

LRI Repüléstudományi és Tájékoztató Központ

KÉZIRAT GYANANT!

EJTŐERNYŐS tájékoztató

1994/1-2

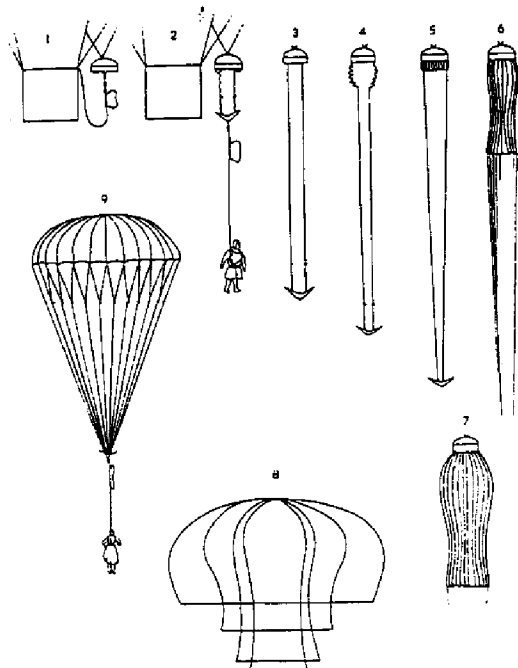
TARTALOMJEGYZÉK

Kastély Sándor: A mentőejtőernyő rendszerek szerkezete, kezelés, használata vizsgálata	2
Bevezetés	2
1.A mentőejtőernyő.....	6
2. A légi jármű elhagyása	12
3. Az ejtőernyő nyitása	16
4.Az ejtőernyő nyílása.....	23
5. Az ejtőernyőkupola belobbanása.....	38
6. Az ejtőernyőkupola	42
7. HEVEDERZET, FELFÜGGESZTÉS	53
8. ANYAG ÉS KARBANTARTÁS.....	59
IRODALOMJEGYZÉK.....	62

Kastély Sándor: A mentőejtőernyő rendszerek szerkezete, kezelése, használata vizsgálata.

Bevezetés

Az ejtőernyőt léggépjármű elhagyására több, mint kétszáz évvel ezelőtt használták először. Az ember levegőbe emelkedését levegőnél könnyebb léggépjárművel az ejtőernyő kísérte. Már az első kísérletek sok alapvető, ma is használt megoldást eredményeztek, noha a ballonrepülés viszonylag magas biztonsága még nem tette szükségessé a mentőejtőernyő széleskörű alkalmazását.



0.1. számú ábra.
Megfigyelőballon mentőejtőernyője. (Schmitter-
ejtőernyő, 1911. Németország.) [1]

Az ejtőernyő, az első léggépjárművek megjelenése után több mint egy évszázadig a látványosság egyik fontos eleme volt a bemutatórepülések során. Ezen idő alatt az ejtőernyő-technika lassan változott, elsősorban a biztonsága, megbízhatósága javult.

A motoros repülés kialakulása és viharos fejlődése, a kezdeti balesetek szükségessé tették a megfelelő mentőeszköz - a mentőejtőernyő - kialakítását.

A legelső mentőejtőernyőket az első világháború frontjain alkalmazott megfigyelő ballonoknál vezették be széles körben, mert ezek személyzetét a megjelent támadó repülőgépek kilátástalan helyzetbe hozták ejtőernyő nélkül.

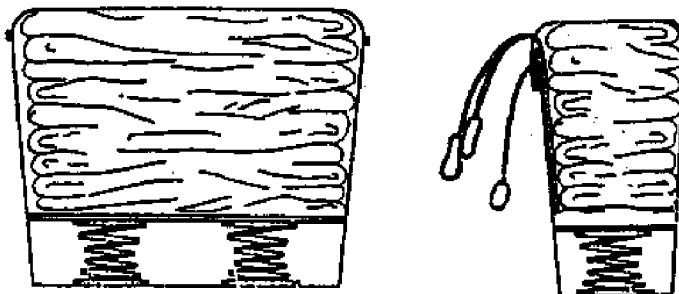
A 0.1. számú ábrán bemutatott ballon-mentőejtőernyő a korszerű ejtőernyő főbb elemeit tartalmazza: már tok védi az ejtőernyőkupolát az időjárás behatásaitól, elakadástól, kinyílása pedig a zsinórok lefűződésével kezdődik, így a

gépelhagyás kezdeti szakaszán túl az ejtőernyő részei nem érhetnek a használóhoz - ez a napjainkban is megbízható, "zsinórzat először" nyílási rendszer.

A repülőgépek személyzete számára tervezett ejtőernyők anyag-megválasztása volt az első kulcskérdés: az ejtőernyőt kis térfogatúra, hordozhatóra kellett készíteni.

Az első korszerűnek mondható modellt Oroszországban G.E. Kotyelnikov készítette (1911.), aki csőszerű fém tokba (0.2. számú ábra) helyezte el az összehajtogatott ejtőernyőt, s egy rugó vetette ki azt a nyitáskor. (1912-ben az amerikai Berry kapitány saját maga által készített ejtőernyővel ugrott repülőgépből, ennek a tokja hasonló volt Kotyelnikov ejtőernyőjéhez.)

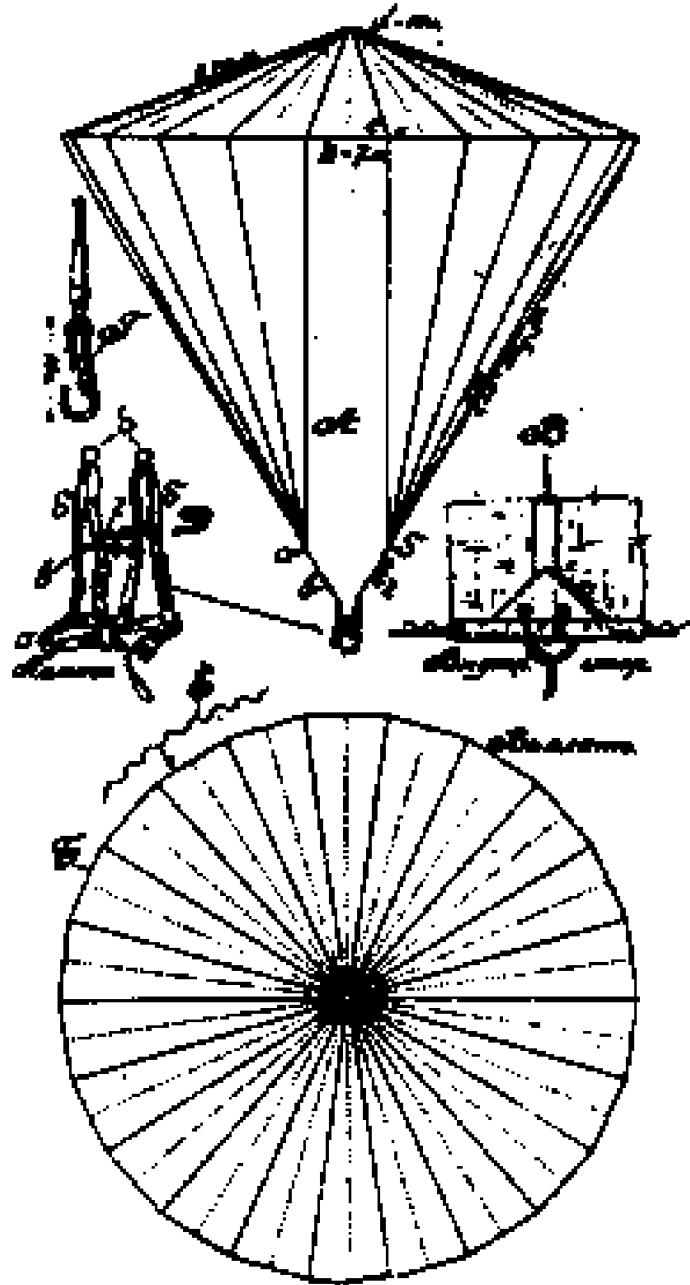
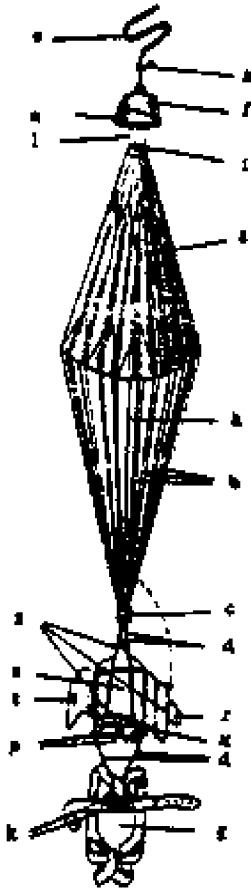
0.2. ábra.
Kotyelnikov RK-1 ejtőernyője.



0.3. ábra.

Kotyelnikov ejtőernyő szabadalma.

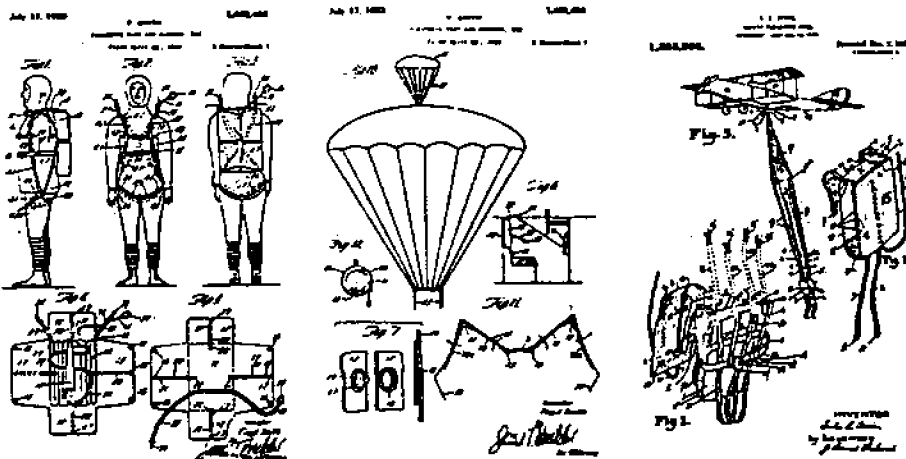
O. Heinecke (Németország) ejtőernyőjét 1917-ben kezdték el sorozatban gyártani: ülőpárnaként volt elhelyezve, a légi járműhöz kötött bekötőkötél nyitotta.



0.4. ábra.

Otto Heinecke ejtőernyője
 a- kupola, b- zsinórzat, c-
 csatlakozószem, d- csatolótag, e- tok,
 f- belsőzsák, g- hevederzet, h-
 középszinór, i- szélkémény, j-
 bekötőkötél

L. Irvin (Egyesült Államok) 1919-ben kialakított ejtőernyője kézikoldású volt, a korszerű mentőejtőernyő minden fontosabb elemét tartalmazza. Ez lett világszerte, hosszú ideig a mentőejtőernyők - és később a gyakorlóejtőernyők - mintája. Az Irvin-rendszer a repülési feladatnak megfelelően tette lehetővé az ejtőernyő elhelyezését: volt hátejőernyő, ülő ejtőernyő, hason elhelyezett mentőejtőernyő és gyakorló ugrók részére ugyancsak hason elhelyezett tartalékejtőernyő is.



0.5. ábra.
Irvin 1919-ben
bejelentett
ejtőernyőszaba-
dalma (5).

Irvin konstrukciója "kupola először" rendszerű volt: nyitáskor rugós kisernyő húzta ki a kupolát a tokból, majd utána a tokfenékre felfűzött

zsinórzatot.

Az ejtőernyős ugrók tartalékejtőernyője ez után még hosszú ideig nem tartalmazta a nyitóernyőt, mivel a kisernyő a főejtőernyővel való összeakadásra hajlamos volt és az ejtőernyős ugrótól elvárták a nyílás megfelelő segítségét is. Gyakorlatilag ebben különbözött ekkor a tartalékejtőernyő az egyéb mentőejtőernyőktől.

A mentőejtőernyők kifejlődésének első szakaszát a harmincas években új konstrukciók kialakítása követte.

Ezek az új ejtőernyők konstrukciójukban legtöbbször alig különböztek a korábbi Irvin/Heinecke konstrukcióktól, azonban a használati feltételekhez igazodva megkezdődött a kupolaméreték csökkentése és a biztonságot szolgáló kisebb-nagyobb módosítások bevezetése.

A két világháború között történtek ugyan kísérletek a mentőejtőernyők fejlesztésére, de alapvetően a használatban csak a "klasszikus" selyem körkupola maradt, amelynek a méretét csökkentették a kezdeti Irvin/Heinecke-féle 45 m²-ről 32-35 m²-ig.

A második világháború idejére kialakult követelmények a mentőejtőernyőkkel szemben Németországban (1938. Kosteletzky) a szalagejtőernyő megjelenéséhez vezetett [4], amely konstrukciót később a hazai légierőnél rendszeresítették, hazai gyártással ME-52ű (Mentő Ejtőernyő 1952. ülő) jelzéssel.

A kutatások és alkalmazási tapasztalatok alapján megjelentek azok ejtőernyők és technológiák, amelyek a tulajdonságok szabályozását megfelelő kupola anyag/anyagok megválasztásával, konstrukciós részek, kupolaalakok megújításával ér4ék el.

A másik fontos fejlemény volt a poliamid (nylon) alkalmazása az ejtőernyő-technikában az Egyesült Államok részéről.

A nagysebességű repülés kezdetére megint új ejtőernyők, ejtőernyőrendszerek - és fogalmak - tűntek fel.

Létrejöhettek a nagysebességű repülés kombinált mentőeszközei, az ejtőernyőrendszerek, a katapultülések, a mentőkabinok komplex rendszerei, majd kifejlesztésre kerültek az úrhajók mentő- és leszállító ejtőernyő rendszerei is.

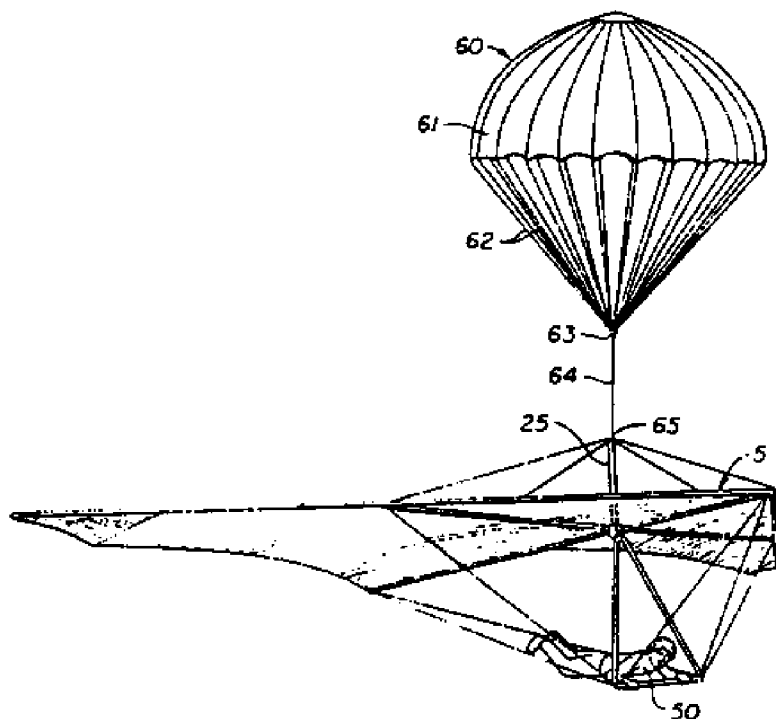
A második világháború után a nylon (poliamid) új lehetőségeket tárt fel. A homogénebb, nagy rugalmasságú szintetikus szálak kiváló ejtőernyőanyagot adtak. Csökkent a kupolák, zsinórok tömege,

korszerűsödött a technológia, rendkívül széles határok között lehetett megválasztani a kupolaanyag légáteresztőképességét is.

A nagyobb helyi háborúk (Korea, Vietnam, Közel-kelet) tapasztalatai alapján megkezdődött az ejtőernyőtechnika korszerűsítésének kutatása. Ennek eredményeként a mentőejtőernyőként/mentőrendszerként be nem vált újítások utat találtak a rohamos fejlődést mutató ejtőernyős sportba, s továbbfejlesztésük után már tartalékejtőernyőként is megjelentek.

A légijárművek pilótáinak, hajózószemélyzetek mentőejtőernyője a magasszintű biztonság mellett napjainkban egyre inkább a felhasználó kényelméhez igazodik. Megkezdődött a repülésben is a teljes rendszer mentésének kialakítása. Ennek részbeni magyarázata az a tapasztalat, ami mentőejtőernyőt viselő hajózószemélyzetek baleseteinek elemzéséből adódik: hiába lett egyre biztonságosabb az ejtőernyő, a veszélyes szituációba került pilóta nincs felkészülve a helyes és ésszerű cselekvésre, nem tudja megmenteni magát. A tapasztalat azt mutatta, hogy észérvekkel, oktatással, gyakoroltatással nem lehet a kívánt eredményt elérni - a megoldás a mentőrendszerek komplexitása, a légijárművel együtt való mentés, az automatikus és félautomatikus rendszerek kialakítása.

Eleinte csak a függővitorlázók mentőejtőernyője volt alkalmas a pilóta és légijárműve együttes mentésére. Napjainkra már az ultrakönnyű repülőgépeket is így mentik, s kísérletek folynak a kisrepülőgépek mentőrendszerével is.



0.6. ábra.

Függővitorlázó mentőejtőernyő rendszer Amerikában benyújtott 1961 évi szabadalma.

Nem érdektelen a megtett utat részleteiben áttekinteni. Nagyon sok tapasztalat eltűnik egy-egy konstrukciós megoldásnál és hiányzik. Erre aztán egy későbbi fejlesztési fázisnál újra rá kell jönni. A megbízható és látványos ejtőernyő olyan tévhitet kelt, hogy az egyszerű dolog, holott ezernyi apró részlettel rendelkezik, amelynek ismerete nemcsak a gyártáshoz, az üzemeltetés biztonságához is elengedhetetlen.

Másik figyelemre méltó kérdés az "ejtőernyő" fogalma.

Hazánkban az 1922. évi repülési szabályozást felváltó 1964. évi 26. számú törvényerejű rendelet, illetve az azt követő

1981.évi 8. számú törvényerejű rendelet, azok végrehajtási rendeletei az ejtőernyőt előrelátó módon légijárműnek tekintették, s mint ilyen, a 39. számú Légügyi Előírásban úgy lett definiálva, hogy:

"Az ejtőernyő olyan légijármű, amely működésekor (működésbe lépésekor) összecsomagolt (hajtogatott) állapotból olyan felületű és alaku lesz, amely biztosítja használója szükséges mértékben csökkentett földetérési sebességét."

Ez a meghatározás tullepelt azon a kezdeti képen, amit a lexikonok, értelmező szótárak adtak, tartalmazta azokat az ejtőernyőket is, amelyeknél a korábban kizárólagos és hasznos jellemzőnek tekintett légellenállás már káros (légcellás ejtőernyő), illetve elkerülte az ellentmondást, amit a technikai fejlődés és a szabályozásban mereven megfogalmazott egyszerűsített ejtőernyő-kép jelentett. A nyugati szakirodalomban immár hosszú ideje szerepel az "aerodinamikai fékezőeszköz" (aerodynamic decelerator)

kifejezés és ez próbálja meg helyettesíteni a korábbi "ejtőernyő technológiá"-t, azonban ez sem tartalmazza tágabb értelemben mindazt, amit a hazai szabályozás megfogalmaz.

A kérdéskör megvilágítása érdekében, próbáljuk meg értelmezni ezt az űrkabinokkal, űrmentőeszközökkel. Az közismert, hogy a klasszikus űrkabinok a légkörben aerodinamikai fékezőeszközként funkcionálnak (ejtőernyőrendszerként kezelve: mintegy fékejtőernyőként), azonban a hazai definíciónk szerint nem ejtőernyők. A gömb alakú kabinról való áttérés a kup alakúra, már lehetővé tette a "siklópálya" kismértékű korrekcióját, nyilvánvaló átmenetet képezve az űrsiklóhoz (motor nélküli "légijárműhöz"?). Ugyanakkor azok a mentőrendszerek, amelyek lehetővé teszik az űrből való mentést, "összecsomagolt" állapotból kiindulva meghatározott alakot vesznek fel - noha a fékezési módjuk a légtér határán azonos a klasszikus űrkabinoknál alkalmazottal - már ejtőernyőként minősíthetők.

Mindez igen fontos kérdés és a szó szoros értelmében "életbevágó". Elegendő csak a közelmúlt olyan problémáira gondolni, mint amit a siklórepülésben lelkiismeretlen üzletemberek által "visszatérítő rendszer" elnevezéssel elterjesztett mentőejtőernyők jelentettek. Ezt az új elnevezést azért ötlötték ki, mert nem voltak tisztában az ejtőernyő technológiával, annak fejlődésével és megkerülték az új elnevezéssel a szakszerű ellenőrzést, minősítést. Végeredményében - igaz meglehetősen rövid idő alatt, de sok egyéni tragédiával - ez a fajta ejtőernyőrendszer is a "klasszikus" fejlődés útját járta be.

Röviden tehát, ezen tanulmány célja olyan ismeretek és tapasztalatok és gondolatmenet bemutatása, amit fel lehet használni az ejtőernyő kiválasztásánál, biztonságának értékelésénél és helyes karbantartásánál, üzemeltetésénél.

1.A mentőejtőernyő.

A mentőejtőernyő (a továbbiakban: ejtőernyő) részei általános és funkcionális szempontból a következők:

1. Nyitási rendszer;
2. Kupola a zsinórral;
3. Heveder-rendszer;
4. Tok-rendszer;
5. Tartozékok.

Ez a csoportosítás természetesen nem határol el egyes részeket, hiszen azok szerves egységben vannak a konstrukción belül, azonban jelzi azt a lehetőséget, hogy egyes részek cserélhetősége fennáll az ejtőernyőrendszer tulajdonságainak módosításával, vagy módosítása nélkül.

Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy az ejtőernyőrendszer, mint konstrukciós egység nem kombinálható tetszés szerint, illetve egyes, jelentéktelennek tűnő módosítások lényeges mértékben ronthatják a használati minőséget, biztonságot. Tulajdonképpen ezt a körülményt hivatott biztosítani minden légialkalmassági feltétel, az Üzemeltetési Kézikönyv, a hajtogatási és javítási jogosultság rendszere.

Meg kell jegyezni azt is, hogy az ejtőernyő általában önálló mentőeszköz, azonban rendszerekhez kapcsolva (katapultülés, elváló kabin) más rendszer tartozéka, szerves része lehet, miközben minden, önálló funkciójának megfelelő ismervét megtartja.

1.1.Az ejtőernyő működése és a működést befolyásoló tényezők.

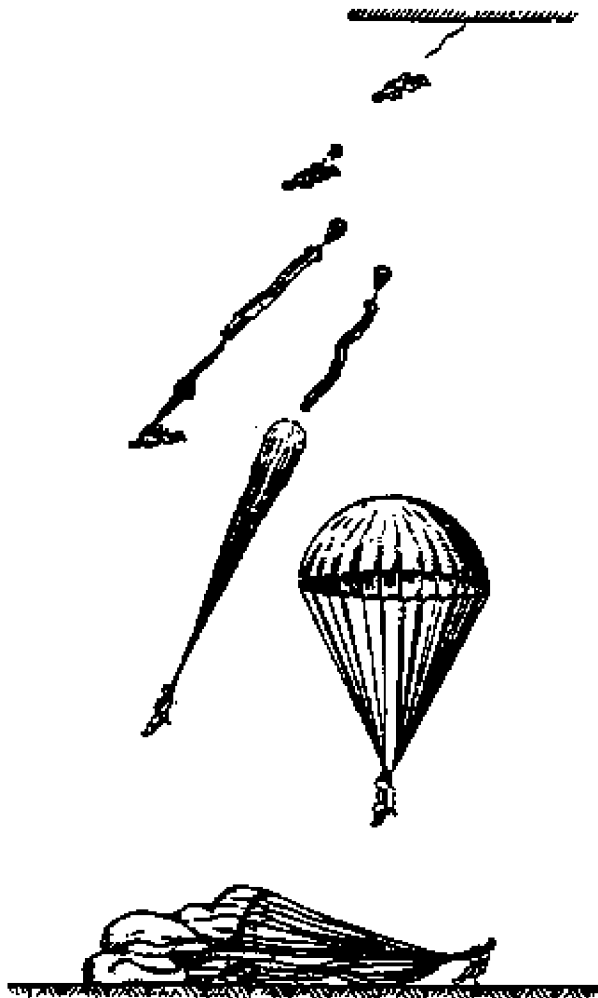
Az ejtőernyő használatának jellemző szakaszai a következők:

1. A légijármű elhagyása (kiugrás, katapultálás, kabin leválasztás, vagy teljes légijármű mentése). Ezzel egyenértékű a tartalékejtőernyő működtetésénél a leoldás, illetve ha a leoldás nem szükséges az ugró-főejtőernyő rendszer mentése. Ennek a szakasznak a célja a megfelelő nyitási (működési) feltétel kialakítása,

2. A nyitási folyamat megindulása/megindítása, amely történhet automatikusan (bekötőtüllel, vagy különböző bonyolultságú automatikus felszereléssel - ez magában foglalja a kupola, zsinórrendszer kihúzását/kihúzódását, illetve ezt megelőzően a nyitási folyamat kedvező feltételeinek megteremtését (fékezés, pozicionálás),

3. A nyílási folyamat , amely magában foglalja kupola és a zsinórzat teljes kihúzóását, szabaddá válását - illetve ennek szabályozott végbemenetelét - a belobbanáshoz (levegővel való feltöltődéshez);
4. A kupola belobbanása, (feltöltődése);
5. Nyitott kupolával való merülés, földetérés.

1.1. ábra.
A mentőejtőernyő működésének
szakaszai.



A felsorolt működési szakaszok sokkal bonyolultabb folyamatot foglalhatnak magukban. Nyilvánvaló, hogy a gépelhagyást meg kell előznie egy döntésnek, amely nem feltétlenül könnyű és egyszerű, különösen baleseti szituációban. A döntés után a gépelhagyást ismét sok-sok tényező befolyásolhatja, kezdve a gyakorlottságtól, a légijármű konstrukcióján át a kialakult lég-helyzetig.[23]. Hasonlóan összetett folyamat az ejtőernyő nyitása is: megfelelő időben kell megtalálni-, megfogni- és meghuzni a kioldót...

Ha tehát - hirdetésből - kiválasztásra kerül egy olyan ejtőernyő, amely csodálatosan rövid nyílási időt ígér, akár 1-2 másodpercet, igen rövid nyílási utat, akkor még nem biztos, hogy ez biztosítani fogja a biztonságot. (Ejtőernyő-technikai oldalról ezirányú kérdésekkel a későbbiekben foglalkozunk.)

Az első, legnagyobb probléma az ejtőernyő alkalmazása, azaz a mentés résztvevőjének felkészültsége. Hiszen hiába nyílik ki az ejtőernyő fele annyi idő alatt (a hirdetés szerint) mint a másik, ha az elhatározással, helyzetfelismeréssel legalább ennyit késik (1-2 másodpercet!) a pilóta felkészületlensége miatt. Ehez jön az az idő, ami a légijármű elhagyásához, nyitáshoz szükséges. Ha nem tudja gyakorlatból hol a kioldó... ha nem gyakorolta be a kioldó meghuzását... ha a dobó-belsőzsákot nem dobja el megfelelően... ha... - és így tovább.[26].

És ez után következik az ejtőernyő kezelés-, tárolás problémája. Kiméretlenül kezelt ejtőernyő nyomás, nedvesség hatására összetapad, nehezebben nyílik, helytelenül hajtogatott ejtőernyő késve nyílik, vagy akár hibásan is működhet...

Belátható, hogy az ejtőernyőt ismerni-, azt megfelelően kezelni-, gondozni kell és főleg tudni kell azt használni:

- időben és
- pontosan begyakorolva.

1.2. Az ejtőernyők, mint a mentőrendszerek részei.

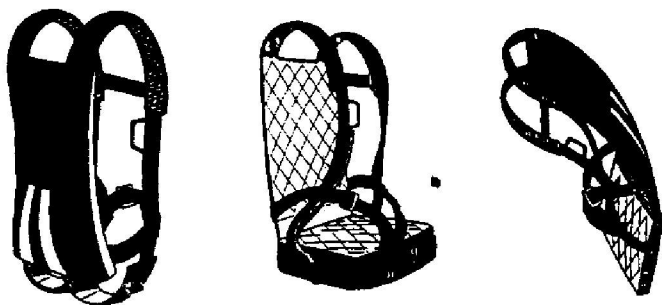
Az ejtőernyők, mentőrendszerek fejlesztésénél a konstrukciók és rendszerek kialakításánál igyekeznek az emberi tényező hatását csökkenteni, azaz automatizálni - ha lehet - a legvégsőig, akár a gépelhagyás megindítását is beleértve [15], azonban ez nem minden esetben járható út - különösen nem a hobbi- és sportrepülésben.

Mentőejtőernyő esetén - általában a légijármű rendszerekbe beépített ejtőernyőrendszerektől eltekintve - az ejtőernyő részeinek a mentési funkció teljesítésén kívül is fontos szerepük van. Ilyen a kényelem, a komfort és a védelem biztosítása.

A célszerűen konstruált ejtőernyő viselése nem okoz problémát repülés közben, könnyű helyesen felölteni, beállítani a hevederzetet, részei nem téveszthetők össze egyéb hevederekkel, légijárműrészekkel, nem akadályozzák, vagy késleltetik a gépelhagyást és esetenként külön kényelmet biztosítanak, illetve rendkívüli helyzetben szükséges energiaelnyelő betétet tartalmaznak, továbbá kiegészítő mentő-túlélő felszerelést is magukba foglalják.

Am a speciális ejtőernyő nemcsak a drága harci repülőgépek felszerelésébe tartozik. A feladat ismeretében, megalapozott szakmai ismeretek birtokában meg a lehető legnagyobb biztonság mellett - és érdekében - az egyedi igény könnyen kielégíthető. [25].

Kényelmi szempontból az első és természetes megoldás az elhelyezésre irányul. A 30-as évekre kialakult az ülő-, hát- és has-ejtőernyő. Általában a pilóták ülő-ejtőernyőt használtak, ez ülőspárna volt egyben és nem tette szükségessé a szűk kabin méretének növelését. A háton elhelyezett ejtőernyőt inkább a sportrepülésben használták, míg a hajózószemélyzet azon tagjai, akik repülés közben mozogtak a fedélzeten, a hevedert viselték csak és vészhelyzetben erre csatolták fel - hasra - a mentőejtőernyő tokját.



1.2.számú ábra.
Kisméretű sportrepülő hát- és ülő
ejtőernyők elrendezése.

