

Szaniszló Zsolt

AZ EJTŐERNYŐ NEM MŰKÖDÖTT ... A SZOJUZ-1 KATASZTRÓFÁJA

Ötven évvel ezelőtt a harmadik generációs szovjet személyszállító űrhajó első repülése emberrel a fedélzetén katasztrófával végződött. A vizsgálat megállapította, hogy a köztiszteletben álló kozmonauta halálát közvetlenül a nem megfelelően tervezett és előkészített, így nem rendeltetésszerűen működő ejtőernyőrendszer okozta

Kulcsszavak: Szozuz-1 űrhajó, kozmonauta, ejtőernyőrendszer, kihúzó ejtőernyő, ejtőernyőkupola-leoldózár

BEVEZETÉS

Az 1967. április 23-án indított Szozuz¹ típusú űrhajó berepülési feladatának végrehajtására Vlagyimir M. Komarov mérnök ezredes, a Szovjetunió Hőset, a Szovjetunió űrhajós pilótáját² (1. ábra), tartalékául Jurij A. Gagarin űrhajós ezredes, a Szovjetunió Hőset, a Szovjetunió űrhajós pilótáját³ (2. ábra) jelölte ki⁴ az Állami Bizottság.



1. ábra Vlagyimir M. Komarov mérnök ezredes, a Szovjetunió Hőse, a Szovjetunió űrhajós pilótája



2. ábra Jurij A. Gagarin űrhajós ezredes, a Szovjetunió Hőse, a Szovjetunió űrhajós pilótája

A küldetés katasztrófával végződött. Mivel az emberes űrrepülés első ismert hősi halottjának sorsa szorosan összekapcsolódott a nem rendeltetésszerűen működő ejtőernyőrendszerrel, így a ta-

¹ Szövetség (or. „Союз”) (szerző megjegyzése).

² Az 1927. március 16-án Moszkvában született berepülő pilóta a Ny. Je. Zsukovszkijről elnevezett Katonai Repülőmérnöki Akadémián szerzett mérnöki oklevelet, majd a Voszhod-1 háromfős személyzetének parancsnokaként, 1964 októberében [1] űrrepülésben vett részt. (szerző megjegyzése).

³ Az 1934. március 9-én Gzsatszkbán [3] született vadászpilóta, a világ első űrhajósaként újabb űrrepülésére történő felkészülési programja során, 1968. március 27-én repülőkatasztrófa során veszítette életét. Ezzel kapcsolatosan lásd: Szaniszló Zsolt: Mi történhetett 1968. március 27-én Moszkva mellett? Miért nem katapultált a MiG-15UTI személyzete? A világ első űrhajósa most lenne 80 éves ... (http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2014_2/2014-2-27-0156_Szaniszlo_Zsolt.pdf). (szerző megjegyzése)

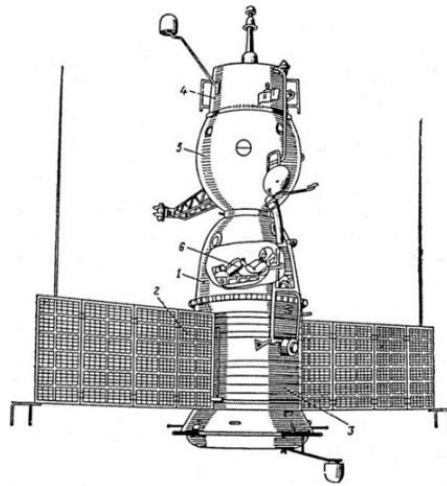
⁴ Az űrhajósok kijelölésére még 1966. augusztus 5-én [5] került sor. (szerző megjegyzése).

tanulmányom céljából tűztem ki, hogy az alkalmazott ejtőernyő műszaki paramétereinek ismertetésén kívül bemutatom annak rejtetten meglévő technikai hiányosságait ugyanúgy, mint a komplex (úr)repülési rendszer azon elemeit is, amelyek „az emberi tényező” közreműködésével közvetve ugyan, de megdöbbentő(!) szerepet játszottak a megoldhatatlan helyzet kialakulásában.

A Honvédelmi Minisztérium Állami Légügyi Főosztályának repülésfelügyeleti (ejtőernyős) főtisztjeként, katonai ejtőernyős oktatóként, ejtőernyő-beugróként e tanulmányomat Komarov ezredes emlékének tiszteletére, valamint az ejtőernyőzés biztonsági kérdései, illetve az űrhajózás iránt érdeklődők figyelmébe ajánlom.

A SZOJUZ-1 REPÜLÉSE. A STARTTÓL A KATASZTRÓFÁIG

Az új célkitűzések megvalósítására tervezett űrhajó⁵ (3. ábra) berepülésének körülményei⁶ olyan szintű rizikófaktort jeleztek, amely már önmagában véve is kritikus volt.



3. ábra A Szojuz űrhajó szerkezeti vázlatja

1 – parancsnoki/leszállóegység, 2 – napelemszárnyak, 3- műszeres-hajtóműegység,
4 – összekapcsoló szerkezet, 5 – orbitális egység, 6 – kézi irányítókar **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**

Ezen felül az eredeti elképzelés egy –, a Szojuz-1-et két nappal később követő [9] – másik Szojuz űrhajóval végrehajtandó űrrandevút és összekapcsolódást, illetve két kozmonauta a világűrön át történő, szkfanderes átszállását is magába foglalta, szimulálva a tervezett szovjet emberes holdprogram egyik fontos momentumát [10].

A Szojuz-1 startja jól sikerült, de az orbitális pályára állást követően, a telemetria adatok elemzése során kiderült, hogy az űrhajó bal oldali [11] napelem-szárnya nem nyílt ki, amely korlátozta a feladatok végrehajtásához rendelkezésre álló energia mennyiségét. Ezért az Űrre-

⁵ A jövőbeni, hosszú távú emberes űrprogramok célkitűzéseinek megfelelő, akár egyhónapos űrrepülést is lehetővé tevő háromszemélyes, önálló – napelemes és akkumulátoros – energiaellátó, valamint életfenntartó rendszerekkel felszerelt űreszköz tervei már 1963 elejére [6] elkészültek. (szerző megjegyzése).

⁶ A berepülési program előírásainak egyikét az űrrepülési feladat szkfander nélküli(!) végrehajtása jelentette. Négy évvel később, 1971. június 30-án a Szojuz-11 [8] legénységének tagjai, akik – Komarovhoz, majd az őt követő többi Szojuz-kozmonautához hasonlóan, – ugyancsak űruhra nélkül hajtották végre küldetésüket, a visszatérés során veszítették életüket, amikor megszűnt a leszállóegység hermetikussága. (szerző megjegyzése)

pülés-irányító Központ szakemberei módosították az űrrepülés programját és elhalasztották az ekkor már háromfősre⁷ átdolgozott Szojuz-2 startját.

Komarov végrehajtotta a lerövidített berepülési programot, majd a földi szakemberek utasítását követve, már a hajnali órákban, kézi vezérléssel⁸ kezdte meg a visszatérési folyamat végrehajtását. Erre a döntésre a szűkös energiakészlet kényszerítette a földi szakembereket. Ennek során a Szojuz-1 fékező hajtóművét a 18. Föld körüli fordulata során kapcsolta be, majd megtörtént az űrhajó megfelelő részeinek szétválása [12], amelynek tényét a kozmonauta jelentése és a telemetriai adatok is igazolták. Az viszont kérdéses, hogy az űrhajós a rádiókapcsolat helyreállása után⁹ képes volt-e jelenteni az Űrrepülés-irányító Központnak az ejtőernyőrendszer meghibásodását, amely így nem fékezhette a halálos zuhanást. A leszállógység közel 40 m/s-os (=144 km/h) sebességgel [13] 03:24 UT-kor csapódott be Orenburg külterületén, Orszk várostól 65 km-re keletre [14] a tajgába (4. ábra), esélyt sem hagyva a túlélésre.



4. ábra A Szojuz-1 leszállógységének lángoló roncsai a becsapódás helyszínén [15]

Noha minden, a szovjet űrtechnikai eszköz kifejlesztésében és üzemeltetésében részt vevő szakember tudta, hogy az új generációs űrhajó még nem áll készen az emberes űrrepülésre¹⁰, de a katasztrófa valódi okát –, vagyis a kozmikus körülmények között 100%-osan még nem bizonyított műszaki megoldások alárendelését a mindenképp felett álló politikai akaratnak [16], – természetesen nem lehetett nyilvánossá tenni. Így végeredményben a katasztrófát közvetlenül kiváltó okok sorában első helyen a nem előírászerűen működő ejtőernyőrendszer maradt, amely valamilyen szinten igaz is volt.

⁷ Szojuz-2 személyzete: Valerij F. Bikovszkij űrhajós ezredes, Jevgenyij V. Hrunov repülő alezredes és Alekszej Sz. Jeliszejev lett volna. (szerző megjegyzése)

⁸ Ez kezdetben a Szojuz űrhajók sikeres visszatérésének, majd a Szojuz-T és TM, továbbá még a napjainkban repülő TMA modifikációk újabb kritikus pontját jelenti (szerző megjegyzése).

⁹ A földi légkör sűrűbb rétegein történő áthaladás során az ionizáció jelensége meggátolja a rádiólevelezést a leszállógységben ülő személyzet és földi szakemberek között (szerző megjegyzése).

¹⁰ Ezzel kapcsolatosan lásd e munka „Az ejtőernyőrendszer kipróbálásának folyamata” alfejezetben leírtakat, amely speciálisan csak az ejtőernyőrendszerre vonatkozik! Egyébként mielőtt a Szojuz-1 elindult végzetes útjára, a szakemberek még kb. 200 (!) problémát találtak a teljes szerkezeten (szerző megjegyzése).

Az ejtőernyőrendszert 6 fő vezető irányítása alatt egy 22 főből álló szakértői csoport vizsgálta, közel két héten keresztül [17]. Tényszerű megállapításaik megértéséhez nélkülözhetetlen a Szojuz leszállóegység számára megalkotott új ejtőernyőrendszerrel kapcsolatos legfontosabb ismeretek összegzése. E munkámban ezt a komplex repülési tevékenység három fő csoportjának – a repülési feladat technikai oldalú biztosításának, a repülés kiszolgálásának, valamint a repülés végrehajtásának – egyikébe besorolva vizsgálom, választ keresve a Szojuz-1 katasztrófájával kapcsolatosan kizárólagosan meglévő(!) emberi felelősség kérdésére.

A SZOJUZ EJTŐERNYŐRENDSZERE

Az ürrepülési feladat technikai biztosításának kérdése – Az ejtőernyőrendszer kifejlesztése

Bár a korábbi szovjet űrhajó-generációk is ejtőernyővel a szárazföldre tértek vissza a világűr-ből, az új űrhajó új leszállórendszer¹¹ kifejlesztését igényelte, melynek fő céljaként határozták meg, hogy: *„hajtsa végre az űrhajó visszatérő egységének a személyzettel együtt történő¹², biztonságos ejtőernyős leszállítását a Szovjetunió szárazföldi területén”* [18]. A tervezéssel kapcsolatos feladatokkal a Fjodor D. Tkacsev¹³ főkonstruktor (5. ábra) vezetése alatt álló kollektívát¹⁴ bízta meg [20].



5. ábra A Szovjetunió neves ejtőernyő-konstruktőrei, balról jobbra haladva: Fjodor D. Tkacsev, Igor L. Gluskov és Nyikolaj A. Lobanov **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**

¹¹ Bár a Szojuz-1 katasztrófáját a nem megfelelően tervezett és működő ejtőernyőrendszerre okozta, ez csak az egyik, de a legfontosabb eleme a személyszállító űrhajó komplex leszállórendszerének. Ezért itt csak olyan mértékben tárgyalom a rendszer többi alkotóelemét, amennyire az a témám szempontjából szükséges. (szerző megj.)

¹² Fontos tény, hogy a Vosztok-kozmonauták 7000 m-es magasságban katapultáltak, így a leszállóegységtől függetlenül értek földet. Ezzel kapcsolatosan lásd: Szaniszló Zsolt: 1961. április 12. Gagarin földetérése személyi ejtőernyővel ... Valamint a folyamat technikai és személyi háttere (http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_3/2016-3-08-0349_Szaniszlo_Zsolt.pdf) – a Szerző megjegyzése.

