

LRI Repüléstudományi és Tájékoztató Központ

KEZIRAT GYANANTI

EJTŐERNYŐS
tájékoztató 

1984/2.

BALESETI JELENTÉSEK

(Parachutist 1983. november)

27 éves férfi 150 feletti ugrásszámmal, kézikidobású nyitóernyős ugrást végzett, de a nyitóernyő nem ment el, a felkötőzsinór rossz vezetése miatt. Feltehetően az ugró, amikor a felszerelését felvette, megcsavarta véletlenül a haspántot és ezt nem igazította meg. A gépbeszállás előtt nem volt felszerelés ellenőrzés sem. Az ugró próbálkozott a vontatódás megszüntetésével, meghúzta a felkötőzsinórt, ezáltal kinyílt a főernyő tokja, így viszont a főernyő belsőszákja is vontatódni kezdett. Az ugró nem húzta meg a tartalékejtőernyő kioldóját – a becsapódása után megtalálták azt a zsebében.

Következtetés: Egy felszerelés-ellenőrzés segíthetett volna ezt a problémát megelőzni. Az ugró nem hajtotta végre a gyártó előírását, hogy megfelelően „kezelje” a nyitóernyő vontatódást, azaz arccal föld felé fordulni és a tartalékejtőernyőt nyitni, továbbá nem figyelt a magasságra, elmulasztotta a tartalékejtőernyő nyitását. Egy biztosítókészülék megelőzhetné volna ezt a fatális eseményt ugyanúgy, ahogy a felsorolt módokon is megelőzhető lehetett volna. Másik tényező, az elhunyt sportban eltöltött ideje 5 év volt, ehhez képest az ugrásszáma (150) alacsony.

Igaz az, hogy minden ugrás az ember magabiztosságát növeli, ugyanúgy, ahogyan a megfelelő felkészítés. Ha viszont valaki képtelen egy ésszerű ugrásszámot teljesíteni, kihagyása van az ugrásban, akkor extra elővigyázatossággal kell rendelkeznie, felülvizsgáltatni magát egy értelmes oktatóval. Ha a vészhelyzeteljárásokat begyakorolja egy felfüggesztett hevederben, hogy így megtartsa a gyakorlottságot az ugrásszünetben is – az ilyen eseteket megelőzheti.

33 éves férfi 1400 ugrással FU-ban vett részt és kb. 800 méteren belobbantotta a nyitóernyőjét, de a belsőszák a kupolát összefogta – nagysebességű forgó rendellenesség keletkezett. Az ugró nem hajtott végre vészhelyzeteljárást addig, amíg kb. 60 méter magasságig le nem ért – ekkor a tartalékejtőernyőt nyitotta ki leoldás nélkül. A tartalékejtőernyő zsinórijai csak a becsapódása előtt húzódtak ki. A két ejtőernyő nem csavarodott össze.

Következtetés: Az elhunyt, miután tapasztalta a főejtőernyő rendellenességét, nyilvánvalóan elvesztette magasság- és időérzékét, addig várt, amíg már késő volt a tartalékejtőernyő nyitására. Az USPA ajánlása értelmében nyílásrendellenesség esetén az ugró 600 méter magasságig döntsön és a leoldást 530 m-ig végezze el. Ezáltal az ejtőernyősnek biztosan lesz annyi ideje, hogy kinyissa a tartalékejtőernyőt és az rendben be is lobbanjon. Egy biztosítókészülék megelőzhetné volna ezt a fatális esetet.

27 éves férfi 1705 ugrással 8100 méterről ugrott egy társával. Az volt a terv, hogy FU-t hajtanak végre fényképezéssel. Az elhunyt másodikként ugrott – az előtte kiugró társa nem látta többet az ugrás során. Az elhunytat később találták meg – egyik ejtőernyője sem volt nyitva. A felszerelés vizsgálata kimutatta, hogy az elhunytaknak oxigénellátási problémája volt.

Következtetés: Egyik ugró sem hajtotta végre a magassági ugrásra előírtakat. Nem vettek részt magassági felkészítésen. Az ilyen felkészítést a hadsereg és a polgári légügyi hatóság tart – szinte névleges díjért – ebben benne van a barokamrás „emelkedés” is, amikor mindenki tapasztalhatja a hypoxia jelenségét. A hypoxia kezdetének felismerése riaszthatta volna akár az elhunytat, akár a másik ugrót az oxigénhiány problémája szempontjából – ez megelőzhetné volna a fatális balesetet. Másik ajánlás, hogy maradjon ilyenkor egy másik személy is a repülőgépben, aki segíthet az ugróknak az oxigén-

probléma esetén, s úgy szerepel, mint egy oxigén-probléma jelző, ezért neki is részt kell vennie a felkészítésen, hogy felismerje máson is a hypoxia jelentkezését. Egy automatikus biztosítókészülék ugyancsak megelőzhette volna a fatális kimenetet.

26 éves férfi 38 ugrással 1200 m magasságban a leoldófogantyút húzta meg a kézikidobású nyitóernyő fogantyúja helyett. Kb. 300 m magasságban kinyitotta a főernyő nyitóernyőjét, a főernyő elkezdett belobbanni, és azonnal el is vált a hevedertől. Az elhunyt kb. 30 m magasságig bukdácsolt – nem maradt már elég ideje a tartalékejtőernyőnek a nyíláshoz.

Következtetés: Az elhunytnak szokatlan ugrás-múltja volt a legutóbbi időig, amikor tulajdonképpen megkezdte a rendszeres ugrásokat. Mivel nem volt elég nagy tapasztalata, és csak elég kevés ugrása volt az új felszerelésével, nyilvánvalóan elfeledkezett arról, hogy kézi belobbantású felszerelést visel, a korábbi felszerelésének megfelelően nyitott. Tulajdonképpen az elmúlt évben már volt egy ilyen fatális eset, amikor az elhunyt elfelejtette milyen felszerelést használ. Az ugró ösztönösen nyúlt a leoldófogantyúhoz a főernyő kioldó megszokott helyén – azt húzta meg, ami a főernyő leválasztását jelentette. Az ugró felismerte a hibát, hogy nem jó fogantyút húzott meg, erre fel működtette a főernyőt, de csak egy-két pillanatig maradt meg az ejtőernyő a hevederen. Még eddig nem olvastunk olyan ugrókról, akik elég éberek voltak ahhoz, hogy felismerjék második hibájukat és időben tartalékejtőernyőt nyitottak volna. Úgy látszik, a halálos balesetek nagy részét az új felszereléssel való gyakorlatlanság okozza. Amikor tehát egy új felszerelésre állunk át, végezzünk gyakorlást a földön vele egy felfüggesztett hevederben, ez biztosíthatja a sima és biztonságos átállást. Az ugrónak újra be kell gyakorolnia a főernyőnyitási mozzanatot, ennek ösztönössé kell válni, hogy a „pillanat melegében”, például egy alacsony FU szétválásnál is, vagy hasonlóan az ugró ne a megszokott kioldóhoz nyúljon, hanem a felszerelésén lévőhöz. Ahogy máskor is, ebben az esetben is egy biztosítókészülék megelőzhette volna a fatális kimenetet.

Fordította: Szuszékos János

L. Jaffe: OTT VOLTAM, KEMÉNY UGRÁS VOLT...

(Parachutist 1983. november)

Lehet, hogy a következő elbeszélések túlélői soha nem is remélték, hogy túlélői, soha nem is remélték, hogy túlélők az eseményt. Talán nem kellett volna ezt hinniük... De mégis, valamilyen okból kifolyólag – ez néha megmagyarázhatatlan – ők mégis ezt tették.

Ken Shroyernek nem volt oka, hogy azt higgye, a 19. ugrása sokban eltér a 18. ugrásától, vagy az azt megelőző többitől. Egy tanuló volt a többi között, 1977-ben. Azzal a reménnyel szállt gépbe, hogy végrehajtja ezen a napon a soronkövetkező 5 másodperces késleltetését. Az előző ugrása stabil volt, még erre volt szükség és mehet 10 másodperces késleltetésre.

Ahogy kitotyogott a felszerelésében a Cessnához, megtudta, hogy az oktatója legalább olyan ideges, mint ő – egy hosszabb szünet után tért vissza az oktatáshoz. Az emelkedés és a kiugrás eseménytelen, a gépelhagyás és a zuhanás stabil volt és az ugró azt remélte, így is marad a nyitásig... Azonban, egy nyitóernyő-ragadás következett be. Hátrafordult, hogy megnézzé, mi van, s egy megkönnyebbült pillantással látta, elmegy a nyitóernyő... de egy lobogó rendellenesség lesz belőle. Ki volt képezve az ugró a tartalékernyő kézi nyitására nyílásrendellenesség esetére, jól reagált, az oktatásnak megfelelően eldobta a főejtőernyő kioldóját meghúzta a tartalékejtőernyő kioldóját, azt is eldobta, majd a kezével elkezdte „adagolni” a tartalékejtőernyő kupoláját... és látta, az összeakad a főejtőernyővel.

– Ekkor láttam, hogy a tartalékejtőernyő elkezd feltekeredni, s tudtam, meghalok – elevenítette fel Shroyer egy év múlva. – Ám hasonlóan bárki máshoz, nem hittem a saját halálomban.

Shroyer, hogy megpróbálja szétválasztani a kupolákat, felnyúlt és a tartalékejtőernyő hátsó hevedereit kezdte rángatni. Erre kétszer volt ideje a becsapódás előtt. A barátja, aki ott volt az ugrásnál, úgy becsülte, kb. 30–35 m/s-al ért földet.

– Elég szerencsés volt, hogy frissen felszántott mezőre esett – mondta a barátja – és egy „jól méretezett” bombatölcsért hagyott maga után.

Az ugró eszméleténél volt, sértetlen, de egy kicsit kába és ahogyan feküdt, a kupolája lepelként takarta be. A barátja volt az első, aki kifutott, hogy megnézze – biztos volt benne, hogy már élettelen. Megfogta a kezét, a csuklójánál, van-e még pulzusa, amikor Ken megrándult és megszólalt:

– Hé oké vagyok!

A barátja kb. 4 méter magasra ugrott fel helyből...

Shroyert kórházba vitték, de az orvos nem talált nála sem törést, sem belső sérülést, sem belső vérzést. Egyet találtak csak, a megduzzadt hátat, de hiába próbálták az ugrót benntartani éjszakára. Shroyer a következő reggelen rémisztően elmerevedett és érzékeny volt, s néhány hétig nem ment az ugróterületre. A következő ugrásánál kicsit ideges volt, de mégis folytatta az ejtőernyőzést.

És az ugrató, aki Shroyert ugratta?

– Nos, ő soha többet nem ugratott – mondta Shroyer.

Ma, 900 ugrással később, Shroyer rendszeresen ugrik, versenyez is – és minden év május 7-én vesz egy hordó sört az ugróterületnek, a „bombatölcsérben” ünnepli meg, hogy megúsza.

A felszerelést tiszteljük bizonyos mértékig mindnyájan. Ellenőrizzük le és ismét ellenőrizzük le azt a földön, emelkedés közben, tapaintsuk meg a kioldókat, meggyőződve arról, hogy a helyén van, megfelelően rögzített minden. A legtöbb ellenőrzést vizuálisan tudjuk elvégezni, ez megerősít abban, hogy minden úgy van, ahogyan lennie kell. De szólnunk kell a legalapvetőbb részről, a hevederről is. Hogyan lehetünk biztosak abban, nem gyöngült-e meg valamelyik hevederrész, varrás? Hogyan jöhetünk rá, hogy egy varrat hiányzik, mert a varrónő gondolatai elkalandoztak munka közben? Esetleg lehetséges mindennek legrosszabbika – ha a konstrukció körül minden rendben van, és mégis, majdnem kiesünk a hevederből?

1983. június 5-én, a nap utolsó felszállásánál Dan Sullivan és három barátja elhagyott egy Cessnát 2500 méteren, 4 fős formaugrást csináltak. Ahogyan eltervezték, 1200 méterig „dolgoztak”, ekkor Sullivan és barátai nyitottak, hogy majd még egy KFU-t csináljanak. A megbeszélés szerint, Sullivan, „boglya” pilótája türelmesen várakozott a bekötő emberre, hogy az alulról csatlakozzon, azonban a kupolája rácsavarodott, mert barátja túl gyorsan „jött” fel alulról. Az anyagtól semmit sem látott, hiába próbálkozott az anyag között kinézni. Még mindig „vak” volt, amikor hallotta, barátja felkiált neki, oldjon le. Ezt meg is tette kb. 450 méteren. Átesett ekkor a zsinórokon, ejtőernyőkupolán, s fejfelé helyzetben, cipőjénél fogva fennakadva az ejtőernyőn maradt. Lerázta magáról az elakadást, szabadésésbe ment át, és azt vette észre, majdnem kiesett a hevederből. A combhevedere még rajta volt, de a térdai már mellmagasságban voltak, a háta sokkal lejjebb akadt el. Az övheveder, amely rendszerint a csípőnél van, a hóna alá került, a mellheveder pedig a feje fölé.

– Elég nehéz volt, míg megtaláltam a tartalékejtőernyő kioldóját – mondta sokkal később –. Nehézkesen mozogtam az elcsúszott hevederben, semmi nem volt ott, ahol a helye lett volna. Sullivan elmondta, hogy nem látta meg a tartalékejtőernyő kioldóját, vakon tapogatózott utána kb. 5 másodpercig.

– Vajon miért nem estem ki belőle nyitáskor? – töprengett, de a gondolatot tovább soha nem folytatta...

– Kb. 10 másodpercig voltam a levegőben a tartalékejtőernyővel, ha egyáltalán volt az 10 másodperc.

Egyszer, valamikor a nyitás során, vagy már a merülő ejtőernyő alatt Sullivan egyik lába teljesen ki is csúszott a csombhevederből, ezért megragadta az egyik felfüggesztő hevedervéget és megpróbált

felmászni rajta, hogy irányítani tudja az ejtőernyőt. Szerencsére egy közeli tóba esett, amely kb. 1,5 m mély volt, nem kellett akadálykerülgetéssel foglalkoznia.

A következő nap Sullivan elvitte a felszerelését a gyártó céghez és megvitatta az incidenst a vezetővel. Mindebből egy olyan speciális felépítésű heveder született meg, amelynek a hátpárnája hosszabbított, ez szavatolja, hogy az ilyen incidens ne ismétlődhessen meg...

Ronald Cole életét akkor „írták le”, amikor nyitott kupola nélkül tünt el a fák mögött. –Gondolatban láttam magam és éreztem szinte, hogy a földre csapódk zárt ejtőernyővel – mondta.

Cole későn kapcsolódott az ejtőernyőzésbe, az első ugrását 38 éves korában hajtotta végre – most 41 éves és Texasban orvos.

A főejtőernyője egyben maradt neki ennél az ugrásnál, azt minden nehézség nélkül leoldotta. Azonban eközben, ahelyett, hogy a tartalékejtőernyő kioldóját megfogta volna, vagy egyáltalán ránézett volna, instabil helyzetbe került és az értékes időt és magasságot a stabilitás helyreállítására fordította. Két, vagy három próbálkozást tett, hogy megfogja a tartalékejtőernyő kioldóját – sikertelenül. Elbeszélése szerint, mindent megpróbált, hogy megmentse az életét, azaz megtalálni és meghúzni a tartalékejtőernyő kioldóját, de a szemtanúk a levegőben és földön, nem láthatták ezt.

– Ez arra készítetett engem, hogy újra értékeljem az összes baleseti közleményt, amit a Parachutist-ban olvastam, hogy „az ugró nem tett látható próbálkozást a tartalékejtőernyő nyitására” – mondta. – Ha nem tudtam volna az utolsó pillanatban kinyitni a tartalékejtőernyőmet és a földetéréskor elvetődni, ugyanezt a kommentárt közölhatték volna – valószínűleg – rólam is.

Ámbár Cole elmondta, még sohase látta az életét „szeme előtt elcikázni”, úgy értette, közeleg a halál pillanata. Valahol 150 méter alatt azonban végül is meglelte a tartalékejtőernyő kioldóját, meghúta és csaknem egyszerre ért földet a nyílási rántással. Egy ugró, aki látta, később elmondta, a tartalékejtőernyő kupolájának nem több, mint 50 %-a volt belobbanva, amikor földetért.

Teljes röntgenezés és egy éjszaka a kórházban nem mutatott ki semmiféle lényeges sérülést. A következő reggelen Cole hazabicegett, mindössze egy kifocamodott térdel és némi véleményel a vészhelzetet illetően.

– Azonban továbbképeztem magam, az egyszerre történő kétkezes leoldótechnikát tanultam meg – mondta – és végigfutok ezen minden felszálláskor.

A veszélyes szituáció része az ejtőernyőzésnek, és ezeket megismerjük, nem mindegy azonban, első-, vagy másodkézből szerezzük a tapasztalatot. Az itt ismertetett „cikis” helyzetek a legcikisebbnek látszanak az ismertek közül.

A leírt események mindegyike potenciálisan fatális kimenetelű lehetett volna – a „részvevői” éjszakai álommal megúszták.