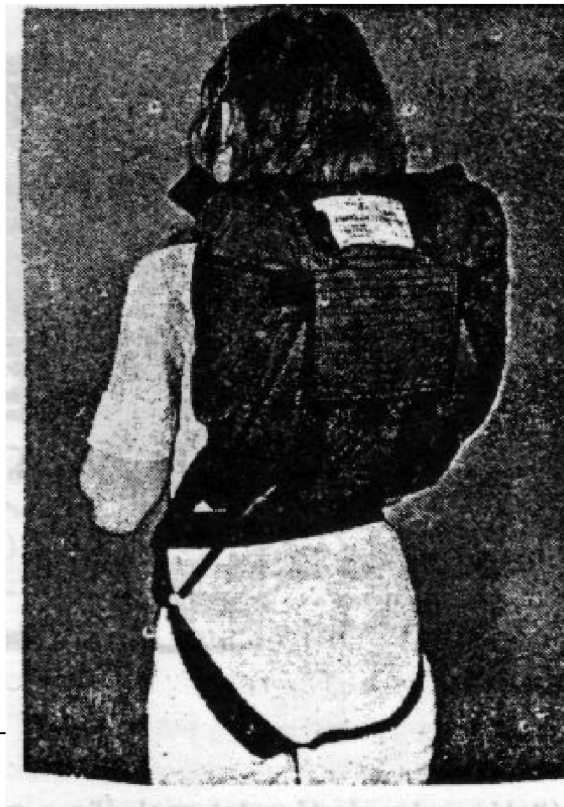
Az 1.2. számú ábra harmadik ejtőernyője már a fekvőhelyzetű vitorlázópilóták kényelmére kialakított hát-ülő ejtőernyőt szemlélteti.

Hasonló, a vitorlázógép konstrukciójához

igazodó (azt kiegészítő) ejtőernyőelrendezés látható az 1.3. számú ábrán.

1.3. számú ábra
IRVIN EB.69. jelű vitorlázópilóta ejtőernyő az
ASW-15., Standard Cirrus stb. gépekhez.

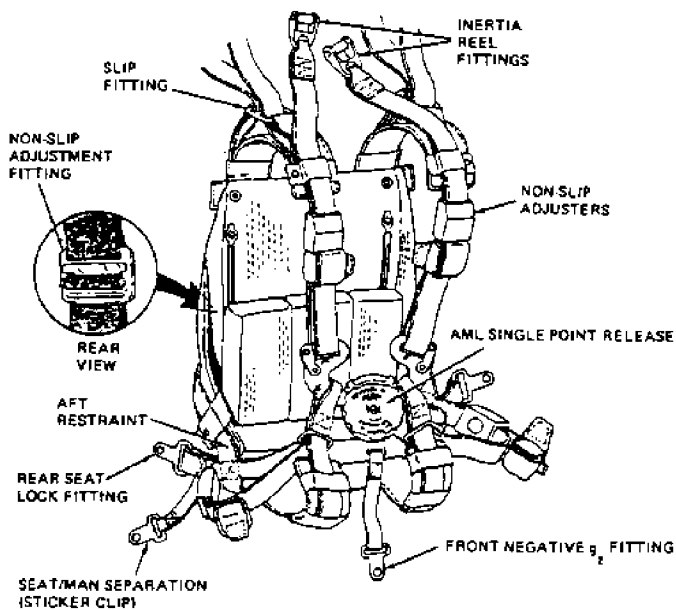
Az ejtőernyő és a légijármű együttes kezelésének szemléltető példája lehet a hazánkban korábban alkalmazott RE-5 típusú pilóta mentőejtőernyő a GÓBÉ típusú vitorlázógépekben alkalmazva. Mindössze "csak" annyi volt a probléma, hogy a háton elhelyezett ejtőernyő nyitórendszerét lezáró fedél 4 patentgombbal készült és a vitorlázógép ülésének háta perforált alumínium lemez konstrukciója volt. A pilóta mozgása közben a patentgombok feje könnyen beakadt a



perforáció élébe, rendszeressé vált a patent kiszakadás - gyakrabban kellett javítani az ejtőernyőt - de oka lehetett volna adott esetben vészhelyzeti gépelhagyás problémájának is. A megoldás egyszerű: vászonnal leragasztották a hát-támlákat, s szerencsére közben kikerültek a rendszerből ezek az ejtőernyők is és a patentok is.

Kézenfekvő megoldás például az ejtőernyőhevederzet és a légi járműbe rögzítő bekötőheveder egyesítése. Ez korábban csak az automatizált rendszereknél volt biztonságos, katapultüléseknél, melyekből a kioldás szigorú sorrendhez kötött és automatikusan megy végbe.

Lényegében azonos megoldás az ejtőernyős ugrók egyetlen hevedere, különösen a leoldózárás típusoknál, de a függővitorlázók integrált hevederzete - amely önmagában a "kabin", mivel ezzel csatlakozik a légi járművezető a légi járműhöz és ez tartalmazza az ejtőernyő csatlakozását is (esetleg az ejtőernyő tokját is magában foglalja).



1.5. számú ábra.

Amerikai haditengerészeti pilótaejtőernyő hevederzet integrált uszóeszközzel, túlélő készlettel. [6].

A Szovjetunióban kialakított mentőejtőernyőrendszereknél az uszóeszközt (felfújódó csónakot), a túlélő készletet az ejtőernyő tokba helyezték, amely nyilvánvalóan kevésbé zavarta a pilótát, de sebesülés, sérülés esetén nehezebben hozzáférhető.

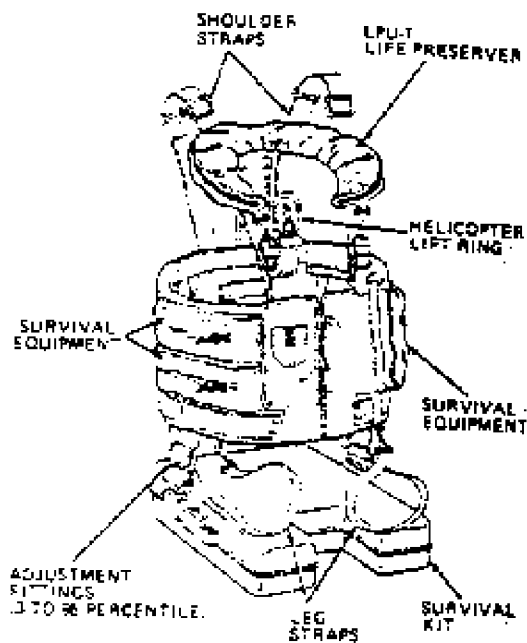
Kényelmi felszerelés lehet - különösen a több órát levegőben töltő repülőgépeken - a pilóta hátbetétje, ami az izzadságot is felveszi (nyáron, vitorlázógépeken), vagy a több szekciós felfújható hátpárna, melynek segítségével a test mozgása nélkül módosítható a hát-derék feltámasztása, stb.

Az általános komfortérzetet szolgálja a megfelelően kialakított hevederzet: nem

1.4. számú ábra.

Ülésbekötéssel egyesített ejtőernyőheveder. [6].

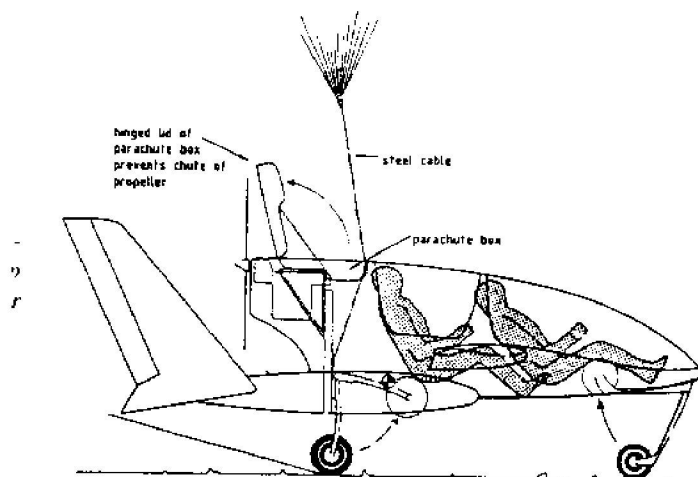
Az ejtőernyővel menekülő személy mentő-4üléző felszerelése nemcsak a katonai mentőejtőernyők része, hanem olyan sporttevékenységénél is szükséges lehet, ami jellegénél fogva nem zárja ki a kedvezőtlen terepre érést: így a függővitorlázók, siklóejtőernyősök esetében, akiknek sokszor kell lemászni fáról, kimenekülni vízből, vagy hosszú ideig gyalogolni erdőben, hegyek között.



zavarja a viselőjét, ha szorosan, de szorítás nélkül tartja a testet, a megfelelő helyen párnázott, szélesített és főleg csak egyféleképpen - jól - lehet felvenni.

A 0.1. számú ábrán bemutatott korai ejtőernyő, amely elhelyezésénél fogva inkább a légi jármű egyik rendszere volt, nem hajózó által viselt felszerelés, napjaink korszerű mentőejtőernyőjének előfutára. Hiszen a korszerű katapultulések integráltan tartalmazzák az ejtőernyőrendszert, esetleg a pilóta a hevederzetet is csak az ülésben veszi fel. Ám nemcsak a korszerű harci repülőgépek tartalmazzák rendszereikben az ejtőernyőt, az ultrakönnyű légi járművek napjainkban legelterjedtebb ejtőernyőrendszere is a légi jármű része lett: a légi járműre van felépítve az ejtőernyő és az azt nyitó rendszer egyaránt.

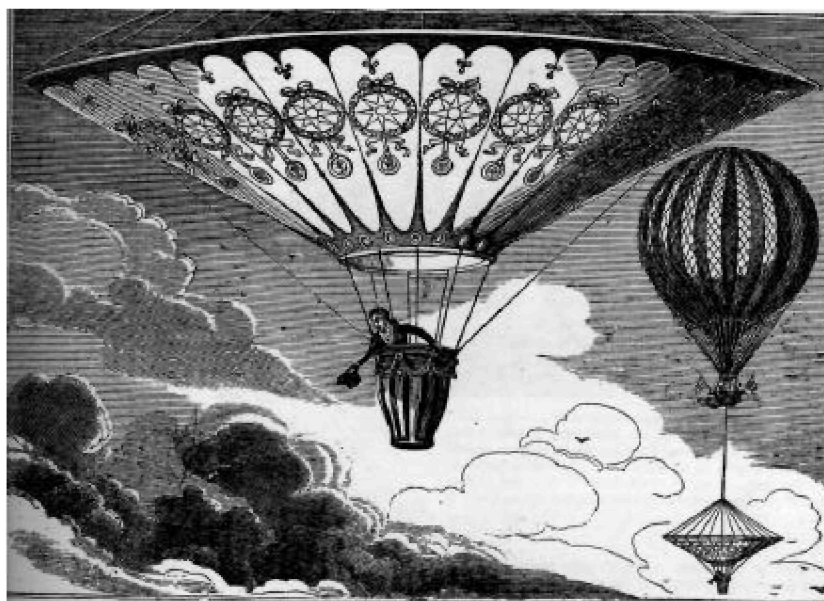
Az ejtőernyő-technológia gyors fejlődése és az ultrakönnyű légi járművekkel szerzett alkalmazási tapasztalatok alapján [7],[8] napjainkban már realitássá vált "hagyományos" sport- [9]. és turarepülőgépek [10] komplex ejtőernyős mentése: a légi járművön elhelyezett ejtőernyő a légi járművet a benne helyetfoglaló pilótával együtt képes megmenteni.



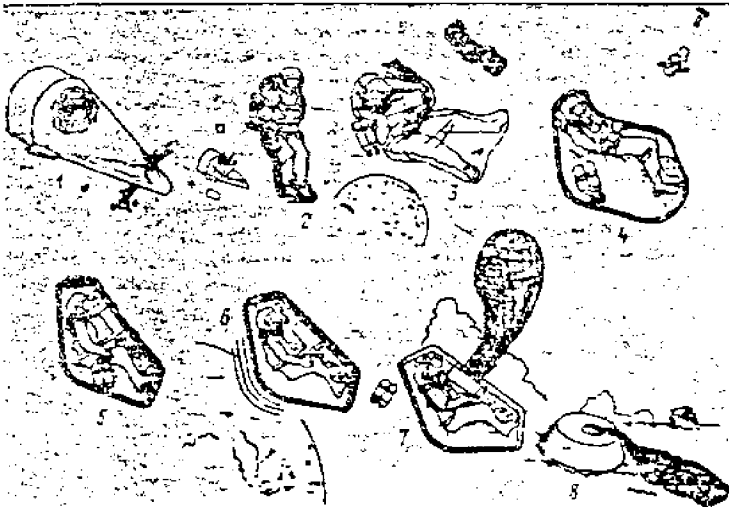
1.6. számú ábra.
A Delta Dart II típusú kétszemélyes repülőgép mentőejtőernyőrendszer sémája.
[11].

Ma még az általános repülésben nem kerül alkalmazásra, de rendkívül érdekes Cocking múlt századbeli - akkor sikertelen - kísérletének realizálódása. Cocking 1802-ben olyan ejtőernyőt próbált ki ballonról, amely lefelé irányuló hegyű kup volt - ezzel kívánta stabilizálni a süllyedést.[2]

1.7. számú ábra.
Cocking ejtőernyője.



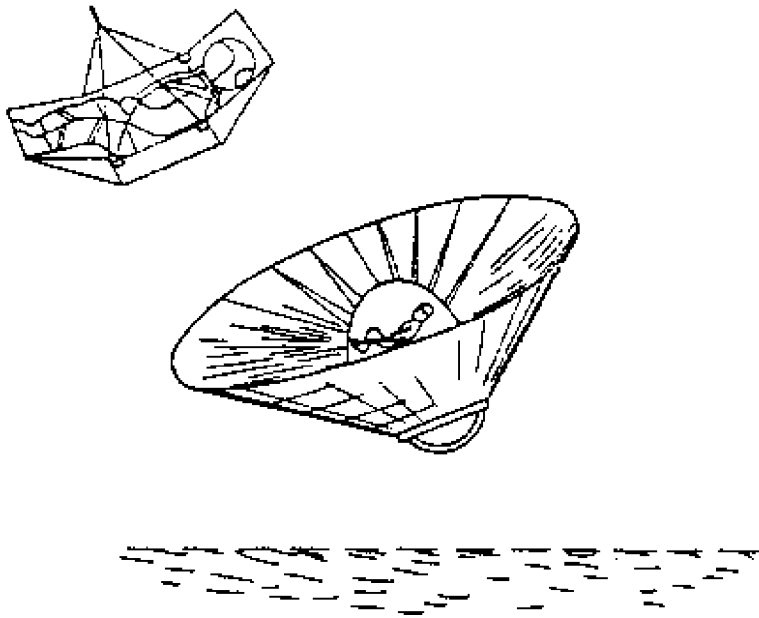
A gondolatot a MOOSE (Man Orbital Operations Safety Equipment) rendszer élesztette fel a közelmúltban. A tervezett konstrukció 146 kg-s tömege felfújódó szintetikus burkolatot, habképző anyagot, két órás oxigéntartalékot fékező rakétát és ejtőernyőt foglalt magában. Veszély esetén a szkafanderben lévő pilóta elhagyja az űrjárművet, magára ölti a burkolatot és kiengedi a gyorsan szilárduló habot. Ez a hab kitölti az asztronauta szkafandere és a burkolat közötti teret, az olyan kapszulává válik, amely merev, kup alakú és védelmet nyújt a légkörbe lépéskor a kinetikus felmelegedéssel szemben, amit a fékező rakéta vezérel. Kb. 10 km magasságban kinyílik az ejtőernyő és a habba ágyazott űrhajóst leereszti a földre.



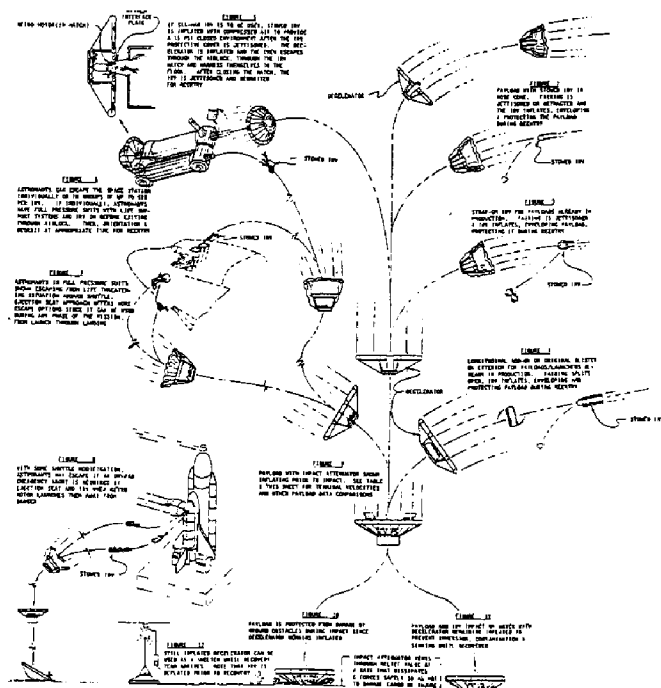
1.8. számú ábra.
A MOOSE működési sémája. [27]

A MOOSE tervnek egy változata a PARACONE a Gemini űrhajóhoz lett kidolgozva. Ennél a légkörbelépés már az ülés védelmével volt tervezve és a lelassulás után kellett felfújdnia a 3 m magas és 7,6 m átmérőjű PARACONE-nak, ami ejtőernyőként tette volna le az űrhajóst. [27]

1.9. számú ábra
A PARACONE sémája.



A közelmúlt műszaki elképzelései [29] már az űrsikló kilövőállásából való mentés céljára is lehetségesnek tartják a felfújódó fordított kup (aerodinamikai fékezőeszköz?) alkalmazását és 18 kg-ra becsülik egy személy mentéséhez szükséges berendezés-tömeget ha repülőgépből való kiugráshoz használják. Ez ugyan már közelítőleg deszánt ejtőernyőnek felel meg, mentőejtőernyő tömegét felülmulja, de a fejlődés, fejlesztés lehetősége nyitott.



1.10. ábra. IRV (Inflatable Recovery Vehicle) működése

1.10. számú ábra.
IRV (Inflatable Recovery Vehicle), illetve
IDV (Inflatable Delivery Vehicle) működési
sémája.

2. A légi jármű elhagyása.

A légi jármű elhagyásának magasan automatizált módjával (katapultálás, kabinleválasztás) és módszertani kérdéseivel részleteiben itt nem foglalkozunk, a szakirodalomban jól áttekinthető. [13].

Vegyük azonban számba - a fejlődés főbb vonalain - azokat az azonosságokat, tapasztalatokat, amit a katonai repülés mentési technológiájának egyes részei jelentettek/jelentenek és mint ilyenek, nagyon hamar részeivé váltak/válnak az általános repülés mentőrendszereinek.

Az az egyszerű, "zavarmentes" légi járműelhagyás, ami a levegőnél könnyebb légi járműveket - és a sportejtőernyőzést - jellemzi, már az első világháború idején, az

első, kezdetleges mentőejtőernyőknél megváltozott. Ezt a változást az ejtőernyő kezdetlegessége (elhelyezése, nagy mérete) és emberi tényező - a kiugrástól való félelem idézte elő. A harmincas évek elejére kialakult az új, korszerű mentőejtőernyő, ez technikai oldalról már egyszerűbbé tette a gépelhagyást vészhelyzetben is.

A kabin elhagyásának az ejtőernyő konstrukciójával közvetlenül összefüggő problémája is fennáll. Ilyen az ejtőernyő tok alakja, mérete, konstrukciós megoldása, mivel a rosszul kialakított, főleg a vállon túlnyúló tok, esetleg a fejtámasz és az ejtőernyő tok felső részének össze nem illősége megnehezíti, vagy lehetetlenné teheti a mentést. Másik példaként az előzőekben vázolt Góbé-Re-5 probléma szolgálhat. Nyilvánvaló, hogy a konstrukciók megfelelő összepárosításával, a használhatóság szakszerű vizsgálatával kell az ejtőernyő-légi jármű rendszert összeállítani.

A gépelhagyás problémája 350-400 km/h repülési sebesség mellett élesen jelentkezett, majd 600 km/h felett a szokásos módszerekkel és légi járműkonstrukciónál lehetetlen volt a gépet elhagyni.

Ennek a problémának a leküzdésére konstrukciós változtatásokat hajtottak végre a repülőgépeken a gépet elhagyó hajzó légáramlattól való védelmére, kialakult az "önkatapultálás" módszere, amely a vezethető repülőgép negatív gyorsulási pályáján kirepítette a kabinból a pilótát. A rendkívül kismagasságú mentés módszere pedig a "kiszakításos" gépelhagyás lett. [14].

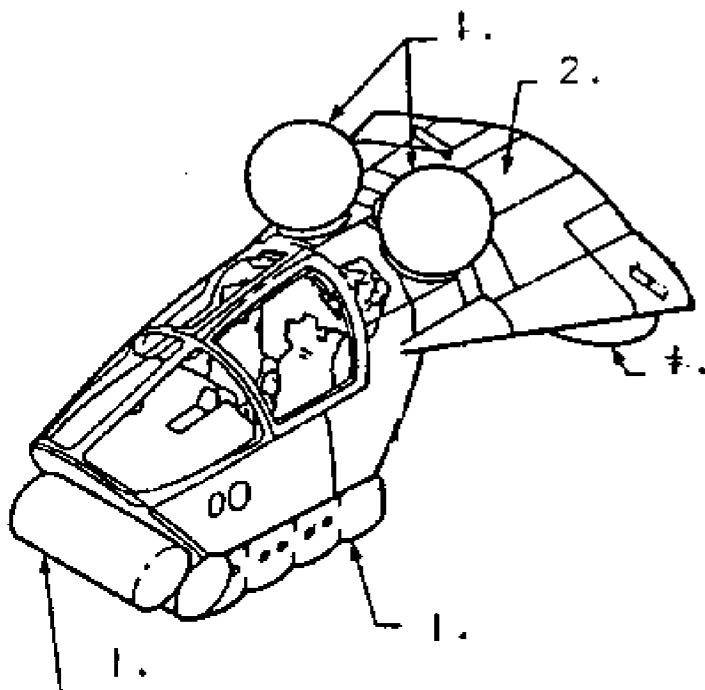
Amikor második világháború éveiben Németországban kidolgozták a katapultülések több fajtáját [4], majd ilyen és hasonló katapultülések megjelentek a légierőknél [13], s végbement fejlesztésük, azok már automatikusan hajtották végre a legkülönbözőbb feladatokat a kabintető eltávolításától, a végtagok és hevederzetek rögzítésén át a repülési sebesség és magasság figyelembevételével az ejtőernyő működési üzemmódjának megválasztásáig. Sőt a korszerű rendszerek ma már alkalmasak arra is, hogy a légi jármű fedélzeti berendezéseivel együttműködve, kritikus helyzetben kimentsék a pilótát. [15].

Ezek a katapultülések mint mentőeszközök megjelentek az űrrepülésben is.

A katapult-rendszerű gépelhagyások mellett a fejlesztés a katapultülésektől eltérő rendszerek kialakulását is célul tűzte: létrejötték a kisebb sebességen alkalmazható mentőrakétás gépelhagyások, de ugyanakkor megkezdődött a bonyolultabb elváló kabin, és a katapultülésbe integrált légi jármű kifejlesztése.

Az elváló-kabin típusú fejlesztés a szuperszónikus légi járművek mentőrendszerének korszerűsítésére irányult. [20] Az ilyen mentőkabinok a fejlesztés során sikeresek voltak [21], noha a korszerűsítésük

továbbra is folyik. (A B-1 típusú bombázó "éles" helyzetében, egy apró hiba miatt a személyzet sérülésével, illetve egyik személyzeti tag halálával járt a mentés [22].)



2.1 számú ábra.

Az F-111 típusú repülőgép elváltó kabinja.

1- felfújódó amortizátorok a földetérési terhelés csökkentésére, 2- stabilizátor és fékernyő.

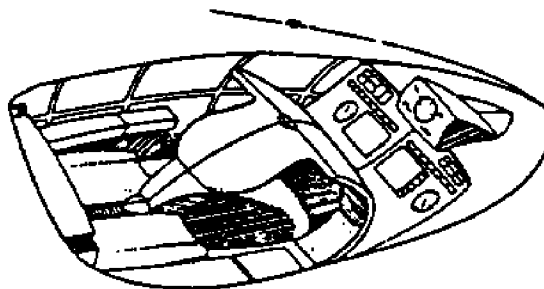
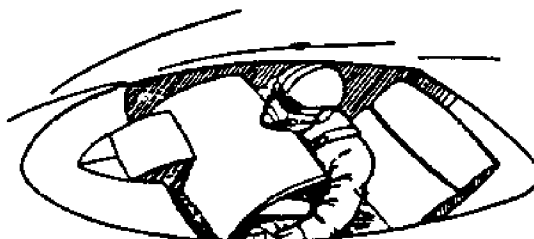
Ha tanulmányozzuk az eredményeket, fejlesztési lépéseket, nyilvánvalóvá válik, hogy egy bonyolult, nagy tömegű kabin, ürthajó mentése, ejtőernyős leszállítása problematikájában hasonló egy kisebb repülőgép/légijármű mentéséhez. Azaz, ha egyszerűsítésként elfogadják azt, hogy a mentendő légijármű

- tömege kicsi,
- a mentési feltételek (sebességviszonyok) egyszerűek,

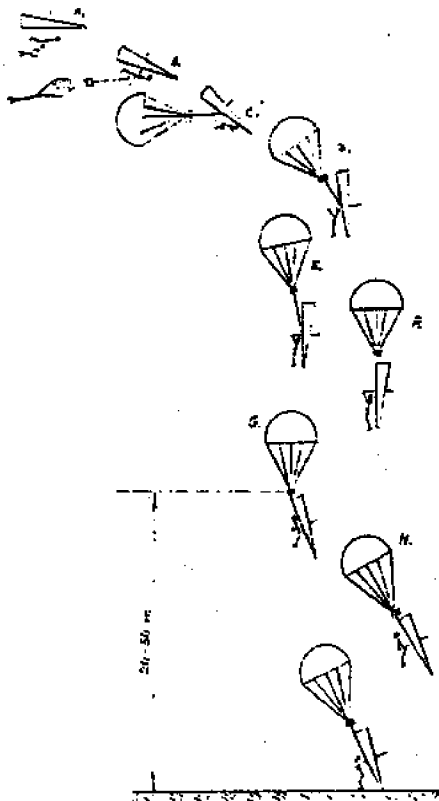
akkor elhagyható egy sor kiegészítő felszerelés (autonóm

légnymást, oxigénellátást biztosító rendszer, leválasztó mechanizmusok és rakéták, külön földetérési energiaelnyelő védelem, vagy lassító rakéta), ezáltal eredményesen alkalmazható hasonló rendszer repülőgépeken is. Ezzel a gépelhagyás problémája jelentősen megváltozott, hasonlóan a katonai repülésben a katapultálással elkezdődött változásokhoz.

2.2. számú ábra.
A PRESS (Prone Escape System)
mentőkabin koncepciója.

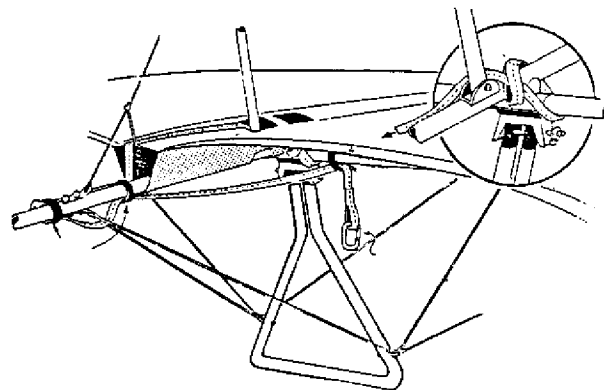


A függővitorlázó repülés széleskörű elterjedése, az ejtőernyős mentés szükségessége, a légijármű konstrukciójának megváltoztatása nélkül a teljes rendszer mentését tette lehetővé. Sajátos megoldásként a legolcsóbb, leginkább elterjedt változatoknál a pilóta viseli a hevederzetén a mentőejtőernyőt és az hosszabb csatolótaggal csatlakozik a légijármű-pilóta rendszer egy közös pontjához. A csatolótag lehetővé teszi azt is, hogy az ejtőernyő felülete mellett az ép, vagy kissé sérült légijármű felülete a földetérési sebességet csökkentse (vagy maga a légijármű deformációja legyen a földetérési amortizátor), a lengéshajlamot az alacsony tömegközéppont miatt kiküszöbölje és nem utolsó sorban biztosítani képes az ejtőernyőkupola számára az előtest (ember-légijármű) áramlászavaró hatásának figyelembevételét.



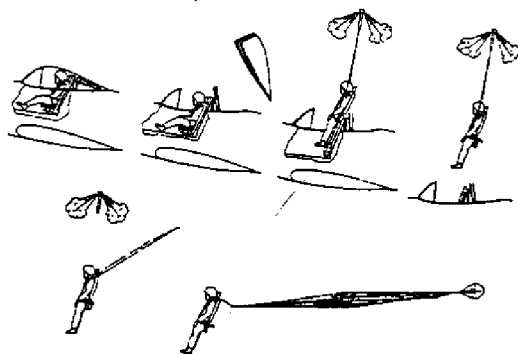
2.3. számú ábra.

A pilóta bekötési pontjához csatlakozó mentőejtőernyő lehetővé teszi a légijármű földetérési amortizátorként való használatát.



2.4. számú ábra.

A légijármű feletti bekötési pont sémája. Ez a megoldás a légijármű felületének kiegészítő alkalmazását teszi lehetővé a földetérési sebesség (terhelés) csökkentésére.



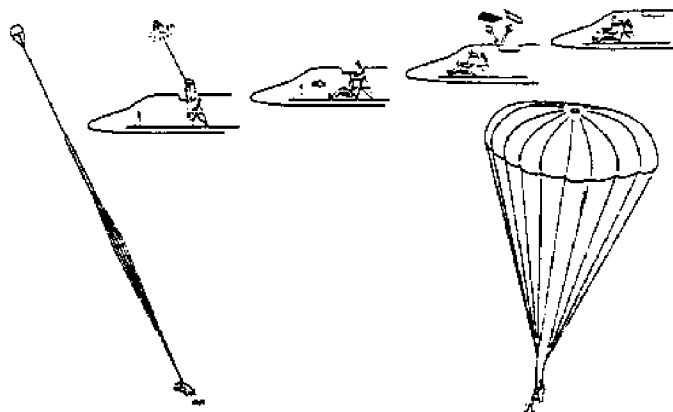
Kialakításra került a gépelhagyás olyan módja is, amely a katapultülés azon előnyét tartalmazza, hogy képes a pilótát, hajózószemélyzetet eltávolítani a légijárműből, a nélkül, hogy terjedelmes, nagytömegű segédberendezést (katapultülést) kelljen alkalmazni.

2.5. számú ábra.

Az amerikai Haditengerészet NS-5 jelzésű mentőrendszerének sémája. (Stanley Tractor Rocket Aircrew Escape System) [5].

2.6. számú ábra.