¹³ A szovjet ejtőernyőtervezés jeles képviselőjeként, már az 1930-as években vizsgálta a kupolák konstrukciós légáteresztőképessége növelésének előnyeit, megvalósíthatóságának korlátait. (a szerző megjegyzése).

¹⁴ Ejtőernyős Deszant Szolgálat Tudományos Berepülő Kísérleti Intézet (or. „Научно-Испытательный Экспериментальный Институт Парашютно-Десантного Службы – НИЭИ ПДС”) (szerző megjegyzése).


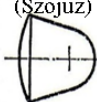
Az ejtőernyőrendszer tervezésének folyamata

Az új leszállórendszer megalkotásának előfeltételét elsősorban az ejtőernyő- és deszant-technika fejlődésében bekövetkezett változások biztosították¹⁵, párhuzamosan a nagyobb biztonságra való törekvés igényével a kozmikus ejtőernyőrendszerek területén. Az ejtőernyők tervezése – más légi járművek hasonlóan – az alkalmazhatósági követelmények, mint kiinduló kritériumok meghatározásával kezdődik. Ezt elsősorban annak a testnek a jellemzői (tömeg, aerodinamikai kialakítás) határozzák meg, amelyet ejtőernyő segítségével szándékoznak lejuttatni a kívánt földetérési zónába. Ezek jelentősen befolyásolták a Szojuz leszállóegység visszatérésének tervezett folyamatát¹⁶ is, beleértve az ejtőernyős ereszkedés szakaszát, valamint a földfelszínre érkezés pillanatát.

A tervezés kritériumai

A leszálló egység kialakítása

Az új űreszköz leszállóegységének kialakításában fontos követelményt jelentett, hogy sárkányszerkezete minimális siklóz számmal is rendelkezzen, vagyis a légkörbe transzszonikus sebességtartományban, ballisztikus pályán haladva, ne „mint egy darab kő” essen be, hanem minimális siklási tulajdonsággal is rendelkezzen¹⁷. A konstruktőrök ennek megfelelően szakítottak a Voszok¹⁸- és Voszhod¹⁹-kabinokat jellemező, szilárdsági szempontból kedvezőbb gömb alakú szerkezeti formával (1. táblázat).

Jellemzők	A leszállóegység típusa	
	Ballisztikus	Kis siklási képességekkel rendelkező
Kialakítás, befoglaló méretek	Gömb alakú (Vosztok, Voszhod) 	Szférikus kialakítású (Szojuz) 
Siklózszám értékek - hiperszonikus sebességen - szubszonikus sebességen	0 0	0,2÷0,5 0
Az orbitális pályáról való visszatérés módja	Ballisztikus	Irányítottan csúszó, sikló
A leszállás végrehajtásának módja	Függőleges	
A leszállás pontossága (m)	$\pm 300 \cdot 10^3$	$\pm 30 \cdot 10^3$

1. táblázat A szovjet űrhajók leszállóegységeinek aerodinamikai kialakítása [1]

¹⁵ Ezek alatt e munkában elsősorban a "puha" leszállást biztosító, reaktív elven működő rakétahajtóművet értem, amely már a Voszhod-kozmonauták leszállóegységgel történő landolását is biztosította. (szerző megjegyzése).

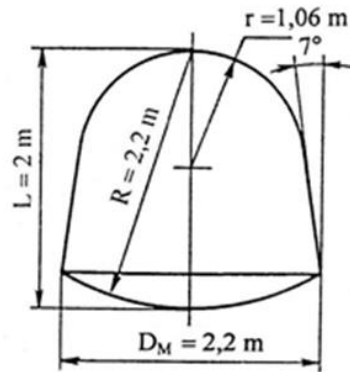
¹⁶ Ennek sajátosságát a megtörtént események visszafordíthatatlansága adja: gyakorlatilag lehetetlen megszakítani a már megkezdett leszállás folyamatát, miközben a leszállóegység az atmoszféra egyre sűrűbb légrétegein áthaladva a Föld felé közeledik. (szerző megjegyzése).

¹⁷ Ezzel a visszatérés során a túlterhelés értékét próbálták a tervezők $n_y < 8$ alatt tartani, de így a hatásidő is növekedett. Ahhoz, hogy az űrhajósok szervezete ekkora túlterhelést huzamosabb időn (5–10 perc) keresztül is el tudjon viselni, szinte fekvő pozícióban kell elhelyezkednie a parancsnoki fülkében (lásd: 8. és 13. ábra!) az orbitális pályára bocsátás és a visszatérés szakaszában is, mivel ebben a helyzetben a legnagyobb az emberi szervezet túlterheléstűrő-képessége [21]. (szerző megjegyzése).

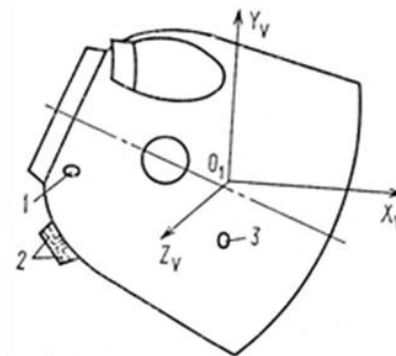
¹⁸ Voszok (or. „Восок”) Kelet (szerző megjegyzése).

¹⁹ Voszhod (or. „Восход”) Napfelkelte (szerző megjegyzése).

A maximálisan 3 t össztömegű, 2,2 m átmérőjű leszállóegység 3,8–3,9 m³-es térfogatú belső térben kellett helyet szorítani az űrhajó vezérlőpultjának (lásd: 9. és 10. ábra!), a különböző rendszerek, berendezések működését ellenőrző műszereknek, az életfenntartó és hírközlő eszközöknek valamint természetesen a leszállóegység berendezéseinek, közöttük az ejtőernyők tároló konténereknek [23] is. A gépkocsifényszóró-alakú szerkezet külső felületére (6. ábra) speciális hajtóműegységet (7. ábra) is felszereltek.

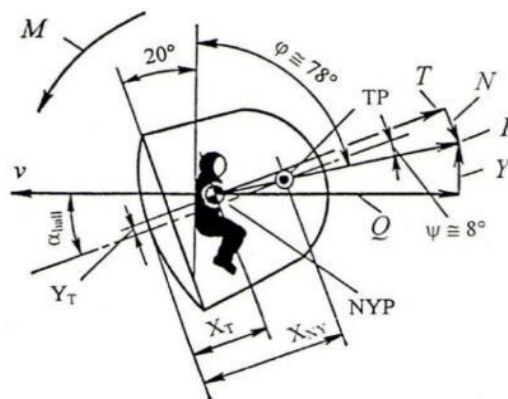


6. ábra A Szojuz űrhajó leszállóegységének befoglaló méretei **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**



7. ábra A leszállóegység külsején elhelyezett helyzetstabilizáló hajtóműegységek **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**
1 – irányszöveget beállító-, 2 – bőlintási szöveget beállító- 3 – dőlési szöveget beállító hajtóműegység

Ezek feladata a Föld légkörébe történő belépéshez, majd az ún. „stabil testhelyzetben zuhanó” ejtőernyőshöz hasonló – „irányított” szabadeséshez, így az ejtőernyőrendszer elakadásmentes nyílási folyamatához szükséges optimális állásszög (8. ábra) beállítása volt.



8. ábra A Szojuz leszállóegységre és a kozmonautákra az ún. „stabil zuhanási helyzet”-ben ható aerodinamikai erők és nyomatékok vázlata **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.****Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**

v – repülési sebesség, R – összegzett (eredő) aerodinamikai erő, Y – felhajtó-erő, Q – homlokellenállás ereje, N és T – normál- és tangenciális irányú erő (az eredő erő egyik felbontási módjának megfelelően), M – aerodinamikai nyomaték, α_{ball} – kiegyensúlyozási állásszög, φ – az eredő erő és a kozmonauta háta közé bezárt szög, ψ – az eredő erő és a leszálló egység tengelye által bezárt szög, Y_T – a tömegközéppont oldalsó vetülete, X_T és X_{NY} – a tömeg- és nyomásközéppont hosszirányú koordinátái, TP – tömegközéppont, NYP – nyomásközéppont

Az ejtőernyőrendszer többlépcsős kialakítása

A kozmikus szerkezet sebessége az orbitális pályára lépéshez el kell érje az ún. 1. kozmikus sebességet 7,91 km/s-t [71], így visszatérésnél ezt kell lecsökkenteni. A fékezőimpulzus hatá-

sára a sebesség kezdetben csak jelentéktelen mértékben csökken a repülési magassággal együtt. Amint a leszállóegység belép a földi atmoszférába, fokozatosan süllyed és ezzel arányosan nő a levegő ellenállása, amely 10–11 km-es magasságban a sebességét kb. 230 m/s-ra csökkenti. Az ejtőernyőt itt még nem szabad működtetni, mert a kupola anyaga nem bírná ki a belobbanáskor fellépő, jelentős nagyságú dinamikus terhelést és darabokra szakadna [27], amely egyértelmű következményekkel járna.

Mivel a kozmonauták épségben történő visszatérése a cél, ezért nem szabad elfelejteni az ejtőernyőkupola nyílási terhelésének élő szervezetre gyakorolt élettani hatásáról sem. A repülő-hajózó állomány személyi mentőernyőit vizsgálva, az ejtőernyő belobbanásának pillanatában az emberi testre $n_y = 5-8$ nagyságú függőleges túlterhelés hat [28]. A kozmonautákat különböző sérüléseket is érhetik, az üléshez rögzítő hevederek rossz beállítása esetén a testükre ható terhelések egyenlőtlen eloszlása következtében.

Mindezek elkerülésére az új űrhajó leszállóegységének visszatérését – a Vosztok és a Voszhod-kabinoknál alkalmazottakhoz hasonló, de attól eltérő szerkezetű, – többlépcsős ejtőernyőrendszer segítségével tervezték megvalósítani.

Az ejtőernyőrendszer automatikus működtetése

A személyzet és a leszállóegység által alkotott „ember-gép rendszer”-ben a kézzel történő ejtőernyőnyitást nagyon nehéz lenne megvalósítani a leszállásnál. Ennek oka egyrészt a személyzetre ható túlterhelés nagysága, – amelynek értéke a számítottak megfelelő paraméterekkel végrehajtott leszállásnál $n_y = 4-5$, míg ballisztikus leszállásnál: $n_y = 7-8$, – másrészt az a gyakorlati tapasztalat, hogy nagyszámú parancs kiadása operatív sorrendben, kis időintervallumon belül inkább automatának való feladat, mint embernek. És végül nem szabad figyelmen kívül hagyni annak a lehetőségét sem, hogy az űrhajó személyzete esetleg elveszíti az eszméletét vagy a munkavégző képességét, ezért a számítottak megfelelő leszállási üzemmódot automatikus rendszernek kell vezérelnie [29].

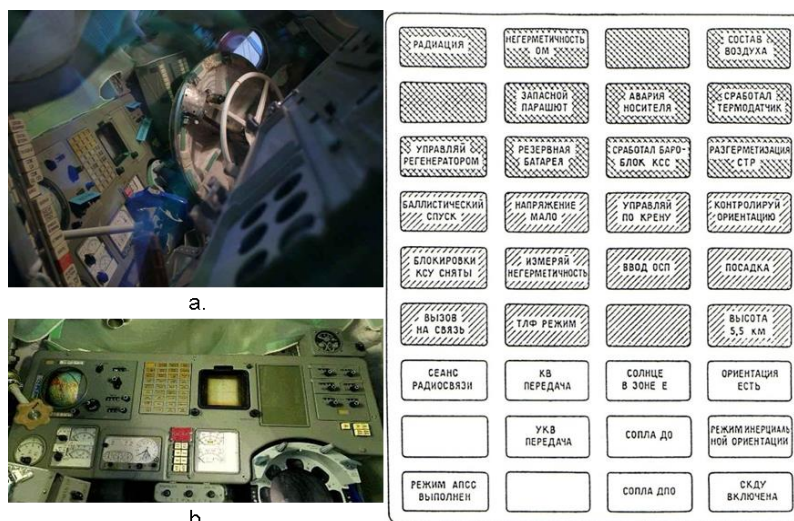
Ennek az elképzelésnek megfelelően nem is tervezték biztosítani a kozmonauták számára sem a fő-, sem a tartalék ejtőernyőrendszer kézi vezérlésű működtetését²⁰, amely még a földetérés után a felszakadó-heveder leszállóegységtől történő leválasztására is vonatkozott(!), az ún. „kutyázás”²¹ megelőzése céljából. A konstruktőrök szerint a személyzet egyedüli feladata nem lehet más, mint az ejtőernyőrendszer működésekor észlelt megfigyelések jelentése az Űrrepülés-irányító Központ szakemberei felé.

