

Szaniszló Zsolt
sunnyboy24@gmail.com

AZ OROSZ KATAPULTÜLÉSEK KIFEJLESZTÉSI FOLYAMATÁNAK BIZTONSÁGTECHNIKAI SZEMPONTOK SZERINTI VIZSGÁLATA I.

Absztrakt

A repülőeszközök mentő- és vészelhagyó berendezései az őket szállító repülőszerkezetekkel hasonló ütemben fejlődnek mind a mai napig, de azokhoz mérten általában egy lépéssel mindig lemaradva. Ez mérvadó kockázati szintet jelent. Annak érdekében, hogy ez a kockázat csökkenjen és a minimális, 0 értéket megközelítse, mérnökök, berepülőpilóták és ejtőernyő-kipróbálók összetett munkájára van szükség. A K-36 típusú katapultülés sikeres működését az orosz MiG-29-es vadászpilóta néhány rosszul sikerült bemutatórepülése során milliók láthatták. Az ehhez szükséges tudást a mentőberendezések tervezői és kipróbálói évtizedek alatt, sokszor vérrel írva gyűjtötték össze. Az orosz katapultülések kifejlesztésének sorozata a hidegháború kezdetén, a MiG-15 típusal kapcsolódott össze. Az első orosz katapultülés kifejlesztési folyamatának a biztonságtechnika tudományának szempontjából vett bemutatása jól szemlélteti ennek a speciális szakmának a különlegességét. A sikersorozat ugyanis itt kezdődött...

The acceleration of emergency- and ejection systems' evolution has been in parallel with their aircrafts, but it has always been one step behind. It creates a significant level of risk. In order to minimise this risk and converge it to zero, the engineers, test-pilots and test-jumpers' joined effort is necessary. The successful operation of the type K-36 ejection seat was seen by million during some failed dynamic displays of the world wide known jet fighter MiG-29. The lesson learnt of it has been gathered by the inventors and test-persons during many decades, sometimes unfortunately through the died testers. The innovational period of the Russian ejection seats were in close connection with the type of jet fighter MiG-15, at the beginning of the Cold War. The invention of the first Russian ejection seat is examined from the point of view of the study of security's technics demonstrates the speciality of this profession, very well. And the story of success started from here...

Kulcsszavak: katapultülés, pilóta mentőernyő, ejtőernyő-kipróbáló ~ ejection seat, emergency parachute, test-jumper

BEVEZETÉS

Az egyén és a belőle alkotott emberi társadalom csakis nyugodt körülmények, biztos háttér megléte mellett képes érdemes termelő tevékenységet folytatni. A biztonság a latin „securitas” szóból eredően, [1] egyszerűen megfogalmazva bizonytalanság nélküli állapotot jelent. A vele kapcsolatos kutatások végrehajtása összességében a biztonságstudományok terület feladatrendszerébe tartozik, amelynek technikai részével a biztonságtechnika tudománya foglalkozik.

Az egyén sokszor kerülhet olyan bizonytalan helyzetbe élete során, amikor az abból való kikerülés határozott, gyors, néha visszafordíthatatlan döntés meghozatalával jár együtt. Sok esetben az irreverzibilis módon végleges és visszavonhatatlan legmegfelelőbb elhatározást – külső kényszerítő hatások jellege miatt -, néha nagyon rövid időintervallum alatt kell meghoznia. Vannak olyan szakmák illetve hivatások, amelyekben a gyors, határozott, de ugyanakkor helyes döntések meghozatala egyértelműen elvárt alapkövetelmény a munkakört betöltő személlyel szemben, amelyen sokszor a saját élete is múlhat. Ilyen pl. a berepülőpilóták és az ejtőernyő-kipróbálók hivatása, ahol a csúcsot természetesen az új típusú, még fejlesztés alatt álló honvédelmi célú repülőfeladatok ellátására tervezett légijárművek, illetve légieszközök tesztelése, majd azok rendszerbe állítását követően a további biztonságos üzemeltetés körülményeinek kikísérletezése jelenti.

A légijárművek légi üzemeltetésével megbízott szakemberek biztonságát sok esetben a fedélzeten elhelyezett ún. egyéni vészmentő berendezések megléte, azok maximális szintű alkalmazhatósága kell, hogy garantálja. A légijármű vezetőjének tudatában kell lennie annak, hogy járműve visszafordíthatatlan módon történő meghibásodása esetén is maradt még esélye a túlélésre. De ennek értéke csak akkor éri el ideális esetben a maximális 100 %-ot, ha azt az előírt módon és az előírt üzemeltetési paramétereken belül alkalmazza.