Fordította: Szuszékos János

L. Kalabuhova, állami díjas: PZ–81 ÚJ TARTALÉKEJTŐERNYŐ

(*Krilja Rogyinü 1984. január*)

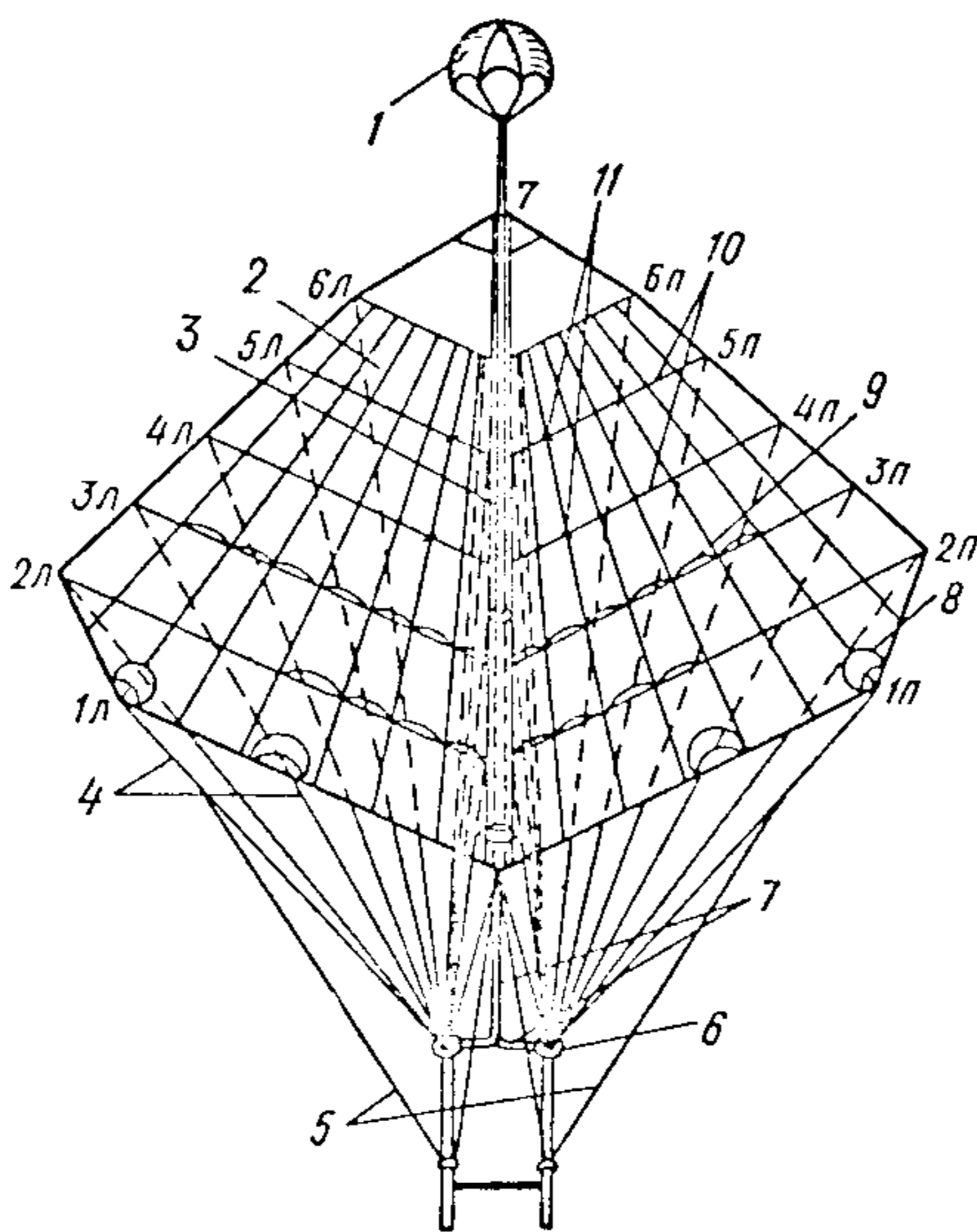
Az irányítható tartalékejtőernyő (Megj.: Parasjut Zapasznüj – tartalékejtőernyő – rövidítése a PZ) kifejlesztésének szükségessége akkor jelentkezett, amikor használatba kerültek a kettős hordfelületű PO–9 típusú siklószárnyak, melyek magas aerodinamikai jellemzőik révén lehetővé teszik ejtőernyős ugrás végrehajtását 12 m/s szélességgig.

Azonban ezen ejtőernyőrendszer működési hibája esetén a biztonság érdekében a sportolónak tartalékejtőernyőt kell nyitni, melynek vízszintes sebessége lehetővé kell hogy tegye a szélsodrás kompenzálását, továbbá manőverezőképesége révén a földetérési hely megválasztását. Egyidejűleg csökkenni kellett a tartalékejtőernyő tömegét és térfogatát, amely nagy jelentőséggel bír a különböző, szabadesés közbeni gyakorlatoknál, valamint célbaugrásnál, a célfigyelésnél.

Mint a kísérletek megmutatták, nagy vízszintes sebességű tartalékejtőernyő kidolgozása a klasszikus körkupolás ejtőernyő alapján lehetetlen. Ugyanekkor nem adtak pozitív eredményt az egyfelületű „szárnyak” sportejtőernyőként alkalmazva, mert ezek az ejtőernyők rendelkeztek ugyan jó aerodinamikai jellemzőkkel, ám sportcélokra nem voltak alkalmasak, mivel a szabályozható vízszintes irányú sebességtartományuk a pontos célbaéréshez nem volt megfelelő. Mi lenne azonban, ha ezt a konstrukciót tartalékejtőernyőként használnánk? A vizsgálatok bebizonyították, hogy a konstruktőrök helyes úton járnak.

Minden követelményt figyelembe véve, melyek a biztonságos ejtőernyős ugrásokkal kapcsolatosak, gondos kísérletek folytak a szokatlan formájú, új tartalékejtőernyőkkel. Ez az ejtőernyő PZ–81 jelzéssel (1. sz. ábra) készült el, Sz. Rugevszkij, K. Usztyinov, Je. Kuszova mérnök-konstruktőrök, V Csisik Kiváló Sportmester, G. Gevorkjan Érdemes Sportmester alkotómunkájának eredményeként.

A PZ–81 nagy manőverezőképességű és ezzel együtt a kis merülő sebessége, különösen erős szélben, biztosítja a sportoló pontos és biztonságos földetérését a kiválasztott ponton 12 m/s talajmenti szélben is. A kupola felülete 27 m^2 , kiterítve két trapezoidból áll, melyek egyik oldalukkal csatlakoznak egymáshoz – itt egy középélt (keel-t) alkotva. A zsinórok a kupola oldalához és a középélhez csatlakoznak. Repülés (siklás) közben ezek a zsinórok kissé lehúzzák az oldalrészeket és a középélt, melynek következtében ívelt, szárnyalakú kupolaforma alakul ki, viszonylag nem nagy görbülettel.



1. sz. ábra

A kupola vázlata. 1. kihúzó ejtőernyő. 2. kupola, 3. középél, 4. tartózsínórok, 5. irányítózsínórok, 6. nyíláskésleltető gyűrű, 7. nyíláskésleltető rendszer, 8. a kupola belobbanását elősegítő légzsebek, 9. tehermentesítő rések, 10. erősítőszalagok, 11. szalagzsinór (hajtogatáshoz).

A kupola hátsó részén nincsenek zsinórok, ezért siklás közben itt meghatározott irányba áramlik ki a levegő a kupola alól.

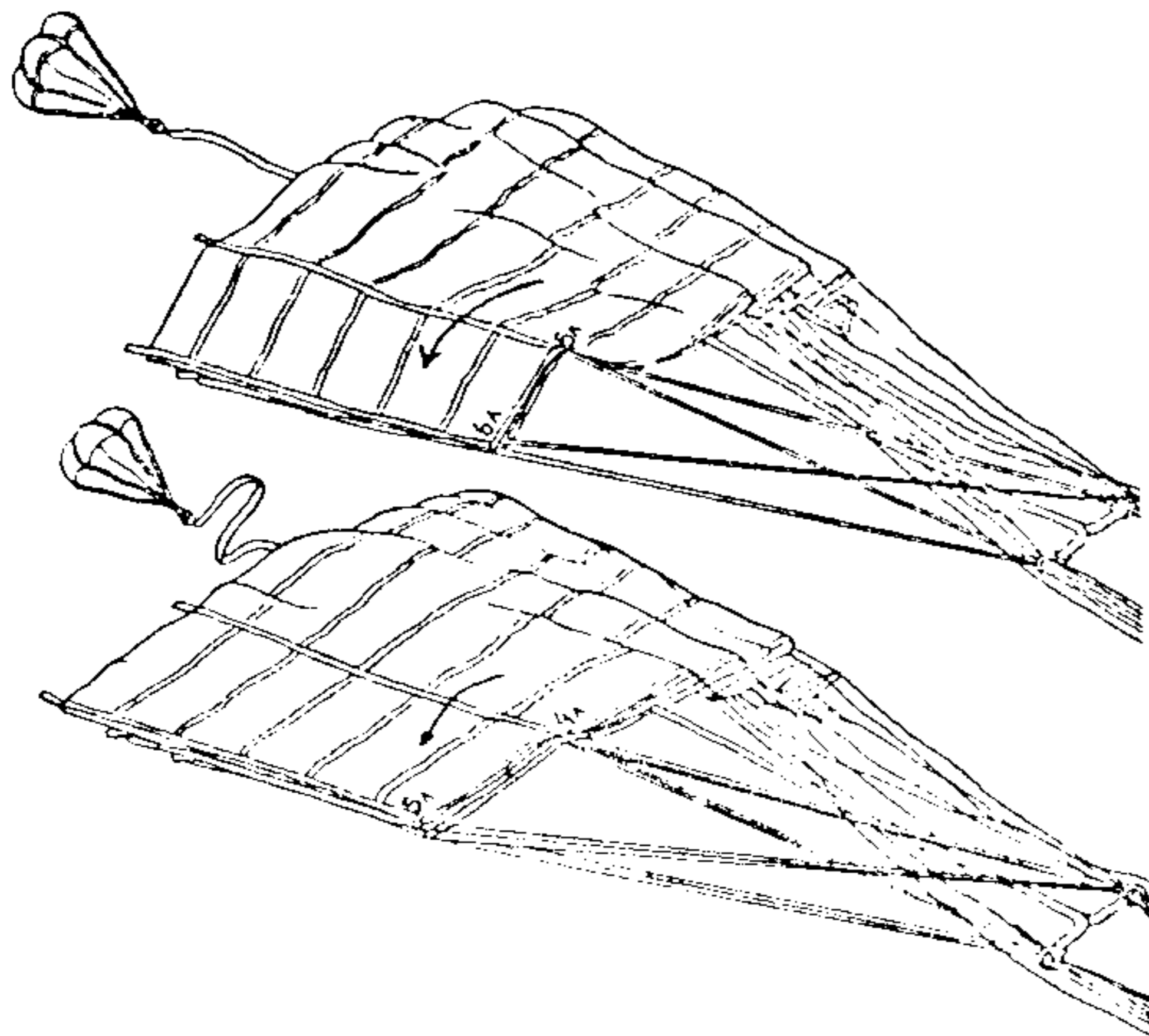
A manőverezés (irányítás) irányítózsínórok segítségével történik, ha lehúzzuk a jobb oldalit – jobbra, ha lehúzzuk a bal oldalit – balra fordul az ejtőernyő. Ha mindkét irányítózsínórt egyszerre húzzuk le, akkor megnő a merülési sebesség. Ezért tehát az irányítózsínórokat teljesen lehúzni kis magasságon nem ajánlott.

A PZ–81 kézzel működtethető, a kioldó meghúzásával. A tok kibomlása után a tokból kilökődik a kisernyő egy rugós mechanizmus segítségével és kihúzza magával a tokból a kupolát. Az ejtőernyőkupola melletti relatív áramlás hatására, a nyíláskésleltető gyűrű ellenállási erejének leküzdésével, miközben a gyűrű lecsúszik a zsínórokon a hevedervégekig, a kupola feltöltődik, megkezdődik a siklása maximális vízszintes sebességű üzemmódban.

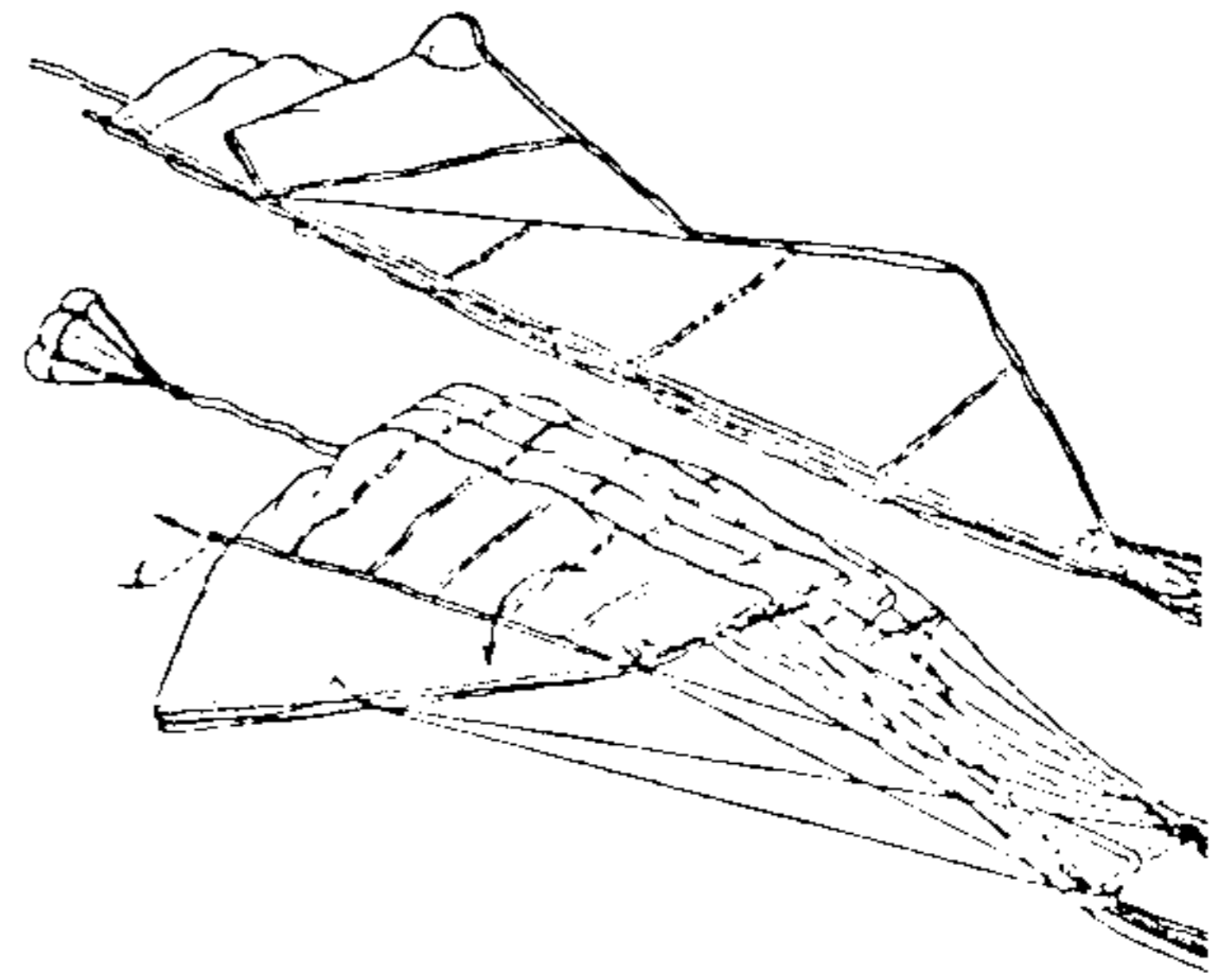
A PZ–81 kupoláján, a konstrukciónak megfelelően, elég nagy felhajtóerő keletkezik, miközben a kupola anyagszükséglete csak kb. fele az ismert körkupolás tartalékejtőernyőkének. Ezért aztán kényelmesen helyezhető a sportolón, a kis tömeg és kis hajtogatott térfogat nem zavarják sem a kilátást, sem pedig a gyakorlatok végrehajtását szabadesés közben.

A kupola 360^o-os fordulót 3,5 másodperc alatt hajt végre. A siklás nagy vízszintes összetevője, a jó aerodinamikai tulajdonságok és a manőverezőképeség együttesen biztosítják a PZ–81-el a földetérés megfelelő pontosságát úgy az eredetileg kijelölt, mint az ereszkedés közben, a levegőből kiválasztott területre. Mindez a megállapítás érvényes különböző meteorológiai és hőmérsékleti viszonyok között is.

A PZ–81-es könnyen összehajtogatható egy sportoló által. A hajtogatás előtt kell elvégezni a zsínórok és a nyíláskésleltető rendszer ellenőrzését, majd a középél mentén kezdődik meg a hajtogatás. A szeletek hajtogatása a 7. sz. zsínórral kezdődik (2. sz. ábra).