A teljesen automatikus működési folyamat feltételezi a fő-, valamint annak meghibásodása esetén a tartalék ejtőernyőrendszer – ugyancsak emberi beavatkozás nélküli – tökéletes működését: így a fülkében csak egy, az utóbbival kapcsolatos jelzőműszer elhelyezését tartották

²⁰ Itt alapvető különbséget figyelhetünk meg a kortárs amerikai –, szintén harmadik generációs – Apollo űrhajó parancsnoki egységének visszatérését biztosító ejtőernyőrendszer tervezési filozófiájával összehasonlítva. Ez volt az egyetlen(!) ember vezette űreszköz, amelynél a tervezők biztosították a személyzet részére az ejtőernyő-konstrukciót működésbe hozó kézi vezérlés lehetőségét, még akkor is, ha ez a teljes legénység összehangolt munkáját igényelte. A Szozuz-Apollo közös űrrepülésben részt vevő Apollo-21 személyzetének 1975. július 25-ei visszatérése [30] igazolta, hogy a mérnökök munkája nem volt hiábavaló. (szerző megjegyzése).

²¹ A kifejezés ejtőernyős zsargonban arra a jelenségre utal, amikor a földetérést követően az ejtőernyős a kutya galoppozásához hasonló négykézláb mozgással igyekszik felállni, vagy megközelíteni a talajszél hatására belobbanó, és őt vonzó ejtőernyőkupolát. (szerző megjegyzése).

kívánatosnak [31]. A parancsnoki pult (9. a. és b. ábra) központi tablóján (10. ábra), felülről a második sor, balról második ablaka piros fénnel villogva és egyidejűleg hangjelzést adva volt hivatott tudatni az űrhajósokkal a tartalék ejtőernyőrendszer működésbe lépését [35].



9. A Szozuz leszállóegység parancsnoki pultja (a. - szemből; b. bal oldali ablakon keresztül) **Hiba! A hivatkozási forrás nem található. Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**

10. ábra A parancsnoki pult központi tablója **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** (A „ЗАПАСНОЙ ПАРАШЮТ” felirat jelentése: „TARTALÉK EJTŐERNYŐ”)

Az ejtőernyőrendszer működési megbízhatósága

Ez elsősorban a teljes ejtőernyőrendszer dublázását²² jelentette, ahol a tartalék ernyőrendszer ún. „hideg” tartalékban²³ vlt [36].

A tervezett ejtőernyőrendszer szerkezeti elemei és működési folyamata

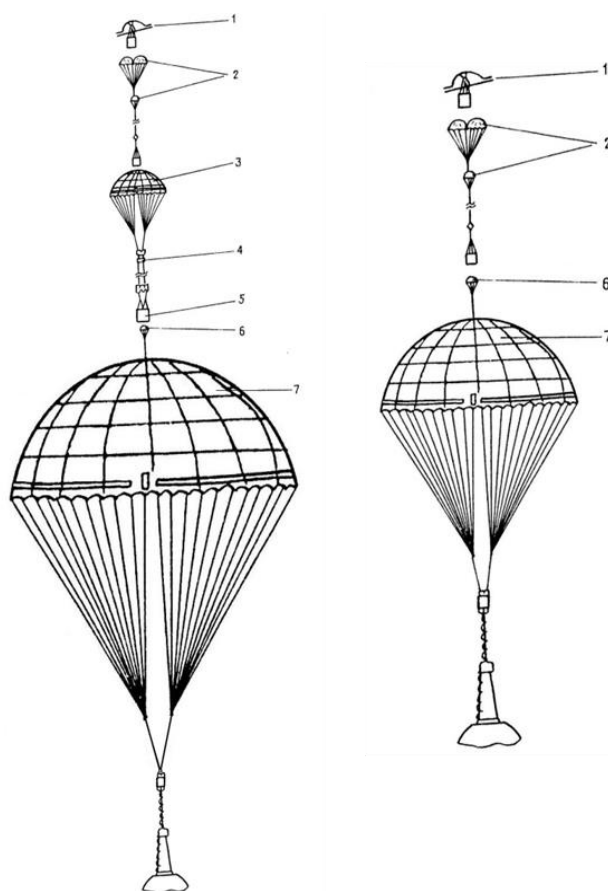
A fő- és tartalék ejtőernyőrendszer fő szerkezeti elemei

A tervező kollektíva elképzelése az volt, hogy a fő-, illetve – elsősorban csakis annak működésképtelenné válása esetén automatikusan működésbe lépő – tartalék ejtőernyőrendszer, a szerkezeti elemeit (11. ábra) és működési folyamatát tekintve nagyfokú hasonlóságot, illetve azonosságot mutasson egymással²⁴.

²² Amíg a Vosztoĵ űrhajóban a kozmonauta katapultülése és személyi fő- és tartalékejtőernyői biztosították a tartalék ejtőernyőrendszer funkcióját, – ezzel kapcsolatosan lásd: Szaniszló Zsolt: 1961. április 12. Gagarin földetérése személyi ejtőernyővel... valamint a folyamat technikai és személyi háttere (http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_3/2016-3-08-0349_Szaniszlo_Zsolt.pdf) – a Vosztoĵ egymás mellett párhuzamosan kihúzódó és belobbanó, kettős ejtőernyőkupolás rendszert szereltek fel, amely bizonyos mértékig az Apollo parancsnoki egység „három ejtőernyő-fürt”-jéhez hasonlított. (szerző megjegyzése).

²³ Ez azt jelenti, hogy csak akkor kell működésbe lépnie, ha a fő ejtőernyőrendszer működésképtelenné vált. Ennek ellentéte az ún. „meleg” tartalék, melynek legjobb példája a már említett amerikai Apollo űrhajó parancsnoki egységének ejtőernyőrendszere, ahol az egyszerre működésbe lépő, három ejtőernyő-kupolából álló rendszer tölti be a fő- és a tartalék ejtőernyőrendszer funkcióját is. (szerző megjegyzése).

²⁴ Ez az irányvonal – a szovjet/orsz ejtőernyőrendszerek területén, – mind a mai napig nagymértékben leegyszerűsíti a kozmikus jármű speciális leszálló-berendezésének, valamint legfontosabb alkotórészeinek: a fő- és a tartalék ejtőernyőrendszernek a tervezési-, a gyártási-, majd később magára az alkalmazásra történő előkészítési folyamatát. (szerző megjegyzése).



11. ábra A Szojuz leszállóegység fő- és tartalék ejtőernyőrendszerének szerkezeti elemei [37]
 1 – az ejtőernyő-konténer fedele, 2 – kihúzó ejtőernyők blokkja, 3 – fékező ejtőernyő, 4 – elforduló bekötési fészek, 5 – a fő ejtőernyőkupola belsőszákja, 6 – segéd ejtőernyő, 7 – fő ejtőernyő

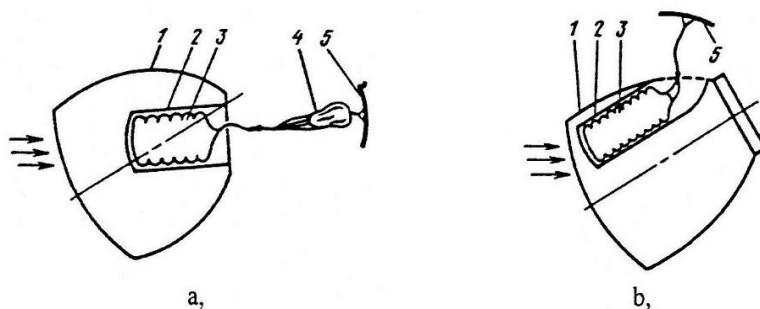
A fő- és tartalék ejtőernyőrendszer további szerkezeti elemei

Az ejtőernyőkötények

Az, hogy a fő- és tartalék ejtőernyőrendszert lerobbantható fedéllel ellátott –, és hitelesített csatolótag segítségével a kihúzó ejtőernyők blokkjával mechanikus kapcsolatban lévő, – különálló, hermetikusan zárt konténerekben kell elhelyezni, – amelyek megvédik a fő- és tartalék ejtőernyőrendszer elemeit a környezet káros hatásaitól, pl. az ultraibolya-sugárzástól, a magas hőmérséklettől a Föld sűrűbb légköri rétegeibe történő belépéskor stb., – szintén nem vitás. Viszont azok méretei, leszállóegységben történő elhelyezésük és alakjuk újabb kihívást jelentettek az ejtőernyőrendszert tervező mérnökök számára.

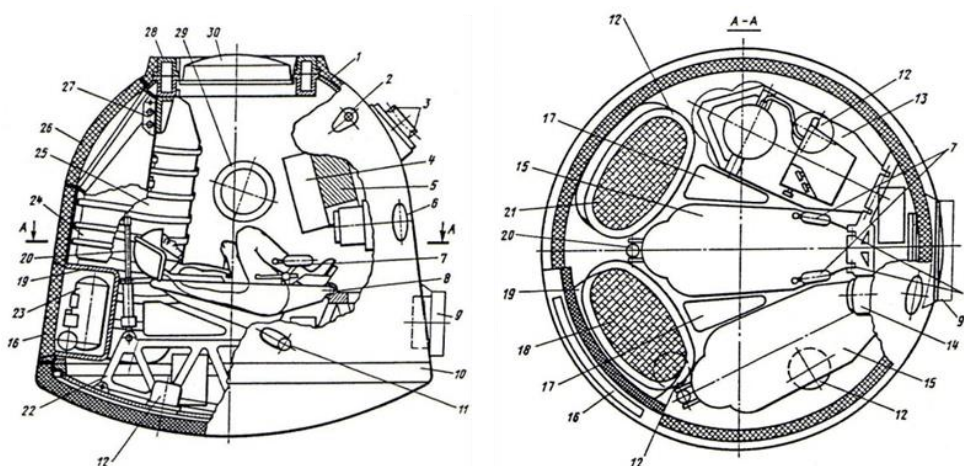
A konténerek befoglaló méreteit a fő- és a tartalék ejtőernyőrendszerek elemeinek, elsősorban a – legnagyobb helyet foglaló – nagyméretű ejtőernyők befoglaló méretei határozták meg. Előbbinél ez 0,3 m³-es, utóbbinál 0,2 m³-es térfogatú konténert eredményezett [38].

A konténerek elhelyezése a rendszer elemeinek elakadásmentes kivezetését, vagyis az ejtőernyőrendszer számított paramétereknek megfelelő működését biztosították. A leszállóegység formai kialakításából adódóan erre két lehetőség kínálkozott, a kozmikus szerkezet súlyponti helyzetét is figyelembe véve (12. ábra). Az a, ábrán megfigyelhető a kihúzó ejtőernyők blokkját szemléltető ejtőernyőkupola a leszállóegységet körülvevő áramlás turbulens zónájába kerülésének esélye, amely a teljes ejtőernyőrendszer működésképtelenségét okozhatja.



12. ábra Az ejtőernyőkonténerek beépítési lehetőségei a Szojuz leszállóegységbe [39]
 1 – leszállóegység, 2 – ejtőernyőkonténer, 3 – behajtogatott ejtőernyő, 4 – kihúzó ejtőernyő, 5 – az ejtőernyőkonténer fedele
 a – a leszállóegység tömegközéppontjában történő elhelyezése, b – a leszállóegység fala mentén történő elhelyezése

Ennek elkerülése céljából a tervezők a b, ábra szerinti konténerelhelyezés mellett döntöttek, ahol a két ejtőernyőtartály egymás mellé került beépítésre (13. ábra).