Ez természetesen nemcsak a technikai feltételek – lásd mentőberendezés -, hanem egyéb alapfeltételek - pl. az azt alkalmazni kívánó személy kiképzettségét, külső körülmények stb. - meglétét ideális, sok esetben egy bizonyos megengedhető túrással rendelkező, az optimális szinten túllépve, a maximális érték felé konvergálva követeli meg.

Azért, hogy röviden bemutassam mindazon munkának bonyolultságát és szépségét, amelyet a fent nevezett repülő-hajózó- és ejtőernyős kollégák a repülés biztonságosabbá tételének céljából nap mint nap végrehajtanak, azt a döntést hoztam, hogy az ún. „*technikai eszköz*” fogalmának – biztonságtechnikai szempontból való - szemléltetését választom egy adott, speciális vészmentő berendezés gyakorlati példája alapján.

A bemutatás során felhasználtam mindazon ismeretanyagot, amelyet a Nemzeti Közszolgálati Egyetem oktatói a biztonságtechnika tudományterületéről átadhattak, valamint amelyet a magyar katonai repülés történetének tanulmányozása során saját kutatásaim során összegyűjtöttem.

A REPÜLŐ EMBER ÚJABB BIZTONSÁGI KIHÍVÁSA: A NAGYSEBESSÉGŰ REPÜLÉS KORSZAKA

A XX. század története szorosan összefonódott a repülés történetével, amelynek során az ember a szárazföld, majd a víz után fokozatosan meghódította a harmadik közeget, a levegőt is. Ez a küzdelem ugyanúgy nem volt áldozatok nélkül való -, mint az emberiség történelme során a természet fölött aratott egyéb győzelmei sem - annak ellenére, hogy az ezt lehetővé tevő repülőtechnika folyamatos fejlődésen ment át.

Az adott repüléstörténelmi korszak vizsgálata (A biztonságtechnika tudományának fejlettségi szintje)

A történelem során az ember folyamatosan érezte a biztonsági problémák meglétét, és a technikai fejlődés állapotát tekintve a biztonság megismerése, a biztonság tudománya, folyamatát tekintve eljutott az ún. „rendszer biztonság” korába. [2] Ez nem jelent mást, mint azt, hogy az ember elkezdte tudatosan tervezni a – mindennapi életét átható, szinte valamennyi cselekvéssorozatának - biztonságát, ami együtt járt biztonsági rendszerek kifejlesztésével, azok tudatos alkalmazására való törekvésekkel.

A nagysebességű repülés megjelenésével a már világszerte rendszerbe állított, különböző konstrukciójú pilóta mentőejtőernyő megléte önmagában kevésnek mutatkozott a túlélés szempontjából a menthetetlen helyzetbe került repülőgép vezetője számára. A jelentősen megnőtt repülési sebesség jóval nagyobb légerőket okozott, amelynek leküzdésére az emberi izomerő nem bizonyult kielégítőnek. [3] Így a „habselyem őrangyal” biztonságos alkalmazásának alapfeltételét egyedül csakis a katapultülés beépítése és annak szakszerű használata jelenthette. Erre természetesen mind a világ nyugati, mind a keleti felén megindultak a kísérletek.

A katapultülés létrehozásának igénye (A biztonságtudomány kapcsolata más tudományterületekkel)

Mivel a biztonságtechnika tudománya soha sem önmagában létezik, - azért, hogy komplex egésznek alkosson -, más tudományterületeket is segítségül kell, hogy hívjon a rendszer mindnél teljesebb körű megismerésének érdekében. [4] Az egyes tudományterületek kölcsönösen kell, hogy kiegészítsék és segítsék egymást, és erre nagyon jó példa volt az a tervezési gyakorlat, amelyet a volt Szovjetunióban a repülés területén, elsősorban állami (politikai) döntések révén kialakítottak.

Noha magát a repülőgépet az A. I. Mikojan - M. I. Gurjevics páros vezette tervezőiroda hozta létre, a vészmentő berendezés tervezésével megbízott V. M. Beljajev és Sz. N. Ljusin mérnökök [5] pszichológusok és orvosok szakmai javaslatait, tanácsait is kikérték munkájuk során, a minél biztonságosabb működés megteremtése érdekében. Ez magyarázható a feladat újdonságával, ugyanis a folyamat eredményeképpen születhetett meg az első szovjet katapultülés.

