsU a géptörzsre lett erősítve, ezzel nem maradt hely máshol. Ahogy az bevett szokás lett a híres-hírhedt Concorde és Tu-144 repülőknél itt is egy lefelé 5°-os szögben dönthető pilótafülke volt, hogy segítse a leszállást. Az egész projekt legelőremutatóbb darabja a hordozó hajtóműve volt. A külön e típushoz fejlesztett Al-51-el[10] akarták elérni a kívánt mach 6-ot. Folyékony hidrogénnel üzemelt, és a működése alapján lényegében egy motorhajtású kompresszorral ellátott sugárhajtómű (angolul scramjet) volt. A folyékony hidrogén nem csak hajtóanyagot, hanem a motor hűtését is biztosította. Oxidálószerként nem hordozott, azt a légkörből nyerte. 17.5 tonna tolóereje, korának legerősebb hajtóművéé tette volna, nem számítva a rakétamotorokat. Azonban ez a motor sosem épült meg.



[13.kép] A scramjet motor működési elve

A ZsU(gyorsítórakéta) része a projektnek a szovjetek által közkedvelt kétfokozatú gyorsítórakéta volt. Egy, az elejébe elhelyezett vízszintes csatornában kapott helyett az OSz(űrpilóta). Az első fokozat motorja négy darab, egyenként 25 tonna tolóerővel rendelkező folyékony hidrogén-folyékony fluor rakétahajtómű volt. A második fokozatról annyit lehet tudni, hogy összesen 25 tonna tolóerejű volt, és hogy milyen motor lehetett benne, azt

találgatások övezik. A legvalószínűbb, hogy az előzőleg ismertetett hajtóműből 1 db-ot építettek bele. Az OSz mindössze 8 méter hosszú és 7,4 méter szárnyfeszítávú volt. A törzs kialakítása felhajtóerő-termelő volt, amely azt jelentette, hogy nem csak a szárny képzett felhajtóerőt, hanem a géptörzs is, ami azért volt fontos, mert egyrészt így lehetett csökkenteni a szárnyak területét, ezzel csökkentve a tömeget és a méretet, másrészt pedig ellenállóbbá válik a repülőgép a szárny esetleges sérüléseivel szemben. Ritka módon a leszállást nem kerekeken végezte, hanem acélból készült csúszótalpakra érkezett. E megoldás azért volt fontos, mert így homogén maradt a hőálló pajzs, amelynek a meghibásodása súlyos következményekkel járhat (lásd *Columbia*). Az űrrepülő rendelkezett mentőkabinnal is.

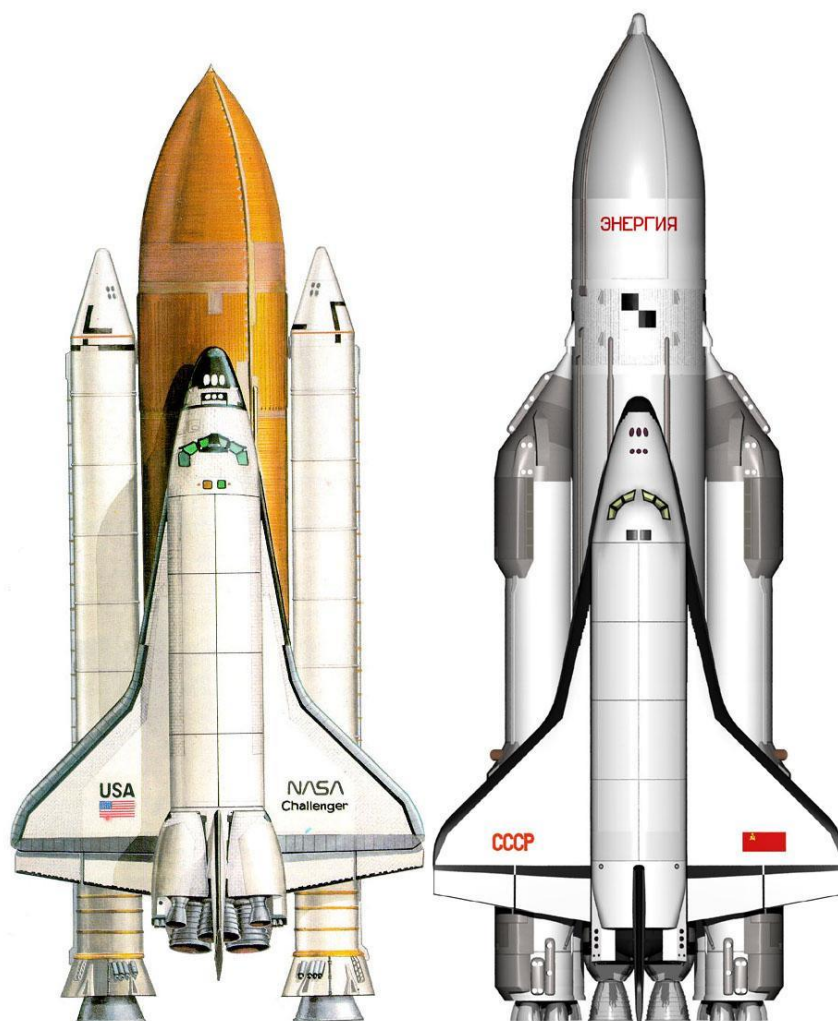
Több év fejlesztés után derült ki a kijózanító eredmény, hogy a GSzR az akkori technológiával megvalósíthatatlannak bizonyult, hiszen a Tu-144 utasszállító bizonyos elemeiben rokona volt a GSzR-nek(hordozórepülő) és problémái voltak az “alacsony” mach 2 sebességgel is, miközben a GSzR-t mach 4-6 tartományba tervezték. A projekt fókuszát váltott és a megvalósíthatóbb irányba folyt tovább a fejlesztés, mégpedig az OSz megtartásával, amely túl volt akkorra több szélcsatorna kísérleten, épült fából is modellje és gyártási tesztekre készített darabok is léteztek. Új projekt névvel látták el, ezentúl EPOSz-ként hivatkoztak rá. Az új tervezet szerint a legfontosabb feladata az épülő űrállomás kiszolgálása és ellátása lesz. Kísérleti jellegű lett a program, így már nevet is kapott az OSz egység MiG-105 néven. Három év alatt épült meg három példány, amelyből az utolsó nem készült el teljesen, és a második meg sosem repült. Az első példánnyal végeztek repülési kísérleteket, ahol egy bombázóról eresztették el és gyakorlatilag a földig siklott. Az egyik ilyen teszt során a füves kifutón eltalált egy követ, amely komoly sérülést okozott a csúszótalpakban, amelyet ki sem javítottak. Ez jelölte a *Spirál* program végét, azonban nem volt teljesen felesleges, hiszen a tapasztalatokat felhasználták a *Buran* fejlesztésénél[11]. Az egyetlen épségben megmaradt példány ma a Monyinói Repülőmúzeumban található.