2. sz. ábra



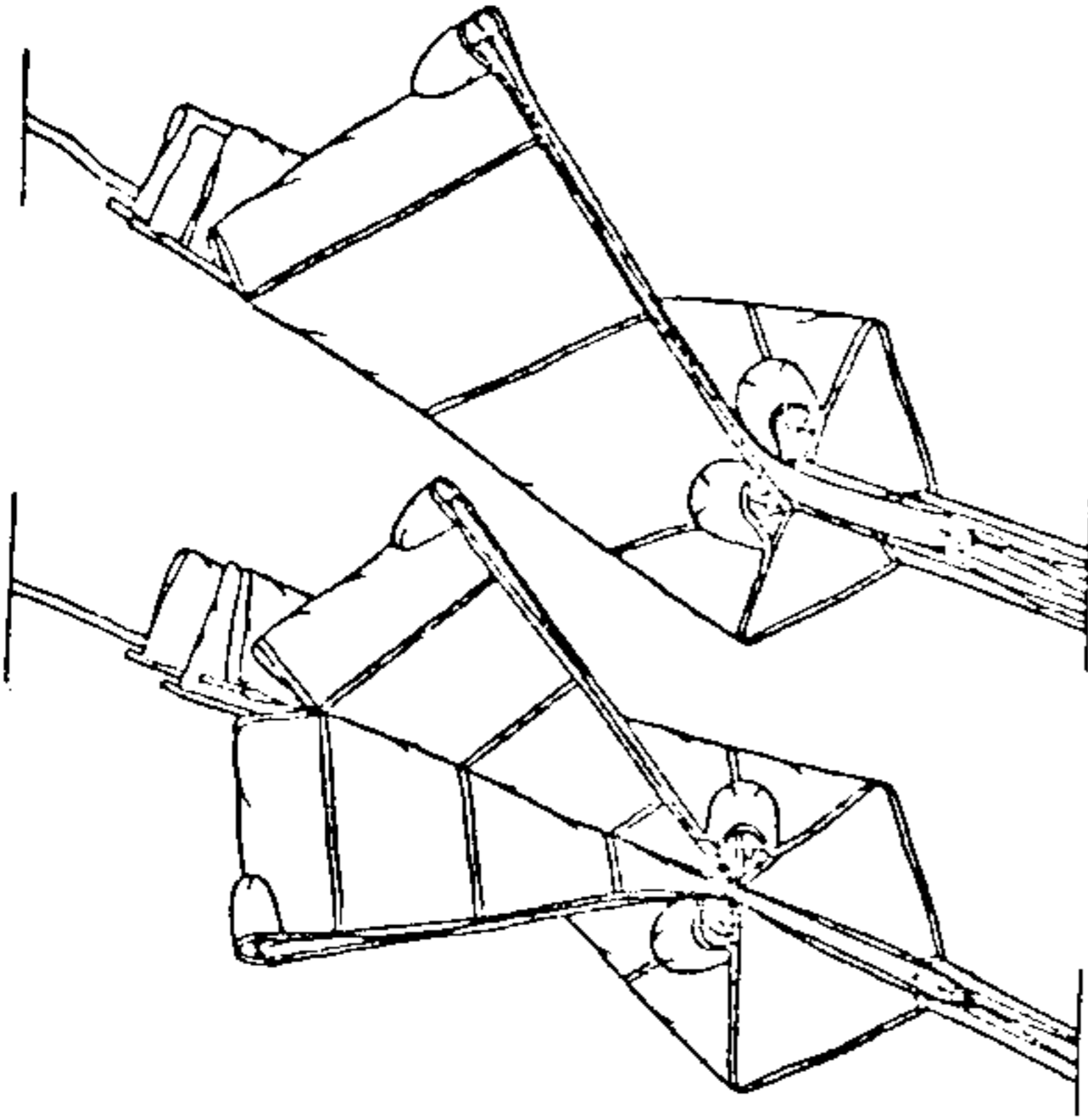
3. sz. ábra

A 7. sz. zsínórt kihúzzuk és ráhelyezzük a hajtogatóponyvára. Aztán meg kell fogni a 6J és a 6B szalagzsínórt meghúzni (3. sz. ábra) és összehajtani a szeletet a 7., 6J és 7B zsínórok között, középen rásimítva az összehajtogatott kupolarészre, stb. Az 1B, 1 és 1J zsínórok közötti szeletet helyezük a kupolára, légzsebekkel felfelé (4. sz. ábra, a) és b). Húzzuk ki a kisernyővel a nyíláskésleltető zsínórt úgy, hogy a nyíláskésleltető gyűrűje az irányítózsínór varrásához kerüljön. Ezután kezdődik a zsínórok befűzése a tokba (5. sz. ábra). Cikk-cakk alakba szedjük össze a zsínórt a kupola belépőélétől a jelzésig, egybe és húzzuk rá a gumigyűrűket (6. sz. ábra) helyezzük az összehajtogatott kupolát a tok aljára, a befűzött

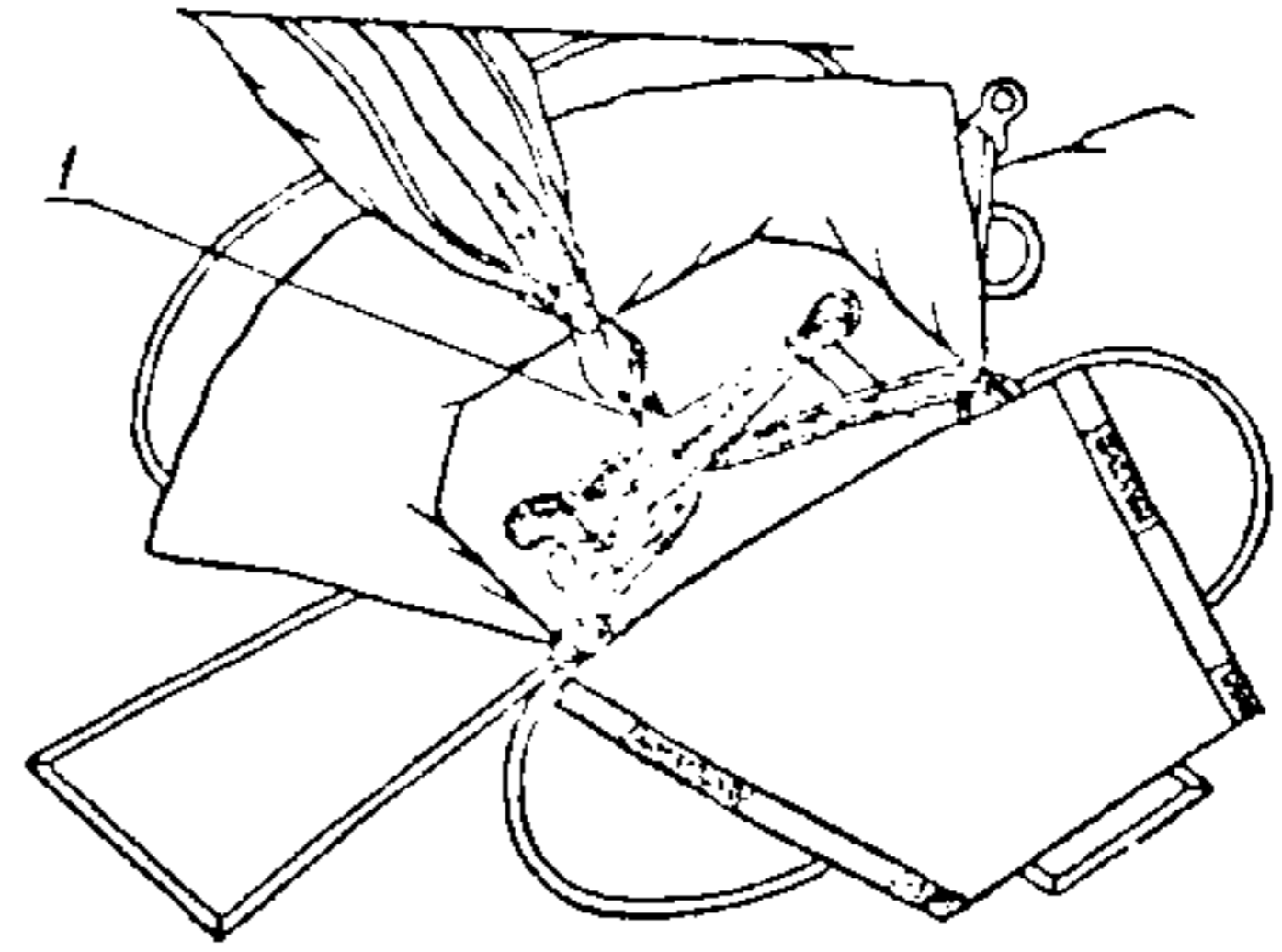
zsinórokra és húzzuk rá a belsőzsákot (7. sz. ábra, a/, b/ és c/). A belsőzsákra kerül a kisernyő és ezzel becsukható a tok. A használati és hajtogatósi szabályok betartásával garantálható a PZ-81 nagy megbízhatósága.

Ez az új ejtőernyő szériagyártásra került.

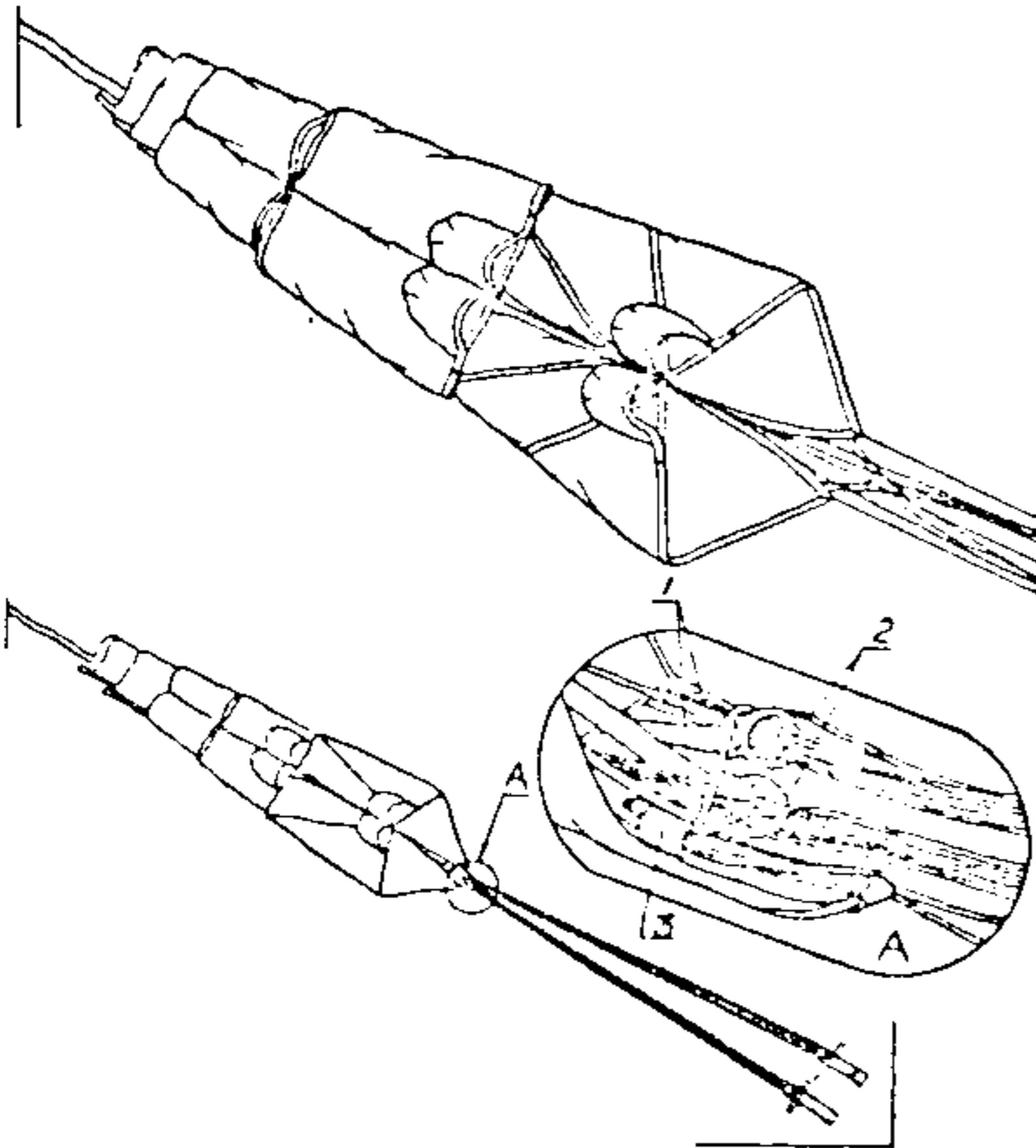
Fordítás.



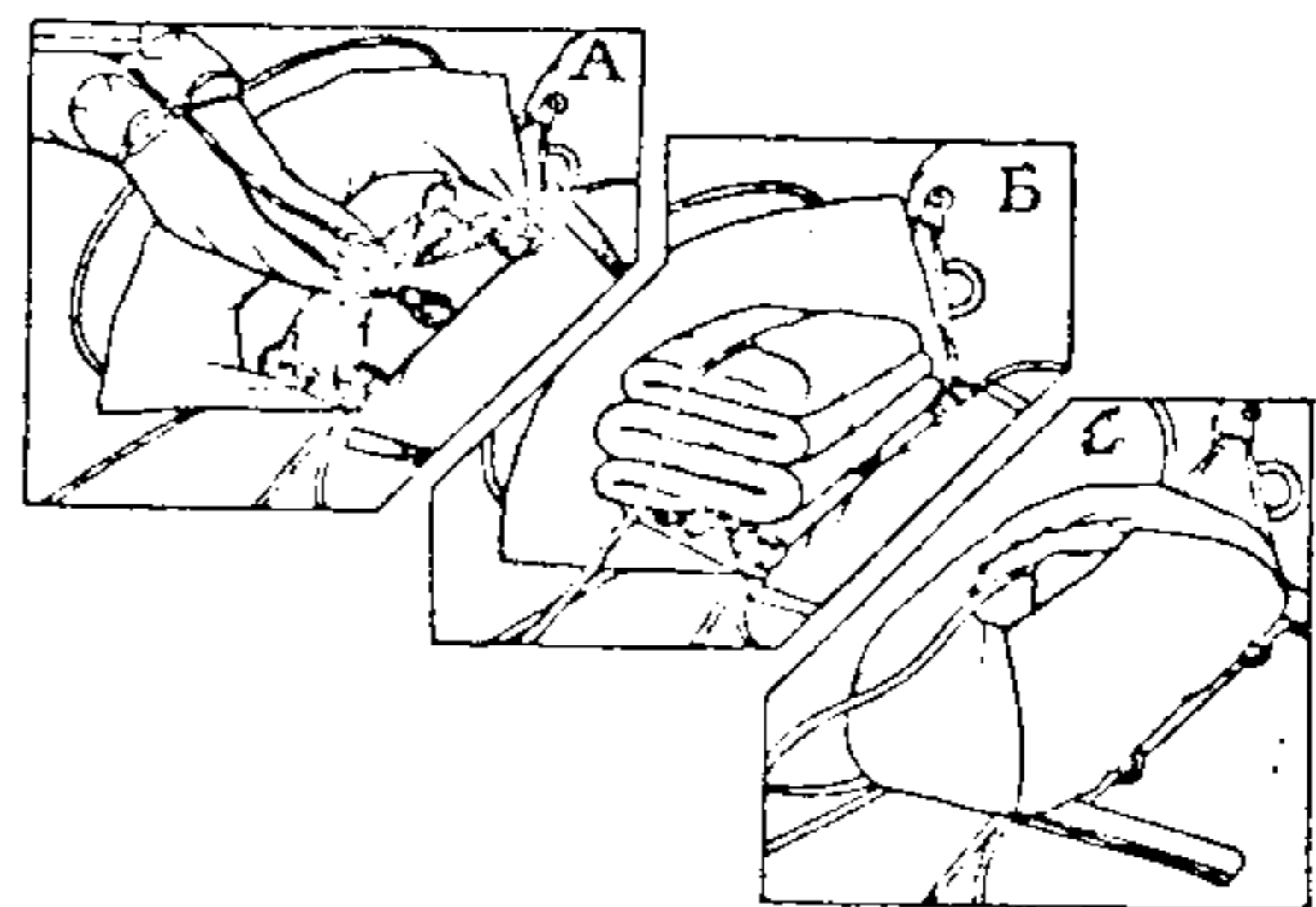
4. ábra



5. ábra



6. ábra



7. ábra

D.R. DENNIS: LEGÚJABB FEJLEMÉNYEK AZ EJTŐERNYŐ TECHNOLÓGIÁBAN

(*Aeronautical Journal* 1983. november)

A laikus számára az ejtőernyő sokszor nem más, mint egy hatalmas zsebkezdő, mely az embereket biztonságosan hozza le a földre. A mérnök számára azonban az ejtőernyő egy komplex aerodinamikai fékezéses szerkezet: nagyszámú mozgási szabadságfokkal és olyan dinamikus jellemzőkkel, amelyeket gyakran nagyon nehéz értelmezni a klasszikus aerodinamikai elmélettel.

Bármilyen nézőpontból is tekintünk azonban az ejtőernyőre, egy azonban biztos, még pedig, az, hogy az ejtőernyő-technológia majdnem mindig kiegyensúlyozott elméleti és gyakorlati munkaprogram eredménye, s emiatt egyenlő figyelmet fogunk szentelni ebben a dolgozatban az ejtőernyő-technológia kísérleti és elméleti vonásainak.