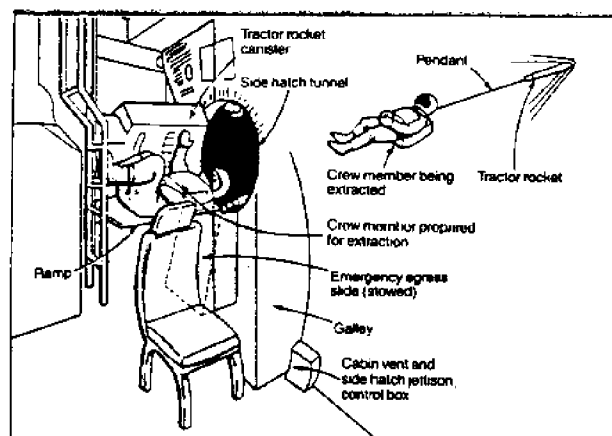
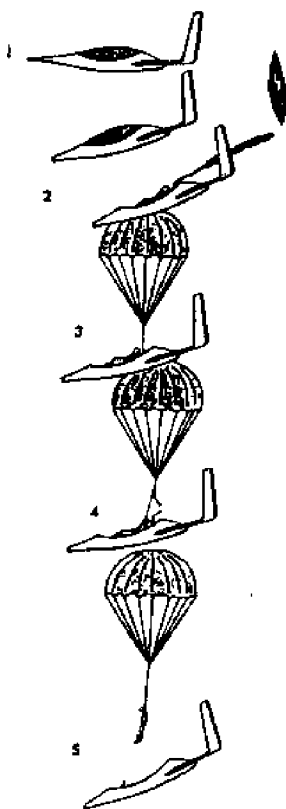
A YES rendszer működési sémája [16].



A YES rendszer annyiban egyszerűbb az NS-5-höz képest, hogy a kihúzó rakéta - feltehetően ballisztikus üzemmódban - kisernyőt is helyettesít. Ez a rakétás rendszer annyira biztatónak ígérkezett, hogy a Space Shuttle 1986.évi katasztrófája után ilyen rendszert vizsgáltak elsőként űrrepülőgépek mentéséhez [17], [18].

2.7. számú ábra.

Űrrepülőgép elhagyása, ejtőernyő működtetés mentőrakétával. [18].



Meg kell jegyezni, hogy a sajtójelentések szerint, mechanikus megoldás, a teleszkóprudas [19] került kipróbálásra 1988-ban űrlift személyzete mentési rendszeréhez, melynek lényege az, hogy 3 méter hosszan kilógó rudon lévő karika segítségével csuszognak ki a bajbajutott légijárműből a fedélzeten tartózkodók, ezáltal "mechanikusan" távolmaradnak a törzstől-szárnytól. Feltételezhető, hogy a rakétás megoldást a járulékos problémái (pl. akaratlan beindulás, tüzveszély, megbízhatósági kérdések), illetve a kiegészítő felszerelés tömegének a nagysága szorította háttérbe.

A pilóta kabinból való kijuttatására - kiugrás és elég nagy huzóerőt kifejtő rakéta alkalmazása nélkül - magát az ejtőernyőt is fel lehet használni.

2.8. számú ábra.

Vitorlázógéppel együtt működő mentőrendszer működési sémája. [12a]

1- kiindulási helyzet, 2- kabintető leválik, megkezdődik

az ejtőernyő nyílása, 3- belobban az ejtőernyő, 4- elválík az ejtőernyő a géptől, elkezdí a pilótát kihuzni a kabinból, 5- légjárműtől elválasztott pilóta ejtőernyővel ereszkedik.

A meghibásodott ejtőernyő elhagyása a korszerű sportejtőernyőrendszereknél már elengedhetetlen az esetek többségében - erre a célra a korábbi időszakban ajánlott késes levágás helyett - leoldózárat [29] kezdtek alkalmazni. A gyakorlatban az első leoldózárat a mentőejtőernyők földetérés utáni leválasztására alkalmazták, ezt a sportejtőernyőzés átvette, itt továbbfejlődött, a legjobb minőségű, könnyen működtethető leoldózárat a sportejtőernyőzésben található meg, nem kerültek rá a mentőrendszerekre üzemképességük megfelelő szinten való fenntartásához szükséges kezelési igény, elvart ismeret és gyakorlottság hiánya miatt. Az egyes mentőejtőernyőkön alkalmazott leoldózárat kezelése, biztosítása, konstrukciója azonban lehetővé teszi részletesen meghatározott feltételek között az üzemeltetést. (L. az egyes Kézikönyveket.)

Feltehetően, a leoldózáratokkal szerzett tapasztalatok, ismeretek az olyan konstrukciónál is hasznosítva lesznek, mint amilyet a 2.8. számú ábra mutat be.

3. Az ejtőernyő nyitása.

A szabadeséssel szembeni félelem, félelem az ismeretlentől olyan nagymértékű volt századunk első harmadáig, hogy az ejtőernyő nyitását sokáig és sok országban nem merték az ugróra bízni. A múlt században feltételezték, hogy szabadesés közben megfullad az ember, századunk első harmadában bizonyították vakmerő emberek, hogy 5-10-20-, vagy még több másodpercig lehet zuhanni, sőt szabadesés közben lehet céltudatosan cselekedni - például kézzel ejtőernyőt nyitni.

Ez a nézet olyan mély meggyőződésen alapult, hogy a német érdekszférába tartozó országoknál sokáig megmaradt a Heinecke-féle bekötött mentőejtőernyő, sőt a hazánkban használt RE-5 típus készletébe beletartozott a bekötőkötél is.

A korszerű ejtőernyőknél azonban ma már teljesen hiányzik a klasszikus értelemben vett bekötőkötél, mert a kötél az mindig korlátozást, elakadási lehetőséget jelent a légjárművet elhagyó számára, ha a kötélen jelentősebb terhelés van (például az huzza ki az ejtőernyőkupolát-zsinórzatot), vagy elakadásra kész szerkezet (például belsőzsák). Maga a bekötőkötél más formában tartja meg a funkcióját: megfelelő eltávolodás után indítja a nyílási folyamat programját (például biztosítókészülék indításával).

Érdekes módon a szabadesés közbeni ejtőernyőnyitás lehetetlen voltát állítók véleménye nem hagyható figyelmen kívül. Nyilvánvalóan nem a nyitás pszichikai gátjára kell gondolni, hanem arra, hogy a szokatlan helyzet, körülmény problémát okozhat. Amikor egy ejtőernyő légiakalmassági feltételei között meghatározásra kerül 10 daN-nál nem nagyobb nyitóerő, akkor nem kisgyerekekre, vagy gyenge fizikai képességű személyt vesznek figyelembe, hanem azt, hogy az ember támaszkodás nélkül mekkora erőt tud kifejteni, milyen bonyolult mozgások befolyásolják az ember egyensúlyérzékét, ami nem megfelelő húzásirányhoz vezethet, mik a lehetséges húzásirányok, milyen változások következhetnek be a nyitókiodó rendszerben a használat, vagy a tárolás során.

Ejtőernyős ugrókkal végzett vizsgálat alapján kitűnt, olyan ugró, aki a földön állva középhúzásu tartalékejtőernyőnél 22,5 daN húzóerőt tudott kifejteni, felfüggesztett hevederben pedig csak 13 daN-t. [30], [30a].

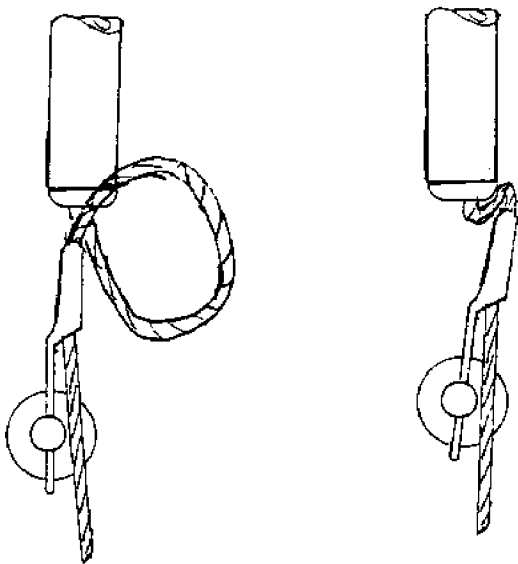
3.1. Kézikioldós nyitás.

A nyitáshoz szükséges erőhatás nagyságának minimalizálása céljából a kioldókat acél gégecsőben vezetik, a kioldózsébet úgy helyezik el, hogy ne legyen szükség túl szoros zsebre a helyén-tartáshoz, illetve az adott zsebből a lehetséges működtetési irányokba könnyen kivehető legyen, s az eltérő húzásirányokat a kioldó-gégecső rendszer tolerálja. Ilyen célt szolgál az a megoldás, amit a sportejtőernyőzésben az ötvenes évek végétől alkalmaznak - a gégecső kioldófogantyú felőli vége a csővégtől mintegy 50 mm-re van rögzítve, így a gégecső tengelyvonalától számított akár 90 fokos eltéréssel is meghuzható a kioldó, a gégecső szabad vége elfordul és a gégecső meghajlása folyamatos és nem éles iránytörést biztosít.

A gégecső másik vége - ami az első zárókupnál van rögzítve - ugyancsak kritikus pont. Az első ejtőernyőknél a gégecső vége olyan közel volt felvarrva a zárókuphoz, amennyire csak lehetett, hogy

meggátolják a kioldósodrony elakadását az ejtőernyő mozgása közben, vagy a légi járművön való mozgáskor. Különösen fennállt ennek a veszélye az első kioldóknél, amelyek sodronya hurokkal volt rögzítve a fogantyuhoz - így a kioldósodronyok hosszkülönbsége, a gégecsővek hosszváltozása miatt a "felesleges" sodronyrész hurkot alkotott, amit rendszerint a kioldónál igyekeztek eltüntetni. Így a kiálló hurok nyilvánvalóan a gégecső másik végén jelentkezett. (Ezt a hossz-problémát a sodrony végén lévő

zárószemmel és a kioldófogantyun kialakított lyukkal küszöbölték ki.) A zárókuphoz közel varrott gégecső vég részben nem volt megfelelő a biztosítókészülékek bevezetések, részben jelentkezett egy járulékos hiba, a "macskásodás", ami a gégecsővön kívüli sodronyhurkosodás volt.



3.1. számú ábra.

A "macskásodás" jelensége.

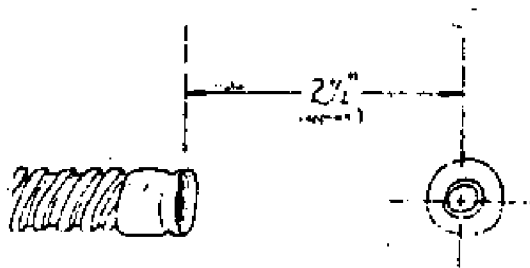
Ez a gégecsővön kívüli hurok - a gégecsővég-zárókup távolság, zárótüske bandázsolás-gégecsővég távolságok különböző variációinál lehetetlenné tették a kioldó kihuzását, mert a hurok a tüske bandázsolást a gégecső oldala mellé vitte és ezt kézi huzással megszüntetni nem lehetett.[35]

A megoldást az jelentette, hogy a gégecső végét az első zárókuptól meghatározott és biztonságos távolságra helyezik el.

3.2. számú ábra.

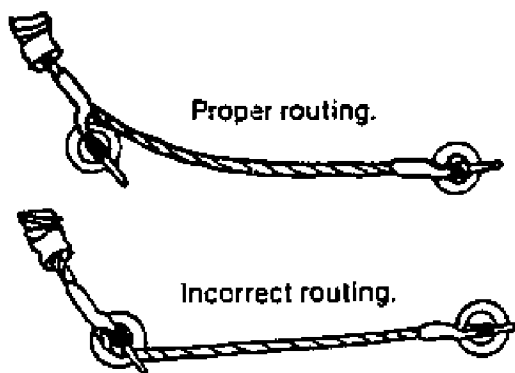
A gégecső vége és az első zárókup távolsága - kioldótípustól és alkalmazott biztosítókészüléktől függően 63,5-80 mm.

A gégecső végének a iránya és a több tüskéből álló kioldórendszer vonalvezetése ugyancsak lényeges dolog. A helytelen irányok miatt adódó véletlenszerű rendellenességet a 3.3. számú ábra mutatja be.



3.3. számú ábra.

A gégecső irányának (rögzítési pontjának) és a kioldórendszer vonalának eltéréséből adódó hibalehetőség.



A kézi kioldó alakja és helye ugyancsak a biztonság egyik fontos eleme. Ha egy kézi kioldó nagyon kiáll, akkor gépelhagyáskor, felöltött ejtőernyővel való mozgáskor akaratlan ejtőernyőnyitáshoz vezethet. Ha pedig "jól" el van helyezve, akkor időbe telik a megtalálása. Az alakja (fogantyu) hasonló kritériumoknak kell, hogy eleget tegyen, hiszen számításba kell venni azt, hogy az ejtőernyőheveder felvételkor, vagy szabadeséskor

másképpen áll a testen, a ruházat nem feltétlenül úgy elrendezett, hogy zavartalan a nyitás, az ejtőernyőt használón keztyű van, vagy dermedt a keze...

Az Egyesült Államokban mentőejtőernyőknél korábban bevezetésre került "blast handle" kézikiodó jó fogást biztosított, a gégecső végébe beszorítva pontos helyen maradt a hevederben, kicsi, elakadásmentes volt. Ezt a sportejtőernyőzésbe hamar átvették - és hasonló gyorsasággal ki is vonták a használatból.[32]



3.4. számú ábra.

A "blast handle" kézikiodó és megfogása.

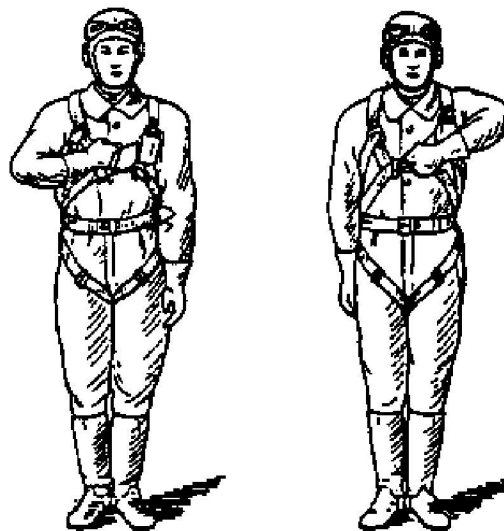
A korai ejtőernyőknél bevezetett bal oldalon, mell magasságban elhelyezett kioldófogantyú jól beváltak, mintegy nemzetközileg elfogadottnak mondható. A kéz-szélességnél nagyobb fogantyú, a felette lévő 50 mm szabad hosszúságú gégecsővég a kioldó egy

mozdulattal történő megfogását és meghuzását teszi lehetővé, mivel mintegy 200 mm-es tartományon belül a vállhozkapott, behajlított ujjú kéz valamelyik ujja beleakad a kioldófogantyúba, vagy a felette lévő sodronyba, így nyitható az ejtőernyő.

3.5. számú ábra.

Mentőejtőernyő kioldó megfogása.

A mellmagasság a kioldófogantyú elhelyezésénél azért is fontos, mert a pirosra festett kioldó benne van (vagy kis fejmozdulattal belekerül) a látómezőben és ez is növeli a biztonságot, különösen akkor, ha valami miatt bal kézzel kell nyitni az ejtőernyőt. A váll-mell helyzet az erő kifejtés szempontjából is előnyös, mert a kezek az erő kifejtés megindításához nincsenek teljesen behajtva és akár lefelé huzva, akár a testtől eltolva jelentős erő fejthető ki, vagy könnyen segíteni tud a másik kéz is.



A tok-záró és kioldórendszer egyszerűsítése céljából történtek kísérletek "védettebb" kioldóelhelyezésre. Ilyen a 3.6. számú ábra szerinti mentőejtőernyő kioldója, amely a bal oldalon, oldalt, derék magasságban van. Ez a kioldó testhezálló ruhában is csak testmozgással látható meg, vastag, téli ruhában, "teltebb" alkatnál már nem nézhető meg, illetve jobb kézzel nem érhető el. Ezt egyszerű felpróbálással bárki ellenőrizheti.

3.6. számú ábra.

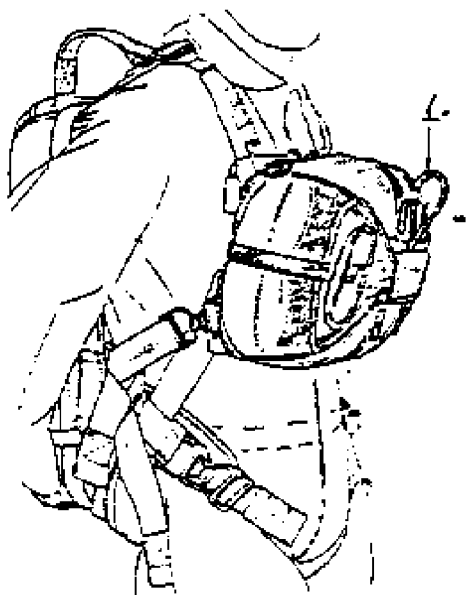
A pilóta oldalán elhelyezett kézikiodó.

A kioldófogantyúk tömegének, költségének csökkentésére a 60-as években elterjedten kezdtek alkalmazni a műanyag fogantyúkat. Ezek tetszetősek, olcsók voltak - majd technológiai és anyagválogatásokkal sem tudták megbízhatóságban biztosítani azt a megbízhatósági színvonalat, amit a fém kioldók nyújtanak.[31].

Ugyancsak "költségcsökkentési" cézzattal az elvesztés ellen ugy kísérelték meg a kézikiodók biztositását, hogy a kioldósodronyon megfelelő helyen olyan ütközöt helyeztek el, amely nem engedte kicsuszni a gégecsöböl a kioldósodronyt. A megoldást rövidesen elvetették, mert kritikus helyzetben a kioldó a nyiló ejtőernyő valamelyik részével összeakadhatott és ez meghiúsithatta az ejtőernyő működését.

A mentőejtőernyők kézikiodórendszerének módosítására - elsősorban tartalékejtőernyőknél - történt olyan törekvés, hogy a zárókupokat zsinórhurokkal helyettesítsék: ez kevésbé kényes a húzásirányra, mint a merev zárókup - és jóval olcsóbb. A megoldás fontosabb problémáit azóta a tapasztalat már kiszűrte. A gyártók nagyon pontosan meghatározzák a záróhurok anyagát, méretét, sőt esetenként a gyártmányát is és természetesen az élettartamát, ellenőrzése módját. Általában szövött, rugalmas zsinórt, vagy zsinórköpenyt irnak elő. A használati probléma a hurok-kioldótüske csatlakozás helyén fellépő anyagkopásból származik: ritkábban az elszakadás miatt, inkább a kopás során rojtolódó, kiszélesedő - mintegy fejlet kialakító - hurokvég miatt. Ez a kiszélesedés - helytelen ponyvakarika-hurokanyag párosítás következtében önzáróvá teheti - teljesen, vagy részlegesen - a tokot. Ezért általában nem türük meg a kopást (ami mentőejtőernyőnél nyitás nélkül is fellép) és hajtogatási ciklusonként cserét kell végezni.

Meg kell említeni olyan kombinált tartalékejtőernyő nyitási módot, mint amelyet az EFA-505 típusu tartalékejtőernyőnél alkalmaztak [36]. Ennél az ejtőernyőnél kisebbességű vész helyzetben, a főejtőernyő melletti nyitás esetén egy fogantyú meghúzásával (3.7.számú ábra 1.jelű rész, 3.8. számú ábra 24. jelű rész.) le lehetet választani a kisernyőt, ezáltal "hagyományos" tartalékejtőernyőként működött.



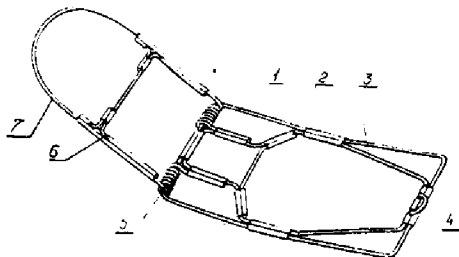
3.7. számú ábra.

Az EFA-505 típusu tartalékejtőernyő felszerelve.

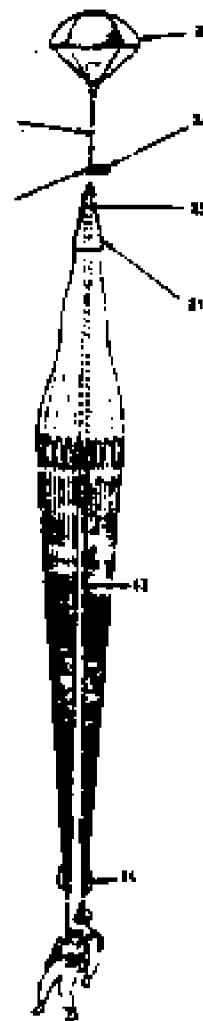
3.8. számú ábra.

Az EFA-505 típusu tartalékejtőernyő és működési sémája.

Ugyancsak a tartalékejtőernyő nyitásának - kisernyő nélküli kidobásának - biztosítására a Szovjetunióban 1985-ben rendszeresített Z-6P típusu tartalékejtőernyőnél a tokfenéken rugós kidobólap van, amely a tartalékejtőernyő kioldójának meghuzása után a behajtogatott kupolát bal oldalra kivetí. [37].



3.9. számú ábra.
A Z-6P típusu tartalékejtőernyő tokkerete és kivető rugója.



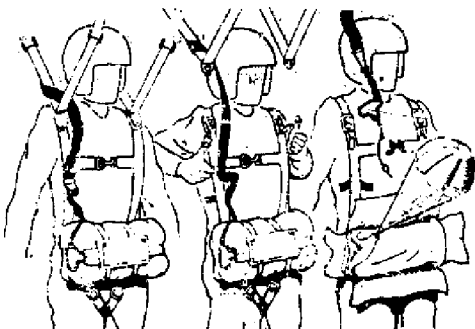
3.2. Egyéb nyitási módok.

A tartalékejtőernyők nyítására Franciaországban 1959-ben SEPR-79 jelzésű (La Société d'Etudes de la Propulsion par Reaction) nmikrorakétát javasoltak alkalmazni, amely a tartalékejtőernyő oldalán került volna elhelyezésre és biztosította a tok nyitását, a tartalékejtőernyő kupolájának kihuzását a kívánt irányba. ([2]. p.147.)

A tartalékejtőernyők nyitásának problémája a korszerű ejtőernyő rendszereknél, amelyek a meghibásodott főejtőernyő leoldását kívánják meg, olyan baleseteknél jelentkezett, amelyek során az ugró elmulasztotta, vagy későn huzta meg a tartalékejtőernyő kioldóját.

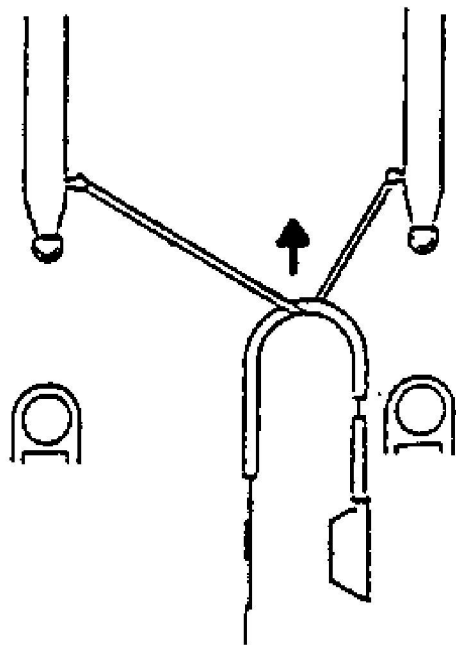
A probléma megoldására elsősorban a külön, vagy csak a tartalékejtőernyőre felszerelt biztosítókészülék az általános megoldás, különös tekintettel az újfajta nyitási módok (hagyományos kioldó nélküli kisernyős nyitási rendszerek) kialakulására. Ennek azonban volt egy külön kezelési (ár-) problémája, illetve szűks van kiegészítő műveletekre az ugró részéről (vagy a felszerelés megfelelő kialakítására) a biztosítókészülék működésének megakadályozása céljából a főejtőernyő helyes működése esetén. [35].

Másik megoldás - a tartalékejtőernyő nyítása a leoldott ejtőernyő segítségével. Elsőként - középmeghuzású, hason elhelyezett tartalékejtőernyőnél - az amerikai Stevens-féle rendszer volt sikeres. A felszerelés egyszerű volt - a tartalékejtőernyő fogantyújához hurkolt csatolótagot védetten el kellett vezetni az egyik elváló hevedervég csattjához és hozzá kellett kapcsolni - a tartalékejtőernyő lecsatolásakor csak ezt a felső kapcsot (karabinert) kellett kikapcsolni. A tartalékejtőernyő kioldóját kézzel is meg lehetett huzni de a leoldott ejtőernyő (hevedervég) automatikusan kihuzta. Korlátozó tényező ekkor az egyoldali leoldás/leoldódás bonyolult problémája vagy az olyan vészhelyzet, amelynél a leoldás nem jár a hevedervég eltávolodásával (tok zárvaradás).

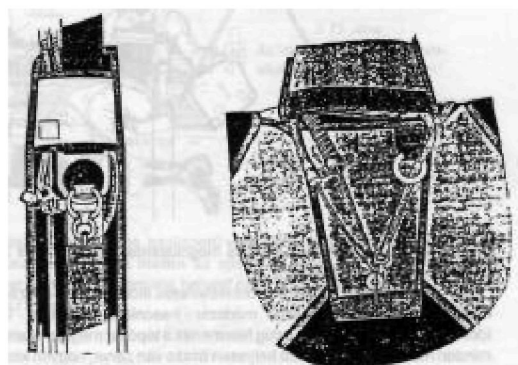
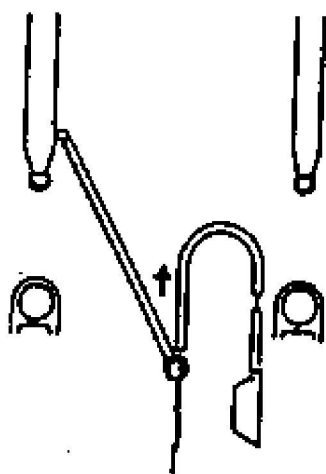


3.10. számú ábra.
A Stevens-féle csatolótag működése.

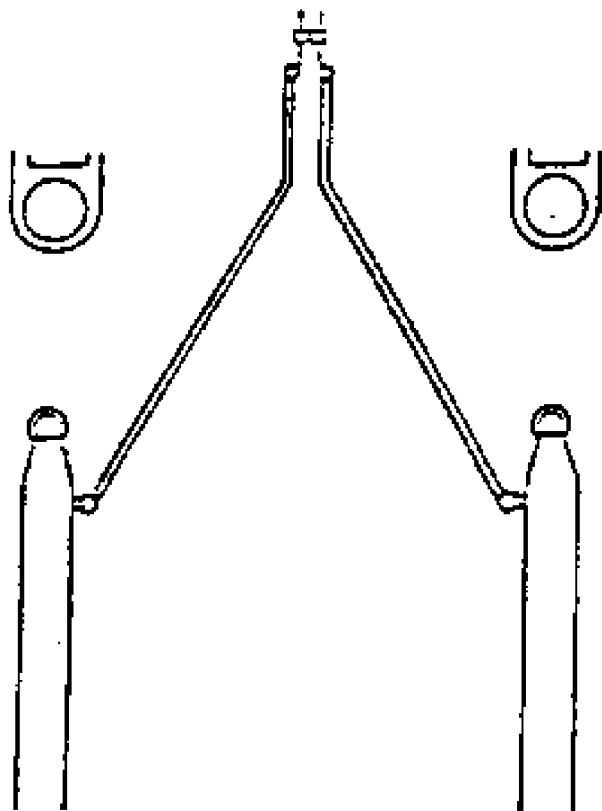
A tandem-rendszerek bevezetésével a tartalékejtőernyők Stevens-rendszerhez hasonló kényszernyitáshoz alapvetően két fő séma alakult ki (amelyeknél közössé vált a mindkét elváló heveder együttes leoldásának szükségessége).



3.11. számú ábra.
Kioldó közvetlen meghuzásának sémája.



3.12. számú ábra
"Bekötököteles" típusú kioldómeghuzás (a) és a csatlakoztatás elrendezése a hevedervégen (b) és a zárótüskénél (c). Itt a hevedervéghez van rögzítve a zárótüske kioldószinórja, a kézikieldő és a biztosító készülék erre hurokkal csatlakozik.



3.13. számú ábra.

A francia LOR-2 rendszer sémája. A két hevedervéghez csatlakozó egyenértékű csatolótagok féloldalas leoldás esetén is nyitják a tartalékejtőernyőt.

Az ultrakönnyű repülés (függővitorlázás) mentőejtőernyőinek kialakulásakor az első nyitási módszer sajátos volt, szembeötlően hiányzott az első tervezők ejtőernyő-műszaki tájékozottsága. A kialakításra végrehajtott kísérleteknél a "klasszikus" - kézikiolódós-kisernyős mentőejtőernyőktől el kellett térni, mivel a légi jármű merevítő huzalozása állandó elakadási veszélyt jelentett. A belsőzsákba hajtogatott kupola eldobása előnyös megoldásnak mutatkozott, s a tok zárását-nyitását tépőzárral (műbogánccsal) oldották meg.

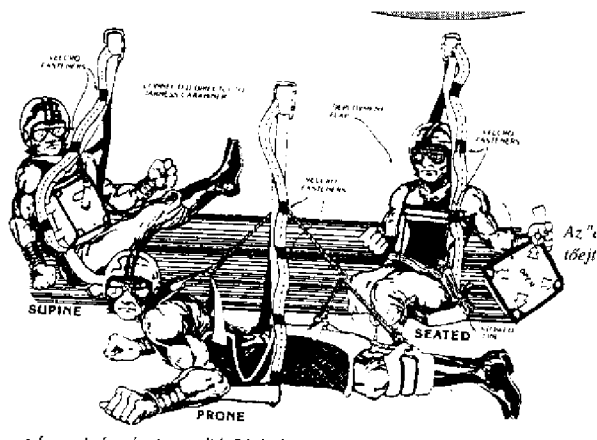
Az "egyszerű" kétkezes, többműveletes módszert (3.14. számú ábra) a tapasztalatok alapján hamar felváltotta az "egykezes" módszer - hasonlóan tépőzárás - változata (3.15. számú ábra) és jelentős időnek kellett eltelnie addig, amíg felismerték a tépőzár megbízhatatlanságát,

mint záróeszközt. ("Ha minden műbogánccs start előtt helyesen össze van zárva, nagyon kicsi az ejtőernyő véletlen kinyílásának veszélye..."[38].)

3.14. számú ábra.

A tépőzárás zárású tok első változata. Külön művelettel kellett kinyitni a tokot, kivenni- és kidobni a belsőzsákot.





3.16. számú ábra

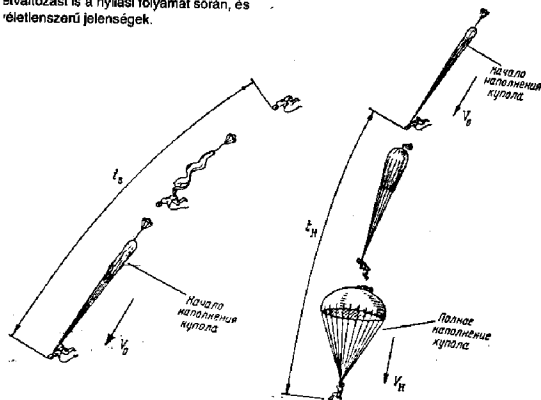
4. Az ejtőernyő nyílása.

Az ejtőernyő nyílása a tok kinyílásától, illetve a nyílási folyamat megindulásától (amikor az ejtőernyőrendszer valamelyik része a hajtogatott helyzetét elhagyja) az ejtőernyőkupola belobbanásáig - azaz addig tart, ameddig az ejtőernyő olyan alakúvá és felületűvé nem válik, amely biztosítani képes a meghatározott földterelési üzemmódot.