[14.kép] A Spirál-projekt egyetlen megmaradt darabja: MiG-105

Buran

Az amerikai űrsiklók fejlesztése hírének hallatán a szovjetek sem akartak lemaradni. 1974-ben elindították a saját programjukat *Buran* (hóvihar) névvel. Mindkét szuperhatalomnál csúszott az űreszköz fejlesztése, de a Szovjetunióban sokkal nagyobb késéssel épült meg a kész változat, mint a NASA-nál. Két részből állt a projekt, a *Buran* siklóból és az *Enyergija* hordozórakétából. A rengeteg szabadon elérhető adat az amerikai űrsiklóprogramról nagyban megkönnyítette a szovjetek dolgát a fejlesztésben. Nagyon hasonló méretei voltak a két nemzet siklóinak. A hossza az amerikainak 37,24 m, a szárnyfesztávja 23,79 m volt. A *Buran* hossza 36,37 m és a fesztávja 23,92 m. A *Challenger* nyílazása (szárnyának dőlésszöge, célja a maximálisan elérhető mach erő növelése) a szárny elején 80° volt, a deltánál 45° . A szovjet sikló deltája ugyanakkora volt, csak a szárny elején tért el és 78° -os volt a nyílazás.[12]



[15.kép] A Buran és a Challenger összehasonlító ábrája

Habár külsőre sokban hasonlított egymásra az amerikai és a szovjet sikló, a legtöbb egyezés itt megáll. Az indító rendszer teljesen különbözött az amerikaitól, hiszen a szilárd gyorsítórakéta helyett folyékony hajtóanyaggal működött. Az amerikai Saturn V után ez számított a második legjobb indító platformnak, lekörözve a grandiózus N1 rakétát is. Valentyin Petrovics Gluskó tervezte a rakétát RD-170 néven. Az elődjét, az RD-151-et egy korábbi leállított projekthez tervezte és azt felhasználva építette meg az Enyergija alapjául szolgáló motort. Nehézkes volt a fejlesztése, például egy teszt alkalmával kilométerekre lőtte a szivattyú darabjait. Annyi probléma volt a kísérleti példánnyal, hogy volt terv arra, hogy kicseréljék az NK-33-as típusra. A kész motor igen erős, 7257 kN (azaz 740 tonna) tolóerőt volt képes leadni 309 másodpercen keresztül tengerszinten. Az Enyergija négy darab RD-170-es gyorsító rakétával működött kívülről felerősítve az üzemanyagtankra, és a tank aljára RD-0120 gyorsítók voltak szerelve. Az RD-0120 a saját típusában a legerősebb szovjet rakéta volt. Hajtóanyaga Hydrolox