Sokféle ejtőernyő van, éppen úgy, mint ahogy igen sok repülőgéptípusról is beszélhetünk. Ennélfogva, ugyanezen okok miatt, mindegyik típus (akár ejtőernyő, akár más légijármű) egy bizonyos követelmény kielégítésére van tervezve.

Igy említhetjük pl. a lapos, körkupolás légáteresztő anyagú ejtőernyőt, melyet katonai ejtőernyős csoportok számára alakítottak, kis légáteresztő képességű gyors-nyílású ejtőernyőt, mint a GQ Aeroconical típus, melyet életmentés céljára terveztek, a szerkezetileg erős szalagejtőernyőket, melyeket nagysebességű, fegyver-célbajuttatások céljára alakítottak ki, valamint a keresztalakú ejtőernyőket, melyek igen jó stabilitásúak, és a nagyteljesítményű légcéllás kupolákat, melyeket taktikai támadó katonai műveletekben különlegesen kiképzett személyek használnak.

Az ejtőernyőtechnológia új fejleményeinek ismertetésekor az ember kísértésbe esik, hogy csak a legújabb fejleményeket vegye figyelembe az alkalmazási területek és típusok terén, nevezetesen a kormányozható és nagymértékben manőverezhető siklóernyőktől a nagy komplikált – az USA-ban az Apolló űrhajó legénységi kabinjának a visszahozására alkalmazott fékező és leeresztő ejtőernyő fűrtökig. Ha ilyen fajta áttekintést készítenénk, nagyon nehéz lenne igazságosnak lenni akármelyik területtel kapcsolatban. A hangsúlynak inkább és elsődlegesen az ejtőernyő-technológiának több alkalmazási területén felmerülő problémáival kapcsolatos tudományos megközelítésre kell esnie.

Igy pl. a konvencionális ejtőernyők kialakításánál három általános szempontot kell elsődlegesen figyelembe venni, mint legfontosabbakat: a belobbanást, a stabilitást, és a földetérést. A légcéllás ejtőernyőnél figyelembe kell venni még a siklási teljesítményt és az irányíthatóságot is. Ezért ezeket a szempontokat egyenként fogjuk sorra venni, s feltárjuk hol, milyen technológia fejlődés adódott az elmúlt években.

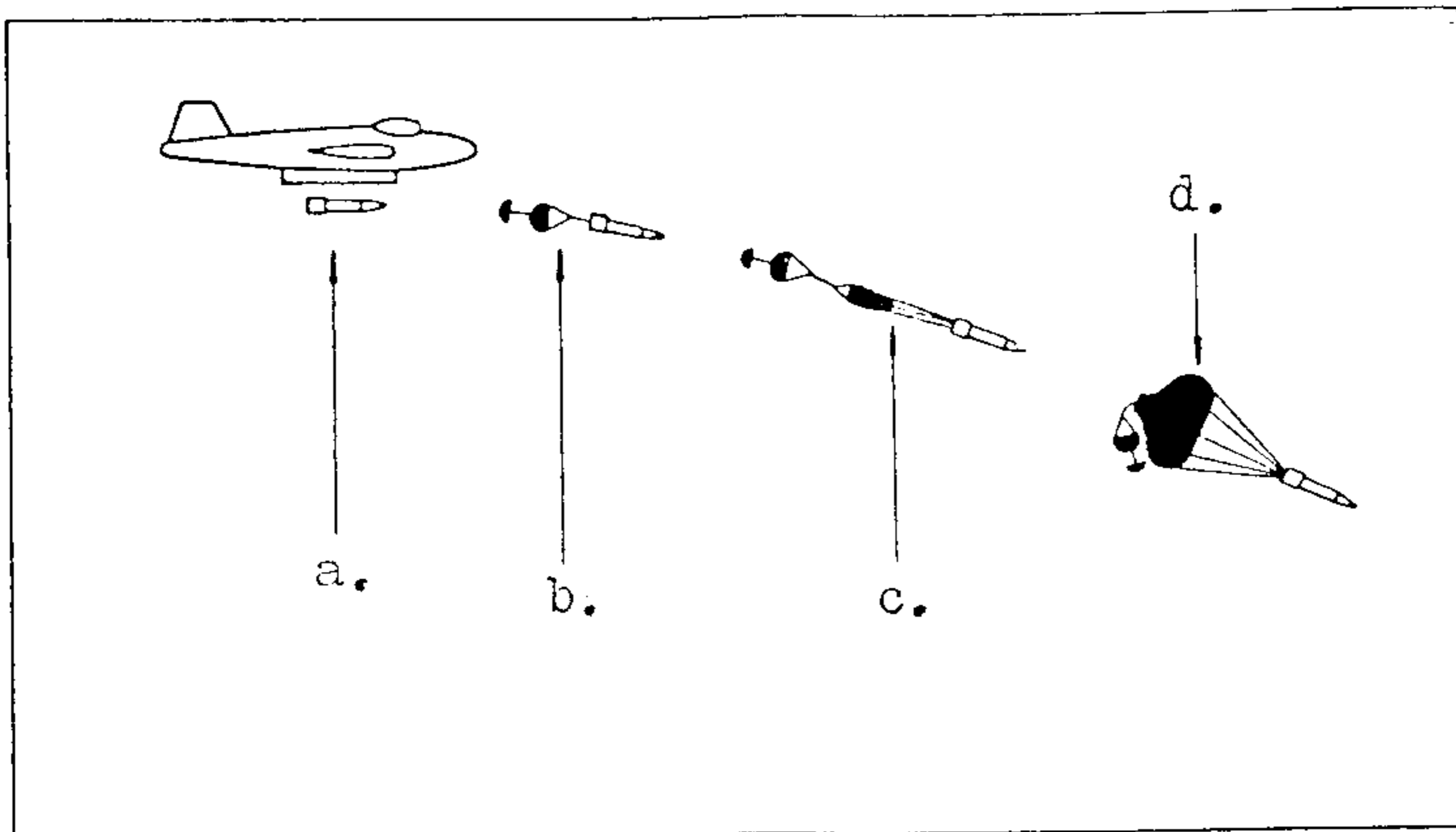
A kapcsolatos problémákat először is ejtőernyő teljesítmény adatok bemutatásával (melyeket a legfrissebb kísérleti munkák során nyertünk) fogjuk illusztrálni. Körvonalazzuk a kísérleti (mérési technikákat is, hiszen a megbízható ejtőernyő-adatok gyakran kívánják meg a komplikált és nagyon költséges teljes méretű ernyőkön végzett kísérleti módszereket – mint pl. a RAE (ROYAL AIRCRAFT ESTABLISHMENT – ANGLIA) ejtőernyő próbajárműveket, melyeket repülőgépekről indítanak el – sőt sok a legújabb eredményekből, éppen az ejtőernyő vizsgálati technikák révén alakult ki.

Ezután vizsgáljuk meg azt az elméleti alapot, mellyel egy bizonyos ejtőernyő viselkedés megmagyarázható, s megemlítjük a fejlemények némelyikét, melyek ezen kombinált munka eredményeképpen születtek.

AZ EJTŐERNYŐ BELOBBANÁSA

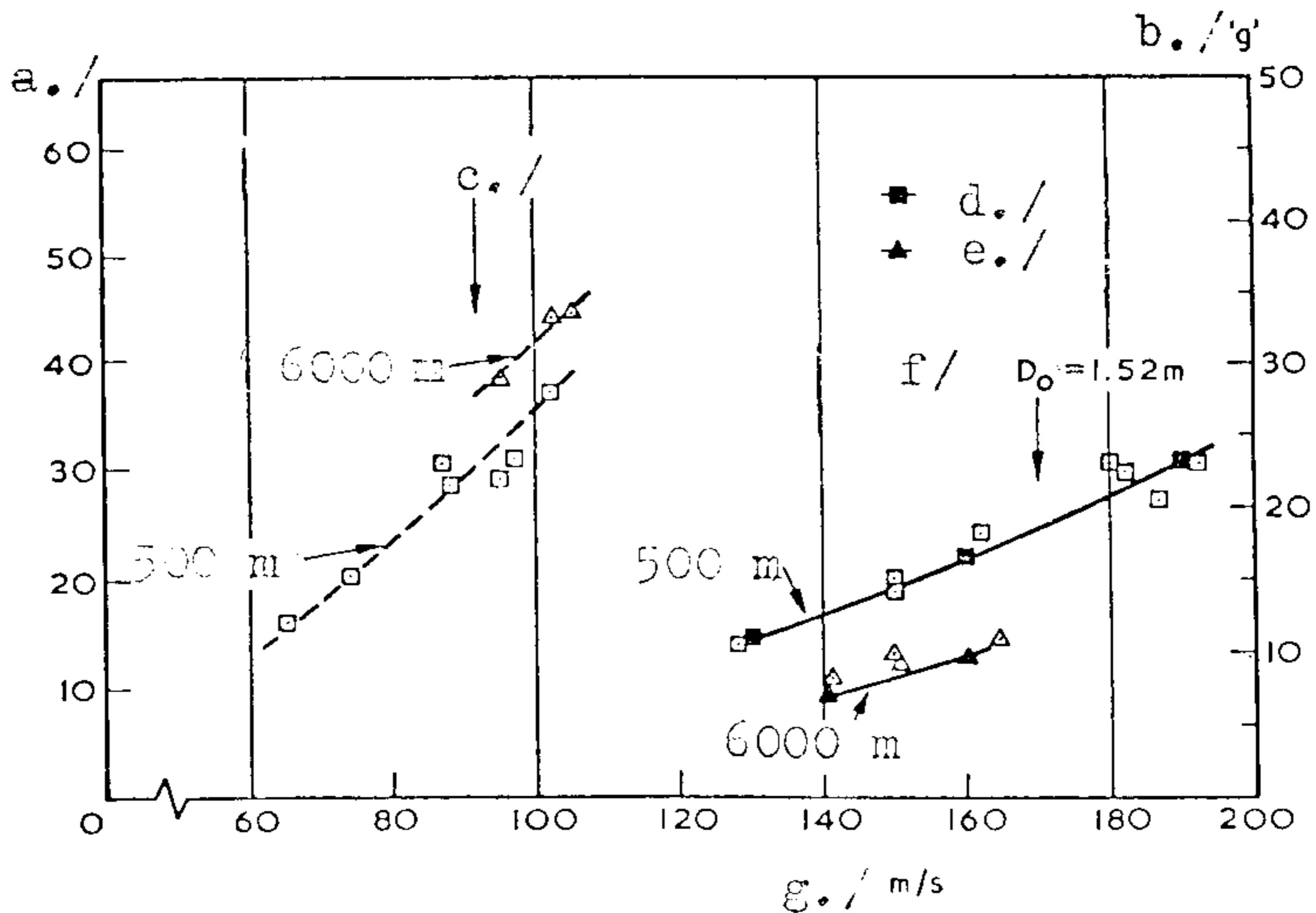
Az ejtőernyő belobbanási jellemzőinek és terhelés/idő összefüggéseinek jobb megértése végett már néhány éve kutatások folynak úgy az Egyesült Királyságban (UK), mint a tengeren túl.

Egyik fontos célja ennek a kutatásnak a hajózószemélyzet életének mentésére szolgáló olyan ejtőernyő kidolgozása, mely jól felhasználható a katapult ülések következő generációjában – tehát a gyorsnyitás jellemzők mellett biztosítják az ernyő nyitást/belobbantást úgy kis repülőgép sebességeken, mint legalább a 150 m/s-os nyitási sebességen is.



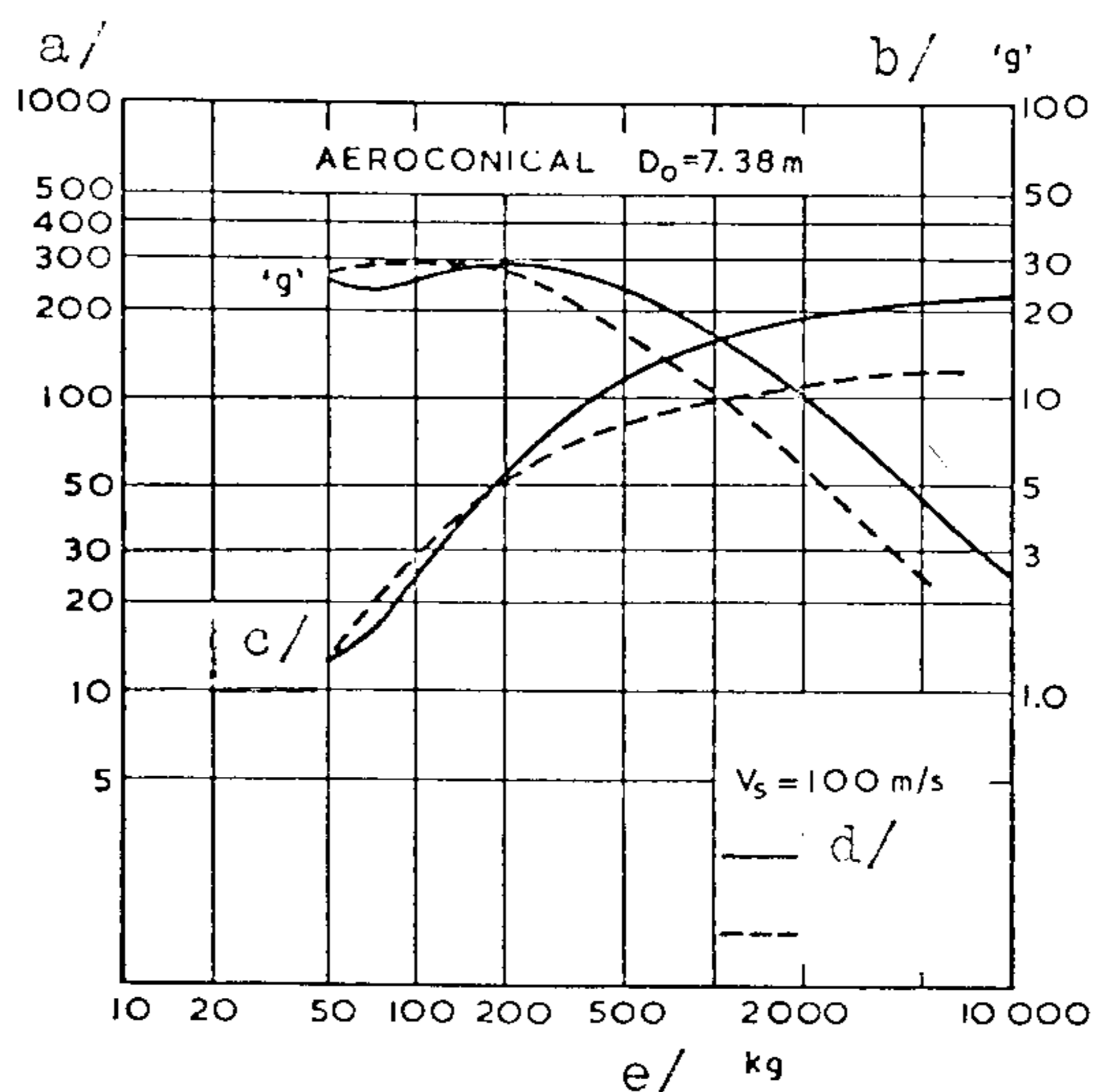
1. sz. ábra

A kísérleti ejtőernyőnyitás (dobás) folyamata. a) ejtőernyő kísérleti test (és hasznosteher) kioldása, b) katapult ülés stabilizáló ejtőernyő belobbant, c) mentőejtőernyő kihúzva (zsinórok feszesek), d) főejtőernyő teljesen kinyílt.



2. sz. ábra

Az ejtőernyő belobbanási terhelése. a) csúcs belobbanási erő (kN), b) az ejtőernyő és hasznosteher csatlakozási pont lassulása (-g), c) főernyő – $D_0 = 7,38$ m, d) számított érték, e) a fékező ejtőernyő mért pontjai, f) fékező ejtőernyő – $D_0 = 1,52$ m, g) zsinórhúzási sebesség (m/s).



3. sz. ábra

A felfüggesztett tömeg hatása a belobbanási terhelésre. a) csúcs nyitóernyő (kN), b) az ejtőernyő hasznosteher és zsinórok csatlakozási pontjának lassulása (g), c) erő, d) ————— tengerszinten, - - - - - 6000 m magasságban, e) felfüggesztett tömeg (kg).

Kell viselnie a nagy nyitási sebességet és több tonna belobbanási terhelést!