Az ejtőernyő nyílási folyamata szerfölött bonyolult folyamat. Befolyással bír a nyílási folyamatra:

- környező levegő általános- (sűrűség) és áramlási jellemzője (sebesség, irány, turbulencia),
- a konstrukció (nyílási- és

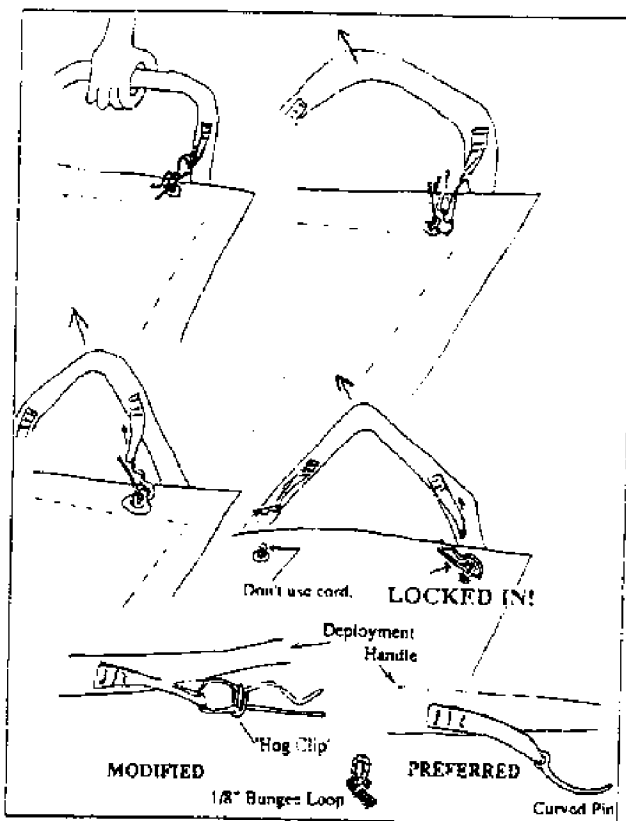
kupolarendszer) sajátossága, stílváltozást is a nyílási folyamat során, és élettenszerű jelenségek.



3.15. számú ábra.

Az "egy kezes" tépőzárás mentőejtőernyő működése. [5].

Az akaratlan nyitások, a megfelelő zárás biztosításának szükségessége visszavezetett a kioldófogantyú hagyományos (tűskehuzásos) szerepéhez, amit szellemesen egyesítettek a belsőszak kioldó fogantyúval. Az ejtőernyőzéstől függetlenül kidondolt megoldás, amikor az általános repülésben alkalmazott biztosítórugót használták zárótűskének, a használat során nyilván csődöt mondott és visszatértek az ejtőernyős-típusú ivelt zárótűskéhez. (3.16. számú ábra).



- az ejtőernyőt igénybevevő személy, vagy személyt magába foglaló légi jármű mozgásának összetett jellemzői és az alakja, beleértve az alak-, vagy helyzetváltozást is a nyílási folyamat során, és

- a véletlenszerű jelenségek.
-

4.1. számú ábra.

A klasszikus mentőejtőernyő - elvi - nyílási folyamata.

a- a nyitás után kihúzódik a kupola, zsinórzat, b- a

teljes kihuzódás után megkezdődik a kupola feltöltődése levegővel (belobbanása), és befejeződése után megkezdődik az ereszkedés.

4.1. A nyitóernyő és szerepe.

A 0.1. számú ábrán bemutatott nyílási rendszer, amely korszerűnek számít a sorrendje miatt, s csak abban különbözik az egyes országok deszántejtőernyőinél ma is alkalmazott bekötött rendszerétől, illetve a Heinecke-féle rendszertől (L.O.4. számú ábra), hogy az utóbbinál az ejtőernyőt már a használó hordta és a légi járműhöz való rögzítése hosszabb kötéllal történt. A használat során azonban kiderült ennek a fajta nyílási rendszernek a hátránya: tipikus kupolasérülések, nyílásrendellenességek következtek be. Hasonló probléma jelentkezett a - kényszerűségből - kisernyő nélkül alkalmazott tartalékejtőernyőknél és az Irvin-féle (0.5. számú ábra) ejtőernyőknél is.



4.2. számú ábra.

A bekötött ejtőernyő nyílása.

- a- nem szakadt még el a kapcsolat az ejtőernyő és a légi jármű között, a menetszél (légcsavarszél, áramlás) a viszonylag nagy légellenállású kupolát-zsinórzatot elmozdítja, patkó képződik a légi jármű-ejtőernyős ugró között. A zsinórok rajz szerinti előmozgását a szakirodalom "vitorlázás"-nak nevezi, b- miután megszakad a kapcsolat az ejtőernyő és légi jármű között, a kupola (relatív áramlási irányba) előrevágódik, ami rendezetlenséget okozhat a kupola alakjánál.



Mivel általában nem várható el mentőugrás közben a célszerű testhelyzet az ejtőernyő nyitásakor, az Irvin-rendszerű ejtőernyőknél bonyolítja a helyzetet az is, hogy a "kupola először" rendszer miatt a teljes kupola-zsinór konstrukció végig csuszhat az ugró testén. A 4.3. számú ábra egy lehetséges testhelyzetet szemléltet, amelynél a nem túl nagy test mögötti turbulencia is véletlenszerű kupolamozgást idéz elő.

4.3. számú ábra.

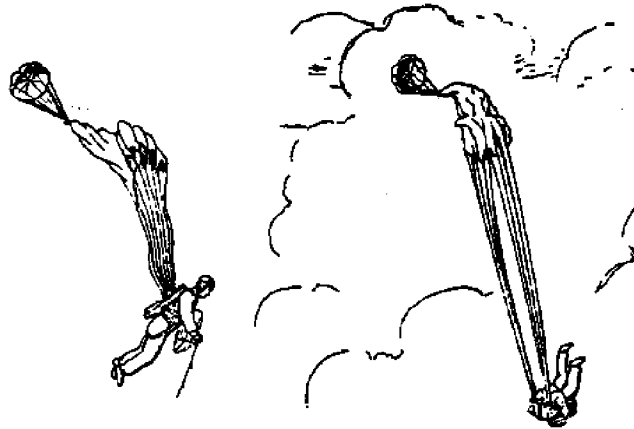


4.4. számú ábra.

A kupola és a zsinórzat kihuzódása.
Fennáll a kupola véletlenszerű, rendellenes mozgásának a lehetősége.

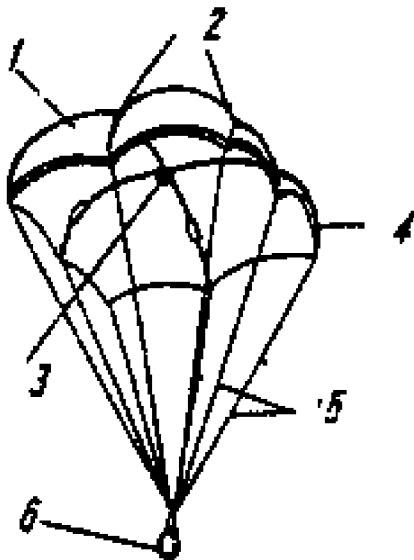
Az ejtőernyőrendszer kihuzásának elsődleges eszköze a kisernyő lett (az ettől eltérő módszereket az ejtőernyő nyitásáról szóló előző fejezetben tárgyaltuk).

A kisernyő gyors kinyitására különböző konstrukcióju, négyágu rugókat kezdtek alkalmazni. Az első rugók "utánozták" az esernyőt, négy szárát össze lehetett hajtani és a tok nyitásakor kissé kiugrott a kisernyővel együtt a tokból és a rugószárak által kiterített kupola belobbant.



4.5. számú ábra.

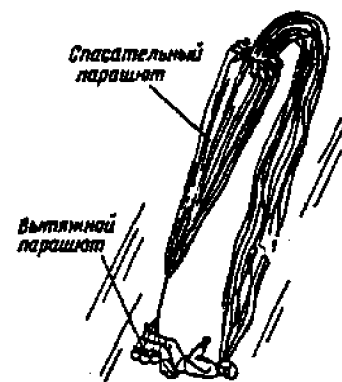
Rugószáras nyitóernyő sémája. 1- kupola, 2- erősítőszalag, 3- rugó, 4- belépőél, 5- zsinórzat, 6- csatlakozóhurok.



A kisernyő és az ejtőernyőt használó személy egymáshoz viszonyított mozgása nyilásnál könnyen a kisernyő lábraakadásához vezetett.

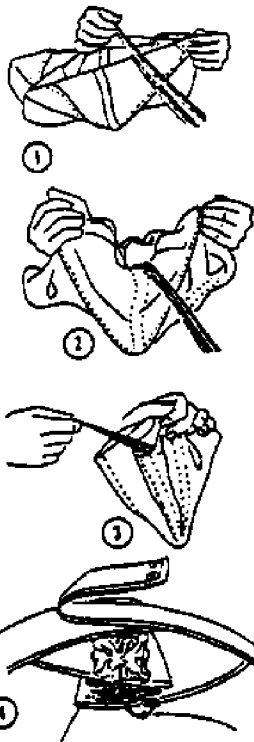
4.6. számú ábra.

Nyitáskor a nyitóernyő elakad az ugró lábán - az ejtőernyő működése lehetetlenné válik.



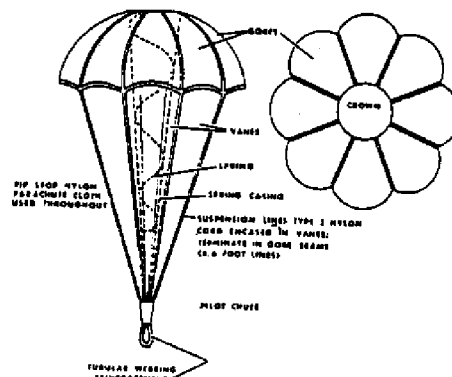
4.7. számú ábra.

A rugószáras nyitóernyő összehajtogatása és elhelyezése a tokban



Az elakadási probléma alapvető megoldásaként kínálkozott az elakadó zsinórok helyettesítése, illetve olyan kisernyő kialakítása, amely kedvezőbb irányba megy el és a láb "hatótávólán" túl kezd el működni.

4.8. számú ábra.
Zsinór nélküli, spirálrugós
kisernyő a lábon való
elakadás lehetőségének
csökkentésére.



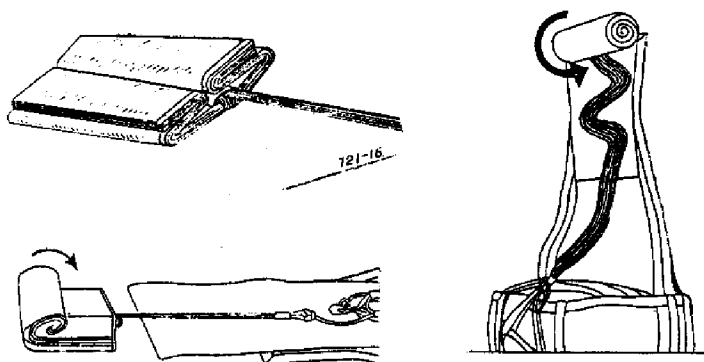
A zsinór nélküli spirálrugós nyitóernyő hajtogatása a rugószárhoz képest - azonos módszerrel - nehezebbé vált, könnyen elcsusztak a menetek, anyag akadt közéjük, a rugó esetleg úgy megbillentette a tok valamelyik zárókupját, hogy önzáródás következett be - a kupról nem csusztott le nyitáskor a másik borítólap ponyvakarikája. Azonban a spirálrugós nyitóernyő

nyilvánvaló előnye, hogy merőlegesen távozik el a tokból, arra vezetett, hogy a nyitóernyőt kezdték el a tok lezárásának valamelyik elemeként (zárókupként) alkalmazni, illetve a zárást a nyitóernyő ponyvakarikáján át végezték el, így a könnyebb volt összecusukni a nyitóernyőt, és biztosítva lett a pontos elhelyezés, de főleg a kisernyő helybenmaradása az ejtőernyő viselése közben. Ezzel lehetőség nyílt a nyitóernyő rugóhosszának és a nyitóernyő kupolaméretének a növelésére is. A rugóhossz (rugóerő) növelése lehetővé tette a visszrántógumik elhagyását, a kisernyő kupolaméretének növelése pedig a nyílási terhelés csökkentését.

Az önkidobós nyitóernyő, amit a Szovjetunióban fejlesztettek ki és a PL-45 típustól a pilóta ülőejtőernyők ma is alkalmazott része, négyzetes alaprajzu, középszinóros, ami miatt a húzóereje nagyobb, belobbanása gyorsabb. A nyitóernyő kupolájának anyaga kizárólag hernyóselyem, ez elég rugalmas ahoz, hogy gyűrődésmentes legyen, "kiugorjon". A kisernyőhöz készült a speciális szabású tok: az alsó borítólapja lényegesen hosszabb., mint a felső és ennek a belső oldalán perkál anyagból készült lebernyeg van. Erre a lebernyegre kell ráhelyezni a kisernyőt és szorosan becsavarni, majd utána bezárni a tokot.

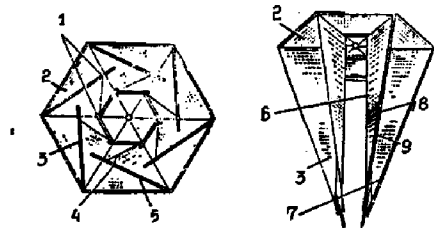
4.9. számú ábra.
Önkidobós, rugó nélküli nyitóernyő
behajtogatása.

A nyitáskor a hosszú borítólapot a visszarántó rugók erősen a pilóta térdé irányába rántják, kipörög a lebernyeg - körülbelül boka magasságban válik szabaddá a nyitóernyő - ez után lobbán be,



így csökken a lábon való elakadás veszélye.

A nyitóernyő alkalmazásának kompromisszumos megoldása a Z-1 típusú tartalékejtőernyőnél került először alkalmazásra. Ennél a típusnál alkalmazták először a Z-sorozatnál ismert, kupolavégén elhelyezett nyitóernyőt. Ez lényegében rugó- és zsinór nélküli kisernyő, közvetlenül a kupola végére varrva.



4.10. számú ábra.

Z-1 típusú tartalékejtőernyő kupolájára varrott kisernyő. 1- 6 db, a kupola szélkéményéhez rögzített hurok, 2- kisernyő kupola, 3- vezetőborda (értelemszerűen elhajlítva a láthatóság érdekében és itt: 4- belső él, 5- külső él).

A felvarrt kisernyő kupolája hat ponton van a kupola szélkéményére rögzítve, így a szélkémény funkciója megmarad, annyiban módosulva, hogy a levegő kiáramlása a hat rögzítővarrás között oldalon megy végbe és a kupolán nyitás közben átáramló levegő a kisernyőt tölti fel, amely különben a nyíló kupola fölötti turbulens térben nem működne. Az erősítőszalagokkal ellátott bordák az ejtőernyőkupolához csatlakoznak, sugárirányú (belépőél felé irányuló) varrással. Ezáltal a nyitóernyő összehajtogatott kupolánál - ha a kupola ki van huzva - kisernyő alakot vesz fel, majd a kupola feltöltődése után szinte kifordul, elveszti az alakját.

A kisernyő kupolája felrögzítésének még egy funkciója van: alacsony légsebesség melletti nyitáskor elég ellenállást képvisel az átáramló levegővel szemben, ezért javítja a belobbanási tulajdonságokat kis sebességeken, azaz konstrukciós légáteresztőképességet jelent.

Ezt a kisernyőt tervezték át az NDK-ban gyártott BE-8 típusú, nálunk is használt tartalékejtőernyő kupolavégén lévő légsebesség formára. Az alkalmazott megoldásnál a légsebesség körkörös feltöltődésének a nehézsége, illetve a légsebesség turbulenciába kerülése a kupola kihuzódása közben, nem tette a megoldást kellően sikeressé és az első sorozatok után a szélkémény lezárását külön gumiszalaggal kellett végrehajtani a belobbanási tulajdonságok javítása érdekében.

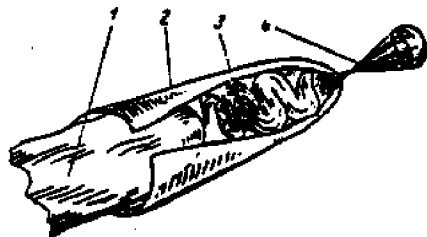
A kupolavégen alkalmazott nyitóernyő 1981. évi amerikai szabadalma alapján a függővitorlázókhoz ajánlott COLUMBUS RDP (Rapid Deployment Parachute - gyors belobbanású ejtőernyő) típusu mentőejtőernyőknél jelentkezett a 90-es évek első harmadában.

4.11. számú ábra.

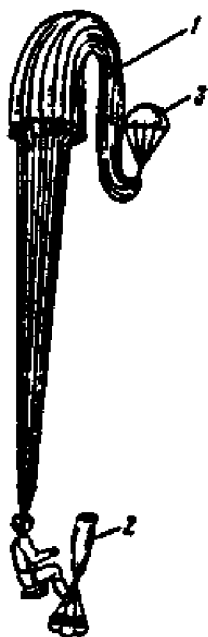
A COLUMBUS típusu mentőejtőernyő hirdetésben bemutatott működési sémája.

A COLUMBUS rendszer 30 m²-es kupolához 6 m²-es, 32 m²-es kupolához 8 m²-es plusz felületet számol. A reklám szerint az ejtőernyő középzsínóros, ez nyilvánvalóan a gyors belobbanás fontosabb eleme. Azonban azt észre kell venni, hogy a "kisernyőt" igyekeznek a kupola fölött megjelenő turbulenciából kivonni azzal, hogy a a kupolán lejjebb hozzák azt. Lényegében, ez a megoldás a 4.10. számú ábrán bemutatott megoldás egyik válfaja lehet.

Megoldás született a kisernyő lábon való elakadása esetére, amely megoldás nem az elakadás valószínűségének a csökkentésére irányult, hanem az elakadás következményének - az ejtőernyő működésképtelenné válásának - az elkerülésére. Alapjában véve, ez már az Irvin-rendszert forradalmian megváltoztató belsőzsák első formája volt.[45]

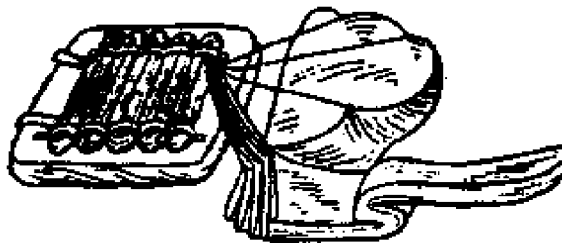


4.12. számú ábra.
A kupola végére (1) huzott kisméretű belsőzsák (2) a kisernyő (4) elakadásakor lecsuszik a kupoláról és a belobbanó második nyitóernyő (3) belobban, a nyílási folyamat folytatódik.



4.2. Az ejtőernyő kihuzódása.

A rendellenes kupolamozgás - kihuzódási fázisban való korai belobbanás - problémáját jól szemlélteti a következő ábra, amely a kisernyő nélküli tartalékejtőernyőkupola egy részének időelőtti belobbanását mutatja nagy légsebesség melletti nyitáskor. Ugyanez a körülmény - megfelelő irányú áramlás esetén - a kisernyős mentőejtőernyőnél is fennáll.



4.13. számú ábra.



4.14. számú ábra.

E probléma elsődleges megoldására kialakításra került a belépőél megfelelő elrendezése a hajtogatásnál: tartalékejtőernyőnél felülre, mentőejtőernyőnél alulra került a tokban.

A rendellenes nyitások jellemzője volt a kupola megégése/szakadása, a kupola kifordulása, illetve a szálátcsapódásnak ismert jelenség.

A szálátcsapódás jelenségét a változatos formái miatt nehéz volt az ejtőernyőhasználat korai éveiben felfedezni. A szálátcsapódás a korabeli ismereteknek megfelelően együttjárt a rendezetlen testhelyzetű nyitással, amikor az ugró különböző tengelyei körül forgott, vagy elfordult, kézenfekvő volt a magyarázat: belerugott a nyíló ejtőernyőbe.

4.15. számú ábra.

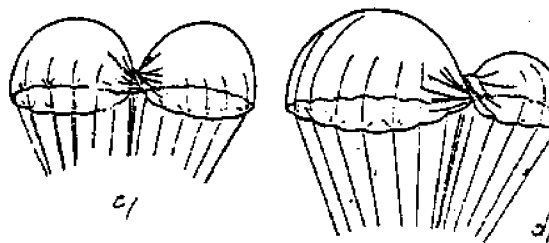
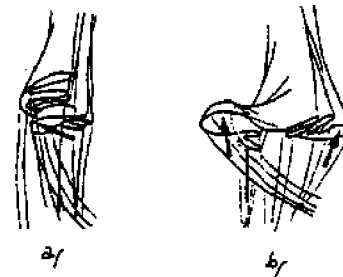
A szálátcsapódásos nyílásrendellenesség folyamata.

a/- a kupola belépőélének egy része turbulencia, vagy egyéb hatásra a belépől valamely része alatt elmozdul; b/- kedvező légellenállási tényező miatt az átcsuszott kupolarész belobban; c/- kialakul a szálátcsapódott forma, amelynél a kupola egy részének a belső oldala, másik részének a külső oldala van feltöltődve.

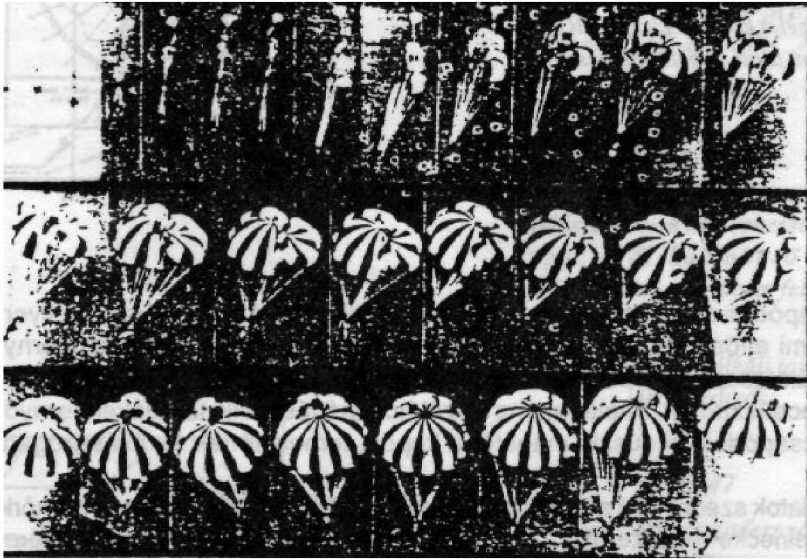
A szálátcsapódási folyamat eredménye kétféle lehet:

- stabil szálátcsapódás, amikor a kupolának megmarad a jellegzetes kettéosztott alakja,
- instabil szálátcsapódás, amikor a nyílási folyamat közben, vagy közvetlenül az után a szálátcsapódás magától lecsuszik, rendes kupolaforma alakul ki.

Az instabil szálátcsapódás kétféle eredménnyel járhat: vagy normálisan nyílik ki a kupola (alakját tekintve), vagy kifordulva. Belátható, hogy a normális alak, vagy kifordulás attól függ, hogy melyik belobbant kupolafél a nagyobb. Instabil alak beavatkozással is előállítható a stabil szálátcsapódásból, azon az oldalon lévő zsinórok jelentős mértékű lehuzásával, amelyik oldalon kisebbnek tűnik a kupolafél.



A szálátcsapódás jelensége az ejtőernyő átvizsgálásakor világosan kitűnik: jellegzetes annak a belépőélnek a sérülése, amely alatt átcsuszott az egyik kupolafél, az átcsuszó kupolafélen a belépőéllel közel párhuzamos égésnyomok (dörzsölődésnyomok) maradnak, illetve egyes esetekben a sérült belépőél mellett zsinór szakad el-, vagy le, az égésekből pedig szakadások keletkeznek. A szálátcsapódás akkor okoz nagy problémát, ha a szakadások nagyméretűek, ilyenkor kialakulhat erős pörgés, ami ejtőernyős ugróknál lehetetlenné teszi a biztos tartalékejtőernyő nyitást. Ilyen probléma állhat elő a szálátcsapódás lecsusztatási kísérleténél, ha nem végzi az ugró következetesen a befejezésig a lecsusztatást. Általában, ha a szálátcsapódás mellé tartalékejtőernyőt nyitnak, akkor a stabil szálátcsapódás lecsuszik magától a kupola terhelésének és állásszögének a változása miatt.



4.16. számú ábra.
Instabil, a nyílási folyamat
közben megszűnő szálátcsapódás
felvételsorozata.

4.17. ábra.

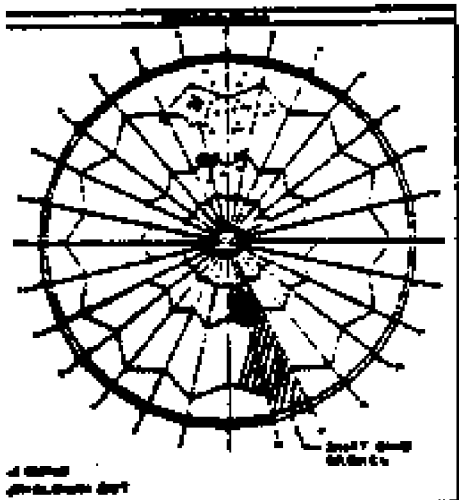
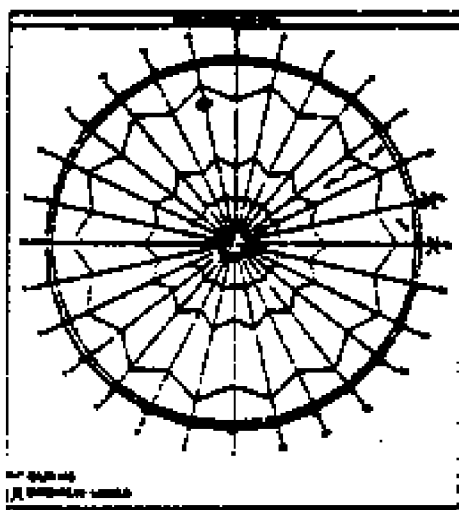
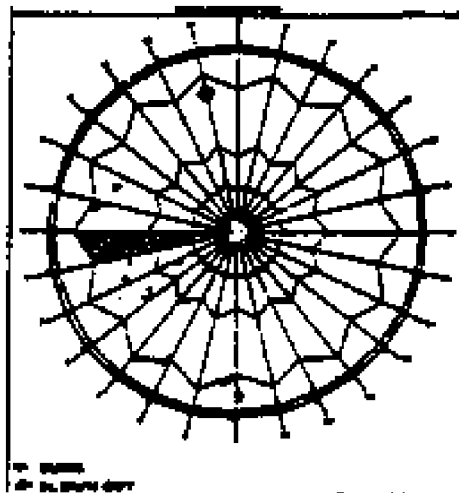
Tipikus szálátsapódásos kupolasérülések. (44).

Feliratok: Burns - égés, Blow-out - szakadás,
Broken - szakadt zsinór, vagy belépőél.

a/ A 7. számú szelet elcsuszott a 28. számú
szelet belépőéle alatt.,

b/ A 19. számú szelet elcsuszott a 21. számú
szelet alatt , két zsinór elszakadt.

c/ Teljes szálátsapódás, a 14. számú szelet
körzete elcsuszott a 27. számú szelet alatt, a
belépőél elszakadt.



Amerikai adatok szerint [44] a kupolán megmaradó szálátsapódások aránya kőrkupolás bekötött ejtőernyőnél (Heinecke-rendszerű) 0,27%, illetve azonos rendszerű, de nagyobbmértű, "gombaalakú" kupolánál (T-10 típus) 0,08%. Az arányszámok a tartalékejtőernyőknel nagyságrenddel nagyobbak: 3%, illetve alacsony légáteresztőképességű anyagból készült kupoláknál: 11,9%.

Ezek az adatok rámutatnak arra, hogy a szálátsapódás jelensége függ a kupola konstrukciójától, illetve nagymértékben a kupola légáteresztőképességétől.

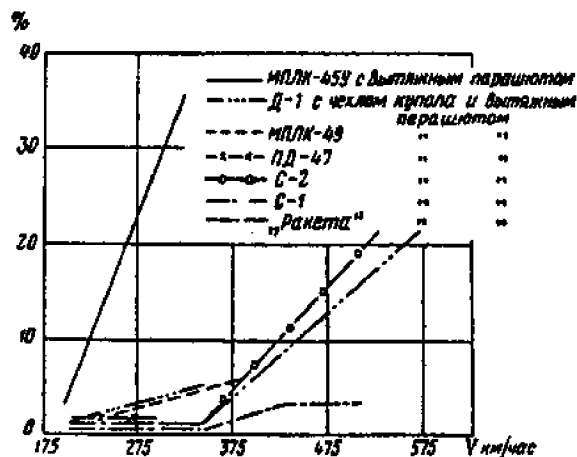
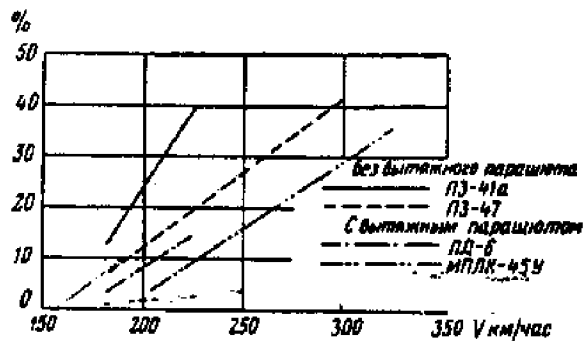
Éves bontásban más forrás [5] szerint a szálátsapódási arányok (%-ban) az Egyesült Államok katonai ugrásainál (T-10 típusnál) a következők:

T-10 típusnál	1973	1974	1975
főejtőernyő	0,29	0,38	0,46
tartalékejtőernyő	12,32	13,62	17,13

Korábban végzett Szovjetunióbeli vizsgálatok a szálátsapódás konstrukciótól és sebességtől való függését állapították meg. [45]

4.18. számú ábra.

A szálátsapódások arányának függése a konstrukciótól és a működési sebességtől (az ábrán való felsorolás sorrendjében: 1- MPLK-45U nyitóernyővel, a következők belsőszákkal és nyitóernyővel: 2- D-1., 3- MPLK-49., 4- PD-47., 5- SZ-2., 6- SZ-1., 7- RAKÉTA .



4.19. számú ábra.

Szovjetunióbeli adatok a szálátsapódási arányok és a sebesség összefüggéséről különböző típusú ejtőernyőknél (az ábra felsorolási sorrendjében): -nyitóernyő nélküli tartalékejtőernyők: PZ-41a, PZ-47, -nyitóernyős ejtőernyők: PD-6, MPLK-45u.