(folyékony hidrogén-folyékony oxigén) és tengerszinten 1526 kN tolóerőt volt képes leadni 351 s-on keresztül. Ez egy fontos különbség az amerikai űrsiklóhoz képest, hiszen a *Buran* nem voltak gyorsító rakéták, ezzel tudták csökkenteni a tömeget, hiszen a pályára állás után ezek a motorok csak holtúlyként nehezítették a repülő helyzetét. Mindössze 2 db kisebb RD-58M manőverező rakéta kapott rajta helyet pályakorrekciók miatt. Fontos megjegyezni, hogy ennek a programnak a mellékterméke lett az An-225-ös is, amely a világ legnagyobb szállítógépe volt, olyan osztott függőleges vezérsíkkal, amilyent a fentebb említett *GSZR*-re terveztek. A szállító gép tetején szállították az űrsiklót, ezzel - mondhatni részben - sikerrel járt a Spirál-terv. Az első teljes indításra 1988. november 15.-én került sor, amikor is légénység nélküli, teljesen önálló tesztrepülést hajtottak végre. Hibátlanul végrehajtott próbarepülés volt, hiszen a feladatát elvégezve Föld körüli pályára állt, megtett két kört, majd leszállt önállóan a kifutópályára. Ez azért kiemelendő, mert az amerikai űrsiklók kezdetben kizárólag pilótával, majd végső megoldásként automatikával rendelkeztek, szóval a pályafutásuk összes repülését ember irányította. A hőpajza is jobban szerepelt, mint például a *Challengeré*, hiszen annak az első repülése alkalmával 16 kerámiablokk semmisült meg és nagyjából 130 megsérült, míg a *Buran* mindössze 8-at veszített. Ezt annak volt köszönhető, hogy a hőpajzsban került az éles illesztéseket és optimálisan, a hőbelépés vonalára ortogonálisan helyezkednek el a hővédő lapok. Rendelkezik továbbá megoldással arra, ha evakuálni kell a légénységet. Ez a rendszer hasonlóan működött, mint a vadászrepülőkön lévő katapultülések. Fontos a két űrsikló között a tömegbeli különbség. Az amerikai sikló 82,5 t tömegű volt, míg a szovjet mindössze 62 t [13]. A tömegkülönbség ellenére a teherbírásban a *Buran* jeleskedett, hiszen 30 tonna hasznos teherrel térhetett vissza a Földre az STS (*Space Transportation System*) mindössze 20 tonnával. Sajnálatos módon a *Buran* csak egy repülést ért meg, az *Enyergija* pedig kettőt, hiszen a Szovjetunió szétesett, Bajkonur Kazahsztán területére került, a létrejövő Orosz Föderáció pedig nem tudta finanszírozni tovább az addigi legdrágább űrprojektet.



[16.kép] A Buran az összedőlt hangárban

A *Buran* egy hangárba került, ahol évekig porosodott, majd 2002. május 12.-én a hangár tetőszerkezete a megfelelő karbantartás hiányában összeomlott, maga alá temetve az orosz siklót és az ott dolgozó nyolc munkást. A másik elkészült példány, a *Pticska* jelenleg Bajkonurban van kiállítva.

A Columbia katasztrófája

A *Columbia* űrsikló (NASA Orbiter jelzés: OV-102) volt az első újra felhasználható amerikai űrrepülő, mely feljutott a világűrbe. Nevét a Boston típusú *Columbia Rediviva* nevű naszádról kapta, mely az első amerikai hajó volt, ami körülhajózta a földet. A névrokon űrjármű összesen 28 küldetésen vett részt és több, mint 300 napot töltött az űrben.

Az űrsiklót 1975-ben kezdte el építeni a *Rockwell International*, az vállalat, amely az összes űrsiklót gyártotta. 1975 márciusában érik meg a Kennedy űrközpontba.

A balsorsú orbiter életútja nem kezdődött zökkenőmentesen. Első útja előtt, 1981-ben két munkás halt meg a földi előkészítés során egy balesetben. Első repülése 1982. április 12-én történt, és 2003-ban bekövetkezett katasztrófájáig számos fontos küldetést hajtott végre a NASA kötelékében. A *Columbia* szállított műholdakat, űrállomás modulokat és űr-
röntgentávcsöveket is, viszont nem vett részt sem a *Shuttle-Mir* programban, sem a *Nemzetközi Űrállomás* építésében. Soha nem is dokkolt egyik állomásra sem. Ez az űrsikló tartja a típus

leghosszabb űrben töltött idejének a rekordját is a maga 17 nap 15 órájával, valamint a *Columbia* volt az első űrhajó, aminek női parancsnoka volt.

A *Challenger* 1986-os balesete után az űrsikló flottát a földre parancsolták. Ebből kifolyólag a *Columbia* csak 1989-ben repült újra. A végzetes STS-107 jelű küldetést hivatalosan 2001. januárjában szerették volna elindítani. Azonban ez számos ok miatt, összesen 13 alkalommal került halasztásra. Az indokok között volt magasabb prioritású küldetések végrehajtása, amihez szintén a *Columbia* űrsiklót használták fel. Valamint a tény, hogy a szóban forgó űrhajót 6 hónappal hosszabb ideig újították fel 1999-ben is, nagyban közrejátszott a küldetések feltorlódásában és késleltetésében. Az sem segített sokat a helyzeten, hogy 2002. júliusában az *Atlantis* űrsikló hajtóművében mikro-repedéseket fedeztek fel, ami ismét földhöz szegezte a teljes flottát több mint 4 hónapra.

Az űrsikló utolsó küldetéséhez a legénységet már 2000-ben kiválasztották. Az STS-107 személyzete egy parancsnokból, egy pilótából és 5 kutatásfelelősből állt. [14]



[17.kép] A *Columbia* űrsikló legénysége az STS-107 kódszámú küldetés során. Balról sorban haladva: David Brown, Richard Husband, Laurel Clark, Kalpana Chawla, Michael Anderson, Willie McCool, Ílán Rámón.

Richard Douglas Husband parancsnok az amerikai légierőnél szolgált ezredesi rangban. Mérnöki területen szerzett mesterdiplomát. Először 1999-ben repült az űrben, és tagja volt az első küldetésnek, ami során űrsiklóval dokkoltak a Nemzetközi Űrállomáson.