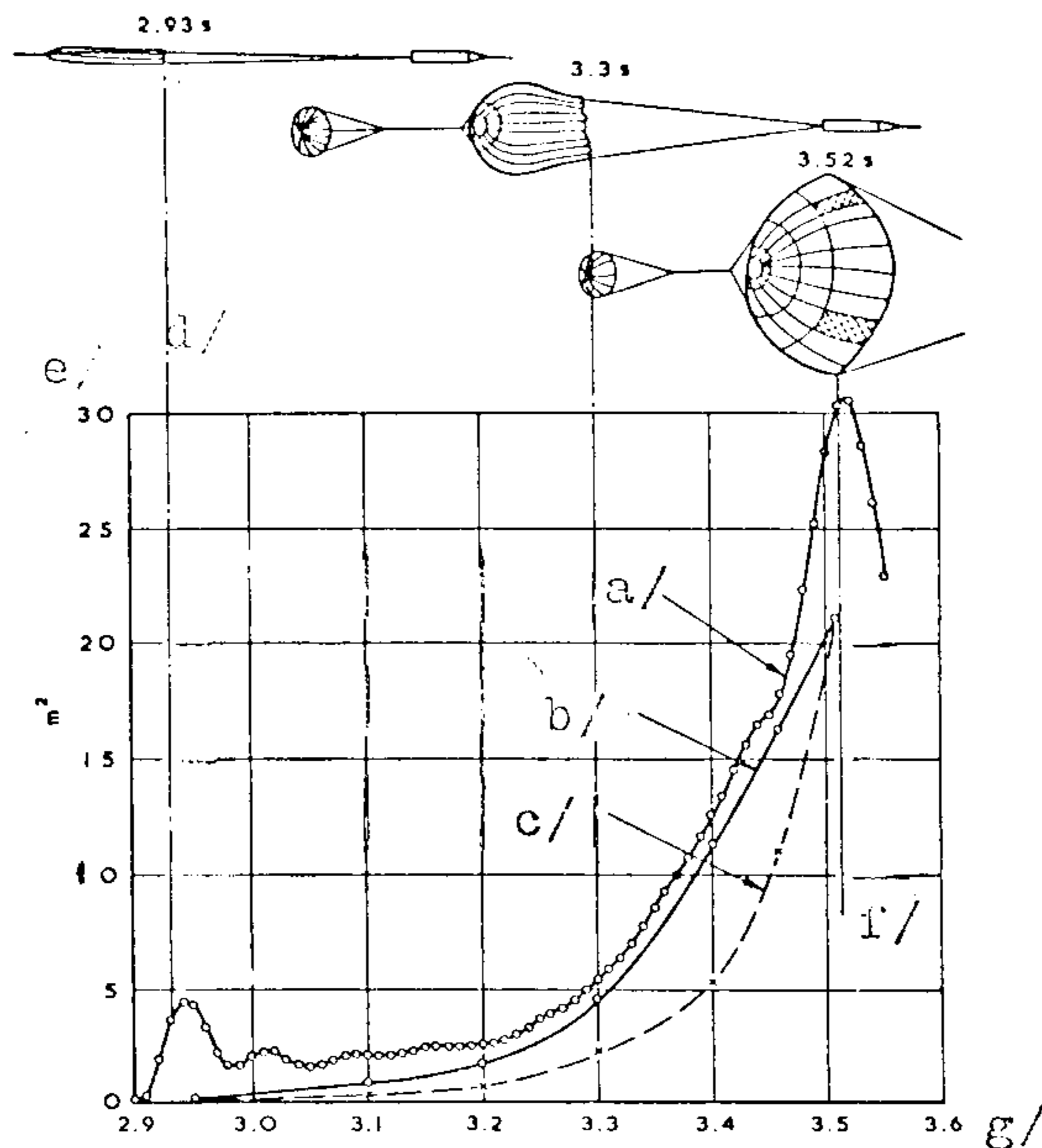
Amikor az ejtőernyő belobbanását vesszük figyelembe, először világos különbséget kell tenni az ejtőernyő és hozzácsatolt terhelés-kombinációk között, pl. ahol a belobbanási folyamat alatt a teher sebességváltozás mértéke kicsiny („végtelen tömeg esete”), melyet a repülőgépek lefékezésére alkalmazott ejtőernyőnél észlelünk vagy azon esetben, amikor a belobbanási folyamat alatt beálló sebességváltozás mértéke nagy („véges tömeg esete”).

Ezt a különbséget hasznosan illusztrálja egy katapult ülés fékejtőernyője, amelynél viszonylag egyszerű elemezni a kisméretű fékejtőernyőt – és ülést, amely jól reprezentálja a végtelen tömeg esetét, de sokkal nehezebb az elemzés a nagy mentőejtőernyő alatt lévő ember esetében, amelynél meglehetősen nagy sebesség csökkenés áll elő, amidőn az ember mozgási sebességét a tényleges belobbanási folyamat közben hirtelen lelassítja.

A nagy sebességeken nyitott ejtőernyőkkel kapcsolatosan a belobbanási adatokat a Canberra típusú repülőgépről indított RAE ejtőernyő vizsgálati (próba) járművel az 1. ábrán ismertetett módon lehet előállítani. Ezzel a nagyon hasznos kísérleti technikával a kísérleti jármű (mely az ernyőt is hordozza a műszerekkel együtt és egyben a hasznos terhet is képviseli) úgy van programozva, hogy először egy kis, katapultülést fékező ejtőernyőt nyit, mely egy rövid kivárás után nyitja a főejtőernyőt, s ezzel szimulálja a Martin-Baker féle katapultáló ülésrendszer működési folyamatát.

(Szükséges megjegyezni, hogy a kísérletek céljára felhasznált próbajármű általában úgy van ballasztal ellátva, hogy tömege egyenlő legyen az ülésen lévő ember és felszerelésének tömegének 99 %-ával.)

A próbajármű műszerezése méri az ejtőernyő nyitásából és belobbanásából származó lassulásokat és a próbajármű tengelye mentén elhelyezett feszültségmérős szem közvetlenül méri az ejtőernyő légel-lenállási (fékező) erejét. A leereszkedési pálya menti légsebességeket a jármű orrába szerelt statikus pitot-cső méri.



4. sz. ábra

Az ejtőernyő belobbanási jellemzői. a) látszólagos fékezési (légellenállási) felület, b) vetületi felület, c) kupola belépőnyílási felülete, d) a zsinórok feszések, e) felület (m²), f) teljes belobbanás, g) nyitástól mért idő (s).

A 2. ábra a leírt próbajárművel és katapultülés fékejtőernyővel, valamint a GQ Aeroconical menőernyővel, egy bizonyos sebességtartományban és az 500 m-től 6000 m-ig terjedő nyitási magasságokon mért csúcsterheléseket ábrázolja.

A fékejtőernyő adatainak vizsgálata kimutatta, hogy a csúcsterhelés arányosan növekszik a zsinórozott megfeszülési sebesség négyzetével – amint az várható volt – mind a két nyitómagasságnál, s csökkent a csúcsterhelés a nagyobb nyitási magasságokon. Ha megszorozzuk egy ismert nyitási terhelési tényezővel a sebességekre számított nyugalmi légellenállásokat, akkor ezek igen jól egyeznek a ténylegesen mért terhelésekkel.

Az embert szállító ejtőernyő esetében azonban a magasság hatása fordított, s hasonló számítás a fékezőernyőre 10-szer nagyobb eredményt hoz a mért értéknél. Világos, hogy a „véges tömeg esete” különleges elemzést kíván. A nyitási terhelési számítást a véges tömegekre számos kutató vizsgálta már. Így pl. Heinrich Amerikában kidolgozott egy ejtőernyő-kupola feltöltődési elméletet, Roberts pedig a közeg és rendszer-dinamika közötti egymásrahatásokat tanulmányozta.

Mind a két említett módszernek meg vannak a hátrányai: a feltöltési idővel kapcsolatos megközelítés nem ismeri fel azokat a külső erőket, melyek a belobbanásra befolyással vannak, míg Roberts módszere csak feltételezést tesz az áramlás és az ejtőernyő szerkezet modellezésében, s ezenkívül komplikált matematikát is igényel.

Dr. Lingard a RAE-ben nem régiben mutatott rá arra a tényre, hogy az ejtőernyő tervezőknek inkább olyan egyszerű elméletre van szükségük, melynek segítségével gyorsan juthatnak el jó becslésekhez pl. a belobbanási csúcsterhelés terén és jó megközelítéssel tételezheti fel, milyen alakot fog legvalószínűbben a „töltési-idő” görbe felvenni egy bizonyos ejtőernyő nyitási szituációban.

Egy ilyen módszer lehetővé tenné a tervezők számára, hogy gyors számításokat végezzenek a belobbanási terhelésre ható olyan paraméterek terén, mint pl. a nyílásban lévő zsinórok húzási sebessége, az ejtőernyő átmérője, a felfüggesztett teher tömege, valamint az ernyőnyitás magassága és repülési szöge. Egy ilyen típusú és megbízható előrejelzéseknek meg van az az előnye, hogy lecsökkentik a költséges kísérleti munkákat egy-egy ejtőernyő kialakítással kapcsolatosan.

Lingard ezért részletesen tanulmányozta a nyitóterheléseket meghatározó tényezőket. Elemzése kimutatja, hogy egy bizonyos névleges D_0 átmérőjű ejtőernyőszerkezet, mindig jellemző módon lobban be, és hogy a terhelés-idő görbe alakját elsődlegesen a tömegviszony-paraméter (M_r) határozza meg:

$$M_r = m_s / \rho \cdot D_0^3$$

ahol m_s = a felfüggesztett tömeg.

Mivel ez a viszony határozza meg, miképpen csökken a mozgáspályamenti sebesség az ejtőernyő belobbanása közben. Egy adott tömegviszonyhoz a belobbanási csúcsterhelés arányos a

$$V_s^2 / g \cdot D_0$$

paraméterrel, ahol V_s = a zsinórok húzási sebessége.

Ahhoz, hogy Lingard módszerét használhassuk, először szükséges létrehozni az erőegyütthatós dimenzió nélküli idő/belobbanás jellemzőket – C_F / ζ / az ejtőernyőre – egy vagy két kísérleti eredményből.

Ilyen adatokat azonban hamar és gyorsan elő lehet állítani az ejtőernyő kísérleti járművének kötött ballonból való ledobásával, illetve egyetlen, repülés közben indított kísérleti jármű viselkedésének méréséből.

A belobbanó ejtőernyő mozgásegyenletei és a kupola alatt függesztett test mozgásegyenletei ezeketán az alábbi formában írhatók:

$$m_s \frac{dv}{dt} = m_s \cdot g \cdot \cos \theta - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot C_F / \zeta \cdot S_0$$

$$\text{és} \quad m_s \frac{dv}{dt} = m_s g \cos \theta - 1/2 \rho v^2 C_F(\tau) S_0$$

$$\frac{d\theta}{dt} = -g \cdot \frac{\sin \theta}{v}$$

ahol: v = a mozgáspálya menti sebesség

θ = a mozgáspálya szöge

S_0 = a felület és

C_F / ζ = a belobbanási erő tényező dimenzió nélküli száma, amely kísérlet alapján került megállapításra.

Ezt az analízist számítógépen elvégezték v -re θ -ra és a belobbanási erőre, az eredményt a 3. sz. ábra tartalmazza. Az alkalmazott ejtőernyő $D_0 = 7,38$ m-es AEROCONICAL. A felfüggesztett tömeg a 80 – 135 kg közötti ($M_r = 0,16 \div 0,27$), ami egy típus hajózó személyt, plusz személyes felszerelését jelenti.

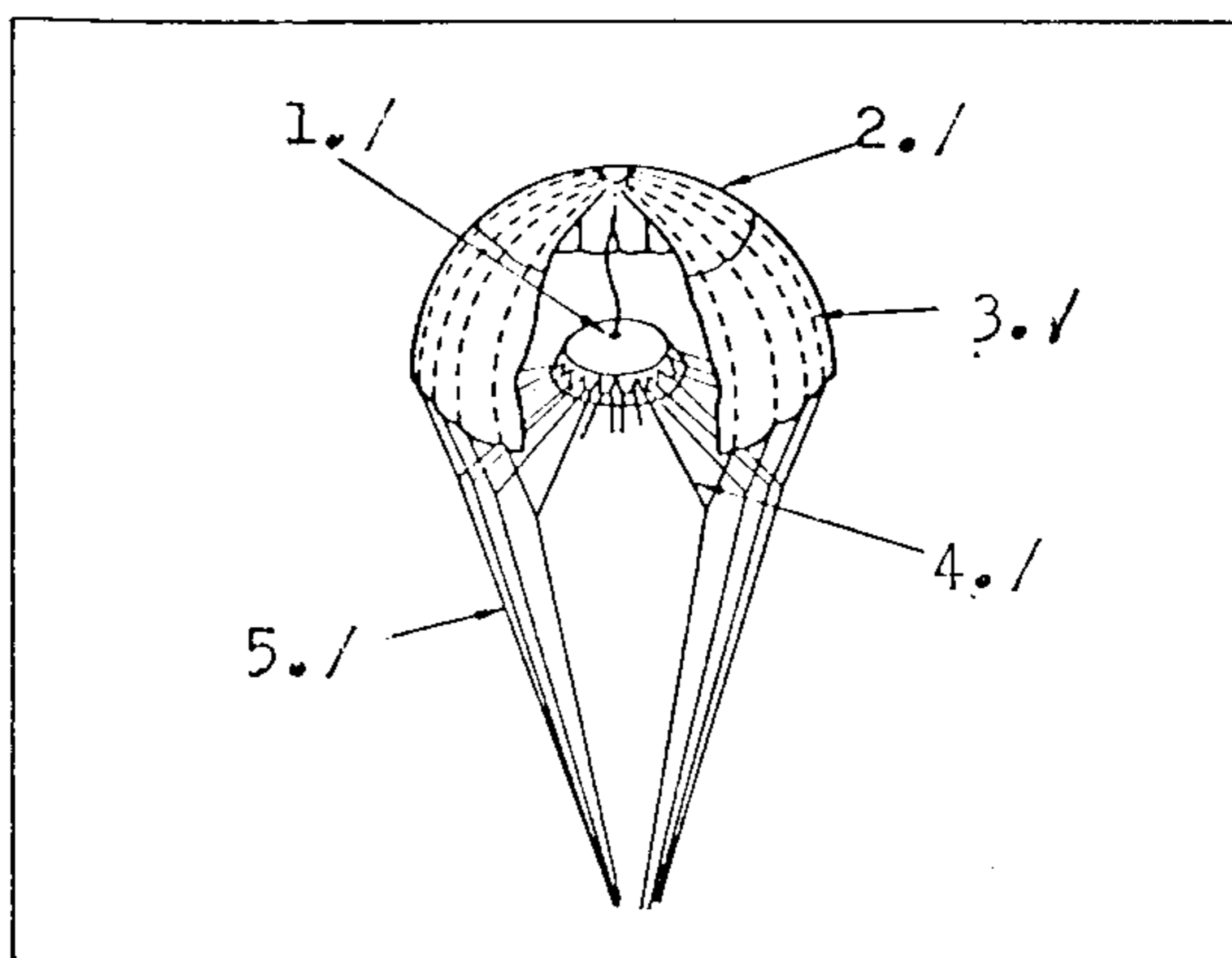
Ebben az esetben a magasság hatása az előző kísérletek eredménye alapján (2. ábra) becsléssel van meghatározva és a lassulás globális értékei igen jól egyeznek a kísérleti adatokkal.

Próbaképpen számításokat végeztünk – túl a normális súlytartományon – igen nagy 10 000 kg-os ($M_f = 20,4$) felfüggesztett tömegekre is, hogy demonstráljuk: milyen hatása van annak, ha közeledünk a „végtelen tömeg esetéhez”.

Hasonló számítások – különböző ejtőernyő átmérőknél – kimutatják, hogy az érdeklődésre számot tartó felfüggesztett tömeg-tartományban, egy nagyobb ejtőernyő átmérő – mely kisebb tömegviszonnyal rendelkezik, a csúcsterhelés csökkenését eredményezi. Sőt az ilyen természetű számítógépes vizsgálatok eredményeképpen egy 5,8 m kinyílt átmérőjű ejtőernyő változat is készült és a kísérletek jól demonstrálták, miszerint az eredeti 5,2 m átmérőjű ejtőernyőhöz képest az elért csúcsterhelés csökkenés 30 %-os volt.

A BELOBBANÁSI JELLEMZŐK „SZABÁLYOZÁSA”

Ezzel a munkával párhuzamosan tanulmányoztunk módszereket a belobbanási jellemzők automatikus szabályozására is. A konvencionális mentőernyőket gyakran jellemzi az igen gyors fékezőfelület növekedés a belobbanás vége felé, s ez az a pont, ahol a csúcsterhelések fellépnek (4. ábra).



5. sz. ábra

„AIM” ejtőernyő. 1. Belső „Webb-féle” ejtőernyő. 2. Rugalmas szövet a kupola-koronán (a felszín 27 %-ában). 3. 4 szeletes $D_0 = 9,02$ m átmérőjű kupola. 4. Nyílásszabályzó zsinórok. 5. 337 kg szilárdságú zsinórok.

Valójában olyan jellemzőkre van azonban szükség, melyek biztosítják a maximálisan elviselhető – az emberi szervezet tűrőképesség határán belüli – lassulást, úgy, hogy az a lehető leggyorsabban menjen végbe, majd egyenletessé váljon, amíg a biztonságos leereszkedési röppálya ki nem alakul.

Ha ezt az ideális ejtőernyő belobbanási jellemzőt biztosítani tudjuk, akkor jócskán fejlődhet a katapult ülések működése, valamint jelentős csökkenés érhető el a főernyő előre lendülésében.