A harmadik - az ejtőernyő kihúzási fázisában jelentkező - jellegzetes probléma a nyílási terhelés nagysága. Kiindulva abból a problémából, amit a szálátsapódással kapcsolatos vizsgálatok feltártak, hogy bekövetkezhet az ejtőernyőkupola korábbi feltöltődése, A.D.Oszmolovszkij a PL-1 típusú (rvin-rendszerű) mentőejtőernyőre belsőszákat javasolt alkalmazni 1936-ban. Mivel azonban a belsőszák anyaga azonos volt a kupola anyagával (selyem) gyakori volt a kísérletek során a kupola megégése, illetve az égés miatti szakadása. Ezért a javaslatot elvetették. (A belsőszákat 1939-ben, a PDPSZ-48 stabilizátor-rendszer kialakításánál alkalmazták újra.) [46]

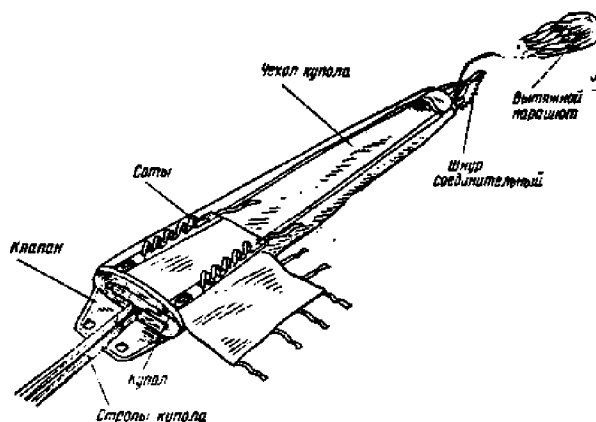
Mentőejtőernyőnél először 1944-ben alkalmazták Németországban a belsőszákat, abból a célból, hogy a nagysebességű repüléshez kialakított szalagejtőernyő kupolájának elakadási lehetőségét csökkentsék.

4.20. ábra.

Klasszikus belsőszák nézete.

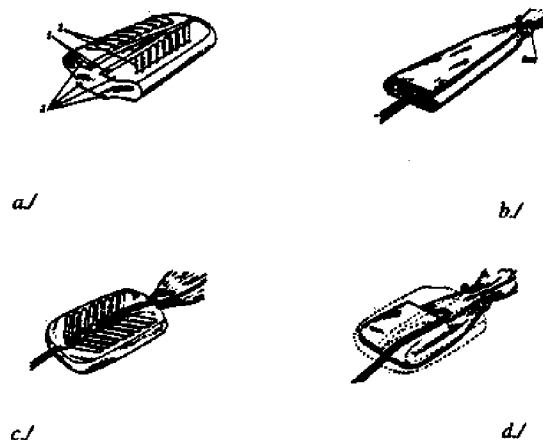
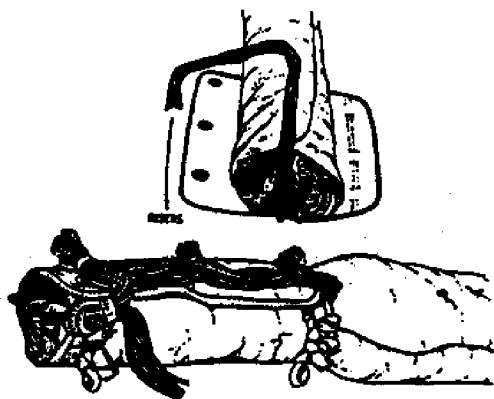
A belsőszák alkalmazási tapasztalatai azt mutatták, hogy

- csökken a szálátsapódások arányszáma,
- megszűnik a kupola korai belobbanása,
- megóvjá a kupolát a sérülésektől, ha az ejtőernyő használója befordul a nyíló/kihúzó ejtőernyőbe,
- biztosítja a kupola rendezett állapotát a belobbanás kezdetéig,
- növeli az ejtőernyő működésének általános biztonságát,



4.24. számú ábra.

Rövid belsőzsák, védett zsinórfüzéssel. (USA Légierő) a/ - a kupolától független (elváló) belsőzsák, b/ - a kupolára rögzített összehúzható öv, c/ - belsőzsákba hajtogatott kupola, d/ - kupola elhelyezkedése a belsőzsákban.

4.25. számú ábra.
Egyszerű belépőélzsák.

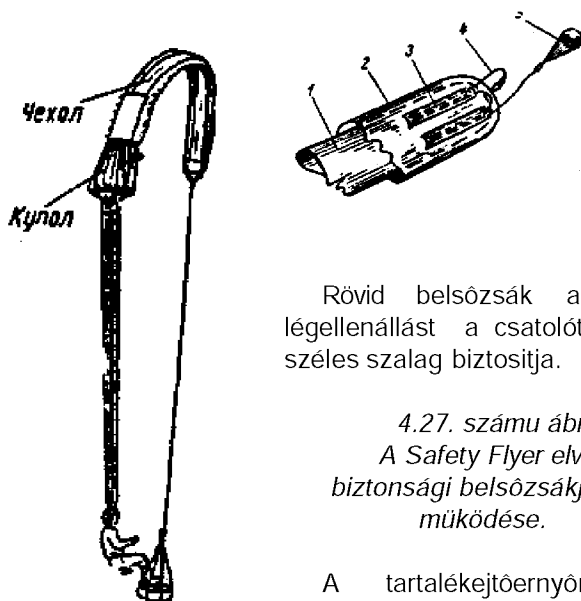
A belsőzsák időelőtti kinyílásának olyan kifejezett következményét, mint amelyet a 4.20. számú ábra mutat be, az elkülönített belépőél bizonyos mértékig megszünteti, azonban a jelenség felismerése alapján a legmagasabb szintű biztonság érdekében a következő intézkedések történtek:

- eltekintettek a vékony gumikarikák alkalmazásától a befűzésnél (ezek hajtogatás-, viselés- és a nagyobb sebesség melletti nyitásnál fellépő gyorsulások miatt könnyen elszakadnak, továbbá nem biztosítanak állandó, tervezett mértékű lefogási erőt) és pontos méretű szalag fülecseket, vagy szövött gumizsinórt használnak, továbbá egyre több típusnál biztosítják a zsinórok olyan hosszú védelmét, mint amilyenre példát a 4.21. számú ábrán láthatunk,

- a belsőzsák lezárásánál kettőzött fülecset használnak, illetve ezen túlmenően két pár különálló füleccsel zárják le a belsőzsákot,

- az elakadás szempontjából leginkább veszélyeztetett belsőzsák lezáró zsinórhurkot olyan védőborítóval látják el, ami a kifüzdődő-, vagy ezzel együtt kieső zsinórok beakadását meggátolja.

A nyitóernyő elakadásának problémáját a belsőzsák függetlenné tételével és megfelelő csatolótag alkalmazásával oldják meg. Az SZ-sorozatú mentőejtőernyőknél a csatolótag hossza úgy van kísérleti úton megállapítva, hogy a kisernyő elakadása esetén a belsőzsákon ébredő légellenállás ki tudja fűzni a zsinórokat és le tudja húzni a belsőzsákot a kupoláról. Hajtogatásnál a viszonylag hosszú csatolótagot - ami önmagában elakadásveszélyt jelenthet - a belsőzsák végén lévő szalag-zsebbe kell befűzni.



4.26. számú ábra.
Csatolótag (4) befűzése a belsőzsákon (2) lévő szalag-zsebbe (3), az ejtőernyő működése elakadt kisernyő esetén.

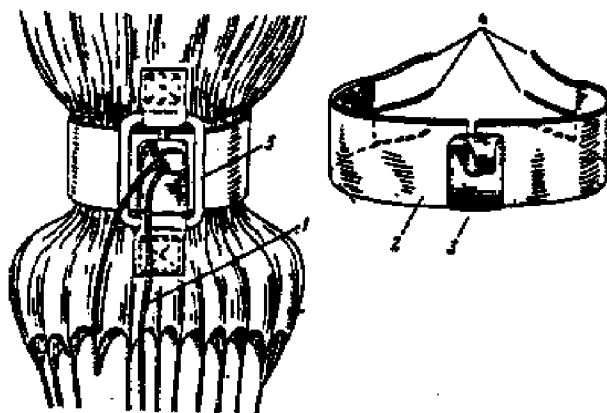
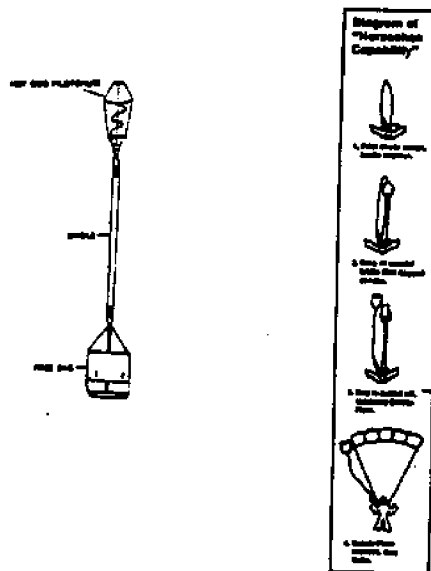
Rövid belsőzsák alkalmazása esetén a nyiláshoz szükséges légellenállást a csatolótagként alkalmazott, meghatározott hosszúságu széles szalag biztosítja.

4.27. számú ábra.
A Safety Flyer elváló, biztonsági belsőzsákja és működése.

A tartalékejtőernyőn lévő kisernyő elakadási problémáját érdekesen közelítették meg az Sz-73 típusu lengyel tartalékejtőernyőnél: a kisernyő csatolótagja olyan szilárdságu zsinórból készült, amely terhelés hatására könnyen elszakad - azaz beakadás esetén a lobogó kupolára ható légellenállás elszakítja a csatolótagot. (Az kicserélt "jó erős" csatolótag a hajtogató/javító hozzánemértését mutatja.)

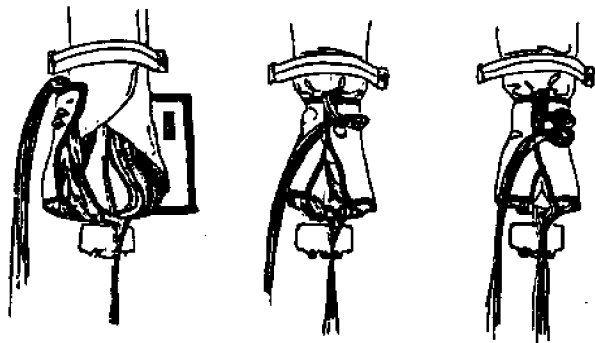
A tartalékejtőernyők szálátcsapódási hajlamának csökkentésére a mentőejtőernyők belsőzsákja nem alkalmas abban az esetben, ha a meghibásodott kupola mellé kell nyitni az ejtőernyőt, azaz viszonylag alacsony sebességen is működni kell. A nyitásról szóló részben bemutatott kidobás, ami a siklórepülő ejtőernyőknél, függővitorlázóknál terjedt el, nyilvánvalóan nagyobb sebességeknél nem alkalmazható kellő hatékonysággal.

A probléma első megoldásának kísérletei arra irányultak, hogy a belsőzsákhoz hasonlóan megvédjék a kupolát a korai nyilástól - a belépőel feletti övvel, vagy a belépőel alatt a zsinórok összefogásával.



4.28. számú ábra.
A tartalékejtőernyő belépőelének összefogása a zsinórok teljes kihuzódásáig. [45]. 1- 1. számú zsinór, 2- összefogó öv, 3- csatlakozó hurok, 4- szakadó kötés, 5- helyező és vezető csat.

Napjainkban nyilvánvaló a megoldás bonyolultsága és függése az elszakadó zsinórtól, azonban az elgondolás más módon kivitelezve megvalósult a rövid belsőzsáknál, belépőel zsáknál, illetve a speciális, tartalékejtőernyőkhöz kidolgozott belsőzsákoknál.

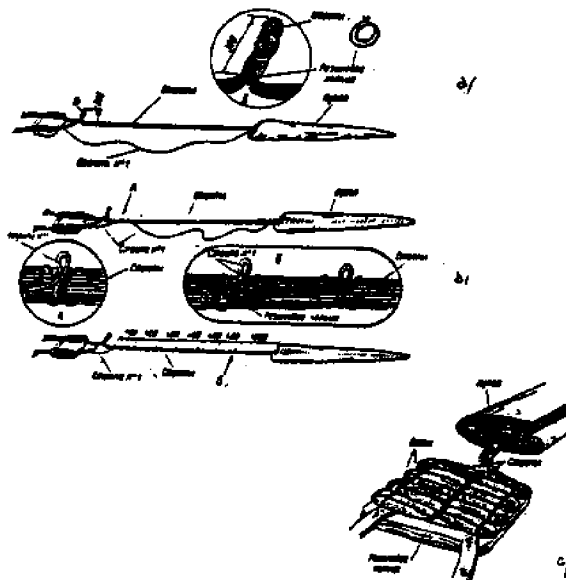


4.29. számú ábra.
Belépőélzsák és lezárása egyoldali
zsinórcsoporttal.[5]

A belépőél előtti zsinórok összefogására is született megoldás. [45]

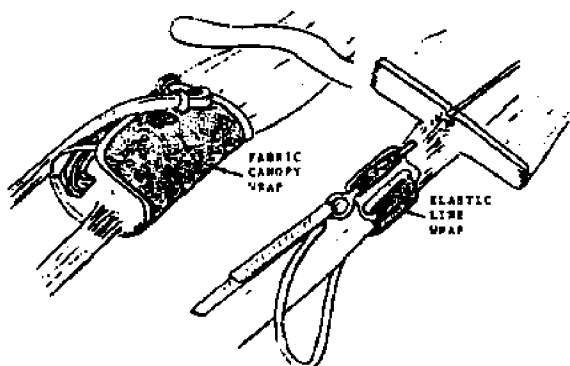
4.30. számú ábra.

a/- hajtogatáskor először az 1. számú zsinórt kell különválasztani és a többi zsinórt gumikarikával összefogni; b/- a különválasztott zsinór mellett lévő zsinórokat gumikarikával össze kell fogni és az 1. számú zsinórral lezárni; c/- az összefogott zsinórokat a tokfenékre kell felfűzni.



A nyilási folyamatnál a zsinórok kifűződése után az alsó rövidítés megfeszül, kibomlik, ezzel egyidőben a befűzésekkel rövidített 1. számú zsinór lentről felfele kihúzódik a gumikarikák zárásából és végül lehetővé válik a belépőél szabaddá válása a belobbanáshoz.

A megoldás bonyolultsága, a zárásnál bevihető hibák sokasága, az egyes zárások kioldódásának esetleges lehetősége miatt ezt csak sémának lehet kezelni. Napjainkban együtt vizsgálnak hasonló lehetőséget a belépőélzsákkal együtt. [44].



4.31. számú ábra.
Belépőélzsák és zsinórösszefogó rugalmas öv
sémája.

Az ejtőernyő kihúzási folyamata rendkívül nagy hatást gyakorol a későbbi nyilási szakaszra, a kupola feltöltődésére (belobbanására).

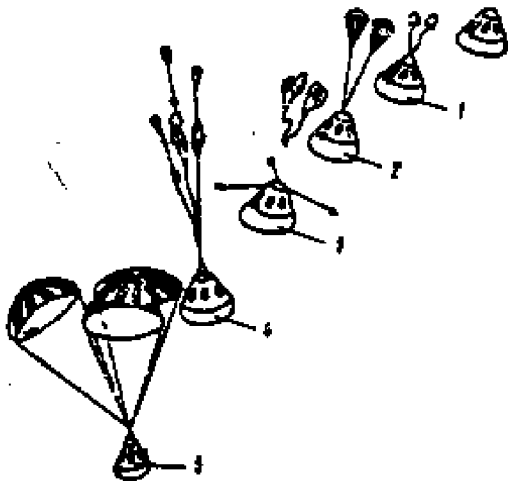
A kihúzóási folyamat fizikai értelemben vett jellemzője az a sebességkülönbség, ami a zuhanó test (hajózó, ejtőernyőző ugró, légi jármű rendszer) sebessége és az ejtőernyő kupola/zsinórzat rendszer mozgása között van. Belátható, hogy csak egy ilyen sebességkülönbség - ami légellenállásból, vagy

kidobásból, illetve más módon való kihúzásból származik - képes az ejtőernyőrendszer a belobbanásra alkalmas, kihúzott helyzetbe hozni. A nyilási idő tehát nagymértékben függ ettől a folyamattól, általában a test és a kihúzó kisernyő sebességkülönbségétől - légellenállásának különbségétől.

A kisernyő légellenállásának nagysága elsődlegesen a felületétől, alakjától - és nagymértékben az alkalmazási sebességtől - függ. Ugyanakkor a kisernyő által biztosítandó légellenállás nagysága összefügg a kupola tömegével is - nehezebb kupolához nagyobb húzóerő szükséges. Tul nagy kisernyőkupola - a belsőszak nagymértékű lassításához vezet, ami igénybe veszi a füzéseket is.

A kisernyő húzóereje fékernyőként lassíthatja is a zuhanó testet a nyílás előtt és ezáltal csökken a nyílási terhelés. A megfelelő, nem lökésszerű - lassítás akkor valósítható meg, ha a nyílási folyamatba tartozó befűzések megfelelően méretezettek. Ez különösen a nagysebességű repülés ejtőernyőinél fontos kérdés - cserénél, javításnál feltétlenül figyelembe kell venni. [47]

A többkupolás rendszerek alkalmazása a fűrtben lévő egyes ejtőernyőkupolák kiesése (meghibásodása) esetén is megfelelő biztonságot nyújthat. A többkupolás ejtőernyőrendszerek működésével kapcsolatosan az űrkutatásban sok tapasztalatot gyűjtöttek és dolgoztak fel, [48] amelyeket feltétlenül hasznosítani kell.



4.32. számú ábra.

A: APOLLÓ űrhajó ejtőernyőrendszerének működése.

- 1- A fékernyők működtetése, 2- a fékernyők belobbanása, 3- a fékernyők leoldása, a nyitóernyők kivetése, 4- a főajtőernyők kihuzása, 5- a főajtőernyők belobbanása.

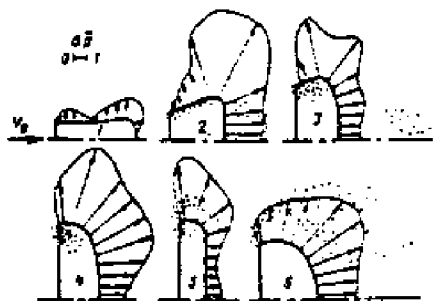
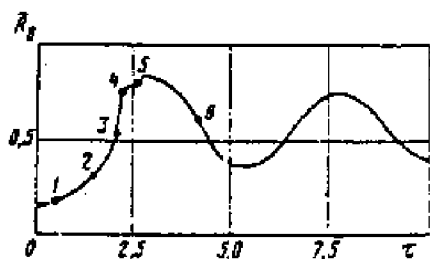
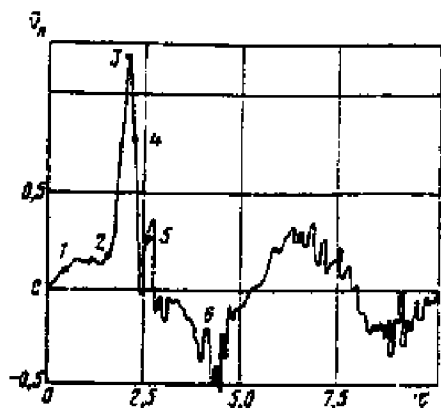
Az alkalmazás során azonban lehetséges problémaként jelentkezett a különálló ejtőernyők kihuzódási különbsége. Ennek elkerülése céljából a [42] szerinti kétkupolás mentőajtőernyőrendszer mindkét kupolája közös belsőszakban van és a belépőelek egy ponton - kismértékig változtathatóan - összerögzítettek.

4.33. számú ábra.

A három különálló ejtőernyőrendszer (APOLLÓ) kihuzódási folyamata (fénykép alapján).

5. Az ejtőernyőkupola belobbanása.

Amikor befejeződött az ejtőernyő kihuzódása, a kupola szabaddá válik a feltöltődéshez, belobbanáshoz. A belobbanás során kiterül az összehajtogatott kupola, s a folyamat befejezéseként megkezdődik az ejtőernyőrendszer süllyedése.



5.1. számú ábra.

A körkupolájú, tengelyszimmetrikus ejtőernyő belobbanási jellemzői.[49]

a/ a belépőél mértékegység nélküli sebességének változása a belobbanás során;

b/ a kupola belépőél nyitott sugarának mértékegység nélküli mérete a belobbanás során;

c/ a kupola alakja, a kupolára ható aerodinamikai erők változása a nyílás során (pontozással jelölve az örvénylest).

Az 5.1. számú ábrán jól nyomon követhető a kupola feltöltődési folyamata, a folyamat bonyolultsága. A nyílás során a 4. és 5. fázisban nagyobb a kupola kiterült mérete, mint a későbbi 6. fázisban, amikor felveszi a rendeltetésszerű alakját.

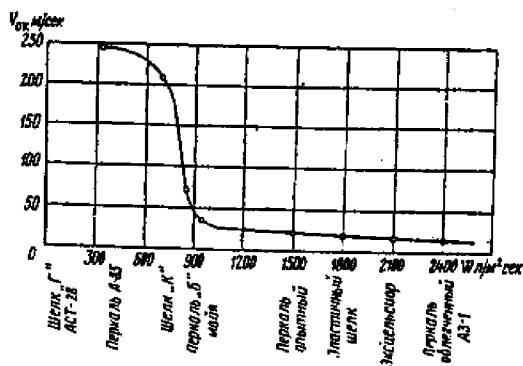
Ez a belobbanási lélegzésnek nevezhető folyamat függ a nyílási sebességtől, az ejtőernyőrendszer sebességétől és a rendszer konstrukciójától (kisernyő, füzések, kupolaalak, kupola komplex légáteresztőképessége, stb.). A gyakorlatban megfigyelhető olyan jelenség is, hogy a belobbanás megállítja a zuhanó testet, s az ejtőernyőkupola terheletlen állapotba kerül rövid időre, teljesen kiterülve, majd utána újra belobban a kupola. Ez mentőejtőernyőknél emeli azt a minimális magasságot amely mellett biztonságosan használható az ejtőernyő.

Az ejtőernyőkupola belobbanása során az adott konstrukció megvalósításánál kétféle szempont érvényesül: nyiljon ki az ejtőernyőkupola a lehető legrövidebb idő alatt (legkisebb uthosszon), ugyanakkor a terhelése ne legyen túl nagy a nyílásnak sem az ejtőernyőrendszerre, sem a használóra nézve, azaz le legyen lassítva kellőképpen a nyílás.

Az ejtőernyőkupola belobbanási folyamata - mint az 5.1. számú ábrán is láthattuk - bonyolult dolog, számítása is főleg gyakorlati eredmények felhasználásával történik. [44a]

Az 5.1.c/ ábra 2. és 3. fázisa az ugynevezett körte alakot mutatja. Ezt az ötvenes években, a belsősáknélküli ugróejtőernyőkön lehetett kifejezetten észlelni, 15-20 másodperces késleltetés után. A jelenség a kritikus belobbanási sebesség következménye - azaz az ejtőernyőkupola csak akkor képes feltöltődni, ha a sebessége nem nagyobb egy meghatározott értéknél. Megfordítva, ha egy ejtőernyőt levegőben meghuzunk (szélcsatornában megfújjuk), akkor az meghatározott sebesség után elkezd összehúzódni, körte alakot vesz fel.

A kritikus belobbanási sebesség függ a kupola légáteresztőképességétől, amibe beleértjük a konstrukciós légáteresztőképességet (rések, nyílások, szalag-konstrukcióju kupola) és főleg mentőejtőernyőknél (amelyeknél nem, vagy csak speciális formában alkalmaznak konstrukciós légáteresztést) a kupolaanyag légáteresztő képességét.



5.2. számú ábra.
A különböző minőségű anyagok
(légáteresztőképesség) és a kritikus belobbanási
sebesség összefüggése. [45]

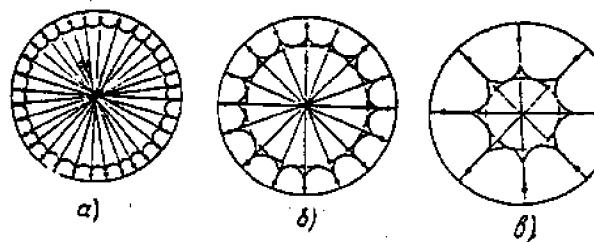
A zsinórok kupolaátmérőhöz viszonyított hosszúsága (melynek optimális értéke: $L=[0,7...0,8].D$) az ejtőernyőtechnológiában használt kupolaanyagoknál az anyag légáteresztő képességének csökkentésekor egyre nagyobb mértékben, egyenes arányú összefüggésben növeli a kritikus belobbanási sebességet.

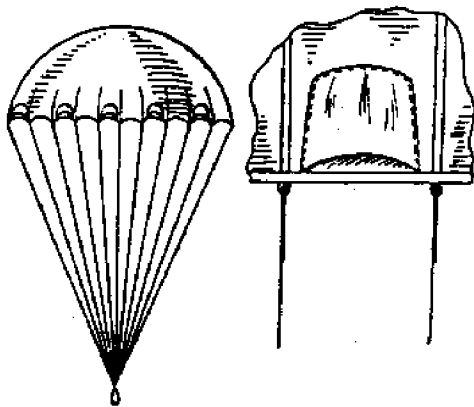
A zsinórok számának növelés ugyancsak növeli a kritikus belobbanási sebességet, míg a szélkémény méretének növelése belátható módon - csökkenti.

5.3. számú ábra.

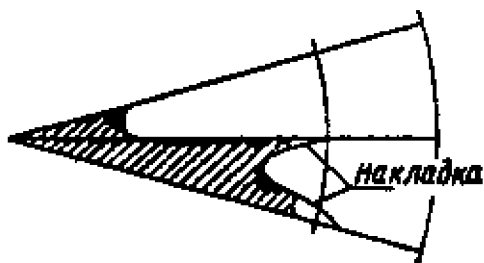
A zsinórszám hatásának szemléltetése a belobbanásnál a belépőél által kialakított beáramló nyílás méretére. [45]

A belobbanási tulajdonságok javítását szolgálják még a belépőélre felvarrt légzsebek is, valamint a középzsínor alkalmazása.





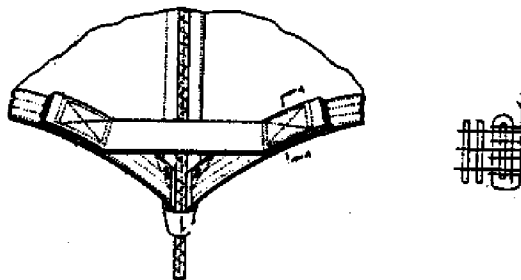
5.5. számú ábra
Belépőél huzó szalag.



5.7. számú ábra.
Kupolák feltöltődési ideje. [44]
Kupolaátmérők: 1- 7,92 m., 2- 6,70 m., 3- 5,79 m.

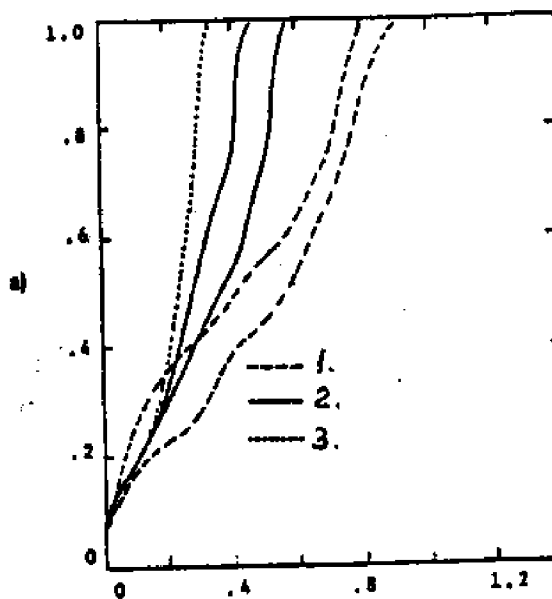
5.4. számú ábra.
Belépőélre felvarrt légzsebek.

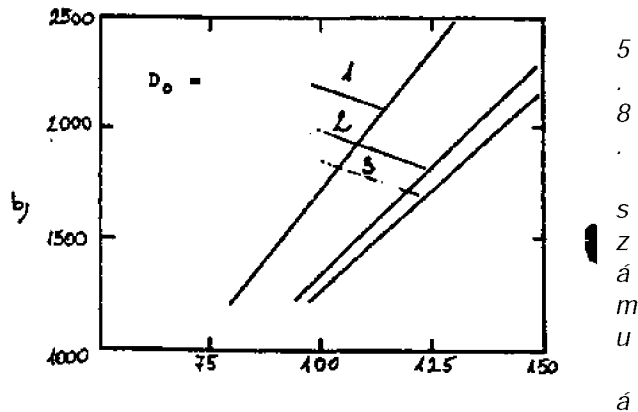
A belépőélre felvarrt légzsebek szerepe kettős - a helyesen hajtogatott ejtőernyőnél a belobbant légzsebek a szálátsapódási hajlamot csökkentik. Ugyanígy hat a nagyobb zsinórszám is - rövidebbé válik a belépőél. A belépőél rövidítését szolgálja még a belépőél húzószalag is.



5.6. számú ábra.
Belépőél húzószalag hatása a belépőél által határolt beáramlási felületre. (Vonalkázva az egy szelet által határolt felület, alul nyíllal jelölve a húzószalagos rész.)

A kupola belobbanási ideje (levegővel való feltöltődési sebessége) és ezzel együtt a nyílási terhelés nagymértékben függ a kupola méretétől.





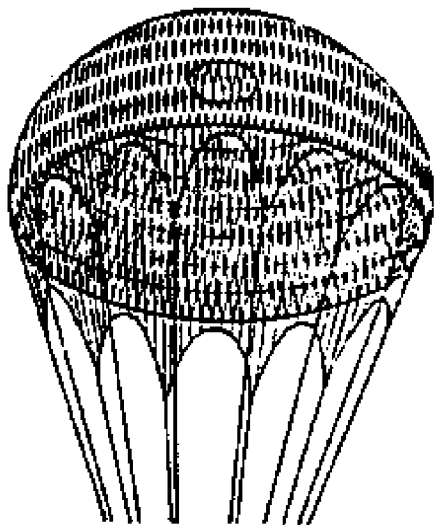
bra.

A nyílási terhelés nagysága a kupolaátmérő függvényében.[44]

Kupolaátmérők: 1- 7,92 m., 2- 6,70 m., 3- 5,79 m.
a/ nyílási terhelés (daN), b/ hasznos teher (kg).

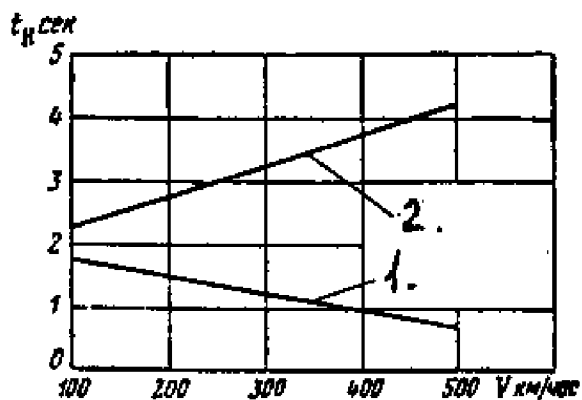
Belátható, hogy az ejtőernyő nyílási ideje (utja) csökkenthető a magasabb terheléssel és kisebb kupolafelülettel egyaránt, azonban lényegesen megnövekszik e közben a nyílási terhelés.

A nyílási terhelés jellege a körkupolás, hagyományos mentőejtőernyőknél a légsebességgel - amelyen működik - egyenes arányu - nagyobb sebességen csökken a nyílási idő. Ettől alapvetően eltér a nagy konstrukciós légáteresztésű radiális szalagejtőernyő, amelynek a nyílási ideje a légsebesség növekedésével növekszik.



5.9. számú ábra.