13. ábra A Szojuz űrhajó leszállóegységének szerkezeti kialakítása [40]
 10 – ledobható hővédő pajzs, 12 – puha leszállást biztosító hajtóműegységek (4 db), 18 – tartalék ejtőernyőrendszer, 20 – ülésamortizátor, 21 – fő ejtőernyőrendszer, 24 – a tartalék ejtőernyőrendszer konténera, 25 – a fő ejtőernyőrendszer konténera, 26 – konténer fedél, 27 – az ejtőernyő felstakadó hevederének csomópontja

A konténerek alakja szempontjából a konstruktőrök –, elsősorban egyszerűbb kialakítása és gyártása miatt, – kezdetben a hengeres forma mellett döntöttek, amelyről a későbbiekben tragikus körülmények között derült ki, hogy nem volt a legideálisabb választás. A 13. ábra – amelyen a tanulmány csak az ejtőernyővel és a leszállórendszerrel kapcsolatos részeket nevezi meg, – még ilyen kialakítású konténerekkel mutatja be a Szojuz leszállóegység felépítését.

Mivel a tervezett alkalmazási magasságban a hermetikusan lezárt ejtőernyőkonténer fedelének lerobbantásakor a konténer belsejében lévő nyomás hirtelen leesik és a külső légköri nyomással lesz egyenlő, így várható volt annak jelentős deformációja. Biztonsági okokból ezért a konténer és a leszállóegység lakott belsejű egységének külső felületeit 10–11 Mp/m^2 (= 0,0981–0,10791 N/mm^2)-es felületi terhelésre méretezték [41].

Az ejtőernyő-leválasztók

Általánosságban igaz, hogy tartalék-ejtőernyő biztonságos működtetésének biztosításához először meg kell szabadulni a légáramlatba kijutott és meghibásodott vagy rosszul kinyílt főejtőernyőtől,

majd csak ezt követően szabad megindítani a tartalék-ejtőernyő nyitási folyamatát. Ha ez nem történik meg, – vagyis a fő ejtőernyőrendszer adott, meghibásodott elemét nem választják le a leszállóegységről, – akkor fennáll az esélye, hogy az a jól működő tartalék ejtőernyőrendszer főejtőernyőjének kupoláját is meggátolja a sikeres belobbanásban²⁵. Ennek lehetőségét viszont speciális leoldózárok²⁶ felszerelésével nemcsak minimálisra lehet, de kell is csökkenteni!

A leoldózárok Szozuz leszállóegység ejtőernyőrendszerén történő alkalmazásával kapcsolatosan fontos tény, hogy a konstruktőrök a fő ejtőernyőrendszer nem minden alkotóelemének leoldási lehetőségét biztosították azok meghibásodása esetén, s ez hiányosság –, elsősorban a kis kihúzó ejtőernyő, illetve a fékező ejtőernyő vonatkozásában, – 1967. április 24-én bosszulta meg magát.

A tartalék ejtőernyőrendszerrel kapcsolatosan egyszerűbb volt a helyzet: annak elemeit nem volt értelme leoldózárokkal ellátni. Ez vonatkozott földetérés utáni esetre is: így annak fő ejtőernyőjét sem kézi, sem automatikus működésű ejtőernyő-leválasztóval nem szerelték fel.

A nagyobb felületű kihúzó ejtőernyő leválasztása

A mérnökök úgy vélték, hogy a fő ejtőernyőrendszer működésbe lépését követően erre csak abban az esetben kerülhet sor, ha a leszállóegység a megengedettnél nagyobb sebességgel zuhan a Föld felé. Ez a meghibásodás vagy a leszállóegység ballisztikus pályán, a megengedettnél nagyobb sebességgel történő visszatérésekor a fő ejtőernyőrendszer fékező- és főejtőernyő kupolájának konténerbe történő beszorulását okozó konténer-deformáció miatt, vagy normál leszállási pályagörbe esetén a fő ejtőernyőkupola sérülése miatt jöhet csak létre.

E helyzetekben ugyanúgy szükséges a rosszul működő rendszerelem leválasztása, azonban a tervezők elégségesnek tartották a két kihúzó ejtőernyőből álló blokk nagyobb felületű ejtőernyőjének leválasztását biztosítani egy hitelesített szakítószilárdságú csatolótag segítségével, míg a kisebb felületű ejtőernyő számára már nem adták meg ennek lehetőségét.

A főejtőernyő leválasztása

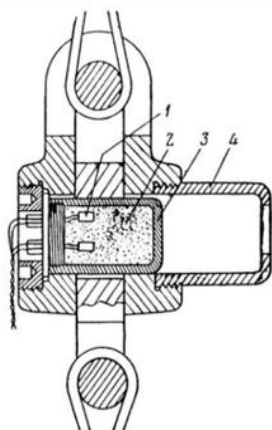
A rosszul kinyílt vagy működés közben meghibásodott főejtőernyő leoldásáért a teljesen automatikusan működő leszállítórendszer felelt, az előzetes tervezési elképzelésnek megfelelően. Az erre a célra szolgáló leoldózár (14. ábra) a fő ejtőernyőrendszer konténerének belsejében, annak pereme alá építették be (15. ábra).

Mivel a főejtőernyő leválasztása a földetérés után is szükségessé válhat – a már említett „kutyázás” jelenségének elkerülése okán –, ezért a konstruktőrök kezdetben egy speciális ejtőernyő-leválasztó mechanizmussal²⁷ (16. ábra) tervezték felszerelni a fő ejtőernyőrendszert.

²⁵ A turbulencia belesodorhatja a tartalékot a fő ejtőernyőkupola-zsinórzat által alkotott gubancba, megakadályozva ezzel nyílási folyamatát: ez kétséget kizáróan a leszállóegység lezuhanásához és a személyzet elvesztéséhez vezet. Igaz, hogy ez a megállapítás elsősorban a légcéllás ejtőernyőkre igaz, de konvencionális kialakítású ejtőernyőkupola esetén is előfordult már ebből kifolyólag baleset, illetve katasztrófa. (szerző megjegyzése).

²⁶ Tény, hogy az 1960-as évekre a Szovjetunió olyan szintű, elsősorban gyakorlati ejtőernyős tapasztalatokkal rendelkezett, hogy a tervezők ezt az alapvető vészhelyzeti szituációt nem hagyhatták (volna) figyelmen kívül. Ebben az időszakban már elterjedten alkalmazták a sportejtőernyőzés területén különféle leoldózárokat a rosszul kinyílt főejtőernyő leválasztására: megvolt tehát a feltétele a kozmikus eszközök fedélzetén történő alkalmazás adaptálhatóságának, ha a tervezők a kozmonauták biztonságát kívánták szem előtt tartani. (szerző megjegyzése).

²⁷ Ez a szerkezet a Légideszant Csapatok teherdeszant ejtőernyőjéhez kifejlesztett kezdeti, önműködő ejtőernyő-leválasztóinak működésén alapult. (szerző megjegyzése).



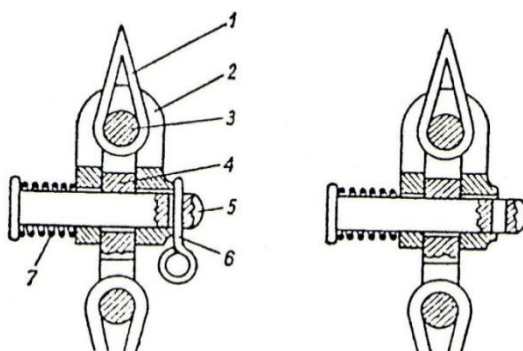
14. ábra A főejtőernyő leoldózár szerkezeti vázlata [42]

1 – elektromos gyutacs, 2 – löportöltet, 3 – csap, 4 – csapelfogó



15. ábra A főejtőernyő leoldózár beépítése a fő ejtőernyő konténerének pereme alá [43]

Az önműködő szerkezet működési elve a következő: az ejtőernyő kupolájának belobbanásakor a zsinórok megfeszülnek, és ezek egyike kihúzza a tüskét a zárórúd furatából. A zárórúd viszont addig nem mozdul(hat) el, amíg a terhelés megszűntével (amely elméletileg csak a teher földetérését követően valósulhat meg) a rugó erejének hatására ez lehetővé nem válik.



16. ábra Az önműködő ejtőernyő-leválasztó szerkezeti vázlata [44]

1 – felszakadó heveder kötélcseme, 2 – kengyel, 3 – csapszeg, 4 – kapcsolószem, 5 – zárórúd, 6 – tüske, 7 – rugó

Mivel ez az egyszerű szerkezetű ejtőernyő-leválasztó nem adott megnyugtató választ a nyílási terhelés változásának problémájára²⁸, ezt a feladatot is a konténerperem alá beépített, de már kézi vezérléssel működő ejtőernyő-leválasztó alkalmazásával oldották meg. Ennek nyomógombját a gépszemélyzet-parancsnok vezérlőkarjának végére helyezték el²⁹.

²⁸ Az ejtőernyőkupola gyors belobbanása esetén előfordult olyan eset is, hogy a leoldózár tehermentesült és még a levegőben megtörtént az ejtőernyő leválasztása. Georgij Ty. Beregovoj repülő alezredes, a Szovjetunió Hőse – ezredesként később a Szojuz-3 űrhajósa, majd az első űrhajós vezérőrnagyként a Moszkva melletti Gagarin Űrhajósképző Központ parancsnoka –, repülőakadémiai tanulmányai során több automatikus működésű ejtőernyő-leválasztó légi meghibásodásának [45] volt szemtanúja egy ejtőernyős deszant gyakorlat szemléje során. (szerző megjegyzése).

²⁹ A leszállógység földetérése után mindig a személyzet parancsnokának kötelessége volt a főejtőernyő felszakadó hevederének kézi leválasztása, ha a körülmények egyértelművé tették, hogy ez jelenti a biztonságot a személyzet részére. Dr. Magyarai Béla nyugállományú okleveles mérnök ezredes, kiképzett űrhajós közlése szerint, biztonsági okokból a tervezők ennek lehetőségét is úgy oldották meg, hogy hiába is nyomogatta a személyzet parancsnoka az űrhajó irányítókarján elhelyezett leválasztó gombot, az csak a földetérés után aktivizálódhatott. A mérnökök ezzel kapcsolatos döntését az űrtörténelem bizonyítottan legalább egy alkalommal igazolta: 1975. április 5-én, Vaszilij G. Lazarev orvos ezredes, valamint Oleg G. Makarov, űrhajós pilóták sikertelen ürrepülésénél. A hordozórakéta meghibásodása miatt az orbitális pályára állás megghiúsult, az előírás szerint működő főej-

A fő- és tartalék ejtőernyőrendszer működése a Szozuz űrhajó visszatérési folyamatának ejtőernyős fázisában

A fő ejtőernyőrendszert – a már említett okok miatt –, az automatikus földetérés vezérlőrendszer hozza működésbe 9,6 km-es barometrikus nyomásnak megfelelő magasságban. A berendezés egy különbségképzőtől (egy barometrikus relétől) kapja meg a vezérlőjelet a fő ejtőernyőrendszer konténerfedelének eltávolítására, ami a leszállóegység aktuális tartózkodási magasságában uralkodó légnyomás értékét hasonlítja össze egy aneroid szelencébe zárt, 9,6 km-es magasságnak megfelelő, beállított barometrikus nyomásértékkel.

Az ejtőernyőkonténer teteje egy csatolótag segítségével kapcsolódik a kihúzóegység blokkjához, amelyet – lerobbantását követően – a leszállóegységtől történő eltávolodáskor maga után húz a légáramlatba, ahova a kihúzóegység nagyobb, 9,7 m²-es, valamint kisebb, 1,5 m²-es felületű kihúzó ejtőernyői ennek a sorrendnek megfelelően követik egymást [46]. A nagy kihúzó ejtőernyőt hitelesített csatolótag köti össze a kis kihúzó ejtőernyővel – és rajta keresztül a fékező ejtőernyővel –, amely ún. „nagy visszatérési sebesség” esetén a belőle képződő torlónyomás hatására elszakad: ebben az esetben a kis kihúzó ejtőernyő egymagában fogja betölteni a kihúzó blokk funkcióját. Ún. „kis visszatérési sebesség” esetén mind a két ejtőernyőkúpola részt vesz a teljes rendszer további működési folyamatának fenntartásában [47]: ekkor a kis sebességértéket a kihúzó ejtőernyők kupoláinak összegzett, nagyobb felülete kompenzálja. Feladatuk végeztével a kihúzó ejtőernyők leválnak a fékező ejtőernyőről.