William McCool volt az STS-107 pilótája. Életében először járt ekkor az űrben. Korábban az amerikai hadiflottánál szolgált pilótaként. Repülőmérnöki mesterdiplomát szerzett 1992-ben és utána, 1996-ban vették fel a NASA-hoz.

Michael Anderson kutatásfelelős fizikából szerzett mesterdiplomát, és korábban részt vett egy *Shuttle-Mir* küldetésben 1998-ban. Husband-hez hasonlóan, ő is a légierő kötelékében szolgált, míg David Brown és Laurel Clark a haditengerészetnél. Mindketten orvosi doktorátust szereztek és mindkettőjüknek az STS-107 volt életük első repülése.

Kalpana Chawla volt a küldetés egyetlen civil résztvevője. Indiai származású repülőmérnök volt. Mesterdiplomáját is az Egyesült Államokban szerezte. Korábban részt vett már az STS-87 küldetésben, ő volt az űrsikló robotkarjának kezelője.

Ílán Rámón 48 évesen volt az STS-107 legidősebb tagja. Az izraeli légierő vadászpilótája volt, és a Tel-Avivi egyetemen szerzett komputermérnöki és elektronikai alapidiplomát. Ez volt élete első űrrepülése, valamint ő volt az első izraeli asztronauta is.

A katasztrófa előjelei

A *Challenger* űrsiklóhoz hasonlóan, a problémák a *Columbia* esetében is jóval korábban körvonalazódtak már. Ezúttal nem egy szigetelőgyűrű meghibásodása volt a baj, hanem az űrsikló hasát borító hőszigetelő-hab fokozatos leválása. Ez a réteg védte a siklóban tárolt üzemanyagot, a cseppfolyós állagú hidrogént és oxigént, valamint természetesen az űrhajósokat is óvta a fellövés és a visszatérés közben keletkező iszonyatos mennyiségű és mértékű hőtől. Ezen felül a habréteg még aerodinamikai célokat is szolgált.

A szigetelőhab leválása nem volt ismeretlen a NASA mérnökei számára. Hat esetben készültek feljegyzések hasonló problémákról 1986 és 2002 között. Még saját nevet is kapott ez a jelenség. A „foam-shedding”-ként ismert problémakörhöz azonban az évek során teljesen hozzászokott a NASA menedzsment és mérnöki csapata. És mivel oly sok éven keresztül nem okozott egyetlen balesetet sem, veszélytelennek minősítették a leválást. Ezt a szociológiai jelenséget „normalizálódásnak” nevezi a szaknyelv. A NASA a *Challenger* balesete után nagyjából 90 repülést hajtott végre az STS-107-ig, és mivel a *Columbia* széthullásáig nem történt több nagyobb baleset, a mérnökök számos esetben a szerencsére bízták a küldetések sikerességét. És

mivel a *Challenger* utáni vizsgálatok során feltárt veszély faktorok közül egy sem okozott szerencsétlenséget, a NASA minden küldetéssel magabiztosabb lett és egyre nagyobb kockázatot vállalt. (Diane Vaughan szociológus éveken keresztül tanulmányozta a NASA viselkedését a *Challenger* katasztrófája után. Megfigyeléseit a „The Challenger Launch Decision” című könyvében írta le.)

Az STS-107 feladata volt, hogy 15 nap alatt 57 kísérletet végezzenek el. Ezek nagyrészt a *Columbia* raketerében szállított „*SpaceHab*” űrlaboratóriumban végezték el. A dupla mikrogravitációs laborban az asztronauták 12 órás váltásokban dolgoztak. Javarészt orvosbiológiai és anyagtudományi kísérleteket végeztek el. Izrael kérésére pedig a föld légkörét és vizsgálták.

A kilövést 2003. január 16-án, helyi idő szerint 10 óra 39 perckor hajtották végre. Egy „apró részletet” leszámítva hibátlanul le is zajlott. Az orbiter problémamentesen feljutott az űrbe. Az „apró részletről” pedig egy átfogó vizsgálatot követően sem derült ki, milyen komoly probléma is valójában. A start után 82 másodperccel az űrsiklót figyelő kamerák egy nagyobb, körülbelül egy táska méretű hóálló hab darabot láttak leszakadni a siklóról. A törmelék nagyjából 860 km/h-s sebességgel nekiütközött a *Columbia* bal szárnyának. Az űrhajó ekkor 20 kilométer magasan volt. A kamerafelvételeken nem volt teljesen kivehető, de mára biztosan lehet tudni, hogy a balszárnny belépőélének csapódó hóálló anyag az űrsikló egyik legsérülékenyebb elemét sérthette meg. A szintén hőszigetelésre használt, úgynevezett „szén-szén” panelek közül néhány darab súlyosan megsérült. A legénység nem érzékelte az incidenst és a *Columbia* sikeresen pályára állt a föld körül.