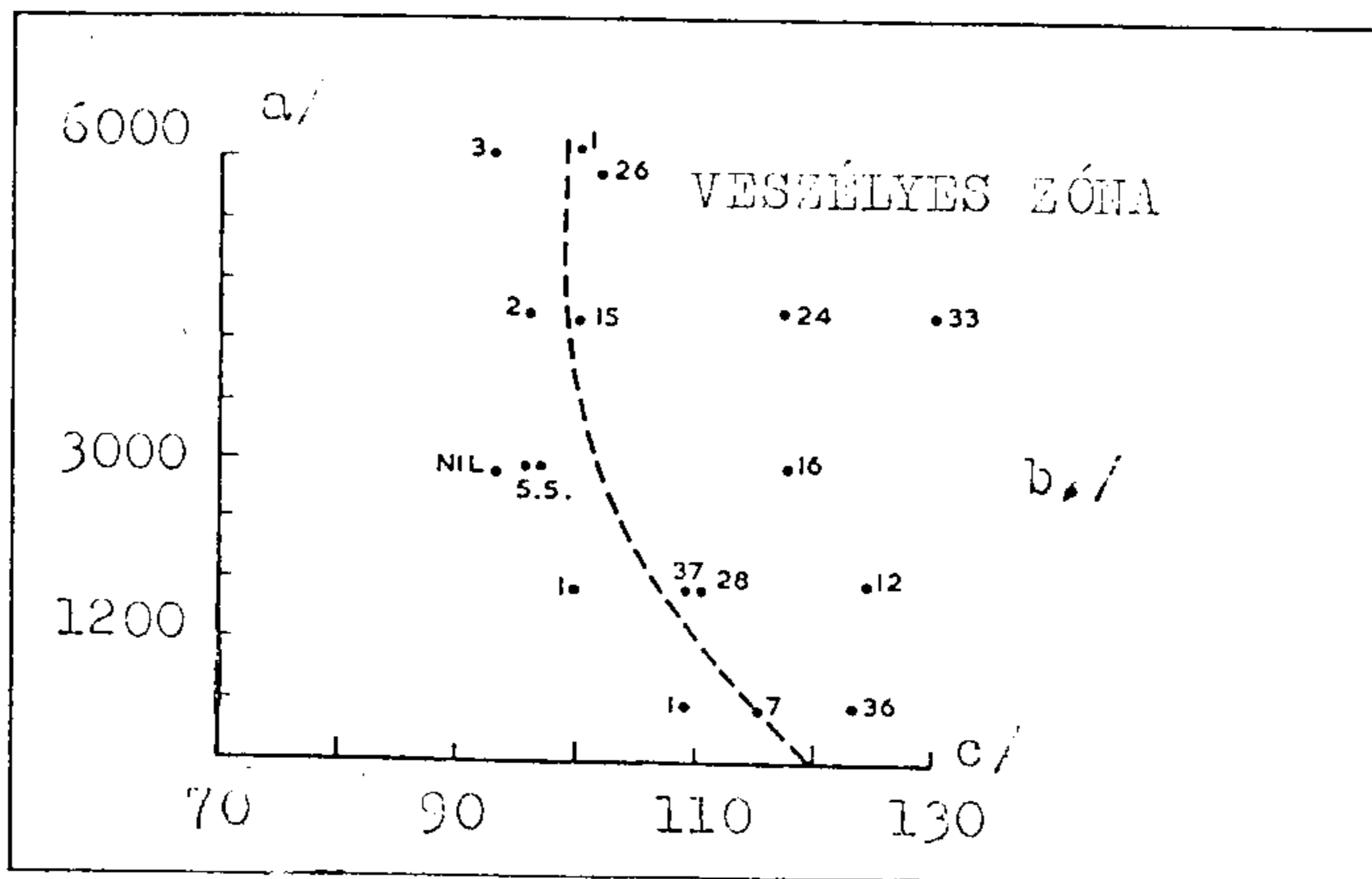
A tervezés célja olyan tulajdonságok beépítése az ejtőernyőbe volt, mellyel módosítani lehet a belobbanási jellemzőket. Például a katapult ülés fékejtőernyőjének a főajtőernyő kupolavéghez erősítése csatolótaggal (lásd a Martin Baker féle katapultülés rendszert) csökkenti a főajtőernyő kezdeti nyitóssebességét és ezzel a csúcsterhelését is. (L. Ejtőernyős Tájékoztató 1981. évi 2. szám 18.old.). Sőt a RAE kísérletekben, ahol a fékejtőernyő szándékosan úgy volt elrendezve, hogy akkor váljon el a főajtőernyőtől, amikor az utóbbi zsinórai megfeszültek, 40 %-os belobbanás terhelés növekedést tapasztaltak.

Ugyancsak bátorító eredményei vannak az Irvin (Anglia) Ltd-nél folyó kutatásoknak is, amelynél nyomásleeresztő „szelepeket” építettek be a kupola-koronába, melyek egy meghatározott nyitási sebességnél kirepednek. Eredménye a legnagyobb belső túlnyomás és ezzel a belobbanási csúcsterhelés csökkenése.

Érdekes megjegyezni, hogy a Kanada-i David Webb és kutató csoportja az Ontario-beli Irvin Industries-nél belobbanási jellemző módosító módszert alkalmaz az általuk kifejlesztett „AIM” ejtőernyőnél. (AIM = Automatic Inflation Modulation = automatikus belobbanás modulálás)

Ezt az AIM kupolát irányíttatlan rugalmasságú anyagnak a kupola felső részébe és egy teljesen egyedülálló típusú segéd ejtőernyőnek a kupola aljába való beépítésével, mint kombinációval alakították ki; belobbanási szabályozására (5. ábra).

A David Webb által alkalmazott segéd ejtőernyőt – feltalálójának neve után – WEBB-ejtőernyőnek nevezzük. Ez a kis segédejtőernyő a főkupola belépő nyílásában, középen van elhelyezve és ott is marad az egész belobbanási folyamat alatt. A kupolabelobbanás szabályozásának mértékét a WEBB ejtőernyő méreteinek és beépítési helyének változtatásával lehet variálni.



6. sz. ábra

Aeroconical ejtőernyő – károsodási határkörnyék. a) Magasság (m-ben). b) Megjegyzés: Az egyes adatpontok melletti számok a károsodott kupolacikkek számát jelzik. c) Zsinórok megfeszültek – sebesség (m/s-ben).

Nyilvánvaló, hogy amilyen mértékben növekszik a nyílási sebesség, olyan mértékben fokozódik az ereje/hatása az ilyen szabályozásnak. A kupola közepébe beépített rugalmas anyagnak az a szerepe, hogy a fellépő dinamikus nyomással egyenes arányban variálja a kupola porozitását és azzal csökkentse a kialakulható csúcsterheléseket.

A kísérletek már demonstrálták milyen jelentős előnnyel jár, ha szabályozható a belobbanási erő. Csak össze kell hasonlítani a konvencionális kerek ejtőernyőkkel elérhető maximális biztonságos nyitási sebesség és nyitási magasság értékeket a Webb segédejtőernyős hasonló adatokkal és noha az ilyen ejtőernyő szerkezete bonyolult, aligha kétséges, hogy ígéretes jövő előtt áll.

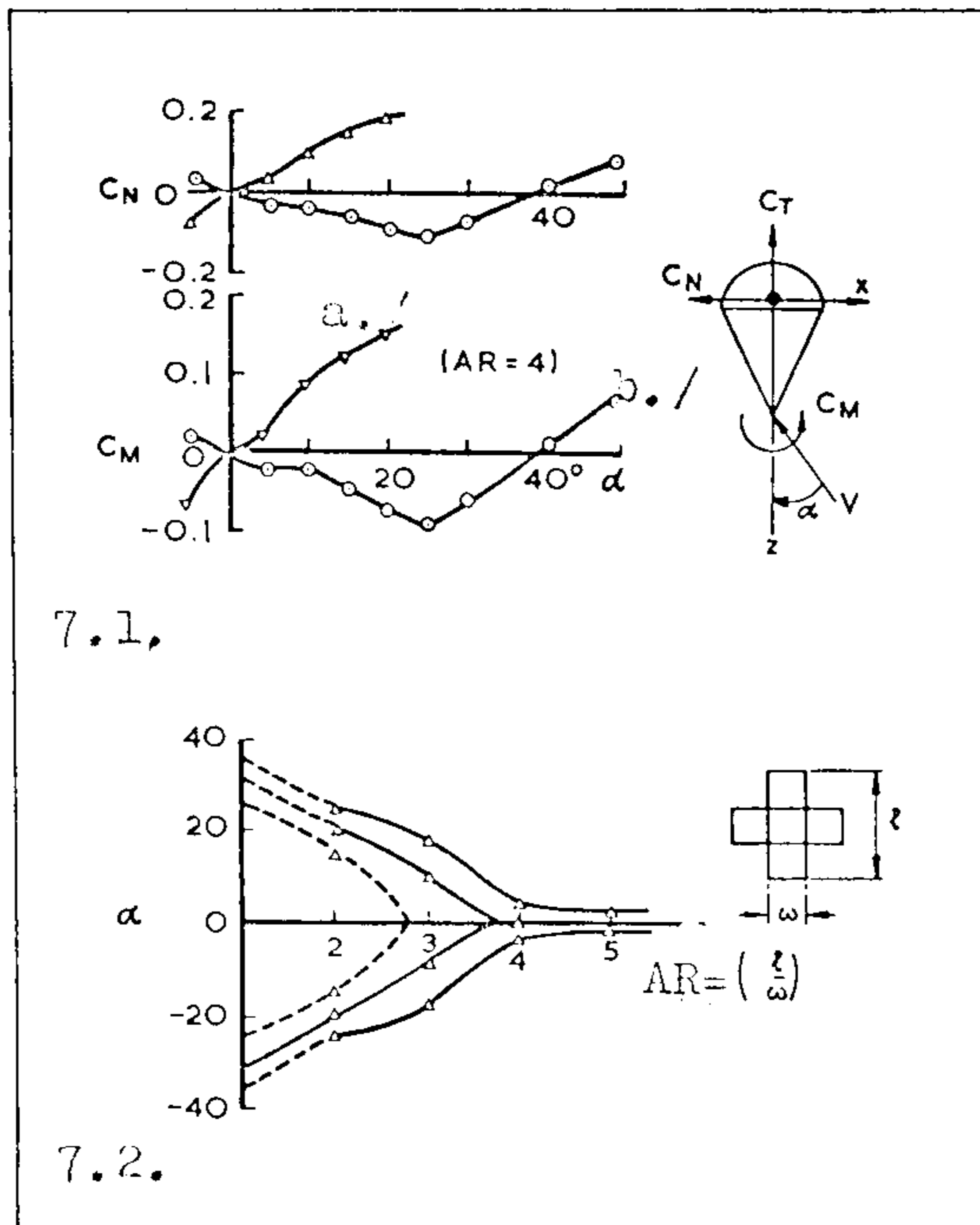
AZ EJTŐERNYŐ SZILÁRDSÁGA

Az ejtőernyő belobbanási folyamatának és jellemzőinek tárgyalása egyenesen vezet el bennünket az ejtőernyő-szilárdság témájához, hiszen a belobbanás az, melynek során a csúcsterhelések és így az ejtőernyő messze legnagyobb igénybevételei jelentkeznek.

Általános, hogy az ejtőernyő azokon a helyeken van legjobban igénybevéve, ahol a helyi görbület rádusza a legnagyobb, amikor a kupolán át kialakuló nyomásdifferencia eléri legnagyobb értékét. A terhelés elosztás részletes ismerete nélkül azonban lehetetlen megállapítani, hogy a szerkezet milyen biztonsági tartalékkal rendelkezik. A tapasztalatok szerint és az Amerikai Ejtőernyős Visszanyerő Rendszerek Tervezésére szolgáló Utmutató által ismertetett egyszerű igénybevételi képlet alapján tervezett ejtőernyők elegendő biztonsági tartalékkal készülnek, de állandó a törekvés az ejtőernyő hatékonyságának növelésére és ez az igénybevétel elemzés kifinomultabb módszereit tűzi ki célul.

Ilyenek a nyomás – igénybevétel egyensúlyi állapot szerinti tervezési megközelítések, melyeket az Egyesült Államokban kifejlesztett CANO számítógépes program testesít meg.

Sajnos, kevés részletes, teljes léptékű repülési kísérleti munka van eddig elvégezve a számítással meghatározott igénybevételi adatok igazolására. Ez utóbbi hiánynak valószínű oka, hogy a szövetanyagok dinamikus viszonyok közötti igénybevételének mérése eddig meglehetősen sok nehézségbe ütközött.



7. sz. ábra

z

7.1. ábra: az α szög és az aerodinamikai tényezők összefüggése. 7.2. ábra: az α szög és az $\bar{\omega}$ arány összefüggése. a) kereszt-alakú kupola, b) kör-alakú kupola.

Ezen problémának a megoldását ígéri az úgynevezett OMEGA mérőbéllyeg (az 1970-es években fejlesztették ki), amit a textilre lehet ragasztani, a textiliákban (pl. textil szál) ébredő terhelési feszültségek közvetlen mérése céljából. Ez a mérőelem hőmérsékletre kompenzált és eléggé apró ahhoz, hogy a helyi görbület ne befolyásolja működését.

Az igénybevétel-elemzések bizonytalansága miatt (eddig) gyakran válik szükségessé egy-egy ejtőernyő esetében kísérlettel megállapítani a károsodás határokat a korábban ismertetett „kísérleti járműves” ejtőernyőknek repülőgépről való indítási módszerével.

A nyitási sebességet addig fokozzuk, amíg be nem következik az ejtőernyő meghibásodása (sérülése/károsodása) emiatt.

A 6. ábra az ilyen módszerrel – egy bizonyos nyitási magasságtartományban – nyert károsodási határ-értékeket illusztrál.

Amikor az ejtőernyőnél a szilárdságot magát vesszük figyelembe (és célul) meg kell jegyeznünk, hogy a Kevlar-anyag alkalmazása nagy igénybevételeknek kitett ejtőernyőkben – különösen ott, ahol az ejtőernyő elhelyezésére szolgáló hely erősen korlátozott – rendkívüli mértékű szerkezeti szilárdságjavulásokat és előnyöket hozott.

A KEVLAR maga egy Aramid műszál, melyet a Du Pont Nemours Co. gyárt és jellemzője az igen nagy szilárdság/tömeg hányados. A KEVLAR 29-es műszál szilárdsága 3-szorosa a nylonénak, míg a sűrűsége a nylon 1,1-es sűrűségével szemben mindössze 1,4.

Ennek a két tulajdonságnak a társítása teszi lehetővé, hogy a sűrűn szőtt KEVLAR anyag tömege fele, helyfoglalása pedig csak egyharmada az ugyanolyan szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező nylon anyagnak.

További előnyé a KEVLAR-nak, hogy 290°C-on még mindig kb. 50 %-át megtartja eredeti szilárdságának, míg a nylon ezen a hőmérsékleten már teljesen felmondja a szolgálatot. Egy fontos különbség – mely nagy kihatással van a részletes tervezésekre – az, hogy a KEVLAR nyúlása szakadáskor mindössze 0,4 %, míg a nylon csak kb. 25 %-os nyúlás után szakad el.

A KEVLAR fő alkalmazási területe az Egyesült Királyságban a kis hibrid (Kevlar-Nylon) fegyver-célbajuttató ernyők gyártása és a személy ejtőernyők zsinórjainak készítése.

Az USA-ban azonban építettek 3,81 m átmérőjű kúpos szalagejtőernyőt is teljesen KEVLAR-ból, s ezeknél 50 %-os tömeg megtakarítást értek el a vele egyenértékű, teljesen nylonanyagú ejtőernyőhöz viszonyítva anélkül, hogy észrevehető hatása lett volna az ernyő nyitási terheléseire és általános teljesítményére. Az ejtőernyőnél csak a közepe környékén kellett kisebb módosításokat végezni, hogy megfeleljen a KEVLAR anyag kis rugalmassági modulusának.

A KEVLAR drágább anyag mint a nylon, de számos sikeres KEVLAR alkalmazás az ejtőernyőkben egyértelműen sugallja, hogy egyre inkább alkalmazásra kerül majd a közel jövőben.

STABILITÁS AZ ERESZKEDÉS SORÁN

Az ejtőernyő-működés és általános teljesítmény egyik másik fontos és sokat vizsgált területe a teljesen belobbant kupola alá felfüggesztett hasznos teher stabilitása leereszkedés közben.

Az EK-beli mentő-ejtőernyő specifikációk előírják, hogy az ejtőernyőmozgási zavarok a leereszkedés során csillapodjanak és a tartós lengések nem haladhatják meg a $\pm 15^\circ$ -os eltérést a függőlegestől. Ugyanez a paraméter a légideszant egységeknél és ejtőernyős rohamosztagnál már a legtöbb esetben $\pm 10^\circ$ -ra szűkül.

Ez nem túl szigorú követelmény, ha figyelembe vesszük némely fegyver-célbajuttató-rendszerrel szemben támasztott stabilitási követelményeket, azonban a túl nagy leereszkedés közbeni lengés az ejtőernyős számára a földdel való kapcsolatba jutás pillanatában nagyon fokozza a sérülés veszélyét.

Ezért bármi, ami egyszerű módszerekkel javítja az ejtőernyők általános biztonságát és teljesítményét szívesen látott újítás lehet.

Jól ismert tény, hogy a kisporozitású szövetanyagok alkalmazása a lapos kerek ejtőernyőknél biztosítja a gyors belobbanási jellemzőt – mely mentőernyőkkel szemben követelmény – de a stabilitására viszont káros hatással van. Az ilyen ejtőernyő egy nem-nulla állásszöget igyekszik felvenni, melynél siklani, körbe (kúposan) vagy ingaként lengeni tud a statikus, de nem szükségszerűen dinamikus – stabil állapotban. Ilyen értelemben az ejtőernyő statikusan stabil és az állásszög változásokkal szemben hat a kialakuló aerodinamikai nyomadék (ami viszont szükséges a stabilitás kialakulásához), de a rendszer csak akkor stabil dinamikusan is, amikor a korrigáló nyomadék zérus felé csökkenti az egymásutáni lengések amplitudóját.