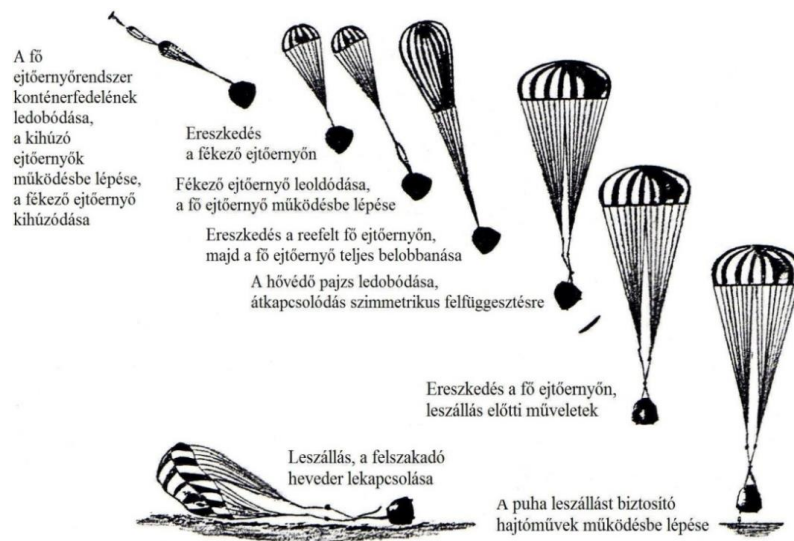
A 14 m²-es felületű fékező ejtőernyő a leszállóegység fő ejtőernyőrendszerét magába rejtő konténer peremén kialakított szemhez, illetve egy csatolótag segítségével a főejtőernyő kupoláját rejtő belsőzsákra erősített, kis lehúzó ejtőernyőhöz kapcsolódik. A belobbant fékező ejtőernyő 90 m/s értékre csökkenti le a leszállóegység sebességét, majd a konténer fedelének lerobbantásától számított 16,5 s múlva [48], kb. 7 km-es barometrikus magasságban –, miután az automatika parancsot adott a szem lerobbantására, – eltávolodik a leszállóegységtől, maga után húzva az ejtőernyőtartályból a belsőzsákba rejtett fő ejtőernyőkupolát, majd szintén leválik a rendszerről.

Az 1000 m²-es felületű kupolájú főejtőernyő „zsinórzat először”-elven működik, vagyis a belsőzsák az ejtőernyő zsinórok lefűződése és megfeszülése után kezd csak el lehúzódni a kupoláról, egy segéd ernyő segítségével. Miután a belsőzsák teljesen lehúzódnak a kupoláról, az, az ún. „reefelés”³⁰-nek köszönhetően még nem képes azonnal belobbanni, csak részben telik meg levegővel. Mindenesetre ez is fékezi a leszállóegység-ejtőernyő-rendszer komplexumot, így annak zuhanási sebessége a fő ejtőernyőkúpola konténerből történő kihúzódnását követően 4 s alatt 35 m/s értékre csökken le. Majd a ree felés megszűnik, a sebesség 13–17 m/s-os értékre csökken [49], amivel biztosítható, hogy a fő ejtőernyőkúpola terhelése a teljes belobbanás pillanatában ne érje el a 13 Mp (= 127 530 N)-ot [50]. A fő ejtőernyőkúpola a teljes belobbanási folyamatát 5,5 km-es barometrikus nyomásnak megfelelő magasságban

tőernyőnek köszönhetően a leszállóegység az Altaj-hegységben ért földet, ahol a szakadékba történő beecsúszástól a leoldózár mentette meg a fülkében ülő személyzetet, miután a főejtőernyő kupolája bokros-fás területen elakadt. (szerző megjegyzése).

³⁰ Reefelés (ang. kurtítás): A vitorlášhajók korából megmaradt szakkifejezés a vitorlafelület csökkentésére. Ejtőernyős terminológiában az ejtőernyőkúpola belépőéle által határolt keresztmetszet csökkentését jelenti, amely az ejtőernyő speciális nyíláskésleltetését jelenti. Lehetővé teszi a kupola lassabb belobbanását, ezáltal csökken az ejtőernyős rendszerre ható dinamikus terhelés nagysága is. (szerző megjegyzése).

fejezi be [51], a zuhanási sebességét lecsökkentve arra az – ejtőernyősök átlagos földterési sebességének megfelelő, kb. 6 m/s-os nagyságú – értékre, amellyel a leszállóegység már biztonságosan képes végrehajtani a leszállást (17. ábra).



17. ábra A Szojuz leszállóegység fő ejtőernyőrendszerének működési folyamata [52]

A fő ejtőernyőrendszer konténerben maradása, bármely elemének meghibásodása, sérülése esetén a leszállóegység sebessége nem csökken le a számított értékekre, ezt sebességérzékelők érzékelik és jelzik az automatikus földterés vezérlőegységnek. Ez az egység a fő ejtőernyőrendszer 9,6 km-es barometrikus nyomásnak megfelelő magasságban bekövetkező működésbe lépésétől számított 22. s-ban adja ki a vezérlőjelet a végrehajtó egységnek, amely 4,5 km-es barometrikus nyomásnak megfelelő magasságban [53] utasítást ad a tartalék ejtőernyőrendszer konténerfedelének lerobbantására. Ezt követően a fő ejtőernyőrendszer kihúzó elemeivel – minden tulajdonságát tekintve – tökéletesen megegyező ejtőernyőkből álló blokk vágódik ki a légáramlatba, amely a fő ejtőernyőrendszertől eltérően –, a kisebb magasság és a viszonylag kisebb zuhanási sebesség miatt –, közvetlenül a tartalék ejtőernyőrendszer 574 m²-es felületű főejtőernyőjének kupoláját³¹ húzza ki a saját konténeréből [54]. Bár a tanulmányozott szakirodalmak nem írnak belsőzsák alkalmazásáról a tartalék ejtőernyőrendszer ugyancsak „zsinórzat először” elven működésbe lépő fő ejtőernyő-kupolájával kapcsolatosan³², az bizonyos, hogy azt – a fő ejtőernyőrendszer 1000 m²-es felületű kupolájához hasonlóan – ugyancsak reefelik, amely ebben az esetben a működést követő 4. s-ban lesz egészen feloldva. A teljesen feltöltődött kupolájú tartalék főejtőernyő megközelítőleg 9 m/s-os nagyságú süllyedési sebességet biztosít a leszállóegység és a benne ülő kozmonauták számára (18. ábra)³³.

³¹ Érdemes megfigyelni, hogy ez a kupolaméret pontosan megegyezik a Voszok űrhajó leszállóegységét – a kozmonauta katapultálása után – a Földre visszajuttató ejtőernyő méretével. (szerző megjegyzése).

³² A Szojuz-1 katasztrófája után készült helyszíni felvétel (lásd: 21. ábra!) sem támasztja alá belső zsák alkalmazását a tartalék ejtőernyőrendszer fő ejtőernyőkupolájánál. (szerző megjegyzése).

³³ Fontos tény az is, hogy a fenti összefoglalás a fő- és tartalék ejtőernyőrendszerrel kapcsolatosan csak annak „rendeltetesszerű”, vagyis a Föld körüli keringési pályáról történő visszatérési folyamatára igaz. Amennyiben az indítóasztalon vagy a startot követően, még az orbitális pályára állás ún. alacsony repülési pályán válik szükségessé a küldetés megszakítása, az adott pillanatnyi körülmények alapján már a vészhelyzeti mentőrendszer dönt a tartalék-, vagy a fő ejtőernyőrendszer működtetéséről. (szerző megjegyzése).



18. ábra A Szojuz leszállóegység tartalék ejtőernyőrendszerének működési folyamata [55]

A fentiekén túl, mind a fő-, mind a tartalék ejtőernyőrendszer több olyan szerkezeti elemmel rendelkezett, – mint pl. az ejtőernyőrendszer szimmetrikus felfüggesztésre történő átállítását biztosító TM-24B típusú pirotechnikai mechanizmus, a puha leszállást biztosító hajtóművek egysége, a kozmonauta ülésamortizátora, valamint ülésbetétje, – amelyek kiemelt fontosságú a leszállóegységben ülő űrhajós biztonságos földet érésének biztosításában, de e tanulmány témájához ez nem kapcsolódik szorosan, így részletes ismertetésükre most nem kerül sor.

Az ejtőernyőrendszer kipróbálásának folyamata

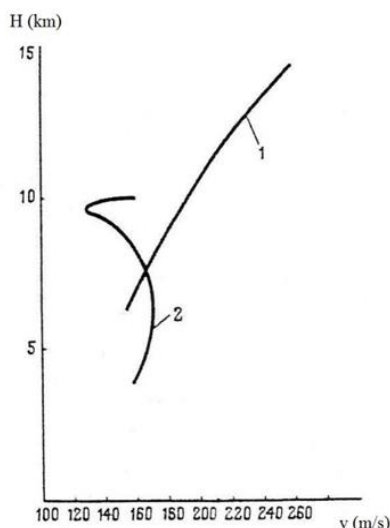
Egy ejtőernyőrendszert nem elég megtervezni, hanem azt valósághű, illetve azt jelentősen megközelítő körülmények között ki is kell próbálni: csak így bizonyítható annak működőképessége, illetve az eredeti mérnöki számításoktól, elképzelésektől történő esetleges eltérés szükségessége objektív okainak feltárása³⁴. Noha a Szojuz leszállóegység ejtőernyőrendszere – természetesen nem elfelejtkezve a vészhelyzeti mentési funkcióról sem(!), – alapvetően az űrrepülési feladat végső fázisát jelentő ejtőernyős leszállás biztosítására került megtervezésre, így azt nem volt elég csak a troposzféra viszonyai között kipróbálni, még akkor sem, ha maga az ejtőernyő kupolája csak a Föld felszíne felett, 10 km-es magasság alatti működésre van tervezve.

Troposzféra kísérletek

Mind a fő- mind a tartalék ejtőernyőrendszer gyakorlati tesztelésének magasság és sebesség-paramétereit (19. ábra) a konstruktőrök megpróbálták úgy előírni, hogy azok a lehető legjobban megközelítsék a leszállító- illetve a vészmentő rendszer komplex alkalmazási körülményeit, illetve környezetét³⁵.

³⁴ A kísérleti példány csak abban az esetben teljesítheti pontosan az alkalmazni kívánt konstrukció feladatait, ha ugyanolyan körülmények között tesztelik, mint a kialakítandó légi szerkezetet. Mivel a leszállórendszer elemeinek széles magasságtartományban és eltérő körülmények között kell működniük, nagyon fontos volt a gyakorlati tesztelesek, kísérletek lelkiismeretes végrehajtása. (szerző megjegyzése).

³⁵ Az ún. kissebességű és kismagasságú próbák végrehajtási körülményei hasonlóak voltak ahhoz, amelyek közvetlenül a startot követően a hordozórakéta üzemzavara esetén jelentkezhetnek, így ezekhez helikoptereket, míg – a több tucat (!) [57] – egyéb ledobási teszthez repülőgépeket alkalmaztak. (szerző megjegyzése).