A következő 16 napban a legénység a kísérletek végrehajtásán dolgozott. Eközben a földi irányítás felületesen kivizsgálta a felszállás során készített felvételek segítségével, mekkora a rizikó-faktora egy esetleges balesetnek a landolás során. Több kamera is a siklóra fókuszált a felszállás közben, mégis alig akadtak használható adatok egy ilyen kisméretű törmelék okozta károk feltárásához. Ahogy a *Challenger* esetében, úgy ezúttal is a NASA mérnökei tényeket sorakoztattak fel, kiemelve a potenciális veszélyeket, amik az űrsiklók és személyzetét fenyegették. Kiemelték, hogy ez volt a valaha észlelt legnagyobb törmelék, amely űrsiklóról vált le, valamint szorgalmazták, hogy a legénység vizsgálja meg egy nem tervezett űrséta során a keletkezett károkat, ha pedig ez nem lehetséges, legalább a sikló ablakain keresztül elemezzék ki a károkat. Végül ezek teljesen elmaradtak. [15]

A hóálló borítás szakértői szerint a sérülés nem lehetett súlyos, továbbá azt feltételezték, hogy a NASA ráér a landolást követően kijavítani egy esetleges horpadást a balszárnny élén. Az

Űrkutatási Hivatal vezetői úgy gondolták, hogy nem okoznak stresszt a legénység soraiban azzal, hogy a probléma precízebb kivizsgálására utasítják őket. Továbbá mindenki, aki részt vett a sikló építésében, de még a NASA mérnökei is úgy gondolták, hogy a szóban forgó hőálló elemek a valóságnál sokkal erősebbek és szívósabbak.

A tervezett landolás előtt a földi irányítás elvégzett néhány matematikai modellen alapuló kockázatelemzést, ami egy, az űrsikló szárnyát érő találatot és annak következményeit szimulálta. A programba kizárólag nehéz tárgyakat lehetett kalkulálni, mint például jegesedésből származó jégdarabokat. A szimuláció az űrsikló megsemmisülésére is felhívta a figyelmet, azonban mivel a leszakadó tárgy a valóságban egy alacsony sűrűségű hab volt, nem pedig egy jégtömb, az eredményeket nem fogadták el a küldetés vezetői.

2003. január 23-án a földi irányítás végül szólt a sikló legénységének az ütközésről, viszont többször kiemelték, hogy a helyzethez mérten ugyan, de biztonságban vannak az asztronauták. A visszatérés zökkenőmentes kell, hogy legyen. A nyugodt legénység így zavartalanul folytatta és hajtotta végre a számukra előírt kísérleteket. Sajnos a *Columbia* megsemmisülése során minden eredményük elveszett.

A Szerencsétlenség

2003. február elsején, 8 óra 45 perckor a *Columbia* megkezdte a visszatérési procedúrát. Azonban alig 15 perccel később darabokra hullott Texas állam felett. A NASA „CapCom” (Capsule Communication) csapata, azok az irányítók, akik az űrhajókkal tartják fent a kommunikációt, pár perccel az utolsó telemetriai adat beérkezése előtt már elvesztette az asztronautákkal a kapcsolatot, ezért a mai napig csupán találgatni lehet meddig maradt életben Husband parancsnok és legénysége.