A németországi Kosteletzky-cég szalagejtőernyő kupolája (1940) [4].



1

0. számú ábra.

*PL-3 típusu ejtőernyőkupola (1) és a szalagejtőernyő
(2) nyílási sebességének változása a sebesség
függvényében. [45]*

Gyakorlatilag a nyílási karakterisztika kialakítása egy sor nyitási rendszer/kombináció kidolgozásával történik az ejtőernyőgyártóknál, s a legtöbb esetben ez csak olyan kompromisszumokkal valósul meg, amiket a késleltetés, nyitási magassághatárok, sebességhatárok, alkalmazási feltételek specifikálása tartalmaz.

Az összetett nyílási/belobbanási rendszerek alkalmazása a katonai hajózó ejtőernyőknél terjedt el, ahol a karbantartás, hajtogatás igen magas színvonalon végezhető el.

Az amerikai Haditengerészeti Légierő NB-11 és NES-16a hátejőernyőinek belobbanását belsőszáknélküli kupolánál a teljes hosszra való kihuzásig a belépőel alatt elhelyezett szerkezet - zsinórkivető - gátolja meg. Ez a zsinórkivető egy pirotöltettel ellátott központi test, amely körkörös rögzíti mind a 28 zsinórhoz tartozó kis sulyokat. Amikor a kupola és a zsinórzat teljes hosszra kihuzódik (a kupolára ható huzóerő elér egy olyan értéket, amely nagyobb a zsinórkifüző erőnél), begyújt a pirotöltet és kivetíti a zsinórokon lévő kis sulyokat, amelyek széthuzzák a kupola belépőelét. Így kedvező helyzet áll elő a kupola belobbanásához és a ballisztikus pályán mozgó zsinórok a szálátcsapódás kialakulási feltételeit is megszüntetik. (6).

6. Az ejtőernyőkupola.

Az ejtőernyőkupola - mint láttuk - már akkor is befolyással van az ejtőernyőrendszer működésére (nyílási folyamatára), amikor még meg sem kezdődött a kiterülése, belobbanása. A belobbanási folyamat ugyancsak nagymértékben függ attól a kupolától, amit - adatai alapján - merülési tulajdonságok biztosítására terveztek.

Ezek a merülési-használati tulajdonságok ugyancsak bonyolult és sokféle feltételeket kell, hogy kielégítsenek, sokszor kompromisszum árán, mert hatással lehetnek más tulajdonságokra is.

Az ejtőernyőkupolák mérete "időszakosan" lecsökken, főleg akkor, amikor újszerű alkalmazás lehetősége jelentkezik. (Ezen az "időszakos" csökkenésen csak azokat a méretcsökkenéseket értjük, amit nem indokol a konstrukció/anyag jobbitása.)

Év	Gyártó/típus	Felület (m ²)	Fel.terh (kg/m ²).	F.c _x (számított)
1912.	Kotyelnjikov	54		
1917.	Schmittner	50		
1919.	Irvin	45-47		
1920.	Vinay	47		
1921.	Salvator	45		
1926.	Heinecke	45-50		
	Hoffmann	66,6		
1928.	Salvator	37,7		
	Robur	45		
1930.	Vinay	38,2		
	Robur	36,6		
	Aerazur	45		
1931.	Aloz	42		
1933.	PL-1 (Szovjetunió)	42,2	1,89	26
1934.	Fleck	31		
1939.	C-2 (Anglia)	42		
	Fudzikura	35		
1945	MPLK-45	42,5	2,35	35,5
1958.	PL-58 (Csehszlovákia)	64	0,7	47,5

1967.	EFA-501	45	2,00	25,5
	EFA-504	42	2,14	34
	LO-PO	49	1,83	46
	TRI-CON	38,6	2,33	59,9
1979.	24' System A (USA)	42	2,14	
1989.	Second Cance 84	28	3	
	Second Cance 96	32	3	
	Charly	36	3,47	
1990.	125 PG. (USA)	29,1	2,03	
	200 PG (USA)	35	2,54	
	400 PG (USA)	35	5,09	
1992.	Security P111 26	26	4,80	59,9
	Security P111 31	31	4,03	94,3

A bemutatott táblázat fellelhető adatok alapján tartalmazza (vagy nem tartalmazza) az összehasonlítható adatokat. Szembeötlő, hogy az ejtőernyők felületi terhelése széles határok között mozog és a megadott/ismert adatokból kiszámított felület/légellenállási tényező szorzat jelentős eltéréseket ad.

Érdeemes megfigyelni, hogy a századelő első kupolái viszonylag nagy felülettel rendelkeztek, ezt még a ballonrepülés tapasztalataiból vették át. Az Irvin-féle kupola már jó kompromisszum volt a még megfelelő merülési sebesség és kis kupolatömeg vonatkozásában. A fejlesztések ekkor inkább a kistömegű, kényelmesen viselhető kupolák kialakítására irányultak, általában hiányoztak a nemzeti légiakalmassági feltételek, így a gyártók a bemutatókon a kis testtömegű hivatásos ugrókkal jó eredményeket tudtak produkálni. A mentőugrásoknál a földetérési sérüléseket inkább véletlenszerűnek és kiképzetlenségből adódónak fogták fel, s tulajdonképpen a nem sokkal korábbi, ejtőernyő nélküli balesetekhez képest a földetérési sérülések jelentéktelenek voltak.

Ahogy a repülés technikája fejlődött, egyre több idő- és költségfordítást kívánt a hajózók kiképzése, tapasztalatokat szereztek a balesetek vizsgálata alapján, a gyártók az ejtőernyők korszerűsítését tűzték ki célul. Ennek következtében elkezdődött a kupolák alakjának, konstrukciójának változtatása a légellenállási tényező növelése, lengéshajlam, nyílási tulajdonságok javítása érdekében, azaz az aerodinamikai ismeretek aktív alkalmazását.

Az ejtőernyőkupola aerodinamikai tulajdonságainak bonyolultságát az is jelzi, hogy olyan egzakt számítási mód még mindig nem áll rendelkezésre, mint a repülőgépeknél, az elméleti kutatások igen nagy része a gyakorlatban felmerült problémákkal foglalkozik, az egyes gyártó vállalatok a ténylegesen mért adatok és a számított adatok közötti eltérés csökkentésére irányítják az elméleti fejlesztő munkát.

Az ejtőernyőkupolák légellenállási tényezője ma még csak iránymutató jellegű, a főbb kupolatípusokra eligazítást ad, de a legújabb ismeretek a kis sebességek aerodinamikájában, a korszerű textiltechnológia által biztosított igen kicsi-, vagy nulla légáteresztésű anyag légellenállási tényezőjének változása jelentős eltéréseket mutathat.

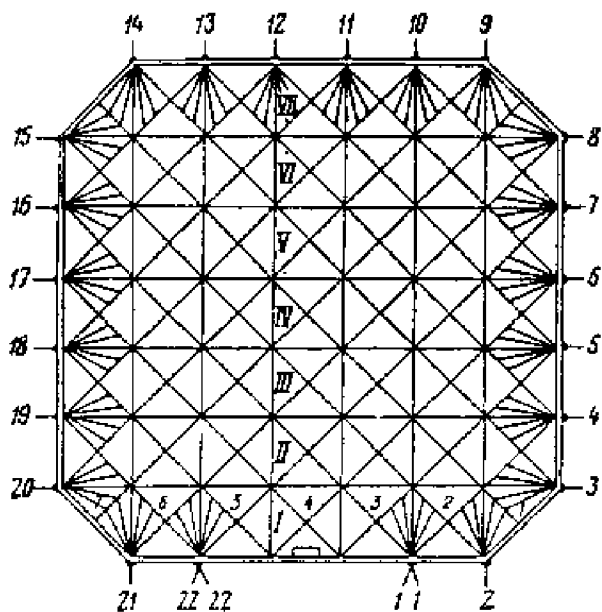
A korai ejtőernyőkupolák a "klasszikus" üres félgömb közismert magas légellenállási tényezője miatt félgömb, vagy közel félgömb szabásúak voltak. Ehez a konstrukcióhoz viszonylag kedvező nyílási terhelés és lengéstulajdonság tartozott.

A fejlesztés két uton indult el. Az egyik megoldás a kupolafelület kedvezőbb kihasználása - ez volt az u.n. alakos szabású kupolaforma. Gyakorlatilag a kupola középső része - a belépőél közeléig - kiterített sík, vagy valamilyen görbe felület (gömb-szelet, ellipszoid) a belépőél felé olyan szűkítéssel, amely a nyitott kupolának jellegzetes "gomba" képet ad, azaz a belépőél által határolt keresztmetszet kisebb, mint a kupola belépőél feletti kinyitott keresztmetszete. A alkalmazott belépőélszűkítés általában a kupola kiterített átmérőjének 10-14%-ára terjed ki. Ez a megoldás kedvező a nyílási terhelés és a lengés szempontjából. (Hazánkban ismert az ilyen szabású az RS-4 típusú ejtőernyő kedvező lengésállósága.)

EJTŐERNYŐKUPOLÁK AERODINAMIKAI JELLEMZŐI			
Kupola típus	Légellenállási tényező	Nyílási terhelésrelatív	Lengésszög (fok)

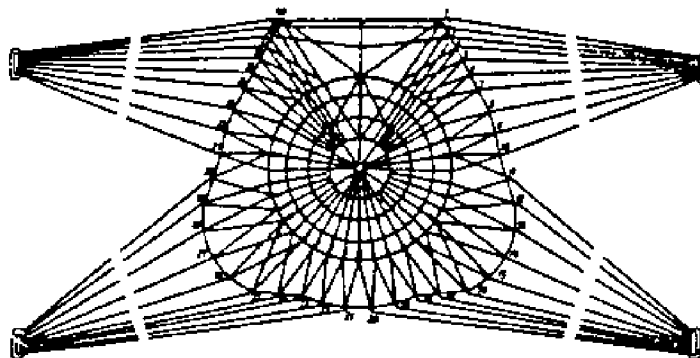
		mutatója	
Félgömb alakú	0,71	1,6	10-15
Alakos szabású	0,75-0,90	1,4	10-15
Kiterített sík - kör alakú	0,75-0,80	1,8	10-40
Kiterített sík - szögletes alakú	0,60-1,00	n.a.	n.a.
Kupos (conical)	0,75-0,90	1,8	10-30
Biconical	0,75-0,92	1,8	10-30
Triconical	0,80-0,96	1,8	10-20
Aeroconical	>1		
Téglyalapú alakú	1,00-1,60		

A másik alapvető fejlesztési irány a kiterített sík típusú kupola volt. Ennek sajátos - gazdaságos - formája a Szovjetunióban kialakított négyszögletes alaprajzú kupolatípus volt. Mint a táblázatból látható, magasabb volt a légellenállási tényezője a korábbi félgömbnél, elvileg nem érte el az alakos szabású, azonban ezt a jobb anyagkihasználás, egyszerűbb szabási technológia ellensúlyozta. A táblázat szerinti rosszabb lengési tulajdonságokat az alakból adódóan konstrukciós úton korrigálták: a kupola oldalain zsinórhely kihagyásokkal levegő kiáramló felületet alakítottak ki, amely a kupolának előrehaladást biztosított és automatikus beállást hátszélbe.

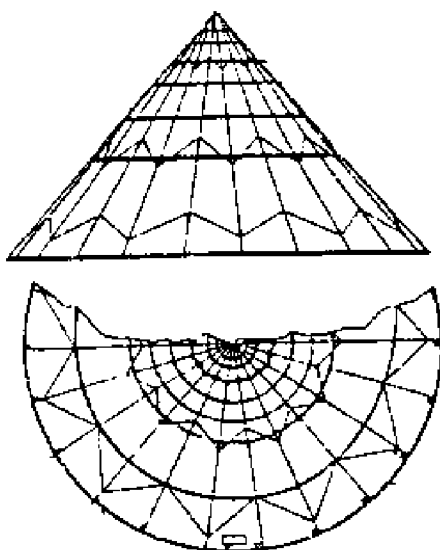


6.1. számú ábra.
Négyszögletes (kiterített sík) kupola
elrendezése. Az anyagszeletek római számokkal
jelölve.

6.2. számú ábra.
A német Kohnke-féle
háromszögletű ejtőernyő sémája.



Az alakos ejtőernyő fejlesztése a kupos (conical) formához vezetett, amelynek hátrányos tulajdonsága a nagyobb nyílási terhelés volt - ezt erősítésekkel kellett korrigálni. A tulajdonságok javítása érdekében



kialakításra került a bi-conical és a tri-conical kupolatípus. Mint az elnevezésük is mutatja, két-, illetve három kupból épültek fel - az alsó kupok (belépőélnél) kisebb kupszöggel ("hegyesebb" kupból) és a szélkémény felé egy-, vagy két lépcsőben növekvő kupszöggel. Ezzel a tri-conical már szinte ellipszoid formájúvá vált.

6.3. számú ábra.
A conical kupola szerkesztési sémája.

A kupolák kis sebesség melletti tulajdonságainak vizsgálata [52] kimutatta az ejtőernyő légellenállási tényezőjének változását a merülősebesség függvényében. Ennek jellege - főleg a lapos- és alakos kupoláknál - olyan, hogy alacsonyabb merülősebességnél (kisebb felületi terhelésnél) légellenállási tényező növekedés tapasztalható. Ez belátható, ha figyelembe vesszük az ejtőernyőkupola "rugalmas" voltát, azaz azt, hogy nagyobb felületi terhelésnél a kiterített kupolaátmérő kissé csökken (a zsinórok összebb húzzák a belépőél környékét), illetve az

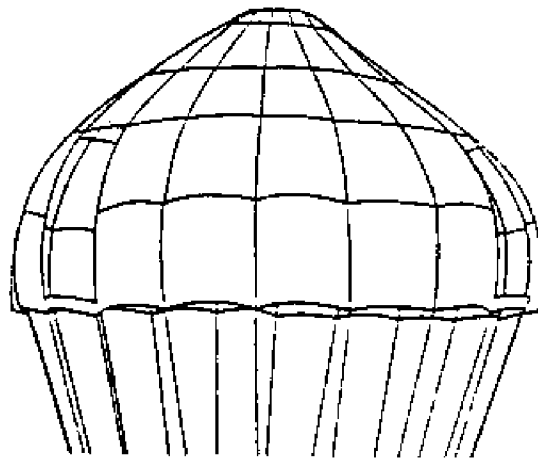
anyagok légáteresztőképessége is függ a nyomáskülönbségtől (felületi terheléstől). Ebből következik, hogy olyan ejtőernyővizsgálat, amelynél nem a megadott maximális tömeggel végzik az ejtőernyő üzemi adatainak meghatározását, hanem például kisebb testtömegű beugróval és az adatokat külön korrekció nélkül átszámolják, (vagy át sem számolják), félrevezető, hamis adatokat tartalmaz.

A hivatkozott vizsgálat [52] legérdekesebb eredményét a merev, félgömb alakú modell körüli áramlás analízise adta. Az áramlások alapján kiszámították Zsukovszkij-féle transzformációval a köríven - mint kupolametszeten - kialakuló felhajtóerőt és az egyrétegű rogalló szárny "S" profiljának megfelelő metszettel megvalósították az "aeroconical" alakot a következő adatokkal:

nyitott kupolaátmérő	4,87 m,
szelethossz (profil hurhossz):	3,05 m
profil iveltség:	20 %
számított állásszög (félkupszög):	38,6 fok.

6.4. számú ábra.

Aeroconical (réselt) ejtőernyőkupola nézete.



A téglalap alakú kupola igen magas légellenállási tényezője eddig nem került kihasználásra, mert ez a kupolafajta a szakirodalom [45] alapján erős alakinstabilitást mutatott, légcsavar alakot vett fel és erős forgásba ment, vagy a vertikális tengelye körüli lengésbe. (Feltételezhető, hogy korszerű technológiával - kisebb nyúlású, kisebb tömegű zsinórok alkalmazásával, merevebb kupolaanyaggal, stb. fel fog tűnni ez a fajta kupola is.

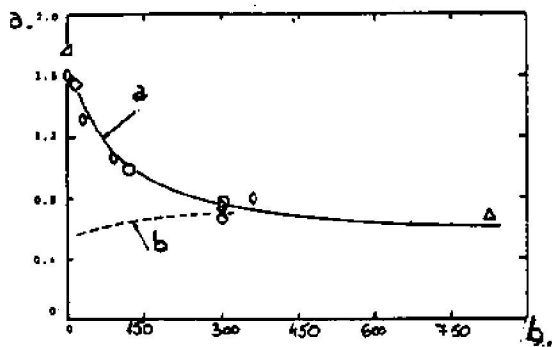
Az ejtőernyőkupola légellenállási tényezője növelésének - az alakhoz hasonlóan intenzív - módja a középzsínor alkalmazása. A középzsínorok alkalmazásával a sportejtőernyőzés területén a 60-as évektől sok tapasztalat gyűlt össze, nyilvánvalóan ez vezetett a mentőejtőernyőkhöz való alkalmazás vizsgálatához. [53] E vizsgálatok során kitűnt, hogy a középzsínor hosszának optimális mértéke - amikor legnagyobb a kupola légellenállási tényezője - a teljes szerkezeti hossz (kihuzott ejtőernyő hossza, amely a zsinórhosszat és a szelethosszat - fél kupolaátmérőt - jelenti) 75-80 %-a. Ettől eltérő középzsínor hossz már rosszabb légellenállási tényezőt ad, ha pedig a középzsínórhossz megközelíti a zsinórok hosszát, akkor az ejtőernyő nem nyílik ki.

A szélcsatorna méréseknél kimutatott közepes légellenállási tényező növekedése középzsínor alkalmazásával alakos kupolánál mintegy 30 %-os volt - 0,9-ről 1,2-re változott.

Nyilvánvalóan a magasabb nyílási terhelés miatt nem terjedt még el ez a fajta mentőejtőernyő, a függővitorlázó repülésben egy ideig feltűnt, jelenleg a siklórepülő ejtőernyőkhöz ajánlják egyes gyártók.

A 3.7. számú ábrán bemutatott tartalékejtőernyőnél - amely jelenleg egyedinek tekinthető - a rugalmas középzsínor nyorsítja a belobbanást kis sebességnél, a zsinór kinyulása pedig a terhelést csökkenti nagyobb sebességnél, merülés közben pedig - megfelelően megválasztott rugalmassági tulajdonságokkal - optimális lehet a sebesség. A rugalmas középzsínornál a nyilvánvaló probléma a rugalmassági tulajdonságok megfelelő beállítása, illetve biztonságos mértékének megtartása, ellenőrzése.

A korszerű szintetikus anyagok minőségi mutatóinak javulásával vizsgálat alá vonták a kupolaanyagok légáteresztő képességének 0 körüli tartományát.



6.5. számú ábra.

Az ejtőernyőkupolák és légellenállási tényezőik függése az alkalmazott kupolaanyag légáteresztő képességétől. [44] a/ légellenállási tényező, b/ a kupolaanyag légáteresztő képessége ($l/m^2/s$)

A 6.5 számú ábrából kitűnik, hogy az azonos kupolák légellenállási tényezője akár kétszeresére is nőhet 0-600 $l/m^2/s$ légáteresztőképességi tartományon belül, ha csökkentjük a légáteresztőképességet.

Ugyanakkor azt is észre kell venni, hogy ez a változás a 0 légáteresztőképesség körzetében igen gyors, tehát a kupola nyílási terhelésekor fellépő nyúlás, ha túllépi a rugalmassági határt, vagy kicsi az anyag hiszterézise (öregedés, nem megfelelő méretezés, karbantartás hiánya, egyszeri-, vagy többszöri túlterhelés, stb. miatt) akkor különösen kisméretű kupoláknál - ahol nagyobb a nyílási terhelés - jól mérhető mértékben megnőhet a merülési sebesség. (Körkupolás, 0 légáteresztőképességű anyagból készült, 1,6 értékű kiinduló légellenállási tényezőjű átlagos ejtőernyőnél kb. 0,8-1,0 m/s merülösebesség növekedés jelentkezik a légellenállási tényező minden egyes, 0,1 értékű megváltoztatása miatt, azaz minimális légáteresztőképesség növekedés esetén is.)

A légellenállási tényező értékét nagymértékben befolyásolja még az adott alak- és anyagcsoporton belül is a zsinórszám, zsinórhossz, illetve az ejtőernyőkupola és a felfüggesztett teher távolsága, valamint a felfüggesztett teher (előtest) által keltett turbulencia is. (45)

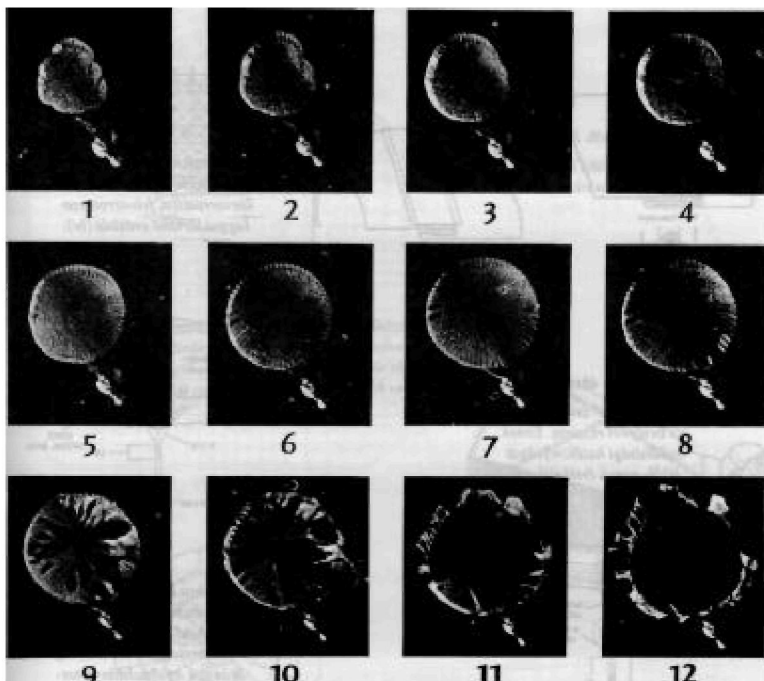
6.3 A kupola-konstrukciók fejlődése

Az előzőekben a légellenállási tényező növelésével kapcsolatos kupolakonstrukciókkal foglalkoztunk. Am eközben is feltűnt a nyílási terhelés csökkentésének lehetősége - kupola terhelhetőségének módosítása és a merülési tulajdonságok javítása egyes változatoknál.

A gyakorlat azt mutatta, hogy az ejtőernyőkupolák sérülése általában nem okoz kritikus helyzetet, az újabb használat előtt költségnövelőként jelentkezik, mivel az ejtőernyőt javíttatni kell.

A kupolasérülések veszélyes fajtáját elsősorban a kupolaközép kiszakadása, vagy a szelet olyan mértékű szakadása jelentette, amely megközelítette a szélkéményt és kiterjedt a belépőél elszakadására is. A kupola ilyen szakadása nagysebességű (lobogó) merüléshez vezet.

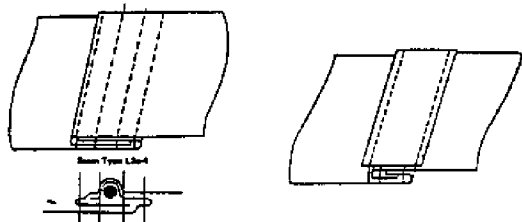
6. 6. ábra. Kupolaszétszakadás kísérleti dobásnál (28)



A belépőélszakadással teljes szeletsérülés pedig ismétlődő belobbanást és azt követő megnövekedő merülést okoz - ekkor szerencse kérdése, mikor lobban be a földetérés előtt utoljára a kupola¹.

A kupolák szilárdságát befolyásoló technológia-konstrukció a szintetikus szövetek elterjedése után döntő változáson ment keresztül. Míg a korábbi, természetes alapanyagú szövetek jellemzője a lánc- és vetülékirányú szilárdság különbözősége volt, addig az anyagkiszabásnál ezt fokozottan figyelembe kellett venni. Ugyancsak fontos dolog volt olyan "vázat" biztosítani a kupolának, amely felveszi és elosztja a terhelést és közben megadja az alakját is, mivel a szövött anyagok viszonylag magas nyúlási tulajdonságai kedvezőek a nyúlási terhelés felvételére, de nem megfelelőek az alak biztosításához.

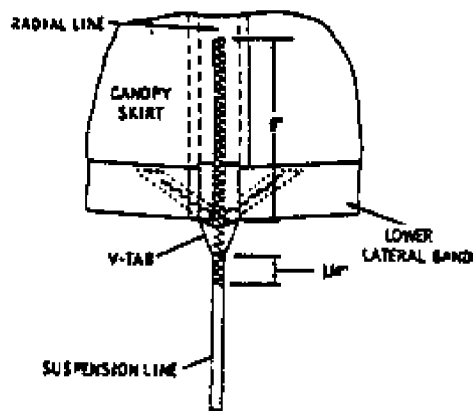
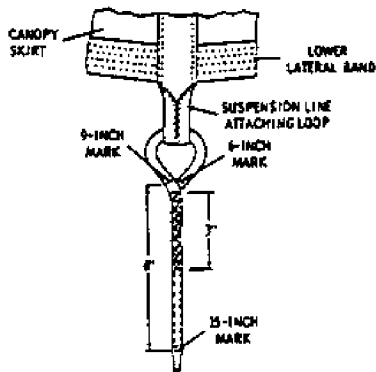
A megfelelő terheléselosztás és alak biztosítása érdekében a "klasszikus" ejtőernyőkupolán a szelethatárokon átmegy a zsinór és csak a belépő- és kilépőélen van rögzítve varrással, továbbá az átmenő zsinór rögzített mérete kisebb, mint a kupolaanyagból kiszabott szelethossz.²



6.7. ábra
"Klasszikus" zsinórátvezetés a szelethatáron (a) és korszerűsített, felvarrott szalaggal történő erősítés (b).

6.8. ábra

A "klasszikus" zsinórátvezetéses belépőél részlete. Ennek szilárdsági hatékonyságát 80%-osnak értékelik. (5)



6.9. ábra

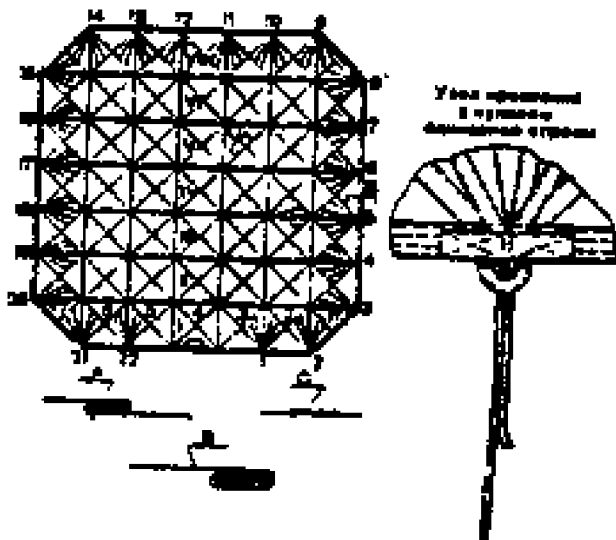
Erősítőszalaghoz csatlakozó (csak bontással cserélhető) zsinór - 90 %-os hatékonysággal. (5) (Itt még hiányzik az. oldalirányú terhelést viselő, 6.8. ábrán is látható "V" szalag.

¹ Az ejtőernyős sport nemzetközivé válása idején - az ötvenes évek első felében, a zárt, körkupolás "sportejtőernyők" kupolaszakadása komoly vészhelyzetnek számított, a megszokás alapján. Igen nagy bátorság és elszántság kellett ahhoz, hogy versenyen szakadt ejtőernyővel - tartalékejtőernyő nyitása nélkül - érjen a sportoló földet. Ám ez segítette felismerni az ejtőernyő réselési-, irányítási lehetőségét, ami az első igazi sportejtőernyők kialakulásához vezetett. Ugyancsak fontos felismerés volt, hogy egy-két szelet hiánya nem változtatja meg jelentős mértékben a merülősebességet.

² Ez a körülmény korábbi ejtőernyőknél, mint például hazánkban rendszeresített 49. m.gy.e.-nél a mért értékek szórását hozta magával. Bizonytalanság mutatkozik a felület mért adatok alapján történő kiszámításával, mivel a szelethatáron mért kupolaátmérő a zsinórokönál lényegesen kisebb, mint a szakaszosan, kifeszítéssel mért ténylegesen kiszabott és összevarrt kupolaanyagon mért szelethossz.

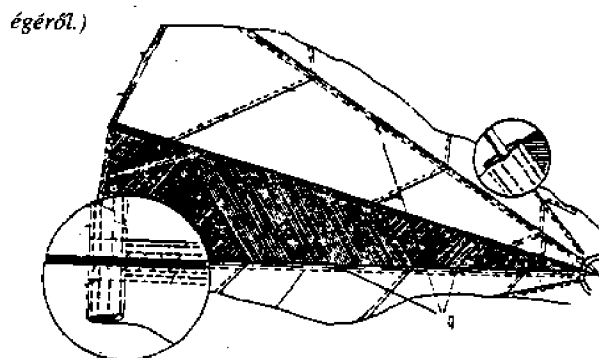
A hazai alkalmazású BE-8 típusú tartalékejtőernyő alapváltozatánál a kupola erősítő vázát jelentő szelet- és cikk határon lévő szalagoktól eltekintettek. Ez azzal a következménnyel járt, hogy a gyártási tűréseken belüli kupolaanyag inhomogenitás a kupolaalak olyan változásait okozta, amely szinte minden egyes kupola más- és más fordulási-, stabilitási-, süllyedési tulajdonságokat mutatott. A hazai légiakalmassági vizsgálatok alapján tett javaslatok után került sor a gyártó részéről változtatások bevezetésére: minden második szelethatárra erősítő szalag került és a kupolára is körkörös erősítőszalagot varrtak fel.

Az erősítőváz konstrukciójához illeszkedik a zsinór-csatlakozás megoldása is. Ma már a korszerű ejtőernyőknél a zsinórokat a kupolánál varratmegbontás nélkül lehet cserélni a hurkolt csatlakozás miatt.

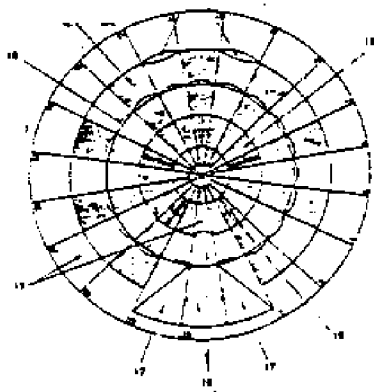


6. 10. ábra.
A PLK-45 típusú ejtőernyőkupola és hurkolt zsinórcsatlakozása.

6.11. ábra
Típusos ferde cikkszabású kupola sémája. A vonalkázott irány, a szálirány. A cikkek szálirányra merőleges mérete a szövet szélességének felel meg. (b-vel jelölve a kiegészítő kupola-zsinór rögzítés. A kupola T-2 típusú sportejtőernyő az 50-es évek végéről.)



6.12. ábra. Blokk típusu cikkekből kialakított EFE 505 típusu kupola.