19. ábra A tervezett Szojuz leszállóegység (1), illetve méret- és tömeghelyes makettjeinek (2) sebességértékei a földfelszíntől mért magasság függvényében [56]

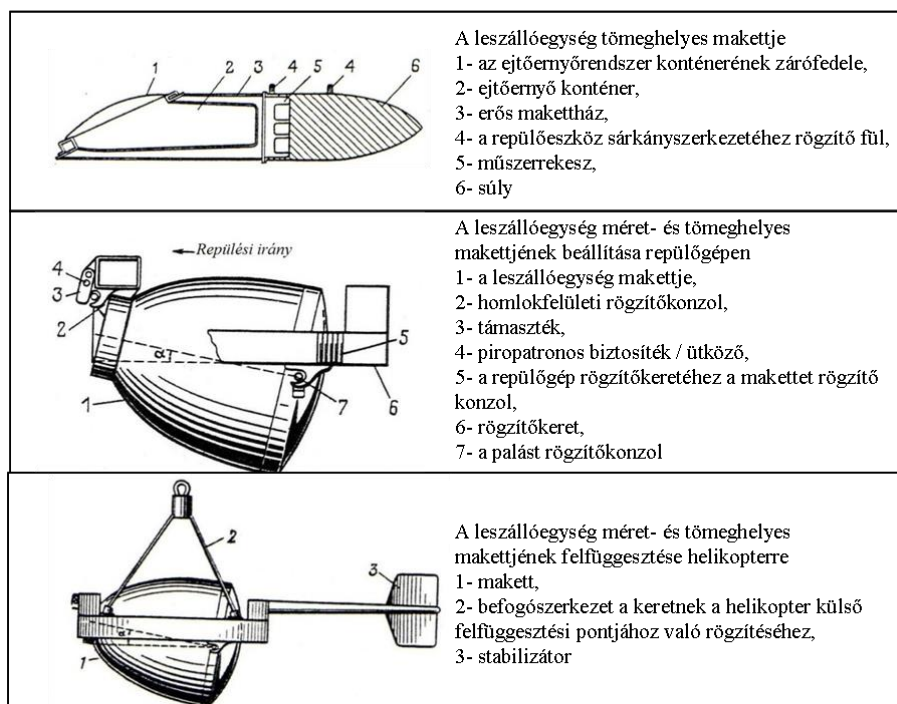
Az ejtőernyőrendszereknek a ténylegesen alkalmazni kívánt leszállóegység prototípusával végrehajtott ledobási tesztjeit megelőzték azok tömeg, illetve méret- és tömeghelyes makettjeivel (20. ábra) végzett kísérletek.

E próbák során az ejtőernyős dobás végrehajtott repülőeszköz fedélzetén, valamint a ledobási zónában felállított kamerákkal készített mozgókép felvételek nagy segítséget nyújtottak a mérnököknek a leszállóegység sűrűbb légrétegben történő mozgási (zuhanási) jellemzőinek (a leszállóegység tengelyei menti elfordulás stb.) megállapításában, az ún. „stabil zuhanási testhelyzet” vizsgálatára³⁶ céljából.

A ledobási próbák során több érdekes dologra derült fény, ezek közé tartozik az ún. „ejtőernyőanyag összeférhetetlenség”-jelensége³⁷ is, amely jól szemléltette a kifejezetten kozmikus feladatokra szánt ejtőernyőrendszerek tervezésének bonyolultságát.

³⁶ Ezt vizuálisan úgy segítették, hogy a leszállóegységet nagyméretű, szabályos fekete-fehér festéssel látták el, amely több felvételen is megfigyelhető. (szerző megjegyzése).

³⁷ A tartalék ejtőernyőrendszer egyik gyakorlati próbája során, 1966. november 3-án Fedoszijában, a Szovjet Légierő kísérleti lőterén a Szojuz leszállóegységet repülőgépről dobták le, 10 500 m-es magasságból. A kihúzó és a fékező ejtőernyő ugyanúgy, mint a fő ejtőernyő, rendben működött, majd ez utóbbi is levált, szimulálva egy fő ejtőernyőrendszer meghibásodást. A várakozásnak megfelelően a tartalék ejtőernyőrendszer működésbe lépett, azonban ereszkedés közben, annak mind a kihúzó ejtőernyőinél, mind a főejtőernyőjénél megfigyelhető volt a kupolák pulzálása, amely a leszállóegység súlyponton átmenő x tengely (lásd: 8. ábra) körüli – kb. 1 ford./s-os értékkel bekövetkező – forgómozgásához vezetett. Ez végül a főejtőernyő-zsinórzatának kb. 1500 m-es magasságban bekövetkező összezsavarodását eredményezte, amely a leszállóegység földön történő összetörését okozta. A meghibásodás visszavezethető volt a leszállóegység ejtőernyős ereszkedése során a stabilizáló hajtóműegységek maradék hidrogén-peroxid hajtóanyagának kieresztésére (alaphelyzetben úgy lehet számolni, hogy a légkörbe történt belépést követően a 70 kg hajtóanyagból 30 kg megmarad [59]), a tervezett leszállás előtti eljárásorozatnak megfelelően. És amikor ez végbement, a hajtóanyag megégette az ejtőernyő zsinórzatát, amely azok súlyos károsodását okozta. Minden zsinór terhelhetősége 450 kp (= 4414,5 N) volt, de a peroxiddal történő összegeése következtében, kézi erővel(!) el lehetett őket szaggatni [60]. (szerző megjegyzése).



20. ábra A Szojuz leszállóegység tömeghelyes-, valamint a méret- és tömeghelyes makettjeinek felfüggesztési lehetőségei kis- és nagysebességű ledobási próbákhoz [58]

Kozmikus tesztek

Az ejtőernyőrendszer sikeres ledobási próbáit a tényleges kozmikus kísérletek követték. Mivel a Szojuz- és a Zond³⁸-program is Szergej Koroljov vezetése alatt haladt kitűzött célja felé, logikus megoldás volt a hasonló felépítésű, de nem ember vezette űreszközök leszállóegységeit is ugyanezzel az ejtőernyőrendszerrel ellátni, és így végrehajtani azok tesztelését. Erre – a költséghatékonyság okán, úgy ahogy az, az 1960-as évek elején a Vosztok és a Voszhod űrhajók egyes rendszereinek tesztelésénél is megvalósult, – „természetesen” a Kozmosz-sorozat egyes tagjait is felhasználták, meglehetősen balszerencsés módon³⁹.

Alekszej Leonov űrhajós úgy nyilatkozott, hogy „*az ejtőernyő kipróbálása során hét kísérletből csak kettő(!) végződött sikerrel*⁴⁰” [62], de ennek Koroljov már nem lehetett tanúja⁴¹. Mi-

³⁸ Műhold, szonda (or. „зонд”) (szerző megjegyzése).

³⁹ Az *első* Szojuz űrhajót 1966. november 28-án bocsátották fel Kozmosz-133 jelzéssel, de stabilizációs rendszerének hibája miatt a repülési programot módosították, majd a földi repülésirányítók kiadták a visszatérési parancsot. Az űrhajó sorsa bizonytalan, az észlelt műszaki hiba miatt túlságosan lapos röppályán hatolt be a Föld légkörébe, amely a hővédő réteg sérülése mellett nagy valószínűség szerint kínai területen való leszállást eredményezett, ezért távirányítással felrobantották. A *második* Szojuz űrhajó startjára 1967. február 7-én került sor Kozmosz-140 jelzéssel. Maga a repülés a program szerint zajlott, de leszállás közben a hőmérséklet ellenőrző rendszer hibája miatt a hővédő pajzs kísérleti tömítése átégett, így az Aral-tó vizére ejtőernyőn sikeresen leereszkedő leszállóegység elsüllyedt. A *harmadik* Zond űrhajó sikeres indítására 1967. április 8-án került sor Kozmosz-154 jelzéssel. A 11 napos repülés után az űrhajó a visszatérés során megsemmisült, feltehetően a hőmérsékletet vagy a magasságot ellenőrző rendszer hibája [61] miatt. (szerző megjegyzése).

⁴⁰ Vélelmezhető, hogy Leonov ez alatt „csak” az ejtőernyőrendszer kozmikus próbáinak „nem túl meggyőző” eredményeire utalt. (szerző megjegyzése).

⁴¹ „A Főkonstuktőr” 1966. január 14-én meghalt egy moszkvai kórházban, operációja közben. Utóda Vaszilij P. Misin lett, aki egyrészt még nem volt képes megfelelni a „koroljovi munkatempó”-nak [63] és nem rendelkezett azzal a befolyással sem, mint elődje. Így a politikai akarattal szemben nem tudott ragaszkodni ahhoz – a gyakorlati tapasztalatokon alapuló, jól bevált „koroljovi eljárásrend”-hez –, hogy minden emberes űrrepülés előtt két személyzet nélküli, automatikusan működő űrhajót kell indítani annak megállapítására, hogy a teljes rendszer a

vel e meghibásodások nem az ejtőernyőrendszer hibás működéséből következtek be, az illetékesek nem látták indokoltnak elhalasztani – az Állami Bizottság által már jó előre kitűzött dátumnak megfelelően – az első emberes Szojuz űrhajó startját⁴².

Az űrrepülési feladat technikai kiszolgálásának kérdése – Az ejtőernyőrendszer működésre történő előkészítése

Az ejtőernyőrendszer tervezett alkalmazási körülmények között történő biztonságos működése annak előírászerű előkészítésén is alapul. Ez magába kell, hogy foglalja:

1. a teljes rendszer elemeinek előállítását, valamint meghatározott körülmények közötti raktári tárolását és karbantartását;
2. a teljes rendszer elemeinek előírászerű hajtogatását és konténerbe helyezését.

Az előkészítési munka olyan kiképzett szakszemélyzet alkalmazását követelte meg, amely a vonatkozó, többszörösen ellenőrzött és jóváhagyott technológiai utasítások alapján hajtotta végre tevékenységét, az ejtőernyő előírászerű működésének elősegítése érdekében.

Az űrrepülési feladat végrehajtásának kérdése – Az ejtőernyőrendszer működtetése

Az ejtőernyőrendszer tervezési kritériumai között kiemelt helyet foglalt el a teljesen automatikus működés megvalósítására való törekvés. Ennek megfelelően – ahogy már említésre került, – a leszállóegységben helyet foglaló kozmonauta manuális beavatkozási lehetőségét egyedül a fő ejtőernyőrendszer 1000 m²-es kupolájú fő ejtőernyőjének leoldása jelentette a földetérést követően, amennyiben azt a kozmonauta szükségesnek találja.

A KATASZTRÓFA VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEI



21. ábra A Szojuz-1 leszállóegység még füstölgő alsó része, mellette a becsapódás erejétől levált hővédő pajzs **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**

A lángba borult⁴³ roncsok (21. ábra) nem igazán segítették a kivizsgáló bizottság munkáját, viszont a nem előírászerűen működő fő- és a tartalék ejtőernyőrendszer – elsősorban az adott konténerekből részben kihúzódott – elemei, alapvetően „épségben maradtak”.

tervezett előírásoknak megfelelően működik-e. Így csak az új generációs űrhajó egyes rendszereit próbál(hat)ták ki kozmikus körülmények között, de a teljes rendszert már nem. (szerző megjegyzése).

⁴² Ennek megfelelően alig négy nappal(!) a Kozmosz-154 sikertelen visszatérése után, a Szojuz-1 űrhajó elindult végzetes útjára. (szerző megjegyzése).

A katasztrófát közvetlenül kiváltó okok

A leszállóegység ejtőernyőjét vizsgáló szakértői csoport a katasztrófa helyszínén a következőket állapította meg:

1. A fő ejtőernyőrendszer konténerfedele ledobódott a konténerről, vagyis megindult a leszállórendszer ejtőernyőjének automatikus működése.



22. ábra A Szojuz-1 belobbanni képtelen tartalék ejtőernyőrendszerének fő ejtőernyőkupolája, rácsavarodva a fő ejtőernyőrendszer kihúzó ejtőernyő-blokkjának maradványára a helyszínén

2. A fő ejtőernyőrendszer kihúzó ejtőernyő-blokkjának nagyobb felületű ejtőernyője hiányzott, azonban a kisebb felületű ejtőernyő a fő ejtőernyőrendszer konténeren kívül, a csatolótagjára rögzítve volt előtalálható, körbetekerve a tartalék ejtőernyőrendszer belobbanásra képtelen („hurkában maradt”) főejtőernyőjének kupolájával (22. ábra).

A fentiek alapján a bizottság a következő kérdésre kereste a választ:

1. Mi okozta a fő ejtőernyőrendszer beszorulását a konténerébe?
2. Miért nem tudott belobbanni a tartalék ejtőernyőrendszer fő ejtőernyője?