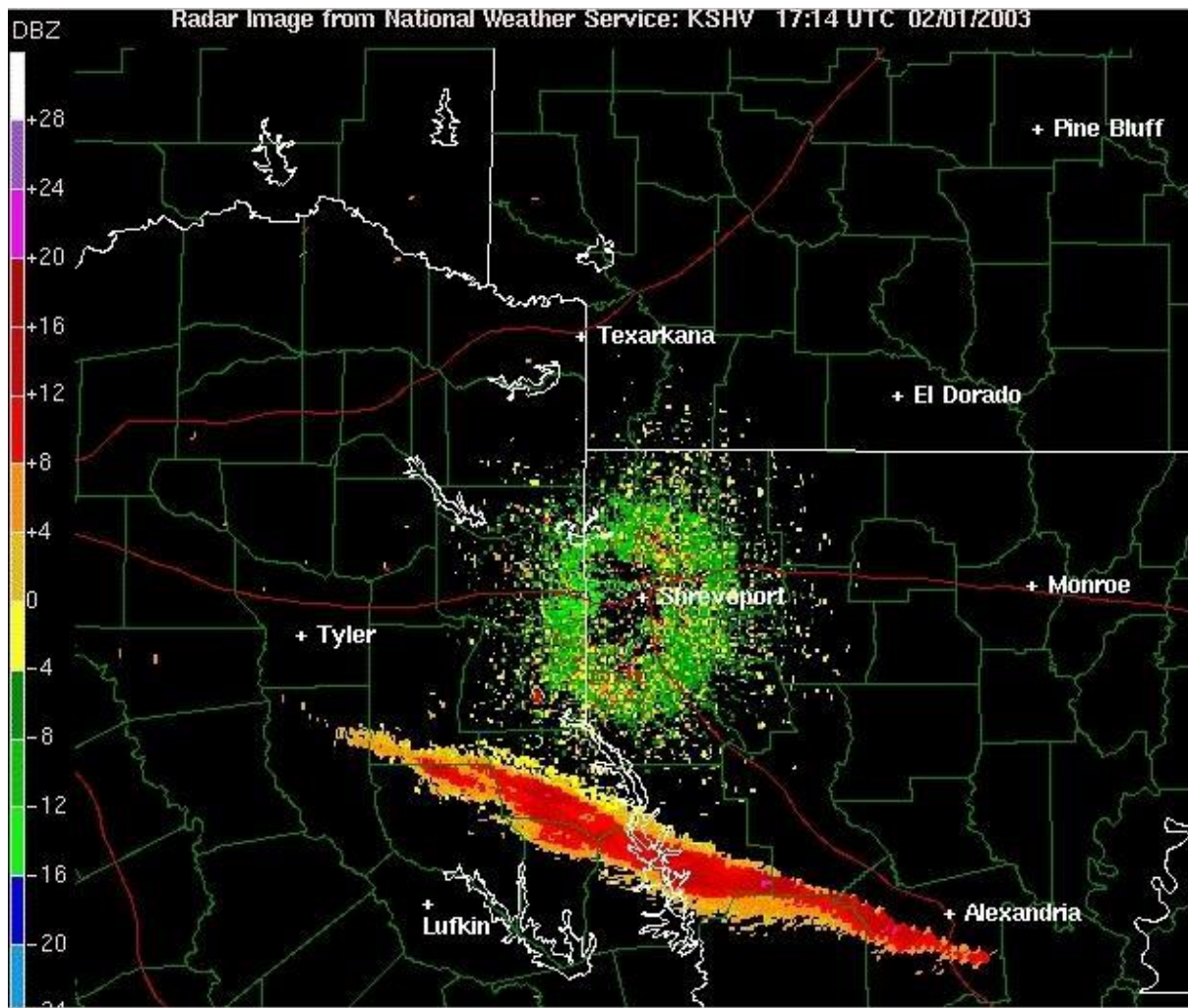


[18.kép] A *Columbia* megsemmisülése

A szétesés pillanatában a *Columbia* 62 kilométer magasan járt és 16 mach (19800 km/h) sebességgel haladt. A NASA adatait szerint a pilótafülke egészben tört le a siklóról, viszont számos oka lehetett, hogy az űrhajósok meghaljanak annak 40 másodperccel későbbi teljes szétszakadása előtt. Ezen okok között sorolták fel az irányíthatatlan zuhanás következtében felmerülő G erők végzetes hatását, a kabinnyomás megszűnését, illetve a kitettséget a föld mezoszférájában uralkodó halálos közeghez. És akkor itt még célszerű megemlíteni, hogy amennyiben mindez nem bizonyul halálosnak, a végső dezintegráció után a testek ki voltak téve saját űrhajójuk zuhanó és izzó törmelékének.

A *Challenger* katasztrófától eltérően (ahol a pilótafülke viszonylagosan egyben maradt) a *Columbia* esetében minden bizonnyal örökre találgatás marad, mi és mikor végzett az asztronautákkal.

A baleset kivizsgálása, az űrsiklóprogram vége



[19.kép] Műholdfelvételek a roncsok szétszóródásáról

A balesetet követően, akárcsak a *Challenger* katasztrófája után, az aktuálisan hivatalban lévő elnök, *George Bush* mondott egy beszédet, magasztalva az asztronautákat és külön kitért arra, hogy az űrutazás még a 21. században is veszélyes „üzem”.

Ahogy a műholdfelvételen is látszik, a roncsok többmértöldnyi területet betérítettek. Az emberi történelem egyik legnagyobb mentőakciója vette kezdetét, hogy felkutassanak minél több alkatrészt. Már ekkor sem reménykedtek benne, hogy élve találják rá bármelyik asztronautára, viszont a NASA és a rokonok szerették volna megadni a végtisztességet, ezért előkelő szerepet kapott a testek felkutatása is.

A kutatás többezer önkéntes bevonásával, valamint természetesen a helyi erők összevont munkájával „sikeresnek” volt mondható. Több, mint 84.000 roncsdarabot sikerült összegyűjteni, azonban a valós szám sosem fog kiderülni. Számos önkéntes nem adott le megtalált darabokat, mivel azok piaci ára az egekbe szökött a katasztrófa után. A legnagyobb

megtalált alkatrész egy ablakkeret volt és az orbiter mindössze 40%-át találták meg a mai napig. (A megtalált alkatrészek súlyát összehasonlítva a *Columbia* eredeti súlyával).

A balesetet követően a NASA természetesen kivizsgálást indított. Behatóan elemezték az összes felvételt és az előkerült roncsokat is, hátha megtalálják az okokat. Többen a kezdetektől fogva gyanakodtak, hogy a hableválás volt a fő probléma, ami végül a katasztrófához vezetett. Először tévesen a hab felhelyezésekor keletkező légbuborékokat okolták, azonban később rájöttek a NASA mérnökei (miután majdnem megismétlődött a *Columbia* esete a *Discovery* STS-114-es számú küldetése során), hogy a probléma az üzemanyagtartályok feltöltése során keletkező hatalmas hőmérsékletváltozás okozta tágulás, amely gyengíti az anyag integritását és repedések keletkeznek rajta.

Már a katasztrófa napján bejelentették, hogy létrehoznak egy független vizsgálóbizottságot is, amely a NASA-tól külön lefolytatja a saját nyomozását is. Ez volt a „Columbia Baleseti Kivizsgáló Bizottság”, mely végül minden kétséget kizárólag megállapította, hogy a baleset oka a leszakadt hőálló hab által okozott sérülések voltak a balszárnynon. Az úgynevezett „Reinforced Carbon-Carbon” (RCC) azaz megerősített szén-szén elemek, amik a szárnyak élet védtek a le és felszállás során keletkező hőtől, egyszerűen képtelenek voltak megőrizni a szárny integritását az ütközést követően. A landolás során fellépő hatalmas hő így zavartalanul beáramlott és megsemmisítette a szárnyak belsejében a hidraulikát és minden egyéb berendezést, majd magát a szárny struktúráját is.