Egy egyszerű olyan módosítás, mely a nem prozus kerek kupolák stabilitását nagyban fokozni képes, kettő vagy több asszimmetrikusan elhelyezett „rés” a kupolában, mely rések révén a kupola vízszintes sebességre (tolóerőre) tesz szert a réssel szemben meghatározott irányban.

A vízszintes sebességnek az az előnye is megvan a személyi ejtőernyőknél, hogy kormányzsinórokat szerelve a résekhez, az ejtőernyő utasa azokat manipulálhatja, s segítségével (a rések segítségével) a kupolát a szélel szembe fordíthatja az elsodrési sebesség csökkentése, valamint a terep tárgyak elkerülése céljából.

Bizonyos ejtőernyő alkalmazásokban a tolóerő, vagy olyan állásszög felvétele, melyeknél az ernyő siklani, vagy lengeni igyekszik, bizonyos zavarokat okoz, s ilyen esetekben egy jól megválasztott konfiguráció, mint pl. a „Cruciform” azaz kereszt alak igen jó stabilitást biztosíthat a függőleges merülés során. A stabil ejtőernyő típusokkal kapcsolatos kutatások (az EK-ban) ténylegesen erre a Cruciform ejtőernyőre alapulnak, mivel ezeket szerkezetük egyszerűsége miatt gyártani is könnyű és egyben kielégítő nyitási és fékező jellemzőkkel bír.

Az ejtőernyők stabilitását befolyásoló tényezők részletes elemző vizsgálatai jól haladtak eddig is a Leicester-i Egyetemen az elmúlt években, ahol ezt a munkát a RAE pénzügyi segítségével folytatták.

Egy számítógépes 6 szabadságfokú ejtőernyő modellt Dr. Cokrell és csoportja dolgozott ki, ezeket szélcsatornás és vízkamrás kísérletsorozatban merev és flexibilis modelleken is vizsgálták annak érdekében, hogy a stabilitási számításokhoz szükséges alapadatokat előállítsák.

A Leicester-i Egyetemen előállított szélcsatornás és egyéb kísérleti adatokat a 7. ábrán illusztrál különböző állásszögekre vonatkozó adatsor. A vizsgálatok során azt az egyszerűsítő feltételezést alkalmazták a statikus stabilitási elemzésekben, hogy a kupolarendszer tömegközéppontja a zsinórok összefutási pontjában található. Így a statikusan stabil állásszög – az a szög, melynél a tömegközéppont körül ható bőlintonyomaték, így a bőlintó mozgás nullával egyenlő és a korigáló nyomatékban csak kisebb zavarok támadnak – azaz a 7.1. ábra alapján a statikus egyensúlyi állapot akkor alakul ki, amikor

$$\frac{d C_N}{d \alpha} > 0$$

és az eredményül kapott

$$\frac{d C_m}{d \alpha} > 0$$

ahol C_N – a vízszintes erőtenyező

C_m – a bőlintó nyomaték tényezője

A stabilitás mértékét ekkor az állásszögnél a nyomatéki görbe esése jelzi.

Ilyen alapon a zárt porozitású kerek ejtőernyő-kupola állásszöge várhatóan $\alpha = 38^\circ$ és a $l/\omega = 4$ Cruciform kupolaszerkezet jó statikus stabilitást mutat a 0° -os állásszögnél is – azaz ez a kupola egy teljesen függőleges pálya mentén merül – ha szélcsend van.

Egy másik – a Leicester-i vizsgálatok eredményei közül – a 7.2. ábrában van illusztrálva: mely szerint ha fokozzuk az l/ω -t egy zárt porozitású Cruciform konfigurációjú ejtőernyő esetében, akkor az állásszög egyenletesen csökken és a kívánatos – zéróhoz közeli – állásszögeket csak akkor lehet biztosítani, ha az $l/\omega = 3,8$, melynél a lehetséges állásszög a $\pm 3^\circ$ – intervallumba kerül.

A Leicester-i elméleti munka eredményei hangsúlyozzák, hogy a „látszólagos” tömeg fogalom alkalmazása a mozgásegyenletekben igen fontos olyankor, amikor ezeket az ejtőernyő káros-mozgás csillapító jellemzőinek megállapítására alkalmazzuk.

A „látszólagos” tömeg hatása akkor jelentkezik, amikor az ejtőernyő (vagy akármilyen más test) közegen áthaladva gyorsul fel – például az ejtőernyő a lengése közben.

Például felgyorsult lineáris mozgásban nemcsak az „mf”-el (ahol „m” a test tömege, „f” a test gyorsulása) egyenletes nagyságú tehetetlenségi erő van jelen, de közreműködik egy közeg-tehetetlenségi erő is, melyet a test által felgyorsított közeg-tömeg hoz létre.

A közeg-tehetetlenség az m'f alakban írható fel, ahol m' a „látszólagos” tömeget képviseli és ennélfogva az össz-erő kifejezés az alábbiak szerint történhet:

$$F = (m + m') f$$

Ha $m = \rho \cdot b V_b$ és
 $m' = k \cdot \rho_f V_b$ (ahol V_b – a test térfogata és
 k – a látszólagos tömeg együtthatója)

Belátható, mivel a $k = 1 : 5$ -ig terjedő tartományban van, a látszólagos tömegnek jelentős hatása lehet a test dinamikájára abban az esetben, ha a test sűrűsége azonos nagyságrendű, mint annak a közegnek a sűrűsége, melybe az illető test belemerül.

Pontosan ez a helyzet egy nagy térfogatú olyan test esetében is, mint az ejtőernyő és az alája függesztett test együtt: ennél fogva a „látszólagos” tömeg mint komponens, nem hagyható ki azon mozgásegyenletekből, melyekkel az ejtőernyő stabilitási jellemzőit kívánjuk megállapítani.

Vannak természetesen más hasonló esetek is. Erre igen jó példánk a léghajó. Yavuz, Cockrell és Jorgonsen a Leicester-i Egyetemen nem régiben fejeztek be egy nagyon is eredeti kísérleti sorozatot, hogy látszólagos tömeg adatokat állítsanak elő ejtőernyő kupolákhoz: ezek az adatok értékes információul szolgáltak és szolgálnak.

Az általuk alkalmazott vizsgálati technika erő és nyomaték-mérésekből állt, melyeket egy tartályban lévő vízbe merített modellernyő gyorsulásos mozgása közben hajtottak végre.

Az eredmények azt mutatják, hogy a látszólagos tömeg-együttható függ a kupola alakjától, a kupola állásszögétől és a

$$\frac{v D_0}{v^2}$$

gyorsulási tényezőtől kivéve az utóbbi magasabb értékeit, jócskán túlhaladja a potenciális áramlási elmélettel számítottat.

Az ejtőernyő stabilitás kutatására lefolytatott Leicester-i kísérleti program eredményeképpen az alábbi következtetéseket lehet levonni:

- a) Az ejtőernyő stabilitási számításokban használni kell a kísérleti úton nyert „látszólagos” tömeg tényező értékeit.
- b) Az ejtőernyő statikus stabilitásának feltétele, hogy az

$$\frac{d C_N}{d \alpha} > 0 \quad \text{legyen}$$

amikor a

$$\frac{d C_N}{d \alpha} \quad \text{értéke az egyensúlyi állapotnál nagy és pozitív;}$$

ez elégséges feltétele a dinamikus stabilitásnak is.

Azonban, ha olyan ejtőernyők stabilitását vizsgáljuk, melyeknél az

$$\frac{d C_N}{d \alpha} \quad \text{érték pozitív ugyan, de kicsiny; további}$$

szükséges feltétel, hogy a látszólagos-tömeg tényező a vízszintes (normál) tengelye mentén nagyobb legyen, mint az ejtőernyő szimmetria tengelye mentén.

- c) A dinamikus stabilitás a nagyobb nyitási magasságokon és nagyobb felfüggesztett tömegeknél általában jobb.

Az általános stabilitásra irányuló munkaprogram részeként a Leicester-ben folytatott munkákkal párhuzamosan saját kutatásokat is folytatott a teljes méretű kupolák stabilitási adatainak előállítására. Ezeket a kísérleteket különlegesen műszerezett kísérleti „járművekkel” (a hasznos teher és ejtőernyő tárolására, kioldására használt fülke egyben) folytatták le.

Az így nyert adatokat használják fel a Leicester-i számítógépes eredmények igazolására számos ejtőernyő variánsnál. Tipikus ilyen vonatkozásban a nemrégiben végzett teljes-méretű ledobásos kísérlet is a 4:1 L/W viszonytal épített Cruciform ejtőernyő két változatával, mely kísérletek jól bizonyították, hogy ezek az ernyők kiváló függőleges merülési stabilitással bírnak, s hogy kevésbé érzékenyek a széllekedéses időjárási viszonyokra. A kísérlettel előállított és a Leicester-ben számított adatok összehasonlítása bátorítónak bizonyul.

FÖLDETÉRÉS

Az ejtőernyősök földetérésekor bekövetkező sérülés elkerülése céljából az EK-beli ejtőernyő specifikációk előírják, hogy az ejtőernyő függőleges merőleges merülési sebessége – a tengerszint magasságra vonatkoztatva – nem lehet nagyobb, mint 7,5 m/sec, a teljes hasznos terhelésnél sem. A légi deszant és ejtőernyős rohamosztatok által használt ejtőernyőkre viszont ez az érték nem lehet nagyobb, mint 6,0 m/sec.

A jövőben építendő mentő-ejtőernyők vízszintes sebessége nem lehet nagyobb, mint a típusra megengedett maximális merülési sebesség 50 %-a.

Amikor a földetéréskor jelentkező merülési sebességet vizsgáljuk, a legfontosabb paraméter mindig a kupola-anyag felülete és a kupola által kifejtett légellenállás viszonya (hatékonysága), mivel a kupola anyag felületét a maximális térfogat és tömegkorlátok határozzák meg.

Az egyszerű lapos és kerek ejtőernyő ilyen vonatkozásban meglepően hatékonyak bizonyul, ami társulva egyszerűen gyártható szerkezetével kétségkívül magyarázat arra, hogy alkalmazása a légi deszant stb. alakulatoknál eléggé elterjedt és kitartó.

A résekkel és irányíthatósággal kombinált kerek lapos ejtőernyők – a megváltozott nyomáeloszlási viszonyok miatt – kisebb és egyformább merülési sebességeket biztosítanak, mint az azonos méretű hagyományos – résnélküli kupolával építettek.

Ha ezenkívül a rések méreteinek szabályozására még zsinórokat is építünk be, akkor az ejtőernyő előnyösen kormányozható a kívánatos földetérési hely megtalálására, vagy szélle szemben kormányozva kis elsodródási sebességgel történő földetérést tesz lehetővé.

Napjaink légcéllás típusú siklóernyőit viszonylag nagy vízszintes sebességekkel képesek repülni, de ezeknél már megfelelő kezelő/irányító elemek is vannak alkalmazva, melyeket manipulálva az ejtőernyős földetérés előtt ki tud lebegtetni és a földetérés pillanatára jócskán le tudja csökkenteni addigi merülési sebességét is.

Ha végig gondoljuk, a földetérés ki nem nyílt kupolával, légi deszant műveletek során ütközések miatt összegabalyodott ejtőernyőkkel – igen kemény lehet. Felkészülve az ilyen előfordulható vészhelyzetekre a légi-deszantok tagjai tartalék ejtőernyőt is viselnek (rendszerint a mellkason). A légi-deszant ejtőernyőkkel szemben igen nagymértékű megbízhatóság a követelmény, ami különösen igaz a tartalék ejtőernyők esetében is. A tartalék ejtőernyők alkalmazásának legfontosabb problémája, hogy kis merülési sebesség mellett is gyorsan nyíljon – ami pl. egy részlegesen belobbant fő ejtőernyő kupola esetében áll elő – amikor is, ezenkívül el kell kerülni, hogy a belobbanó tartalék ejtőernyő a megtartott rendellenesen működő fő ejtőernyőbe bele ne gabalyodhasson.

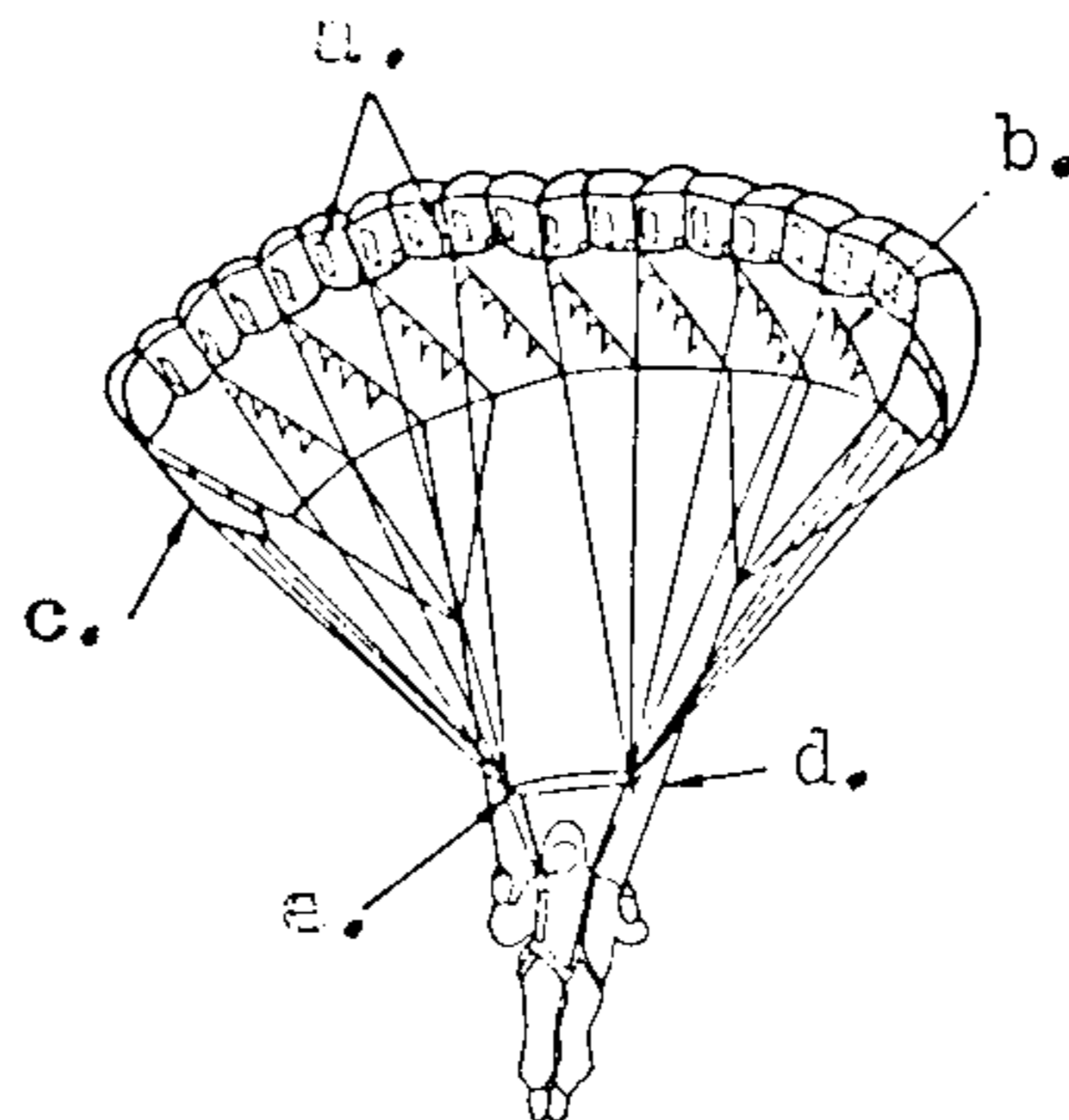
A kritikus merülési sebesség a részlegesen belobbant fő ejtőernyővel 15 m/sec körül van és ez a földetérésnél igen súlyos – esetleg halállal végződő sérülésekhez vezethet, de ugyanakkor ez a sebesség nem elég ahhoz, hogy a mentő ejtőernyő hatékonyan működtethető legyen.

A tartalékernyők működése tekintetében az új Irvin PR 7-es típus meglehetősen javulást hozott. Ennek az ejtőernyő rendszernek fontos része a rugóterhelésű kidobótábla, mely a tartalék ejtőernyő kupoláját gyors kibomlásra és nyitásra készíti. Ezenkívül be van még építve egy gumi gyűrű is a kupola közepébe, mely a kupola belobbanó felületét igen gyorsan növeli meg olyan méretűre, mely már megakadályozza, hogy a tartalék ejtőernyő a rendellenes fő ejtőernyőbe vagy zsinórjaiba akadasson.

Az elmúlt évek legérdekesebb és potencinálisan legfontosabb ejtőernyő fejlődése a légcellás ejtőernyő kialakulása volt. A légcellás ejtőernyő abban tér el a konvencionális ejtőernyő típusoktól, hogy belobbanva egy kis oldalviszonyú repülőszárnyra hasonlít (8. sz. ábra). Ez az ernyő is teljes egészében szövetanyagból készül, melynek hajtogatása ugyanolyan bevált módon történhet, mint a konvencionális ejtőernyőké.