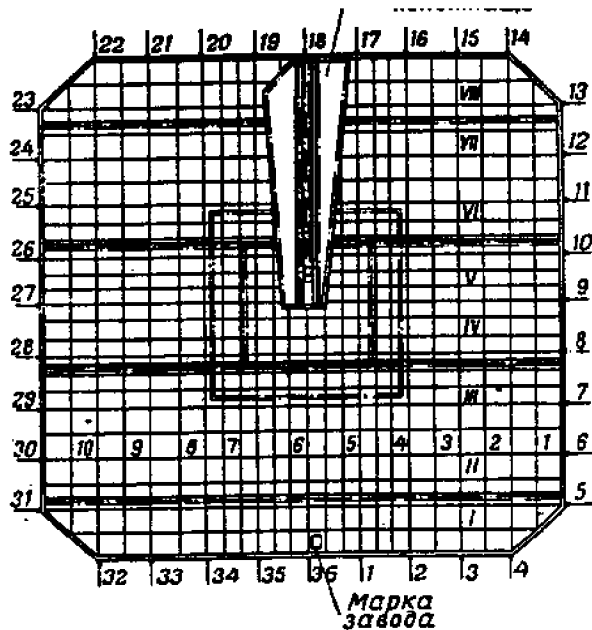


A 6.10. számú ábra jó példa arra a konstrukciós szempontra, hogy viszonylag kis szilárdságú erősítőszalaggal osztják el a terhelést és ezek egyesítésével érik el a megfelelő zsinórcsatlakozási szilárdságot.

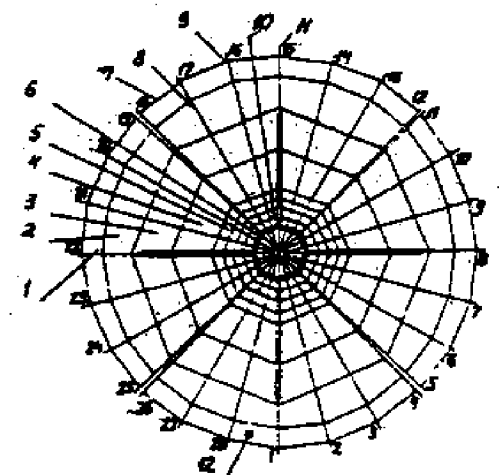
A kupolaanyagok lánc- és vetülékirányú inhomogenitása miatt szilárdsági szempontból kedvezőbb a ferde cikkszabás.

A homogén tulajdonságú - különösen a hálóerősítésű - szintetikus szövetek alkalmazásánál előtérbe került a szeletek "blokk" típusú szabása. Általában a cikkek radiális irányú mérete megfelel a szövési szélességnek.

A cikk-szabás speciális formájaként értékelhető a 6.1. számú, illetve a 6.10. számú ábrán bemutatott négyzetes kupola.

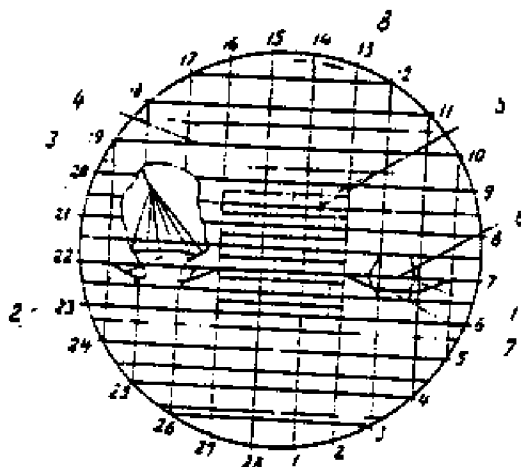


6.14. ábra. Az SZ-4U típusu ejtőernyő kupolája.



Másik speciálisnak nevezhető kupolaszabás - amely a mentőejtőernyő tömegének minden áron való csökkentését célozza - a függővitorlázók, a siklórepülő ejtőernyők, illetve az ultrakönnyű léghajművek mentőejtőernyőinél tűnt fel. Ezeknél egyes gyártók a teljes szeletet egy cikkből alakítják ki erősítés, vagy cikkhatar varrat nélkül. A megoldás megbízhatósági szempontjából csak kettős-, vagy hármas kupolafürtöknél megnyugtató.

6.13. ábra SZ-1 típusu ejtőernyőkupola.



6.15. ábra.
Az SZ-5 típusu ejtőernyő kupolája.

6.16. ábra A SKYSAIL E típusú kupola.

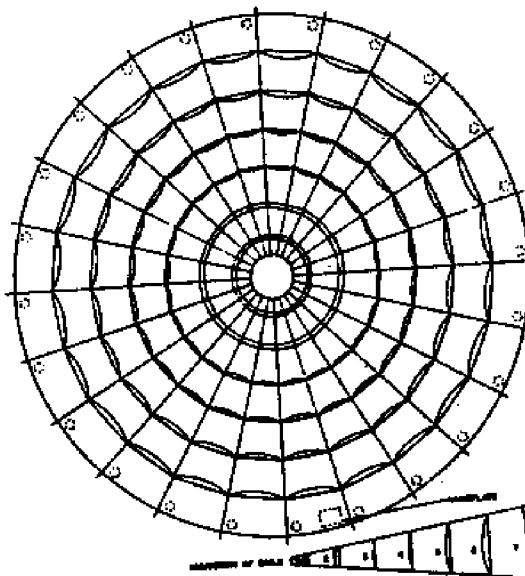
A korszerűsített ejtőernyőknél felismerhető a 6.6. számú ábrán bemutatott jelenség kiküszöbölésének tendenciája. Különösen feltűnő a "klasszikus" cikkszabású kupos kupolán (6.3. számú ábra) elhelyezett - és a kupola közepén nagyobb számban alkalmazott - körkörös erősítőszalag rendszer.

Az SZ-1 típusú ejtőernyőkupolán, (6.13. ábra) amely a PLK-45 továbbfejlesztett változata, a következő jellegzetességeket találjuk:

- a kupolán már nincs zsinórkihagyással biztosított "vezérsík" és kiáramló nyílás, azaz megszűnt az ejtőernyő előre haladása,

- a kupola közepe külön megerősített,

- a 18. számú zsinór körzetében védőborító van felvarrva, amely az élettartam alatti hajtogatásnál, belsőszákból való kicsúszásnál megvédi a kupolát a kopástól³



6.4. A kupolák ereszkedési tulajdonságai

A kupolák ereszkedési tulajdonságait - a merülősebességen túl - a lengéshajlam, lengési tulajdonság és az irányíthatóság szempontjából kell értékelni.

A lengéshajlamról már volt szó, ez sok esetben a nyílási tulajdonságok szabályozásával függ össze (konstrukciós légáteresztés, kupolaalak, zsinórszám). A lengéshajlam problémája csak akkor jelentős, ha meghalad bizonyos értékeket, ha nem csillapodik. A lengéshajlamnak létezik egy olyan formája, mint a

³ Hazai kupolasérülés elemzések azt mutatták, hogy a vékony anyagból készült mentőejtőernyőkupolák a rendszeres hajtogatás miatt főleg azon az oldalon sérültek, amelyik oldal (szelet) a rendeltetésszerű hajtogatásnál kívül volt, csúszhatott az asztalon, durva hajtogató ponyván. A gyártók ezért határozzák meg nagyon pontosan a hajtogatás módját, alátét alkalmazását hajtogatás közben (pl. SZ-4 típusnál - L. a Kézikönyvét), illetve ejtőernyő szilárdsági vizsgálatánál a mintadarabokat innen veszik, hiszen ez a leggyengébb része a kupolának.

Az SZ-sorozat (SZ - Szpaszatyelnűj - mentő) 6.14. számú ábrán bemutatott változatán kifejezettebb a középső kupolarész erősítése és olyan ejtőernyőirányításra (és nyílási terhelés csökkentésre) szolgáló rések kialakítása, amelyek hatása csak akkor érvényesül, ha az ejtőernyőt használó személy az irányítózsinórt meghúzza.

Az SZ-5 típusú ejtőernyőkupola konstrukciós légáteresztésével, amit a radiális rések valósítanak meg, nagy sebességen szalagejtőernyőként viselkedik, de alacsony sebességen is elég gyorsan nyílik.

Ugyancsak konstrukciós légáteresztő képességet alkalmaztak a nyílási terhelés csökkentésére az amerikai haditengerészetnél NES-8 típusként rendszeresített SKYSAIL E típusú kupolánál - ez mintegy körkörös elrendezésű szalagejtőernyő.

Az SZ-5 típusú ejtőernyőkupola jellemző példája lehet annak, hogy az ejtőernyő leegyszerűsített földi vizsgálata mennyire megbízhatatlan. Ilyen "vizsgálatokat" ultrakönnyű légi járművekhez és siklórepülő ejtőernyőkhöz gyártott mentőejtőernyőkkel végeznek el hozzá nem értők, gépkocsi vonatattással, s amikor a huzóerő (kupola fékezőereje) eléri a kívánt értéket, a vontatás sebességét veszik a merülősebességnek. Az SZ-5 típusú ejtőernyőkupola 8-10 m/s-os szélben a földön nem lobbantható be, miközben ugyanaz a kupola 6-7 m/s-al merül. A különbség élesen jelzi a földfelszín fal-hatását és a vontató jármű keltette erős turbulencia befolyását - erre természetesen a zárt, kifelületű kupola ellenkezően "reagál" - megnő az ellenállási tényezője.

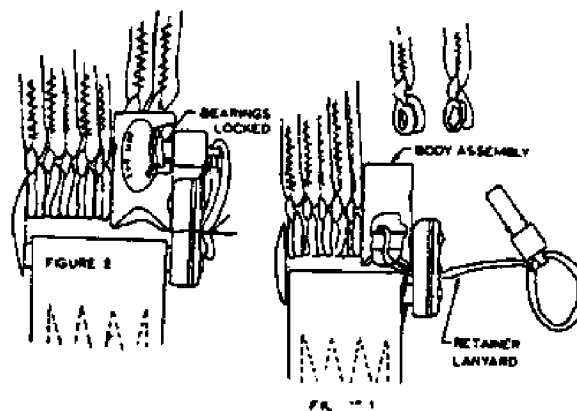
kupola hosszirányú oszcillációja - lélegzése. A lengés és lélegzés közös jellemzője: meghatározott frekvenciával változik a merülösebesség.⁴

Ha a merülösebesség változás (növekedés) kismértékű, akkor e jelenségeket nem ítélik negatívan. Ha viszont a lengési tulajdonság olyan, hogy a lengés tartósan megmarad, vagy erősödik, illetve a lengés (légzés) bizonyos szakaszaiban jelentékenyebben megnő a merülösebesség, akkor azt negatívan kell megítélni. Általában a magas konstrukciós légáteresztésű kupolák - vagy irányíthatóak - kedvezőbb lengési tulajdonsággal bírnak, ezért sok esetben a gyártó a rossz kupolát réseléssel javítja ki.

A kupola lélegzési tulajdonsága, hajlama könnyen vizsgálható: merülés közben rá kell ütni valamelyik hevedercsoportra és ez kiválthatja az érzékelhető/látható légzést. Egyes kupolák (pl. BE-8) ilyen légzésből lengésbe is átmehetnek.

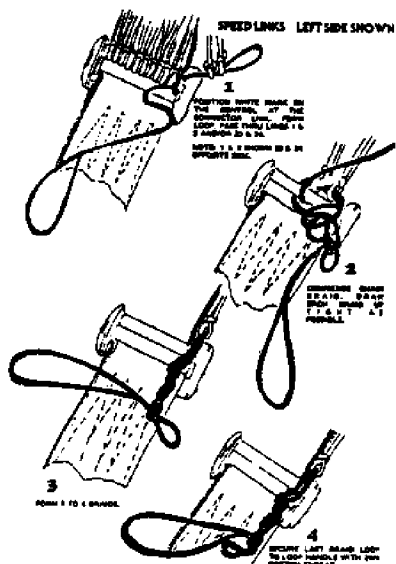
A lengés/lengéscsillapítás is megfigyelhető: hevedercsoport lehúzása után hirtelen fel kell engedni (pl. a két első hevedert), mire az ejtőernyő lendül, vagy lengésbe kezd.

A kupolából kiáramló levegő reaktív hatása a PL-3 kupolánál rendkívül kedvező a stabil merülés szempontjából - nem leng az ejtőernyő, s a kupola irányítható. Azonban ez az irányíthatóság, az ejtőernyő előre mozgása hátrányként is mutatkozott: ejtőernyő irányításra képzetlen-, vagy -képtelen személy nehéz helyzetbe kerül, amikor az ejtőernyő hátszélbe áll és a szél sebességéhez földetéréskor hozzáadódik az ejtőernyő vízszintes sebessége is.



6.17. ábra.

A Para-Gear cég L and R rendszere.



6.18. ábra.

A GQ Security cég zsinórleoldó rendszere.

Az SZ-sorozatú ejtőernyők bemutatásánál jól nyomon követhetjük a változtatás irányát: megszüntették a kupolairányítás lehetőségét, illetve aktív tevékenységhez kötötték - például az SZ-4U-nál.

Az Egyesült Államok Légieréjénél az ejtőernyő aktív irányításához több olyan javaslatot elbíráltak a 60-as években, amelyek a normál körkupola hátsó négy zsinórjának feleresztésére vonatkoztak. E zsinórok feleresztését a javaslattevők szerint vagy különböző csomózások feloldásával, vagy speciális, kiegészítő csattal lehetett végrehajtani a nyílás után. A zsinórfeleresztés miatt felemelkedő kupolaél alól kiáramló levegő reaktív hatása mozgatja a kupolát előre és az adott oldali heveder húzásával a haladási irány módosítható.

⁴ Ugyanez a jelenség a földetérési sebesség csökkentésére is felhasználható, mert kitapasztalva a kupola légzési tulajdonságát (ami a lengésbe indulás első fázisa) a földetérés előtt 1-2 m magasan belélegeztetve a kupolát a merülösebesség a földetérés pillanatára lecsökken - ugyanez magasabban végezve: megnő a merülösebesség, vagy kialakul a földetérésig a lengés.

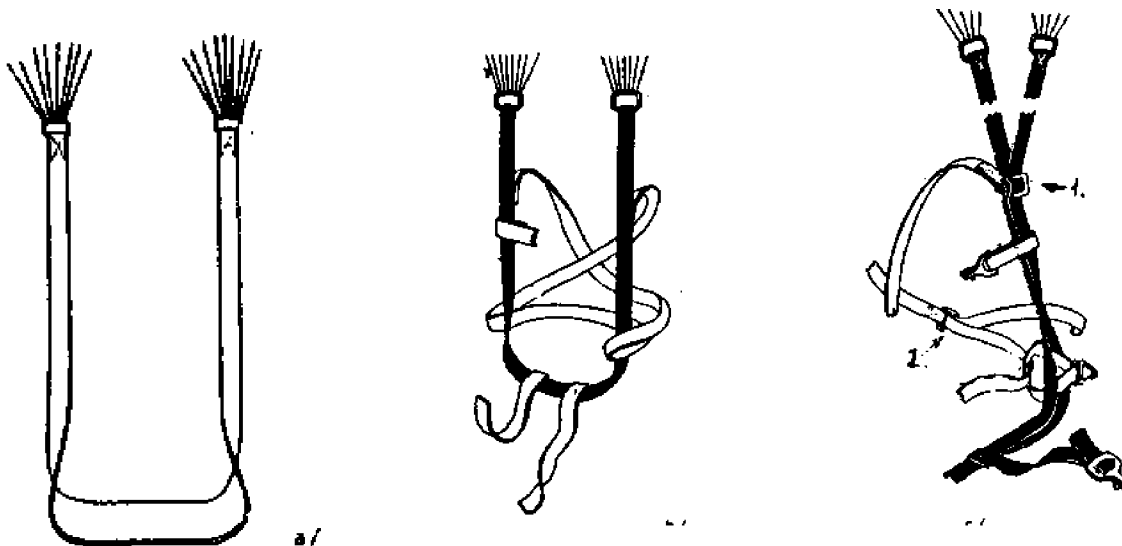
Végeredményben azonban az amerikai légierő olyan megoldás mellett döntött, hogy négy feleresztendő zsinórt piros színnel megjelöli és a pilótának ezt kell késsel elvágnia, ha az ejtőernyőjét irányítani akarja. (5)

7. HEVEDERZET, FELFÜGGESZTÉS

A hevederzet/felfüggesztés egyesíti az ejtőernyőt a felhasználóval - s mint ilyen a nyílási terhelést átviszi/elosztja, vagy csökkenti, biztosítja a földetérés megfelelő helyzetét és gyors- és megbízható ejtőernyő-leválasztást.

A hevederekkel szemben támasztott követelmények fontos része a heveder merevsége, ami kapcsolatban áll a vastagságával és szélességével. Ezt a feltételt korábban a természetes szálak anyagokból és a "hagyományos" poliamid/poliészter szálakból készült hevederek - a szilárdsági megkötés miatt - automatikusan teljesítették. Azonban az új szintetikus szálakkal ma már készíthető sokkal kisebb geometriai méretű heveder is, azonos szilárdsággal.

A csattokhoz igazodó szélességű, de vékonyabb (kisebb keresztmetszetű) hevederek problémája a lehetséges megcsavarodás észrevétlensége, illetve a keresztirányú összegyűrődés, ezáltal használat közben a keskenyebb felületen való felfekvés lehetősége. A keskenyebb felületen való felfekvés - főleg a tartósan viselt mentőejtőernyőnél - kényelmetlenséget okozhat, (nem beszélve a nyílási terhelés kellemetlen hatásáról) és ennek kiküszöbölésére még vastag hevederek alkalmazásánál is kiszélesítik, párnázzák is a hevedert.



7. 1. ábra.

A klasszikus heveder felépítés sémája. a) főkörheveder, mint fő teherviselő rész, b) a testet körülfogó váll-, öv-, mell- és lábhevederek, c) vasalásokkal, csatokkal ellátott heveder.

A hevederek tömegének csökkentése mindig napirendre került, amikor csökkentették az ejtőernyő tömegét. A 30-as években Olaszországban készített Salvador-ejtőernyőpél a heveder fő részét egy széles öv jelentette. Azonban világszerte, ma is a mentőejtőernyő hevederek nagy része megőrizte az Irvin-féle felépítést, célszerűsége miatt.

A hagyományos hevederzet fiziológiai előnyei belát hatók:

- a felfüggesztési pont jól beállítható a váll elejére (7.1. c) számú ábra 1. pont). Ezáltal a hevederrészeket egyesítő csat nem nyomja a vállat, kulcs-csontot, a nyíló ejtőernyő húzása a testet

függőleges helyzetbe fordítja a nyílási terhelés fogadásához⁵ (ha a zsinórzat nem a tokfenékre van felfűzve, ezzel a fő teherviselésre kiválasztott és megerősített főkörheveder veszi fel- és osztja el a terhelést),

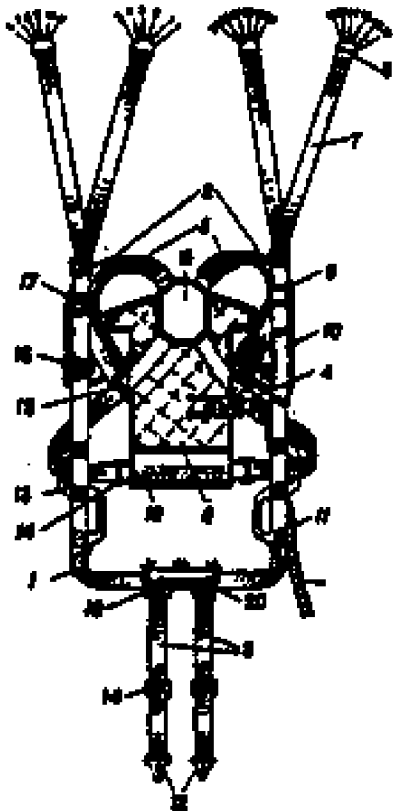
- a test elején lefutó - helyesen beállított módon - a combok alatt körbefutó főkörheveder a combizmok-, illetve a felsőcomb mozgatása révén kedvező amortizációt ("fékutat") biztosít a testnek nagy nyílási terhelésnél és megtámasztja a testet,

- a felfüggesztési pont olyan testhelyzetben tartja az ugrót, hogy az - átlagos feltételek között - eszméletlen állapotban, vagy más okból cselekvésképtelenül "banán" típusú földetérési technikával, újabb sérülés nélkül érföldet: nem gyűrődik alá a lába, mint történne függőleges földetéréskor,

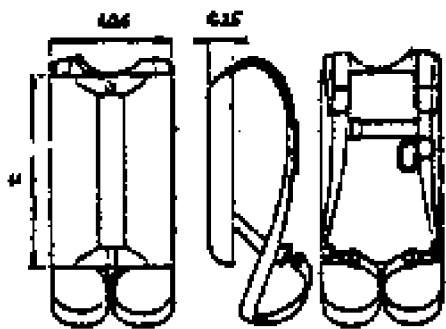
- a heveder ülő-része lehetővé teszi a mélyebb beülést és ezzel a függő heveder csatjainak kicsatolását a kiesés veszélye nélkül - például vízetés előtt, vagy fáraérés után.

Az ejtőernyőtől való gyors megszabadulás érdekében a hevederzetet már a 30-as években egy ponton nyitható (központi) zárral látták el, amelynek segítségével a vízbeérés-, illetve földetérés után gyorsan meg lehetett szabadulni az ejtőernyőtől.

Az egyponthoz ellátott hevederzetet a 40-es évekre a deszant ejtőernyőknél is bevezették (Szovjetunió, Egyesült Államok, Anglia), azonban hamar lekerült a rendszeresítésről. Ez nyilvánvalóan összefüggött olyan balesetekkel, amikor kiesett valaki a hevederből, ezért a 60-as évektől a központi zárral ellátott ejtőernyőknél csak a hajózó mentőejtőernyőnél maradt meg⁶.



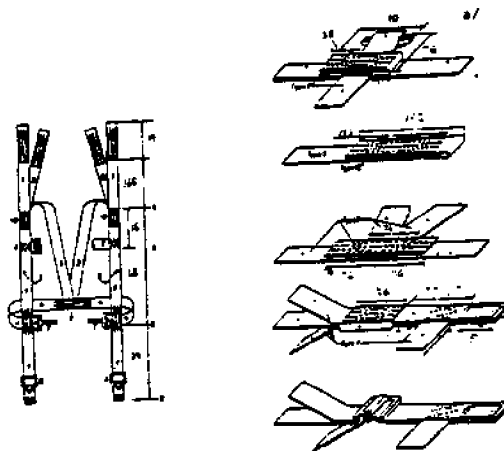
7.2. ábra. Központi zárral ellátott ejtőernyőheveder sémája.



gátasztatását, merevítését végző gerincoszlop a test egy függőleges terheléssel járó katapultálások vizsgálatánál előforduló sérülések megelőzésére. Tudni illik, hogy a függőleges terhelés a gerincoszlopra igen kedvezőtlen hajlító terhelés hat, ami utúléléseknél ezért külön mechanizmus gondoskodik a test ával.

k, mivel például akorábban évtizedekig sikeresen használt orsulással járó alkalmazásoknál (katapultálás) véletlenül a megállapítást, hogy minden újfajta mentőrendszer, vagy rak kell megvizsgálni.

7.3. ábra. BETA típusú mentőejtőernyő és hevederzetének vázlata.(61), a) az ejtőernyő általános nézete, b) a hevederzet felépítése, c) hevederzet csomópontok megoldásai.



Napjainkban folyó törekvés a hevederzetek tömegének csökkentésére részben a hevederanyagok könnyítésére, részben a vasalások számának és tömegének csökkentésére irányul.

A hevederanyagok tömegét a korszerűen feldolgozott (nagyzilárdságú) szintetikus szálak, illetve az igen magas zilárdságú újfajta műanyagok alkalmazásával kívánják csökkenteni. Ennek azonban - a merevségi-szélességi feltételeken kívül, amely teljesíthető könnyű, felvarrt párnázattal - anyagtulajdonságyártástechnológiai feltétele is van. Tudomásul kell venni, hogy a "hagyományos" poliamid szál rugalmassága és a viszonylag vastagra szövött hevederanyag fonatainak mozgása igen jó energia elnyelőképességet biztosít. Ezzel szemben, a kisebb nyúlási tulajdonságú, nagyzilárdságú szálak, a kisebb keresztmetszetű hevederanyagok a dinamikus terhelés szempontjából hátrányosan viselkednek - mintegy feszültség gyűjtőként szerepelhetnek. Az ejtőernyős sportugrásban napjainkban alkalmazásba vett 25 mm széles szalagból készült hevedervegek szakadása komoly figyelmeztetést jelent.⁷

A vasalások számának csökkentése bizonyos kompromisszumokkal jár. Ilyen tényező az állíthatóság lehetőségének módosítása (beszűkülése) és a heveder-konstrukció átalakítása.

Ilyen kompromisszum például a főkörheveder elhagyása és különálló lábhevederekkel való helyettesítése. Ezzel a megoldással a főkörhevederen 2-4 állítócsat szüntethető meg, de csak akkor, ha a hevederen a lábcsat rögzítési pontjának módosításával legalább 2-3 főbb méretcsoportot alakítanak ki. Másik hátránya ennek a megoldásnak, hogy megszűnik a hevederbe ülés lehetősége.⁸

Azonban ilyen típusú lábhevedernél igen nagy gondot kell fordítani arra, hogy sem a nyitási terhelése, sem a hevederben való függés ne okozzon olyan ér-elszorítást a comb belső oldalán, ami veszélyes lehet. (60) Itt nyilvánvaló különbség van az ejtőernyős ugrók izomzata, ugrási szokásai, gyakorlottsága, hevederbeállítás ismerete és gondossága, valamint a hajózók gyakorlata és ejtőernyő-alkalmazási körülményei között.

Még egy jellegzetességre kell rámutatni a 7.3. számú ábra kapcsán. Hasonló felépítésű hevederek immár hosszabb ideje alkalmazásban vannak a sportejtőernyőzésben és a 7.3. b/ számú ábra c. csomópontjának megfelelő megoldásoknál utólagosan külön erősítő/záró varratot kellett alkalmazni. Ez a hevederzet sémájából következik: a fix méretű övheveder, amely szoros, hogy a tokot a háthoz szorítsa, a

⁷ A hazai gyakorlatban az RL-10 típusú sportejtőernyő nyíláskésleltető zsinóros változatainál a zsinórokra védőborítót varrtak, hogy megóvják a zsinórokat a reefelő zsinór-koptató hatásától. A rögzítés és a zsinórvégek elvarrása sűrített cikk-cakk öltéssel (lakatolással) történt. A zsinórszakadások elemzése alapján kitűnt, hogy közvetlenül a sűrített öltések alatt történik a legtöbb zsinórszakadás - a szomszédos zsinóroknál és a használt kupoláknál egy idő után kézzel kitapintható volt a merevített pont alatt a zsinór keresztmetszetének a csökkenése - kontrahálódása - azaz a feszültség gyűjtés hatására bekövetkezett maradandó deformáció.

⁸ Az RS-4/3 típusú gyakorló ejtőernyőnél hasonló típusú hevederzet volt, azzal a különbséggel, hogy a két lábheveder egy kis betéttel volt egyesítve, ami nem helyettesítette a főkörhevedert. Az egy mérettel készült hevederzetnél a főkörheveder mérete az övhevederrel volt kissé módosítható - de ez csak a feltöltésnél funkcionált a célnak megfelelően, a levegőben, terhelés hatására nem. Nyilvánvalóan víz- és fáraérési problémák miatt is az RS-4/4A változat utolsó sorozatainál már a gyártó visszatért a "hagyományos" főkörhevederhez.

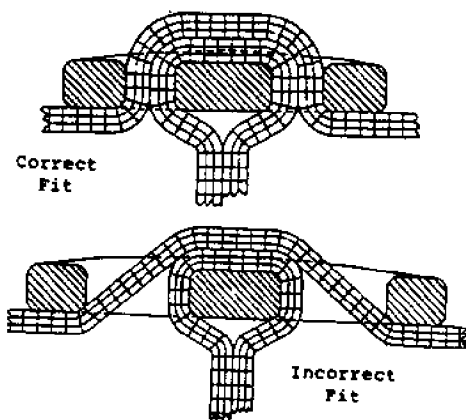
teherviselő főkörhevedert-lábhevedert a jelzett pontban megtöri. Ez a megtörés pedig az egyes öltéseket terheli (túlterheli), egymás után szakadnak el a szálak. A megoldás - megtartva az alapvető konstrukciót - egy terheléselosztó gyűrű beépítése (újabb vasalás, igaz, könnyebb) ebbe a pontba, amely három hevedert egyesít: a lefutó főkörhevedert, az övhevedert és a különálló lábhevedert. (A negyedik, a lábheveder csatját tartó heveder beépítése azért nincs említve, mert bebújós-típusú, csúszócátos sportejtőernyő hevederről van szó.) A probléma fenn áll, azonban a sportejtőernyős-típusú megoldás ebben a formában nem alkalmazható, valószínűleg bizonyos tapasztalatok alapján születik majd rá megoldás a mentőejtőernyőnél.

A kialakult vasalások biztonságos és megbízhatósága bebizonyosodott. A hagyományos, évtizedekig használt vasalások, elhelyezések és gyártástechnológiák részletes vizsgálat és tapasztalatszerzés nélkül problémákkal jártak. (Pontosabban, a sportejtőernyőzés - mint már többször volt szó róla - igen jó tapasztalati forrás, mert magasan képzett ejtőernyősök állandó ellenőrzés alatt tartják az ejtőernyőket.) Néhány példa, ami a hazai gyakorlatban kitűnt:

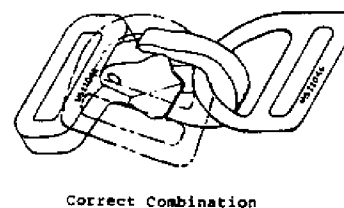
- A fix állítócsatok kovácsolás helyett préssel készült az UT-15 típusú sportejtőernyőnél és a használat során kitűnt, hogy az élük - amely le volt sorjázva - a hevedereket bevágta. A hatás megszüntetésére kiegészítő betétet kellett varrni a hevederekre,

- A PS-014 típusú leoldózárhoz csatlakozó tartalékejtőernyő lapos karabiner, oldalhelyzetű tartalékejtőernyő nyitásnál műszakilag összeférhetetlennek bizonyult a csatlakozó résszel, a zárónyelv leszakadt, a karabiner horga deformálódott, vagy ki is akadt attól függően, milyen gyártási sorozatból származott a karabiner.

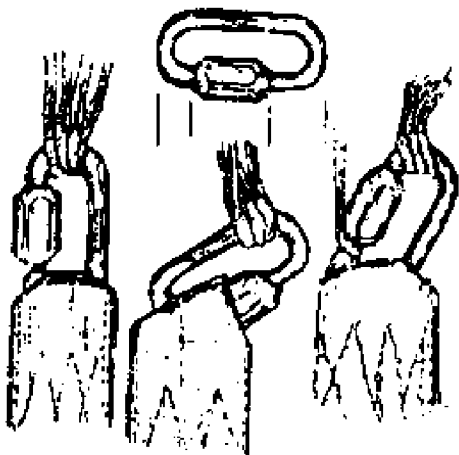
- A korábban Csehszlovákiában, főleg forgácsolással készült heveder dugasz-zárak az NDK gyártmányú ejtőernyőkhöz egy folyamatos technológiai változtatáson mentek át, végeredményében nagy mértékben lecsökkent a tömegük, igen magas szintű gyártástechnológiát képviseltek, de a gyártási tűrések összegződése miatt elég nagy valószínűséggel lehetséges volt az akaratlan kinyílásuk.



7.4. ábra
Helyes- és helytelen heveder fix állítócsat párosítás.