A *Columbia* katasztrófája volt az, amely immáron megkerülhetetlenül ráirányította a nemzetközi űrrepülés szakembereinek figyelmét az újra felhasználható űrhajók jelentette veszélyre, amennyiben nem tartják őket megfelelően karban. A baleset után számos újítást bevezettek a megmaradt 3 űrálló sikló és azok legénységének biztonsága érdekében. Például a szigetelőhabot átalakították. A későbbi repülések során soha többet nem vált le szigetelés űrsiklóról. Továbbá a procedúrák hatásosságán is javítottak, megszabták, hogy a biztonság mindig prioritás legyen a határidőkkel szemben is.

A két katasztrófa azonban visszavonhatatlanul megpecsételte az űrrepülő program további sorsát, és ezen a felsorolt hathatós intézkedések sem tudtak változtatni. Habár az űrsiklókat csak kis híján harminc hónapra parancsolták földre, a vizsgálatok befejezése után folytatódtak a küldetések, a NASA bizalma megrendülni látszott ezekben az űrhajókban, ezért 2011. július 8-án az *Atlantis* űrrepülő végrehajtotta a program utolsó repülését. A *Columbia* katasztrófáját követő 10 évben mindössze 22 küldetést indítottak és azokat is már az új mentalitás szerint, tehát mindent megkérdőjeleztek és kivizsgáltak, ami csak egy hajszálnyit is eltérni látszott a megszokottól.

Űrhajózás napjainkban / Összefoglalás

Dolgozatunkban röviden összefoglaltuk az űrkutatás durván nyolcvan elmúlt évének eseménydús történetét, az első német kísérletektől egészen az amerikai űrsiklóprogram végéig. Kitértünk az űrutazás fontosabb mérföldköveire és dióhéjban összefoglaltuk a fontos részleteket róluk.[16]

Ezt követően tüzetesen megvizsgáltunk kettő, az újra felhasználható űrjárművekkel kapcsolatos katasztrófát, majd a kigyűjtött adatokat felhasználva kielemeztük azokat. A *Challenger* balesetével kapcsolatban végrehajtottunk egy szilárd rakétahajtóanyaggal és alumínium fedőlappal kapcsolatos kísérletet, ami pusztán elméleti szinten ugyan, de igazolta, miért veszett oda végül a balsorsú űrsikló.

Mivel minden űr-kedvelő egyén ismeri a két űrsikló szerencsétlenségét, úgy gondoltuk megragadjuk a lehetőséget és beszámolunk egy kevésbé ismert, szovjet változatról is, amely ugyan közel járt a sikerhez, a Szovjetunió felbomlása örökre ellehetetlenítette a Buran projektet, megfosztva azt a teljes megvalósulástól.

Az űrsikló program során a NASA nem rendelkezett egyéb, párhuzamos megoldással arra, hogy embert szállítson az űrbe.

Tehát 2011. július 8-tól egészen 2020. május 30-áig amerikai földről nem indult emberes küldetés. Ezért ebben a periódusban az amerikaiak az orosz és más országok űrprogramjától függtek, ha fel akartak küldeni asztronautát az űrbe. Végül a SpaceX magán űrkutatási vállalat a NASA-val együttműködve lőtt fel két amerikai asztronautát a Nemzetközi Űrállomásra. Azóta több közös küldetést is végzett együtt a két vállalat. Itt célszerű megemlítenünk, hogy az elmúlt évek során több amerikai vállalat is megalakult, hogy az űrutazást a mindennapi (és gazdag) embereknek is elérhetővé tegyék. Gyakran lehet a hírekben olvasni, hogy cégek, mint például a Blue Origin vagy a Virgin Galactic űrhajókat és hordozórakétákat fejleszt, vagy embereket, esetleg rakományt küld alacsony föld körüli pályára. De még egy föld körül keringő űrhotel ötlete is felmerült. [17]

A SpaceX ezen felül még magasztosabb célt tűzött ki. Fejlesztéseikkel a Mars kolonizálását célozták meg. Ám ehhez, valamint a korábban említett célokhoz elengedhetetlen, hogy az amerikai űrsikló program során felhalmozott technikákat és tudást hasznosítsák. Valamint ne felejtsük el, hogy a most úttörőnek számító, többször felhasználható hordozórakéták alapjait, ahogy az újra felhasználhatóság űrbéli fogalmát is az űrsiklóknak köszönhetjük.

Irodalomjegyzék:

- 1: Andrew May (2021). The Space Business, Letöltve: <https://books.google.hu/books?id=1mpCEAAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false> (2022.03.15)
- 2: Louis de Gouyon Matignon (2022). PEENEMÜNDE AND THE GERMAN V-2 ROCKETS, Letöltve: <https://www.spacelegalissues.com/peenemunde-and-the-german-v-2-rockets/> (2022.04.05)
- 3: Brzezinski, Matthew B. (2007). Red Moon Rising: Sputnik and the Hidden Rivalries That Ignited the Space Age. New York: Henry Holt and Co. ISBN 978-0-8050-8147-3.
- 4: Dr. David R. Williams (2022). Sputnik II, Letöltve: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1957-002A> (2022.03.23)
- 5: Európai Űrügynökség (2021). Vostok I, Letöltve: https://www.esa.int/About_Us/ESA_history/50_years_of_humans_in_space/The_flight_of_Vostok_1 (2022.03.26)
- 6: Burrows, William E. (1999). This New Ocean: The Story of the First Space Age. Modern Library. p. 432. ISBN 0-375-75485-7.
- 7: Steve Garber (NASA history web curator) (2021). History of the Space Shuttle, Letöltve: <https://history.nasa.gov/shuttlehistory.html> (2022.03.28)
- 8: Allan J. McDonald, James R. Hansen (2009) Truth, Lies, O Rings, ISBN 978-0-8130-4193-3
- 9: John Uri & Kelli Mars (2021). Remembering Challenger and Her Crew, Letöltve: <https://www.nasa.gov/feature/35-years-ago-remembering-challenger-and-her-crew> (2022.04.01)
- 10: Vadim Lukashevich (2004). Predecessor of Shuttle and Buran: Spiral Orbital Aircraft Programme, „Aerospace Technologies Review Vol. 46, N4.2004” Letöltve: 2022.03.20
- 11: D. Dragović(2018-2019) Orbitni avion 'Буря́н' „Astronomski Magazin” Letöltve: 2022.03.21
- 12: Mashinostroenie (1995). Buran, ISBN 5-217-02772-X
- 13: Bart Hendrickx, Bert Vis (2007). Energyja – Buran: The Soviet Space Shuttle ISBN 978-0-387-69848-9
- 14: Elizabeth Howell , Daisy Dobrijevic (2021). Columbia Disaster: What happened and what NASA learned, Letöltve: <https://www.space.com/19436-columbia-disaster.html> (2022.04.05)
- 15: Lee Ringer (2021). 18 Years Since the Loss of Space Shuttle Columbia, Letöltve: <https://spectrumlocalnews.com/nc/charlotte/weather/2021/02/01/18-years-since-the-loss-of-space-shuttle-columbia> (2022.04.06)

16: Nick Mafi (2021). The World's First Space Hotel to Open in 2027, Letöltve: <https://www.architecturaldigest.com/story/worlds-first-space-hotel-open-2027> (2022.04.10)

17: Amy Shira Teitel (2021-2022). How does SpaceX build its Falcon 9 reusable rocket?, Letöltve: <https://www.sciencefocus.com/space/how-does-spacex-build-its-falcon-9-reusable-rocket/> (2022.04.10)

Ábrajegyzék:

1.kép: MW 18014 <https://time.graphics/event/557221>

2.kép: Sputnik I

https://hu.wikipedia.org/wiki/Szputnyik%E2%80%93931#/media/F%C3%A1jl:Sputnik_asm.jpg

3.kép: Jurij Gagarin: https://manda.blog.hu/2016/04/12/jurij_gagarin_az_elso

4.kép: Columbia Űrsikló: <https://www.space.com/18008-space-shuttle-columbia.html>

5.kép: Az STS-51L legénysége: <https://scitechdaily.com/35-years-ago-remembering-space-shuttle-challenger-and-her-crew/>

6.kép: Challenger és állványzata a kilövés előtt: <https://www.space.com/18084-space-shuttle-challenger.html>

7.kép: A Challenger felrobbanása: <https://www.history.com/this-day-in-history/challenger-explodes>

8.kép: A hiba következtében keletkezett sérülés:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle_Challenger_disaster#/media/File:STS-51-L_Recovered_Debris_\(Burn_Marks_on_the_SRM\)_-GPN-2004-00004.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle_Challenger_disaster#/media/File:STS-51-L_Recovered_Debris_(Burn_Marks_on_the_SRM)_-GPN-2004-00004.jpg)

9.kép: Alumínium lemez és hajtóanyag égészesztje. Képeket készítette: Ujhegyi Bence

10.kép: Fúvóka megtöltve és második kísérlet, lángcsóva teszt. Képeket készítette: Molnár Krisztián

11.kép: A fő kísérlet lefolyása. Képet készítette: Ujhegyi Bence

12.kép: Alumínium lapon keletkezett kár. Képet készítette: Ujhegyi Bence. & Az űrsikló alkatrésze: <https://cbsnews1.cbsstatic.com/hub/i/r/2011/01/28/beb36efc-a642-11e2-a3f0-029118418759/thumbnail/620x465/279b1d5d8fe54813eb5a98fcf8821c90/103281400.jpg?fbclid=IwAR2LCDoxo5YavTqKCG-xhhGQDdkJa3qCOd1IVnq5ZLKL7iymoeZfD6mus7I>

13.kép: Scramjet hajtómű: <https://www.scienceabc.com/innovation/what-is-a-scramjet-engine.html>

14.kép: MiG-105: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mikoyan_MiG-105_II_Lapot_\(10141832403\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mikoyan_MiG-105_II_Lapot_(10141832403).jpg)

15.kép: Buran & Challenger: <https://www.buran.su/buranvssts-comparison.php>

16.kép: Buran romokban: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3119861/Russia-s-forgotten-space-agency-Haunting-images-reveal-two-abandoned-Soviet-shuttles-rotting-giant-derelect-hangar.html>

17.kép: STS-107 legénysége: <https://airandspace.si.edu/multimedia-gallery/sts107-s-002hjpg>

18.kép: A Columbia megsemmisülése: <https://www.cbsnews.com/news/it-broke-up-the-shuttle-broke-up-remembering-columbia/>

19.kép: Műholdfelvételek a roncsokról:

https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Columbia_debris_detected_by_radar.jpg