A „szárny” belépő éle nyitott, s így a torló (beáramló) levegő nyomása tartja fenn a szárnyalakat sikló-repülés közben. Az ejtőernyő bólintó és billegető mozgásának szabályozására irányító zsinórokat szereltek fel, melyek a kupola kilépő éléhez vannak erősítve.

A légcellás ejtőernyő fordulásvezérlését az irányító zsinórok asszimmetrikus meghúzásával, az állásszög szabályozásából áll. A kilebegtetés egyforma irányító zsinór meghúzásokkal biztosítható.



8. sz. ábra

A légcellás ejtőernyő. a) kereszt átömlést biztosító nyílások, b) bordák, c) stabilizátor lap (vezérsík), d) irányító zsinór, e) nyíláskésleltető lap (a tiszta ábra érdekében a zsinórok egy része nincs illusztrálva).

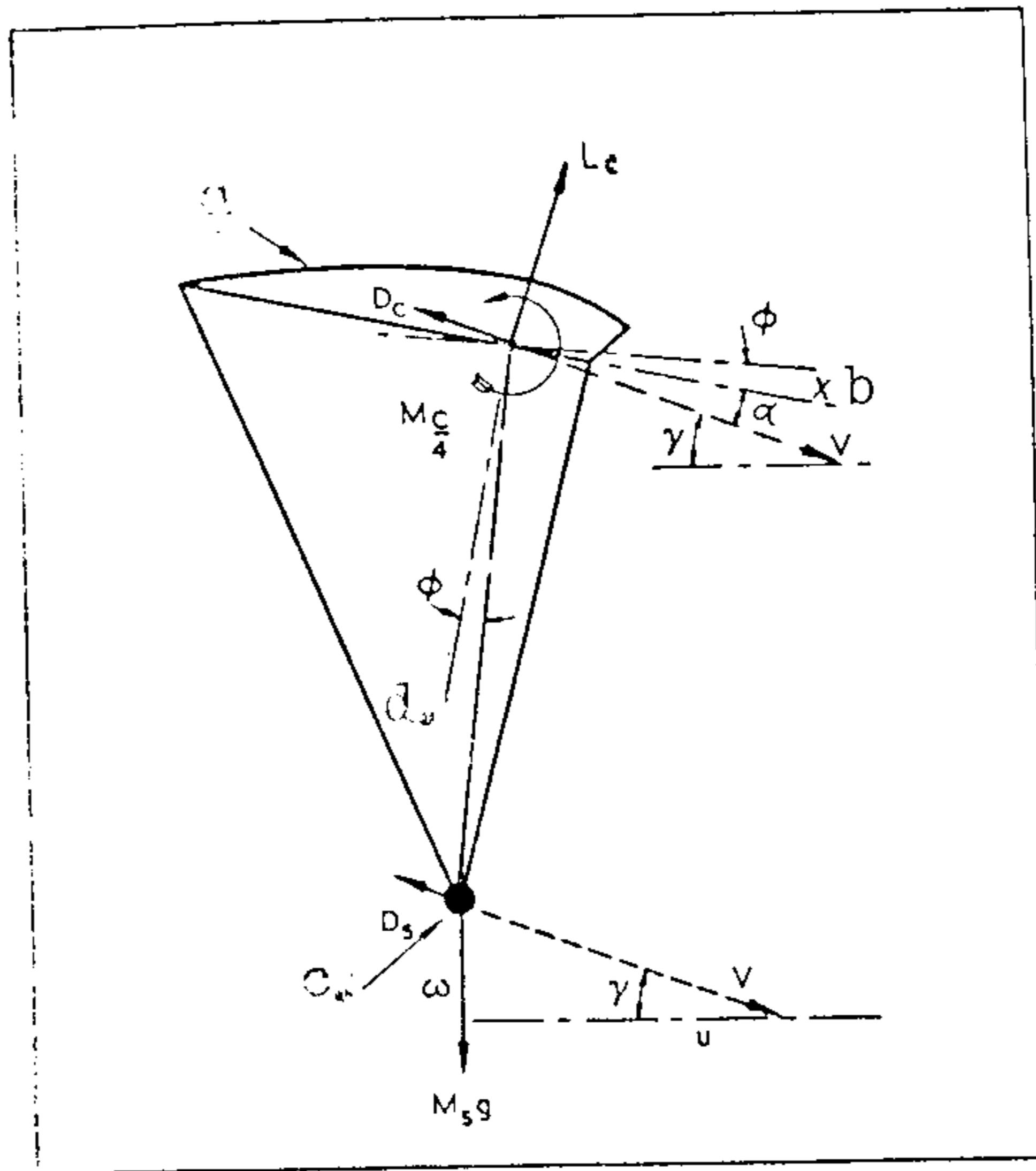
A légcellás ejtőernyő nagy siklóképessége és irányíthatósága miatt alaposan megnöveli légi alakulatok célbaszállítási képességeit, hiszen a tagjai egyenesen a célra repülhetnek, de fokozza az utánpótlások adott pontra való szállítási pontosságát is. Ez utóbbi esetében rádiós távirányítással vagy más vezérlő rendszerhez kapcsolt automatikus vezérléssel történik az irányítás.

A légcellás ejtőernyőre ható erőket és nyomatékokat (repülés közben) vázlatosan a 9. ábra mutatja. A rajzon a kupola balról jobbra repül V -sebességgel és a vízszinteshez mért „ γ ” siklószöggel.

Felírva a rendszerre vízszintesen és függőlegesen ható erőket kapjuk, hogy:

$$L_C \sin \gamma - (D_C - D_S) \cdot \cos \gamma = 0; \text{ és}$$

$$m_S \cdot g - L_C \cdot \cos \gamma - (D_C - D_S) \cdot \sin \gamma = 0$$



9. sz. ábra

A légcéllás ejtőernyőre siklórepülés közben ható erők és nyomatékok. a) kupola, b) „X” tengely, c) a zsinórok csomópontja, azaz a teher, d) „Z”-tengely.

Az első egyenletből kimutatható, hogy a siklószög tangense egyenlő $1/L/D$ -vel, ahol „ L/D ” a kupola összes felhajtóerő/légellenállás viszonya, hasonló összefüggéssel, mint a siklórepülés aerodinamikai hatósága merevszárnyú légi járműveknél.

Ezért álló levegőben a siklási szög, s ennél fogva a siklószám (siklóssal megtett távolság) egy bizonyos magasságvesztéshez van viszonyítva, ami nem más, mint tulajdonképpen L/D viszony.

A két erőegyenlet kombinálásából kimutatható, hogy:

$$v = \left\{ \frac{2}{\rho} \cdot \frac{W}{s} \cdot \frac{\cos \gamma}{C_L} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

és így a sebesség a mozgáspályán függ a szárnyterheléstől és a levegő sűrűségétől. A rendszer úgy van elrendezve, hogy a kupola zsinórzata által megadott optimális „ L/D ”-nek megfelelő állásszöggel repüljön – azaz – a hasznos teher és ezzel az egész rendszer súlypontja úgy van elhelyezve, hogy az egyensúlyi „testtartás” az optimális állásszögnél legyen.

Az ejtőernyő akkor van stabil egyensúlyi állapotban, amikor a rendszerre ható erők eredője zérus és amikor – az alkalmazott jelölésekkel – a bőlító nyomaték függvénye:

$$\frac{dC_m}{d\alpha} \text{ negatív értékű}$$

azaz, amikor bármilyen kicsiny zavarhatásra „visszaállító”, illetve korrigáló erőpár válaszol.

Egy tipikus rendszerben a kupola „állásszöge” lehet $\theta = 2$. Ennek megfelelően és következményeképpen a rendszer egy körülbelül $\alpha = 8^\circ$ szárny-állásszöggel repül. Ha a kupola túl nagy θ szögbe van állítva, az alacsonyabb állásszögeket eredményez, s ennek megfelelően romlik az ejtőernyő általános teljesítménye is.

Ha viszont a θ beállítás túl kicsiny szögértékű, akkor az állásszög túlhaladhat az átesési ponton is, amikor is igen nagymértékű az ejtőernyő teljesítmény romlása és általánosan súlyos irányítási gondok alakulnak ki.

Bármilyen javulás a teljes siklóteljesítmény terén nagyban függ a légellenállás csökkenésétől és a RAE egyik ajánlása szerint kis átmérőjű Kevlar zsinórokat célszerű használni.

A Kevlar zsinórokkal nemcsak az ejtőernyő légellenállását csökkenthetjük, de a kisebb terhelés alatti nyúlás (4%) következtében javíthatjuk az ejtőernyő beállítás pontosságát is. Ha a Kevlar zsinórok szárnyhoz csatlakozás közelében még szétágazásokkal is kombináljuk és csökkentjük a szárny fesztáv-húr viszonyt, akkor a számítások és becslések alapján lehetséges a fokozottabb (3,3 értékű) „L/D” viszony és a 2,0-as szárny-oldalviszony is.

Az oldalviszony növelése – melynek elméletileg fokoznia kellene az ernyő felhajtóerejének és légellenállásának (L/D) viszonyát, s ennél fogva a siklózögét is, az eddigi gyakorlatban csalódásokat okozott, mert ahogyan a szárny fesztávja növekszik, úgy növekszik a szükséges zsinórok száma is és ennél fogva a zsinórok által kifejtett légellenállás is. Ezenkívül a szárny flexibilis természeténél fogva hangsúlyozódhat a kormányzással ellentétes viselkedés és a végcellák összeroskadása.

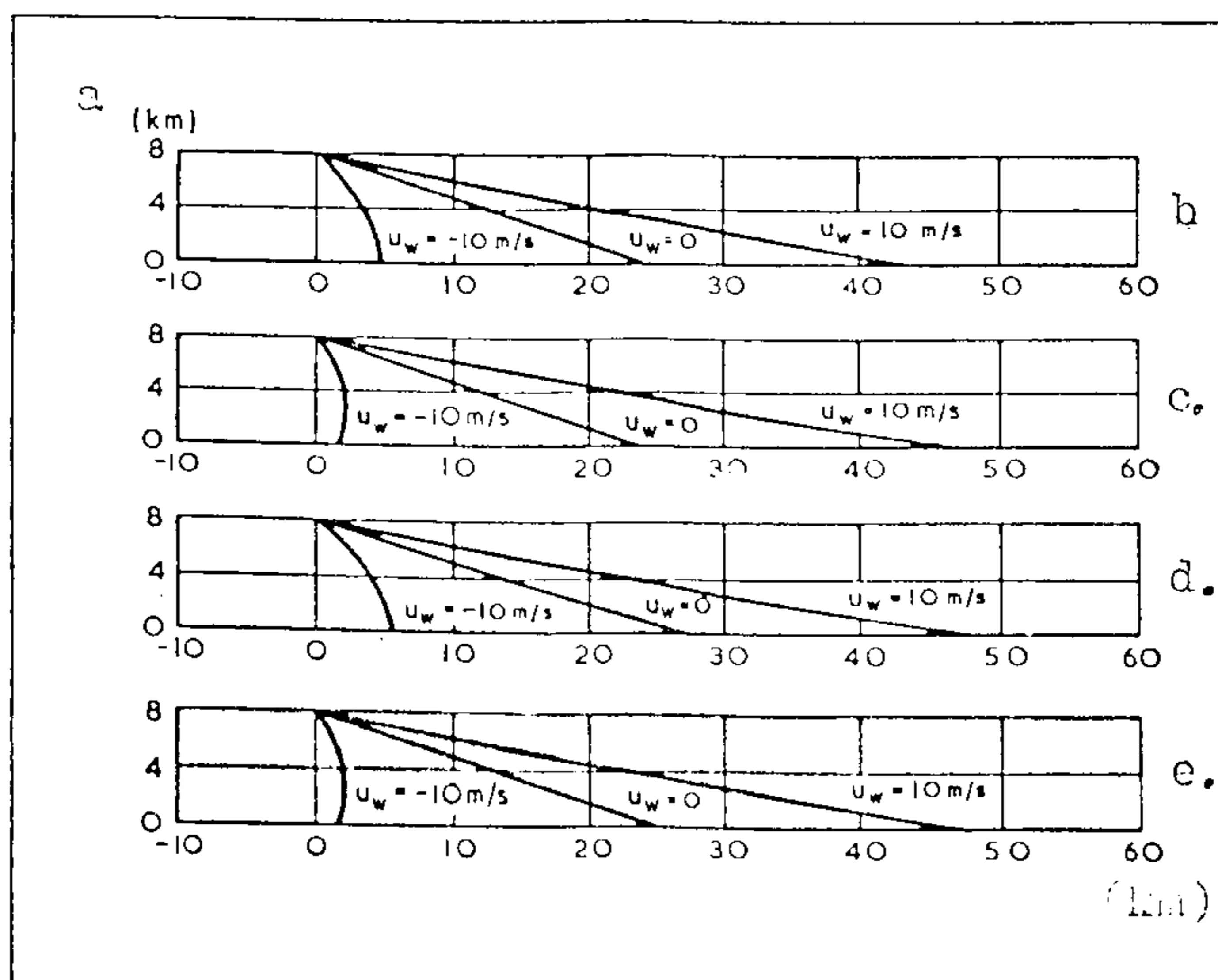
A kutatás azonban folytatódik ezen a területen is, mivel a siklási teljesítmény javítási lehetősége potenciálisan jelentős. A személyt szállító légcellás ejtőernyő-kupolák tipikus vízszintes sebessége 12 m/sec-ban határozható meg, ezért a siklórepüléssel megtehető távolságokra a szélhatások is befolyással vannak.

A korábban levezetett összefüggések felhasználásával és megjegyezve, hogy az „x” és „z” irányokba történő apró egymásutáni elmozdulások (dx és dz) dt idő alatt az alábbi módon írható fel:

$$dx = (u + u_w) dt \quad \text{és}$$

$$dz = w dt$$

ahol u_w – a vízszintes szélesebesség.



10. sz. ábra

Röppályák különböző szélviszonyok között. a) magasság (km), b) standard rendszer, c) 100 kg-os függesztett tömeg, d) 10 %-os C_D csökkenés, e) vízszintes távolság (km) félfékkal.

$$u = V \cdot \cos \delta \quad \text{és}$$

$$w = V \cdot \sin \delta$$

a repülési (röp)pályák számítása céljára. Az irodalomból felhasznált (itt a 10. ábra) a 10 m/sec nagyságú szembe és hátszelek hatását vizsgálja négy alábbi rendszer esetében:

- a jelenleg használatban lévő személyszállító légcéllás ejtőernyő
- ugyanaz az ejtőernyő rendszer de redukált szárnyterheléssel ($m_s = 100$ kg)
- 10 %-kal csökkentett légellenállási együtthatóval rendelkező rendszer,
- a jelenleg használatban lévő rendszer fél fékre szabályozva.

Az ábrázolt mindegyik esetben 8000 m magasról kezdődött a repülés, s az ábrából nyilvánvaló a szeleknek az ejtőernyő teljesítményekre gyakorolt hatása, világos, hogy nagy siklási távolságok a személyi légcéllás ejtőernyőkkel csak is hátszéllel érhetőek el.

Az aerodinamikai hatékonyság javulását mindenféle szél viszonyok közötti teljesítményjavulás mutatja ki. Az is nyilvánvaló, hogy jobb repülni félfékekkel hátszéllel maximális siklási távolságokra és fenntartani a zero fék-konfigurációt szél-korrekcióna.

A RAE-ben folyó kutató munka kiterjed a légcéllás kupolák bőlintási stabilitásának elméleti vizsgálatára is. Kimutatták, hogy a kilépőél deflekció igen hatásos módja a siklási szög megváltoztatásának és hogy visszatérés átesésből éppen a zero deflekció beállításával lehetséges.

Az is ismeretes, hogy a helyesen végrehajtott kilebegtetés rendkívülien hatékony abban, hogy a földetéréshez alacsony függőleges és vízszintes sebességeket biztosítson, s az is, hogy ilyenkor a bőlintási oszcilláció csillapodik.

VÉGKÖVETKEZTETÉSEK

Az ejtőernyő számos új alkalmazási terület céljaira került továbbfejlesztésre az elmúlt években. Így a nem konvencionális mentő ejtőernyő szerkezeteken kívül igen összetett ejtőernyő rendszereket alkalmazunk már pl. az úrjárművek épségben való visszahozására, de széleskörben használjuk pl. a légcéllás kupolát az ejtőernyős alakulatok célbajuttatására is.

Meglehetősen haladás jött létre az ejtőernyők háttér-technológiájának terén is. Az EK-ban fontos fejlemények láttak napvilágot az ernyő belobbanási terhelésének előrejelzésére és a belobbanás irányíthatóságára, valamint az új anyagoknak az ejtőernyő rendszerekben történő felhasználásában.

Fordította: Szuszékos János

TARTALOMJEGYZÉK

Baleseti jelentések	1
Ott voltam, kemény ugrás volt...	2
PZ-81 – új tartalékejtőernyő	4
Legújabb fejlemények az ejtőernyő technológiában	8

Kiadja: a KM LRI Repüléstudományi és Tájékoztató Központ
F.k.: Domokos Ádám
F.szerk.: Kastély Sándor

KM LRI Sokszorosító 84056 Ferihegy
F.v.: Török Alajos