A KATASZTRÓFÁT KÖZVETVE KIVÁLTÓ OKOK VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEI

A fenti kérdések vizsgálata⁴⁴ megdöbbentő válaszokat adva hívta fel a figyelmet az ejtőernyő biztonságos működését lehetővé tevő három fő alapfeltétel hiányosságaira, azon belül pedig az emberi tényezőben rejlő potenciális veszélyforrás megdöbbentő jelentőségére. Azaz, az előzőekben részletesen bemutatta a „gép” (a fő- és a tartalék ejtőernyőrendszer) földi légkörben tervezett, előírászerű működését, amelynek az első fázisban a leszállóegység – formai kialakításából adódó – irányított zuhanása kellett jelentse. A Szojuz-1 esetében azonban a

⁴³ Ennek magyarázata a következő: miután az előírások szerint működő főejtőernyő egyenletes sebességgel süllyed a földfelszín irányába, a szimmetrikus felfüggesztésre történő átállást megelőzően a hővédő pajzs ledobódik és az orientációs hajtóművek megmaradt tüzelőanyag-mennyisége is kijut a légkörbe. Mivel a Szojuz-1 esetében erre már nem kerülhetett sor, így ez, valamint a puha leszállást biztosító hajtóműegységek szilárd tüzelőanyag-mennyiség a földfelszínbe csapódott leszállóegység roncsainak lángba borulását okozta. (szerző megjegyzése).

⁴⁴ Ez a vizsgálat klasszikus „ember-gép-környezet” rendszer alapján is végrehajtható lett volna. Mivel a „környezet” által nyújtott feltételeken –, amelyben az „ember” végre kell, hajtsa betervezett feladatát, – lehetetlen változtatni, így a „gép”-et kell olyan módon megtervezni és az adott feladat végrehajtására előkészíteni, hogy az igazodjon a „környezet” valamennyi körülményéhez, valamint a leszállóegységben ülő „ember” adottságaihoz (vagyis a légkör hőmérsékletéhez, sűrűségéhez, illetve a túlterhelési többes értékéhez). (szerző megjegyzése).

Föld légkörébe történő visszatérés körülményei messze voltak az ideálistól, így az előírásostól eltérően működő ejtőernyőrendszerrel kapcsolatosan a következő tényeket állapították meg:

1. Röviddel a Föld légkörébe történő belépés előtt – alapvetően a még komplex úrhajó ki nem nyílt bal oldali napelem-szárnyából adódó aszimmetria miatt, – a leszállóegység néhány fokkal eltért a tervezett leszállási irányszögtől. Ennek következményeként az automata leszállórendszer kiadta az ún. „Vészhelyzet-2” parancsot, amelynek hatására a leszállóegység olyan pályán lépett be a Föld légkörébe, amely átmenetet jelentett az irányított és a ballisztikus zuhanás között [66], jelentős sebességnövekedést, valamint túlterhelési többes értéket okozva.
2. A fő ejtőernyőrendszer konténerfedelét az automata rendszer az előírt magasságon ledobta, azonban – „köszönhetően” a földi légkörbe történő nagyobb belépési sebesség miatti nagyobb nyomáskülönbségnek, – az ejtőernyő-konténer oldalfala a tervezettnél nagyobb mértékben deformálódott. Ez volt a közvetlen oka annak, amely megakadályozta, hogy a kihúzó ejtőernyők blokkja a fő ejtőernyőrendszer elemeit a légáramlatba kijuttassa. Ebből adódóan a fő ejtőernyőrendszer kihúzóási folyamatának megállításában szerepet játszhatott az ejtőernyő-konténer tervezési hibája (hengeres alak, illetve a nem kielégítő falvastagság), továbbá felmerült a komplex leszállóegység elkészítésekor elkövetett technológia előírástól történő eltérés vétsége(!) is, amely az ejtőernyő-anyag és a konténer belső oldalfala közötti tapadási súrlódási együttható jelentős növekedését okozta⁴⁵! Ezt később a konténer belső felületének polírozásával sikerült orvosolni.
3. A kihúzó ejtőernyő-blokkjának nagyobb, 9,7 m²-es felületű ejtőernyője az erős légáramlat hatására –, a hitelesített szakítószilárdságú csatolótagja segítségével – leszakadt ugyan a rendszerről, a kisebb, 1,5 m²-es felületű ejtőernyő azonban nem, így az tovább vonszolódott a leszállóegység mögötti turbulens zónában.
4. A sebességérzékelők jelezték az automatikus földetérés vezérlőegységnek, hogy a leszállóegység zuhanási sebessége nem csökkent le, így az automatikusan beindította a tartalék ejtőernyőrendszer működtetésének folyamatát.
5. A tartalék rendszer kihúzó ejtőernyő-blokkja a tartalék ejtőernyőrendszer fő ejtőernyőjét sikeresen kihúzták a konténerből, azonban annak kupolája –, rátekeredve a fő ejtőernyőrendszer kihúzó ejtőernyő-blokk csatolótagjára, valamint az arról le nem szakadt 1,5 m²-es felületű kis kihúzó ernyőre, – képtelen volt belobbanni, ezért az sem csökkentette le a leszállóegység zuhanási sebességét. Így a kabin földfelszínbe csapódásakor fellépő hirtelen lefékeződésből, mint negatív gyorsulásból adódó jelentős nagyságú túlterhelési többes értéke vezetett a kozmonauta halálához.

A fentieket a következőképpen foglalja össze a tanulmányom: a Szojuz-1 leszállóegységének ideális feltételekre tervezett, és azok megléte esetén „egyébként” előírászerűen működő ejtőernyőrendszerét a ténylegesen meglévő alkalmazási körülményektől való jelentős eltérések tették alkalmatlanná a küldetése ellátására.

⁴⁵ A jóváhagyott technológia előírta a leszállóegység hővédő réteggel történő ellátásának folyamatát: a leszállóegység felületét be kellett kenni hővédő borítóanyaggal, majd a teljes szerkezetet ún. autoklávba, vagyis légmentesen lezárt térbe helyezték, ahol nagy nyomással elérhetővé vált a leszállóegység külső szerkezetének és a hővédő borítóanyagnak az egyesítése. Mivel az ejtőernyő-konténereket a leszállóegységtől külön gyártották, és külön is tárolták, erre különösebben senki sem fordított figyelmet, vagyis ezt a technológiai előírástól való „ártalmatlan eltérés”-ként kezelték: és egészen a 4. és az 5. leszállóegységig az autokláv-eljárást ejtőernyő-konténer nélküli leszállóegységen hajtották végre. Ezeknél már egybe volt építve a leszállóegység az ejtőernyő-konténerekkel, amikor az autokláv-eljárást végrehajtották [67], ekkor viszont a konténerfedelekről feledkeztek meg. (szerző megjegyzése).

A katasztrófát kiváltó okok sorában az emberi tényező tökéletlensége komoly szerepet kapott, ez megmutatkozott már az ejtőernyőrendszer tervezésében is(!), – vagyis abban, hogy nem feltételezték az adott elemek gyártásában megmutatkozó „előírt technológiától való eltérés”-t, amely aztán a fő ejtőernyőrendszer konténerbe történő beszorulásában⁴⁶ realizálódott. Továbbá, hogy a teljes rendszer nem minden „kritikus” elemét látták el leoldási lehetőséggel ...

Ezen kívül megmutatkozott a „koroljovi gyakorlat”-tól történő eltérésben rejlő kockázat lehetősége is: bizonyos ejtőernyő-nyílási rendellenességek bekövetkezése csak a kozmoszból történő visszatérés során következhetett be! Ugyanis a tanulmány által röviden bemutatott troposzféra kísérletek során a repülőgépről ledobott leszállóegység –, mivel a vizsgálati körülmények között nem is volt rá szükség(!) – nem kapott (!) hővédő borítást, így nem mutatkozhatott meg az ejtőernyőanyag és a konténer belső felülete között kialakult tapadás jelensége sem.

BEFEJEZÉS

A pontosan beazonosított problémák felismerése szükségessé tette a fő ejtőernyőrendszer adott elemeinek (elsősorban az ejtőernyő-konténerek) áttervezését, formai kialakításának módosítását, illetve további elemek (elsősorban a leoldózárok) rendszerbe történő olyan beillesztését, amelyek minden ejtőernyőnyílás során bekövetkező vészhelyzetre jó megoldást kínálnak.

Ahhoz, hogy az ejtőernyőrendszer főkonstruktoré által eredetileg megígért 99,9%-os biztonsági mutatóval rendelkező alkalmazhatósági szint [70] ténylegesen is elérhetővé váljon, egy népszerű űrhajós halála kellett és még további másfél év fejlesztői munkájára volt szükség, amely a szovjet emberes űrprogramot is megtorpanásra kényszerítette.

Az elvesztegetett idő mellett a fizetett ár nagyon drága volt, de lehetett volna még drágább is: ha a Szozuz-1 napelemtáblája kinyílik és az űrrepülést az előírtak szerint hajtották volna végre. Ekkor a leszállóegység a Komarov-Hrunov-Jeliszejev személyzettel csapódott volna a földfelszínhez, de minden bizonnyal életét vesztette volna az egyedül visszatérő Bikovszkij is. Hogy ez nem így történt, az Msztyiszláv Keldis akadémikus döntésének köszönhető, aki kategorikusan megtiltotta a Szozuz-2 startját.

A szovjet emberes űrprogram későbbi sikereit biztosító új űrhajóhoz viszont igenis szükség volt egy másik, bármilyen alkalmazási körülmények között biztonságos működő ejtőernyőrendszerre, amelynek további modifikálását a Szozuz-1 katasztrófájának tanulságai jelentősen befolyásolták. Ennek bemutatása azonban már egy másik tanulmány témája lehet.

⁴⁶ A későbbiekben ezt a helyzetet szélcsatorna-kísérletekkel, valamint ledobási próbákkal is igazolták. A tartalék ejtőernyőrendszer képtelen volt belobbanni a fő ejtőernyőrendszer konténerbe történő beszorulása után, a kihúzó ejtőernyők blokkjára, vagy a fékező ejtőernyőre történő rácsavarodásának következményeként [68]. Érdekességképpen meg kell említeni, hogy a konténer esetleges deformációjára is előzetesen számítva, a konstruktorok 1500 kp (= 14 715 N) nagyságú húzóerő biztosítását írták elő a fékező ejtőernyőnek. Az utólagos elemzések megmutatták, hogy ez a húzóerő-szükséglet a Szozuz-1 esetében – elsősorban a nem előírt visszatérési görbének „köszönhetően” – a 2800 kp (= 27 468 N) nagyságot is elérte, a fékező ejtőernyő mégsem volt képes kihúzni a konténerből a fő ejtőernyőt. A tartalék ejtőernyőrendszer fő kupolájának kihúzásához elméletileg 1800 kp (= 17 658 N) nagyságú húzóerőre lett volna szükség, de gyakorlati ledobási próbák bebizonyították, hogy néha még a 3000–4000 kp (= 29 430–39 240 N) nagyságú húzóerő sem elég nagy [69]. A húzóerő utóbbi szükséges értéke nyilvánvalóan még a hengeres kialakítású konténerek esetére volt igaz, amennyiben azok „tervezett”, jelentős deformációja bekövetkezett. (szerző megjegyzése).