7.5. ábra
Példa a műszaki összeférhetőségre (felső) és összeférhetetlenségre. Az utóbbinál a csat elfordításával kinyitható a karabiner.



7.6. ábra

Csavaros karabinerek elhelyezése és problémái a hevedervégeken. Fenn: a "hosszabb rész" értelmezése. Balról-jobbra: - helyes elhelyezés, - helytelen elhelyezés következménye, - zsinórelmozdulás lehetősége.

A felsorolt példák, amelyek a hazai gyakorlatból ismertek, kiegészíthetők az egyes közleményekből, vagy közvetett tapasztalatokból a nálunk nem-, vagy nem elterjedten használt vasalások, vagy azok beépítésének, párosításának hasonló problémáival.

Napjaink hasonló gondja a korábbi D-csatok, vagy a már szétszerelhető D-csatok helyett használt "francia-szemek" - a csavaros karabinerek biztonsága. Ezek a karabinerek könnyű kezelhetőségük miatt igencsak alkalmasnak bizonyultak a siklóejtőernyők, illetve

tandem-rendszerek - és ma már a mentőejtőernyők - zsinórzatának és a hevederzet egyesítésére. Már 1979-ben felvetődött az úgynevezett 5. számú (4,76 mm-es) szemek alkalmazási problémája. Ugyanis ezek a csavaros karabinerek viszonylag alacsony terhelést viselnek el, jelentős a terhelés hatására bekövetkezik a deformációjuk. (44) Felmerült már az elhelyezés problémája is, nem mindegy, melyik vége (rövidebb, vagy hosszabb) kerül a hevederbe, alulra. (63)

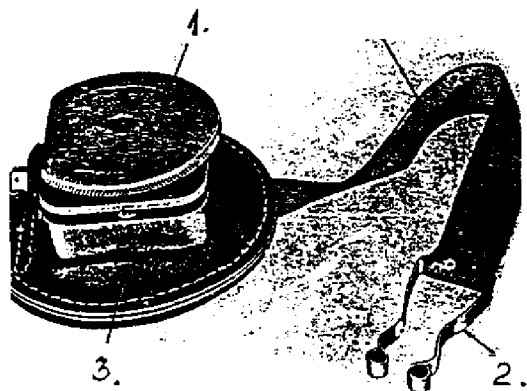
7.7. ábra

A francia-szemekre ajánlott zsinórvédő felhelyezési sémája.

Ez a gond a siklórepülő ejtőernyőknél is jelentkezhetett, a gyártók legegyszerűbb megoldásként hőre zsugorodó, átlátszó műanyag csővel fogják le az ilyen karabinereket a hevedervégen. Az ejtőernyőtechnikában a megoldás másfajta: 1993-ban megjelent az ajánlott zsinórvédő, amely két oldalt összevarrott szalagból áll.

A korábban jól bevált megoldások újszerű alkalmazásai is okozhatnak gondot. A 30-as évektől több országban használt pilótaejtőernyő egyponos zár (autoflug-típusként volt ismert hazánkban még az ötvenes években) biztosítása kettős: egy távtartó rugó kihúzása után el kell fordítani a felső részt és benyomni a mellé - ekkor nyílik ki a zár. A

hevedervégeken lévő szemekbe a hevedercsatok bedugásakor leélezett hengerek pattannak be rugók segítségével. A könnyű, erőlködés nélküli zárás lehetőségét a hengerek alatt lévő rugók biztosítják.



7.8. ábra.

Egyponos zár (AUTOFLUG-típusu). 1- elfordító gomb, 2- biztosító (távtartó) rugó, 3- alátét.

A katapultüléseken való használat során több olyan eset fordult elő, amikor a pilóta kiesett a hevederből, vagy csak egyszerűen kinyílt a zár és a pilóta meg tudott kapaszkodni a földetérésig a hevederben (64). Ennek - földön is előidézhető okát - abban találták meg, hogy a pilótára/hevederzárra nagy gyorsulás

(lassulás) hatott a katapultálásakor (ami a zárra mért ütéssel szimulálni lehetett), ennek következtében a záróhengerek a rugó ellenében elmozdultak - kinyílt a zár.

Az ejtőernyők egyes részeinek egyesítése - főleg a kisernyők és a szélkémény zsinórait összekötő csatolótag, vagy annak konstrukciója okozója lehet az ejtőernyőkupola rendellenes-, vagy nem megfelelően eloszló terhelésének. Alapelveként szolgálhat, hogy az olyan helyeken, mint a szélkéményen átfutó zsinórok, a csatolótag nem szoríthatja össze a zsinórokat, a zsinóroknak nyílási folyamat közben szabadon - a terhelés hatására - el kell tudni mozdulniuk. Azaz, itt hurkolt, vagy szoros csomóval végrehajtott csatlakoztatás megengedhetetlen, mert az ilyen csomó véletlenül elmozdulva aszimmetrikus terhelést visz a kupolára.⁹

A mentőejtőernyők másik - sajátos - egyesítő eleme az ejtőernyőt és a légijárművet egyesítő csatolótag. Ennek a csatolótagnak a funkcionális célja az ejtőernyőkupola eltávolítása a légyjármű elakadó részeitől, az alatta függő légyjármű aszimmetriája miatti forgás felvétele (ne csavarodjon be a zsinórzat) és ami a legfontosabb, az ejtőernyő a légyjármű lehetséges turbulenciáján kívül legyen.¹⁰

A hosszú csatolótag alkalmazása megoldotta azt a problémát, ami a korszerű sportejtőernyők mellé nyitott, hagyományos tartalékejtőernyő alkalmazását korlátozta - azt, hogy a viszonylag kifelületű, nagy felületi terhelésű hibásan működött főejtőernyő becsavarja, bezárja a tartalékejtőernyőt.¹¹

A megoldás - hasonlóan a korai gyakorló ejtőernyőkhöz - a sportejtőernyőzésben az volt, hogy olyan kifelületű, kicsi zsinórhosszúságú tartalékejtőernyőt alakítottak ki (PZ-81), amely a nagy felületi terhelése miatt "keményebbnek" bizonyult, mint a hibás főejtőernyő és a főejtőernyő kupolája alatt nyílik ki, így a főejtőernyő kupola turbulenciába kerül, összeomlik. A siklóejtőernyőknél azonban ez a megoldás csak akkor járható feltételeken, ha a tartalékejtőernyő kinyitása után a főejtőernyő kupolát valamilyen módon semlegesítik (leoldják, vagy behúzzák).

A siklórepülő ejtőernyőzés mentőejtőernyőinek első változatainál a függővitorlázó repülés tapasztalatait alkalmazták sikeresen, amikor a kifelületű ejtőernyőt olyan hosszú csatolótagra kötötték, ami a kupolát messze a hosszú zsinórral rendelkező főejtőernyő kupola fölé emelte - de ez sem küszöbölte ki a főejtőernyő behúzásának szükségességét.

A függővitorlázó- és ultrakönnyű légijárművek ejtőernyő csatolótagjai is fejlődésen mentek át. A balesetek vizsgálata során fokozatosan meggyőződtek arról, hogy a mentőrendszereknél fel kell használni az ejtőernyőzés tapasztalatait, fokozatosan megnőtt a rendszer biztonsági tényezője. (65)

A következő táblázatból jól követhető a biztonsági tényező (tervezett teherbírás/csatolótag szilárdságarányának) növekedése 15-re, vagy az fölé.

⁹ Például szolgálhat az RS-4 típus, amelynél a korábbi belsőszakfelkötő rugalmas csatolótag mindkét végén hurok volt, ezt csomó nélkül kellett ráhurkolni a szélkéményre. A későbbi változatoknál a csatolótag egyik végére került hurok (a belsőszak felőli), a szélkéményre pedig nem csuszó hurokkötéssel kellett felkötni a csatolótagot.

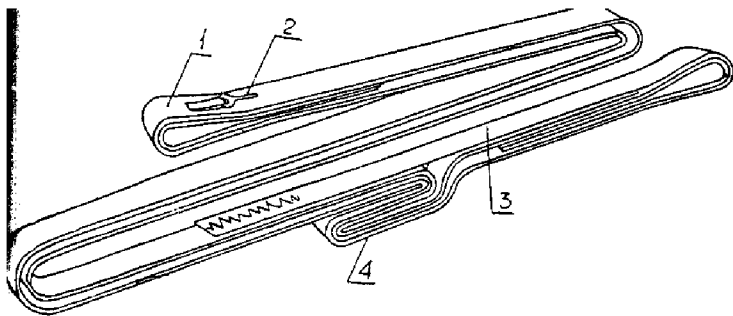
¹⁰ Ezt a feltételt a reklámcélu bemutatások érdekében nem feltétlenül teljesítik. ilyenkor rendszerint ép légijármű mellé nyitják az ejtőernyőt. A légijármű a "fékernyővel" lassított, meredek siklásban marad, az ejtőernyő a turbulens zónában marad, más lesz a légellenállása, a földetérési sebesség pedig a légijármű "kilebegtetésével" jelentősen lecsökkenthető. Ez azonban nem felelhet meg az "átlagos", tényleges vészhelyzetnek.

¹¹ Napjainkban kezd megjelenni a Stevens-típusú rendszer valamilyen változatával működtetett siklórepülő ejtőernyő légcéls mentőejtőernyője, azonban ez megfelelő leoldózárat, kiképzést és magasságot tesz szükségessé, hiszen az ejtőernyő belobbanása után azt még irányítani is kell.

Az Egyesült Államokban függővitorlázó és ultrakönnyű léggépjárművekhez alkalmazott felfüggesztések jellemzői.					
Típusjel	Év	Ejtőernyő teherbírás (kg)	Szilárdság (daN)	Hossza (m)	Biztonsági tényező
GQ-1900	?	135	1800	5,79	13
	1983	135	2700	5,79	20
GQ-1950	1983	-180	2700	5,79	15
GQ-1970	?	225	4050	5,7-9	18
Back-UL	?	112,5	1800	9,14	16
RDP 22'	1979		1800	4,86	
RDP 25'	1983		2475		

Vannak olyan rendszerek, amelyeknél kettős felfüggesztést használnak: acélsodronyt és nejlon csőszalagot. Ezeknek a megoldásoknak a magyarázata az, hogy adott esetben kritikus mértékű nyílási terhelés erőhatását némileg amortizálni képes a csőszalag rugalmassága (ha annak a hossza rövidebb), illetve a sodrony szakadása (ha az hosszabb, vagy a csőszalaggal közel azonos hosszúságú). Mindez a szakszerű kezelésnél (ápolásnál, áthajtogatásnál) figyelembe veendő, mert jelentős terhelésnek alávetett csatolótag már kisebb - megismétlődő - terhelés hatására is elszakadhat.

Várhatóan alkalmazásra fog kerülni olyan ún. kalibrált varrat elhelyezése a csatolótagon, mint amilyen - részben - a terhelő erő elnyelésének céljára szolgál a PSZ-PM katapult-mentőejtőernyőknél (66), s ez az ejtőernyő működtetésekor fellépett terhelés ellenőrzésének céljára is alkalmas lehet, különböző szilárdságú varratok segítségével.



7.9. ábra.
Kalibrált (terhelés hatására felszakadó) varrat elhelyezése a a PSZ-M csatolótagján.

8. ANYAG ÉS KARBANTARTÁS

Az ejtőernyő-technológiában több, mint 40 éve használt poliamid anyagok alkalmazási tapasztalatai sokszor csak egy-két mondatos utalásban testesülnek meg az adott ejtőernyő kezelési kézikönyvében. Időről-időre felvetődik az extrém nagy élettartamra, hajtogatási időre való hivatkozás, s a használók ejtőernyőiket ehhez akarják igazítani.

Először is, tudomásul kell venni, hogy adott típusú ejtőernyő élettartamát, hajtogatási idejét a legnagyobb tudományos háttérrel rendelkező gyártók is csak kellő tapasztalat és szigorú specifikáció alapján határozzák meg. Példa lehet erre az SZ-sorozatú ejtőernyők élettartama, melynek első példányaihoz képest lényegesen megemelték az élettartamot, több, mint 20 éves használati tapasztalat után - még mindig olyan megkötéssel, hogy Dél-Ázsiai napos területeken való alkalmazás nélkül.

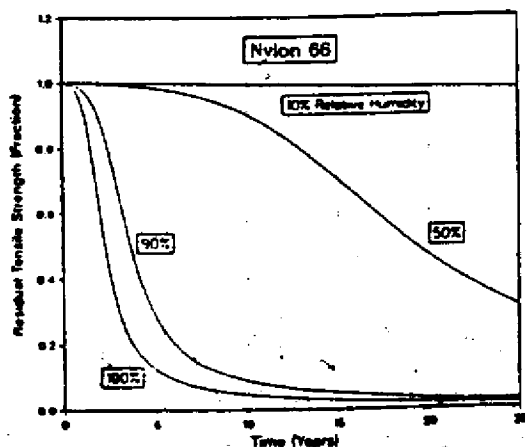
Ha a legelterjedtebb (legismertebb) és legolcsóbb poliamid tulajdonságait vesszük alapul, úgy tudomásul kell venni, hogy a polimerizált szál, szövet, termék - a szálkészítő üzemtől kezdve - ki van téve különböző hatásoknak. Ezek a hatások közvetve vagy közvetlenül vegyiek, a láncmolekulák károsodását okozzák. Közvetlen vegyi hatás a savas degradálódás, ami úgy jellemezhető hogy a poliamid sav hatására fokozatosan veszít tulajdonságaiból. Mivel a sav jelen van a légkörben lévő párában, csapadékban, vagy akár az ejtőernyő tárolóhelyen vegyi anyag, akkumul tor, stb. formájában, ez szinte állandóan támadja az

ejtőernyőkupolát. A degradálódási folyamatot nagymértékben képes gyorsítani a magasabb hőmérséklet, a magasabb nedvességtartalom és az ultrabolya sugárzás.

A vegyi anyag elleni védelmet általában lebecsülik, mivel nem érzékelhető emberi érzékszervvel, azonban arra kell gondolni, hogy neves gyártóknál (67) is előfordult, hogy egy sorozat ejtőernyőt vissza kellett vonni, mindössze azért, mert a rést bezáró háló anyagot úgy készítették ki a szövés után, hogy abból sav szabadult fel és rövid idő alatt ez a sav teljesen tönkretette behajtott, hálóval érintkező kupolaanyagot.¹²

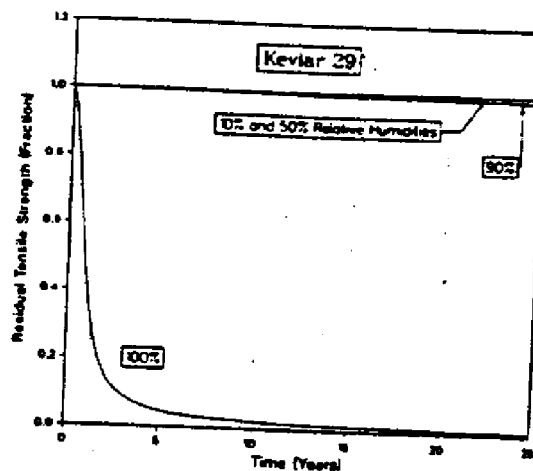
A légköri nedvesség (levegő páratartalma) hatását jól szemlélteti a következő ábra. Ebből kitűnik, hogy 50%-os relatív páratartalom esetén a nejlon (poliamid) ejtőernyőanyag szilárdsága 15 év alatt 75%-ra csökken, míg magasabb légnedvesség feltételei között (pl. 90%) ez a csökkenés 3 év alatt következik be.

Természetesen a valós körülmények változóak, az összehajtogatott ejtőernyő lassabban veszi fel a nedvességet - de lassabban is veszti el - szellőztetés nélkül. Továbbá éghajlatunkon a levegő páratartalma ritkán éri el a 90 %-ot. (Ezért szerepel az előírásokban a légnedvességtartalom feljegyzése - ha az megnövekedett, gyakrabban kell kibontani, szellőztetni az ejtőernyőt.) Ám az belátható, hogy ismeretlen feltételek között gyártott, szállított szál-, szövet- és ejtőernyő élettartama, megbízhatósága lecsökken. Ha a hazai légköri viszonyokat vesszük alapul, az ejtőernyő élettartama a 10 évet ritkán haladhatja meg.



8.1. ábra.

A PA-66 (nejlon) szilárdságának változása az idő-, és a relatív légnedvesség hatására.



8.2. ábra.

A kevlar anyag szilárdsági változása az idő (év) és a relatív légnedvesség függvényében.

Napjaink egyik legelterjedtebb nagyszilárdságú szintetikus anyaga, a kevlar - amiből ejtőernyő zsinórok készülnek - sem védett a magas relatív páratartalom - nedvesség - káros hatásától. Ennél az anyagnál a 100 %-os relatív nedvességtartomány- ami eső idején van - a veszélyes, illetve az ejtőernyő átnedvesedése és késői kiszáritása.

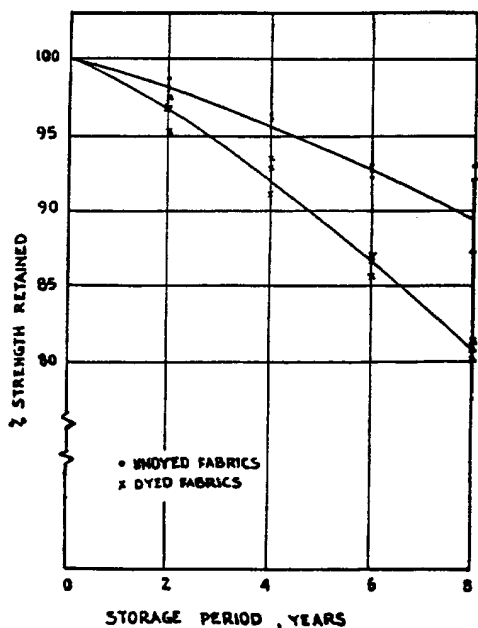
A nejlon kupolaanyagok degradációjának vizsgálata során (70) kimutatták, hogy fűtött raktárban, pozitív, 4-46 C fok hőmérséklet és 21-81%-os relatív páratartalom mellett (évszakoknak megfelelően) az ejtőernyőkupola anyagok idő függvényében vesztek a szilárdságukból, mégpedig a festett alapanyag (szál) gyorsabban, mint a festetlen.

¹² Meg kell jegyezni, hogy az ejtőernyő magas hajtogatási ciklusú (90 napos) volt, ami gyorsította a hiba jelentkezését.

Figyelembe véve azt, hogy a raktári feltételek között tárolt ejtőernyő 10-20%-os szilárdságvesztéséget ér el 8 év alatt, a mentőejtőernyő vizsgálatánál, kezelésénél fokozottan figyelembe kell venni az ejtőernyő tárolási feltételeit és a használati körülményeit egyaránt. Hiszen tárolás nélkül a nedves fűvön, gép alatt, vagy mellett tartott ejtőernyő fokozott hőterhelésnek van kitéve, a felmelegedő kupola felveszi a környezet páráját, ami lehüléskor a kupolán belüli relatív légnedvességet nagymértékben megnöveli - rohamosan romlik a műszaki állapota. Ha a magas élettartamú, nagy hajtogatósi ciklusú ejtőernyőket tekintjük, akkor kitűnik, hogy azokat megfelelően ellenőrzött feltételek között tartják, kezelik, tárolják, és sok esetben nagy nyomással hajtogatják, közel hermetikus konténerbe - esetenként inert gáz-atmoszférával. Belátható, hogy az általános repülésben ilyen feltételek nem biztosíthatók (néhány ballisztikus ejtőernyőnél a gyári hajtogató elír, de idő- és költségigényes), ezért fokozott a hajtogató-karbantartó felelőssége és szükséges számára magas szakmai-gyakorlati ismeretszint.

Az ejtőernyő szintetikus anyaga érdekes tulajdonsággal rendelkezik. Az élettartam során, miközben végbemegy a polimer molekulák degradációja, ez nem jár együtt feltétlenül a kupolaanyag szakítószilárdságnak csökkenésével, az erősen degradált anyagnál esetenként még magasabb szakítószilárdság mérhető. Az ejtőernyőanyag öregedése a szilárdságcsökkenése előtt a rugalmasság (nyúlás) csökkenésével jelentkezik markánsan. Ilyen anyag nem képes deformációval (nyúlással) a nyílás dinamikus terhelését elviselni, a rugalmasság híján egyes szálak egymás után szakadnak el, a kupolaanyag papírként hasad.

A gyakorlatban a legegyszerűbb vizsgálat az úgynevezett tépő próba, amikor bevágott mintadarab továbbszakításhoz szükséges erőt vizsgálják - ez rendszerint csak néhány daN-os erőt kíván meg.



8.3. ábra.

A szakítószilárdság relatív (%-os) csökkenése a tárolás idő (év) függvényében. (A felső görbe a festetlen-, az alsó görbe a festett anyag.)

A szakítási kép jó anyagnál foszlott, különböző hosszúságúak az elszakadt szálak, míg rugalmatlan anyagnál szál mentén, szinte teljesen egyenesen, vágásszerű a szakadás. (Ez észlelhető használat közbeni kupolasérülésnél is!).¹³

Ez a vizsgálat roncsolásos típusú, ki kell vágni hozzá próbadarabot (próbadarabokat) a kupolából. A "hüvelykujj" módszer, igaz durva, de jól modellezi a kupolára ható többirányú feszültséget, bizonyos gyakorlattal el lehet dönteni - hasonlóan a PR-200 készülék működéséhez -

hogy gyanús kupolával, vagy kupolarésszel érdemes-e foglalkozni - javítható-e, vagy sem.

Ennek a munkának a kitűzött célja, hogy felhívja a figyelmet azokra a tapasztalatokra, amelyek a korábbi szervezeti felépítésnek megfelelően a légügyi hatóságnál szükségszerűen összegyűltek, s amelyek egy része csak rövid meghatározásban, vagy szakhatósági szabály-pontban van rögzítve.

Ezért jelen munka nem helyettesíti a szabályok, szabványok, normatív elírások (jogsabályok, szakhatósági szabályok, légialkalmassági feltételek, gyártási-, javítási-, karbantartási-, kezelési-,

¹³ A hazai sportejtőernyős gyakorlatban a PTCH-7 típusú sportejtőernyőnél mutatkozott először jelentős formában ez a jelenség. Ejtőernyőkupolák sorozatban szakadtak szét, s a vizsgálatok, amelyek a szakítószilárdságra irányultak, nem mutattak ki anyaggyengülést. Végeredményben anyagöregedés történt, ami feltehetően a nemhivatalos, vontatással való célbaugrási gyakorlás következménye - pontosabban a tartós napon való tartás, álnedvesedés okozhatta.

üzemeltetési szabályok, szabványok és tájékoztatások) ismeretét és követelését, azonban elősegítheti a jobb megértésüket az összegyűjtött és hivatkozott, szakirodalom segítségével.

Budapest,1993.

IRODALOMJEGYZÉK.

- [1] J.Weeks: Airborne equipment (1976).London.
- [2] T.Malinowski: Spadochrony (1974). Warszawa.
- [3] G. Csernyenko: Vtoroje priznanyije. (1982.) LENIZDAT
- [4] S.Ruff,M.Ruck,G.Sedlmayr:Sicherheit und rettung in der luftfahrt. (1989).Koblenz.
- [5] Poynter:The parachute manual. (1972).Santa Barbara.
- [6] Aircrew survival equipmentman 3&2 (NAVTRA 10358-E. 1973.)
- [7] Mentőejtőernyő CESSNA-150-hez (Flight International, 1986.szept. 13. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató 1986.évi 5.szám p.25.)
- [8] Light-aircraft parachute approved (Flight International, 1993.jun. 7-8. p.16.)
- [9] YAK-56 system has US origin (Flight International 1990. okt.17-23. p.18.)
- [10] New Discovery sports a parachute. (Flight International, 1991.aug.14-20. p.9.)
- [11] H.Müller: Delta Dart II. Flugerprobung bestaeditig die hohen erwartungen. (Aerokurier 1993.No.5. p. 47-48.)
- [12] B.Hégel: Ejtőernyő vitorlázógépekhez (Flugrevue 1986.No.5. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató 1986.No. 3. p.32.)
- [12a] bepf/je:Die rakete im rumpf (Fliegermagazin 1993.No.6. p.78-81.)
- [13] A.Agornyik, L. Egenburg: A mentőeszközök fejlődése - Leonardo da Vinci ötletétől a katapultálásig. (Ejtőernyős Tájékoztató 1987. No.3. p.23-34.)
- [13a] T.Malinowsky:Katapultulések (Ejtőernyős Tájékoztató 1991.No. 5-6. p.44-51.)
- [14] M.Solohov: Kényszerugrások. (Moszkva, 1945. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1986.No.3. p. 14-38.)
- [15] A FORGER rendelkezik automatikus katapultrendszerrel (Flight International, 1986.márc. 1. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató 1987.No.3.p.35.)
- [16] Yankee Escape System (Ejtőernyős Tájékoztató, 1982.No.2. p.18-20.)
- [17] New Challenge evidence study (Flight International, 1987. jan.24.p.44)
- [18] Furniss: Shuttle's tough target (Flight International, 1987. aug.29. p.23-26.)
- [19] P.Glaude: Ugrás az űrből. (Parachutist, 1990.No.3. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1990. No.4. p.40-43)
- [20] Szredstva szpaszenyija ekipazsa szamaljota (Moszkva, 1975.) p.23-25. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1985.No.1.p.26-30).
- [21] Leszállókabin a repülőgépek baleseti elhagyásának eszköze: (Ejtőernyős Tájékoztató, 1985. No.1. p. 30-33.)
- [22] Az USA Légierő szerint a B-1A lezuhanásának oka személyzethiba volt. (Flight International, 1984.okt.20 - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1985. No.1. p. 34-35.)
- [23] Segal: Ugrani, vagy összetörni. (Sailplane and gliding, 1991. No.12., 1992. No.4/5. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1992. No. 6. p. 5-15.)
- [24] G.W.Hall: Ejtőernyővontatás szerepe a hajózószemélyzetek kiképzésében. (Aviation, Space and Environmental Medicine 1977.No.2. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1992. No.6. p.15-21.)
- [25] Ejtőernyős felszerelés ballonosoknak (Parachutist, 1990. No.1. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1990. No.4. p.62)
- [26] B.Seymour: Siklórepülő mentőejtőernyő. (Drachenflieger Magazin, 1989.No.12. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1990. No.3. p. 22-23.)
- [27] Korzsényiánc, Kosztrub: Koszmikus eszközök személyzeteinek mentőeszköze- magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1983.No.6. p.13-22.)

- [28] R.T.Kendall jr, R.T.Kendall sr, A.M.Maddox: Development and use of inflatable payload recovery vehicles. (AIAA-91-0888-CP)
- [29] Leoldózárak. Szakirodalmi összeállítás. (Ejtőernyős Tájékoztató, 1987.No.6. p.10-21.)
- [30] D.Towner: Tartalékejtőernyők kioldójának meghuzásához szükséges erő. (Sky Diver 1974.No.5. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1977. évi 6. szám p.7-10.)
- [30a] M.I.Bullock: Ripcord release capability of female parachutists (Aviation, Space and Environmental Medicine, 1978.Oct. p.1177-1183.)
- [31] Szakértői vélemény ejtőernyő nyitására szolgáló műanyag kézikiodófogantyú törésének lehetséges okairól. (Ejtőernyős Tájékoztató, 1987.No.6. p.21-25.)
- [32] J.Svec: A Blast Handle kérdés. (Parachutist, 1979. No.6. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1980. No.3. p.10-11.)
- [33] R.Roe: Mi a baj a jó öreg kioldókkal? (Parachutist, 1984.No.7. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1985. No.1. p.3.)
- [34] P.Hoenen: Kisernyő az ejtőernyő fontos dolga. (Fallschirm Sport Magazin 1982.No.1-2. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1982. No.3. p.16-18.)
- [35] Kastély E.: Biztosító készülékek. (Ejtőernyős Tájékoztató, 1989. No.4. p.22-68.)
- [36] G.Florit: Sport parachutiste (Internationale Aeronautic Boite - France. é.n.)
- [37] Szisztema parasjutnaja zapasznaja Z-6P. 20841-85.TO. (1988.)
- [38] Az ejtőernyő így nem lesz bizonytalan (Drachenflieger Magazin, 1982. No.11. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1983.No.2. p.23-24.)
- [39] Ch. v.Delius: Parachute locking pins (Hang Gliding 1988.No.9. p.25.)
- [40] PZP-89 típusu mentőejtőernyő szilárdsági és belobbanási vizsgálatai. (Ejtőernyős Tájékoztató, 1991. No.1. p.56-59.)
- [40a] PZP-89 típusu mentőejtőernyő légi próbái. (Ejtőernyős Tájékoztató, 1991.No.1. p.60-64.)
- [40b] PZP-89 ártípusu mentőejtőernyő fejlesztése. (Ejtőernyős Tájékoztató, 1991. No.3/4. p. 57-58.)
- [41] P.Hamilton: A Second Chantz ballisztikus nyitású siklórepülő mentőejtőernyőrendszer. (Hang Gliding, 1988.No.7. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1989. No.3. p. 18-21.)
- [42] Ikarus-Flugrettungssysteme FRS (1989. febr. 24.) ismertetője.
- [43] Hang Gliding, 1993. No.3. (hirdetés).
- [44] J.D.Reuter: Kereskedelmi ejtőernyők. (AIAA. 79-0458. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1981. No.2. p.7.)
- [44a] R.B.Calkins: Ejtőernyő kifordulások (AIAA 79-0451. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1981.No.2.)
- [45] N.A.Lobanov: Osznovü raszcsota i konsztruirovanyija parasjutov. (MASINOSZTROJENYUJE, 1965)
- [46] Kastély S., Tóth J.: Segédlet ejtőernyős oktatók részére a stabilizátoros kiképzés/átképzés végrehajtásához. (MRSZ Ejtőernyős Szakbizottsága Budapest, 1993.)
- [47] K.E.French: Elsőfoku elmélet az ejtőernyőzsinórok lefogásainak az ejtőernyő nyílására gyakorolt hatásának vizsgálatára. (AIAA.79-0450 - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1987. No.6. p.37-41.)
- [48] Geraszimov, Jerjomin: Az APOLLÓ űrhajó ejtőernyőrendszerének megbízhatósági kérdései. (Ejtőernyős Tájékoztató, 1983. No.5. p. 28-32.)
- [49] Isszledovanyija parasjutov i deltaplanov na EVM. Szerk, M. Bjeloscerkovszkij. (MOSZKVA, MASINOSZTROJENYIJE, 1987.)
- [50] G.Heinrich: Ejtőernyőnyitási terhelés számítása kísérletileg meghatározott függvényekkel. (Journal of Aircraft, 1978.No.2. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1980.No.6.)
- [51] R.E.Runkle: Space Shuttle solid rocket booster decelerator subsystem drop test 3. - anatomy of failure.(AIAA 79-0431.)
- [52] J.Mitchell: Ejtőernyők viselkedése kis sebességeken. (Az ejtőernyők és kapcsolódó technológiák szimpóziuma, 1971.szept. 15-16.Anglia. - Ejtőernyős Tájékoztató, 1980. No.6. p 4-10.)

- [53] Kőr-gyűrű ejtőernyő - mint pilóta mentőejtőernyő - használati lehetőségeinek vizsgálata. (AIAA.73-0483. - magyarul: Ejtőernyős Tájékoztató, 1978. No.4. p.12-19.)

-.-