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Лазарев В. Г., Ребров М. Ф.: Испытатель космических кораблей. Издательство Машиностроение, Москва, 1976. Т-16452, pp. 94-101.
- [2] a Szerző saját fényképgyűjteményéből.
- [3] Szerzői kollektíva: Űrhajózási lexikon. Budapest, Akadémiai Kiadó, Zrínyi Katonai Kiadó, 1984. ISBN 963 05 3628 5. p. 196.
- [4] a Szerző saját fényképgyűjteményéből.
- [5] Погибшие космонавты, (online), url:
- [6] <http://ikfia.ysn.ru/ru/9-uncategorised/738-kosmos.html> (2017.02.17.)
- [7] Schuminszky Nándor: Szovjet Zond szondák a Hold körül., Haditechnika, No. 1, (1998), p. 38.
- [8] Авторский коллектив: Инженерный справочник по космической технике. Москва, Ордена Трудового Красного Знамени Военное Издательство Министерства Обороны СССР, 1977. p. 138.
- [9] De Leon Pablo, Williamson Mark R.: A full-pressure space suit with bailout capabilities for experimental suborbital vehicles., Acta Astronautica, Journal of the International Academy of Astronautics, Vol. 60, Nu. 4-7, February-April 2007. p. 498.
- [10] Chertok Boris: Rockets and People. Hot Days of the Cold War. National Aeronautics and Space Administration, Washington DC., May 2009., NASA SP-2009-4110. p. 594.
- [11] Schuminszky Nándor: Szovjet Zond szondák a Hold körül., Haditechnika, No. 1, (1998), p. 38.
- [12] Комаров заменил Гагарина в кресле разбившегося «Союза-1»? (online), url:
- [13] <http://www.kp.ru/daily/25661.3/822807/>
- [14] Schuminszky Nándor: Szovjet Zond szondák a Hold körül., Haditechnika, No. 1, (1998), p. 38.
- [15] De Leon Pablo, Williamson Mark R.: A full-pressure space suit with bailout capabilities for experimental suborbital vehicles., Acta Astronautica, Journal of the International Academy of Astronautics, Vol. 60, Nu. 4-7, February-April 2007. p. 498.
- [16] Grahn Sven: An analysis of the Soyuz-1 flight. (online), url: <http://www.svengrahn.pp.se/histind/Soyuz1Land/Soyanaly.htm>
- [17] Grahn Sven: An analysis of the Soyuz-1 flight. (online), url: <http://www.svengrahn.pp.se/histind/Soyuz1Land/Soyanaly.htm>
- [18] Chertok Boris: Rockets and People. Hot Days of the Cold War. National Aeronautics and Space Administration, Washington DC., May 2009., NASA SP-2009-4110. pp. 594-595.
- [19] Szaniszló Zsolt: Ejtőernyőrendszerek alkalmazási lehetőségei és tervezésének lépései ember vezette űrjárművek Földre történő visszatérési folyamatának ejtőernyős fázisa biztosítására. Diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2011. p. 123.
- [20] Szaniszló Zsolt: Ejtőernyőrendszerek alkalmazási lehetőségei és tervezésének lépései ember vezette űrjárművek Földre történő visszatérési folyamatának ejtőernyős fázisa biztosítására. Diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2011. p. 21.
- [21] Романюк В. Г.: Заметки парашютиста-испытателя. Ордена Трудового Красного Знамени Военное Издательство Министерства Обороны СССР, Москва, 1973. Г-34 388, p. 29.
- [22] Chertok Boris: Rockets and People. Hot Days of the Cold War. National Aeronautics and Space Administration, Washington DC., May 2009., NASA SP-2009-4110. p. 645.
- [23] Dr. Szabó Sándor András orvos alezredes: A katonai repülő-hajózó állomány repülőorvosi minősítése és kiképzése a NATO Standardizációs Egyezmények szellemében különös tekintettel a szív-érrendszeri adaptáció és readaptáció vizsgálatára komplex és szimulált repülési stressz környezetben. PhD értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Kar Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2008. pp. 12-13.
- [24] Авторский коллектив под общ. Ред. Феоктистова К. П.: Космические аппараты. Военное Издательство, Москва, 1983. Г-62643, p. 119.
- [25] Бобков В. Н., Сыромятников В. С.: Космические корабли. Москва, Издательство «Знание», 1984. ББК 39.62 p. 22.
- [26] Авторский коллектив под общ. Ред. Феоктистова, К. П.: Космические аппараты. Москва, Военное Издательство, 1983. Г-62643. p. 118.
- [27] Елисеев А. С.: Техника космических полетов. Москва, Издательство Машиностроение, 1983. p. 119.
- [28] Авторский коллектив под общ. Ред. Феоктистова, К. П.: Космические аппараты. Москва, Военное Издательство, 1983. Г-62643. p. 109.

- [29] Liszun M.: Ejtőernyők a planéta alatt. Ejtőernyős tájékoztató 1983/5. LRI Repüléstudományi és Tájékoztatási Központ, Budapest-Ferihegy, LRI, 1983. pp. 24-27.
- [30] A repülőorvostan elmélete és gyakorlata. Ejtőernyős tájékoztató 1982/5. LRI Repüléstudományi és Tájékoztatási Központ, Budapest-Ferihegy, LRI, 1982. pp. 1-10.
- [31] Liszun M.: Ejtőernyők a planéta alatt. Ejtőernyős tájékoztató 1983/5. LRI Repüléstudományi és Tájékoztatási Központ, Budapest-Ferihegy, LRI, 1983. pp. 24-27.
- [32] Ravnitzky M. J., Patel S. N., Lawrence R. A.: Zuhanás az űrből: Ejtőernyők és az űrprogram. Ejtőernyős tájékoztató 1997/3. LRI Repüléstudományi és Tájékoztatási Központ, Budapest-Ferihegy, LRI, 1997. p. 36.
- [33] Елисеев А. С.: Техника космических полетов. Москва, Издательство Машиностроение, 1983. p. 221.
- [34] a Szerző saját fényképgyűjteményéből.
- [35] Le panneau central. online), url: <http://spacerockethistory.com/wp-content/uploads/2015/01/soyouz2520interieur2520051.jpg>
- [36] Елисеев А. С.: Техника космических полетов. Москва, Издательство Машиностроение, 1983. p. 221.
- [37] Magyar Béla, Schuminszky Nándor: Az első szovjet-magyar közös űrrepülés 10. évfordulója., Haditechnika, No. 2, (1990), pp. 36–38.
- [38] Liszun M.: Ejtőernyők a planéta alatt. EJTŐERNYŐS TÁJÉKOZTATÓ 1983/5. LRI Repüléstudományi és Tájékoztatási Központ, Budapest-Ferihegy, LRI, 1983. pp. 24-27.
- [39] Рысев О. В., Пономарев А. Т., Васильев М. И., Вишняк А. А., Днепров И. В., Мосеев Ю. В.: Парашютные системы. Москва, Наука, Физматлит, 1996. ISBN 5-02-015160-2. p. 32.
- [40] Visszatérési manőver. (az Aviация и Космонавтика folyóirat 1978-1979. évi számaiban megjelent cikkek alapján), Haditechnika, No. 3, (1979), pp. 114–117.
- [41] Авторский коллектив: Конструкция и проектирование космических летательных аппаратов. Москва, Издательство Машиностроение, 1986. p. 279.
- [42] Авторский коллектив под общ. Ред. Феоктистова, К. П.: Космические аппараты. Москва, Военное Издательство, 1983. Г-62643. p. 122.
- [43] Лобанов Н. А.: Из космоса на парашюте., Aviация и Космонавтика, Vol. 1978 No. 9. pp. 34-35.
- [44] Лобанов Н. А.: Основы расчёта и конструирования парашютов. Москва, Издательство Машиностроение, 1965. Г-27188. p. 360.
- [45] a Szerző saját fényképgyűjteményéből.
- [46] Лобанов Н. А.: Основы расчёта и конструирования парашютов. Москва, Издательство Машиностроение, 1965. Г-27188. p. 358.
- [47] Beregovoj G. T.: Egy űrhajós feljegyzései. Budapest, Kozmosz Könyvek, 1973. 72.0874/1-3351. pp. 163-164.
- [48] Liszun M.: Ejtőernyők a planéta alatt. Ejtőernyős tájékoztató 1983/5. LRI Repüléstudományi és Tájékoztatási Központ, Budapest-Ferihegy, LRI, 1983. pp. 24-27.
- [49] Лобанов Н. А.: Из космоса на парашюте. Aviация и Космонавтика, Vol. 1978 No. 9. pp. 34-35.
- [50] Interkosmos znaczu wsrópraca, 1985.
- [51] Авторский коллектив под общ. Ред. Феоктистова К. П.: Космические аппараты. Москва, Военное Издательство, 1983. Г-62643. p. 273.
- [52] Лобанов, Н. А.: Из космоса на парашюте. Aviация и Космонавтика, Vol. 1978 No. 9. pp. 34-35.
- [53] Kubaszov V. Ny.: A kozmosz érintése. Budapest, Kossuth Könyvkiadó, Ifjúsági Lap- és Könyvkiadó, 1986. ISBN. 963 09 2756 X, ISBN 963 422 458 X. pp. 126-130.
- [54] Ракетно-космическая корпорация „Энергия” имени С. П. Королёва. Россия, РКК Энергия, 1994. p. 92.
- [55] Авторский коллектив под общ. Ред. Феоктистова, К. П.: Космические аппараты. Москва, Военное Издательство, 1983. Г-62643. p. 273.
- [56] Лобанов, Н. А.: Из космоса на парашюте. Aviация и Космонавтика, Vol. 1978 No. 9. pp. 34-35.
- [57] Ракетно-космическая корпорация „Энергия” имени С. П. Королёва. Россия, РКК Энергия, 1994. p. 92.
- [58] Chertok Boris: Rockets and People. Hot Days of the Cold War. National Aeronautics and Space Administration, Washington DC., May 2009., NASA SP-2009-4110. p. 625.
- [59] Возвращение. Aviация и Космонавтика, No. ?, (?), p. 32.
- [60] Beszűlgetűs Mark Avrutin rendszerelemzű műrűcckel űs Leonyid Komisszareno fxkonstruktűrrel a Szovjuz-1 katasztrűfűjűt okozy problűműbkryű. p.2. (Kűziratban, megkapva: 2016.11.23-űn)
- [61] Szaniszló Zsolt: Ejtőernyőrendszerek alkalmazási lehetőségei és tervezésének lépései ember vezette űrjárművek Földre történő visszatérési folyamatának ejtőernyős fázisa biztosítására. Diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2011. p. 119.
- [62] Schuminszky Nándor: Szovjet Zond szondák a Hold körül., Haditechnika, No. 1, (1998), pp. 38–42.

- [63] Az űrhajózás úttörői, a szovjetek. Levetítve: BBC Earth
- [64] Schuminszky Nándor: Szovjet Zond szondák a Hold körül., Haditechnika, No. 1, (1998), pp. 38–42.
- [65] Vladimir Komarov and the Tragic Flight of Soyuz 1., (online), url:
<http://www.spacesafetymagazine.com/space-disasters/soyuz-1/tragic-death-vladimir-komarov/>
- [66] Sajtos Zoltán. Hősök panteonja. Aeromagazin, Vol. 5. No. 3, (2003), ISSN 1419-4074, pp. 50–53.
- [67] Beszélgetés Mark Avrutin rendszerelemző mérnökkel és Leonyid Komisszarenó főkonstruktőrrel a Szozuz-1 katasztrófáját okozó problémákról. (Kéziratban, megkapva: 2016.11.23-án) p. 2.
- [68] Beszélgetés Mark Avrutin rendszerelemző mérnökkel és Leonyid Komisszarenó főkonstruktőrrel a Szozuz-1 katasztrófáját okozó problémákról. (Kéziratban, megkapva: 2016.11.23-án) pp. 3-4.
- [69] Hall Rex, Shayler David: Soyuz: a universal spacecraft. url:
<http://www.bookfayre.cz/books/item/9781852336578.html>
- [70] Szaniszló Zsolt: Ejtőernyőrendszerek alkalmazási lehetőségei és tervezésének lépései ember vezette űrjárművek Földre történő visszatérési folyamatának ejtőernyős fázisa biztosítására. Diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2011. p. 124.
- [71] Tkachev. url: <http://www.astronautix.com/index.html>
- [72] Óvári Gyula: A légi járművek gazdaságosságát és manőverező-képességét javító sárkány-szerkezeti megoldások, Speciális légi járművek fejezet KGYRMF 1990, Szolnok, pp. 233-277. (Lényegesen átdolgozott elektronikus változat BME 2016) <http://www.vrht.bme.hu/hu/hallgatoinknak/letoltesek.html>

THE PARACHUTE FAILED ... THE CATASTROPHY OF SOYUZ-1

Fifty years ago the first manned flight of the third generated Soviet personnel spacecraft end in failure. It was ascertained that the death of highly respected cosmonaut was „thanked” for the non-proper invented and prepared parachute system, according to the examination ...

Keywords: spacecraft Soyuz-1, cosmonaut, parachute system, auxiliary parachute, parachute canopy release assembly

Szaniszló Zsolt okl. mk. őrnagy
repülésfelügyeleti (ejtőernyős) főtiszt
Honvédelmi Minisztérium
Állami Légügyi Főosztály
sunnyboymi24@gmail.com
orcid.org/0000-0003-0646-1505

Eng. Maj. Szaniszló Zsolt (MSc)
flight supervisor (parachutist) senior officer
Ministry of Defence
State Aviation Department
sunnyboymi24@gmail.com
orcid.org/0000-0003-0646-1505



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_2/2017-2-25-0401_Szaniszlo_Zsolt.pdf