A katapultülés tervezett biztonságos alkalmazhatósági feltételei, a pilóta túlélőképességét biztosító kritériumok meghatározása

A tervezőgárda feladata elsődlegesen az volt, hogy megállapítsák a vészmentő rendszer biztonságos működését magába foglaló kritériumok összességét, mind a katapultülésre, mind a pilóta mentőejtőernyőjére vonatkozóan.

A katapultúléssel szemben támasztott, megoldani kívánt kritériumok:

1. A túlterhelés nagyságának az emberi szervezetre megengedett értékhatárokon belül való tartása a működési folyamat teljes időtartamán belül.
2. A légáramlattal történő találkozás és az ülés elfordulásával járó szöggyorsulás hatására bekövetkező végtag-szétcsapódások megakadályozása.
3. Az arc és test védelme a légáramlat közvetlen hatásától.
4. Az ülés pilótával együtt való nem megengedett szöggyorsulást eredményező elfordulásának megakadályozása, a katapultálás pillanatától a pilóta katapultüléstől történő elválásáig tartó folyamata során.
5. A pilóta katapultüléstől történő időbeni elválásának biztosítása.

A pilóta mentőejtőernyővel szemben támasztott, megoldani kívánt kritériumok:

1. Az ejtőernyőkupola és ejtőernyőrendszer - igazodván kis és nagy magasságok különféle valós sebességeihez -, meghatározott torlónyomás határértékeken belül léphet működésbe.
2. Az ejtőernyő magasban történő működésbe lépése pillanatában a kupola belobbanásához és az ereszkedési sebességre történő csillapodásához szükséges sebesség, valamint a földetérési sebesség nagysága, az emberi szervezetre megengedett értékhatárokon belül maradjon.
3. A pilóta zuhanási sebessége az ejtőernyő működésbe lépésének pillanatában nem lehet nagyobb, mint az ejtőernyő típusára megengedett kezdeti belobbanási sebesség értéke.
4. Az ejtőernyő rendszernek biztosítania kell a pilóta stabil zuhanását nagy magasságból, ahol a repülőeszköz vészelhagyása megtörtént, egészen a mentőejtőernyő nyitását lehetővé tevő alacsony magasságig. [6]

A fenti problémák megoldására természetesen már akkor is voltak többé-kevésbé kész megoldások, köszönhetően a Szovjetunió ejtőernyős-ipar területén addig összegyűjtött elméleti tudásnak és a megszerzett gyakorlati tapasztalatoknak. Viszont azt tudni kell, hogy egy-egy jónak tűnő megoldás is felvethet újabb problémákat, amelyeket ismételtén orvosolni kell.

A következőkben csak a legfontosabb gondolatokat szedem össze, amelyek egy kiindulási alapot biztosíthattak a tervezők részére is.

Az ejtőernyő

Az ejtőernyő, mint az egyéni mentőberendezés legfontosabb eleme sohasem opciós, hanem kötelező felszerelési tárgya az adott típusú repülőeszköznek, melynek típusát az adott légijármű gyártója írta elő. A Szovjet Légierő repülőcsapatainál a hajózó mentőeszközök között ebben az időben mind a hát-, mind az has-, mind az ülőejtőernyő megtalálható volt, majd a modernebb katapultülések alkalmazásával (pl. SzK-1, KM-1 stb.) a későbbiekben megjelent a katapultülés fejtámlájába beépített mentőejtőernyő is.

A hátejtőernyő kényelmes megoldás, alapvetően ez zavarja a repülőeszköz vezetőjét a repülési feladat végrehajtása során a legkevésbé. Azon kívül vészelhagyást követően is biztonságosabban üzemeltethető, a kupola kihúzódása során kisebb az elakadás lehetősége, mint az ülőejtőernyők esetében. Ez köszönhető „a szovjet rendszerű” repülő-hajózó kiképzés során megszerzett ejtőernyős tapasztalatoknak, ugyanis a kiképzés során kivétel nélkül háti rendszerű kiképző- és gyakorló ejtőernyők kerültek alkalmazásra.

A hasejtőernyő viselése repülés során meglehetősen kényelmetlen, ezért sok esetben a pilóták csak magát az ejtőernyőhevedert viselték repülés közben, amelyre az ejtőernyőt csak vészhelyzet esetében csatolták fel. Ez viszont alapvetően idővesztéssel járt, és az azonnali gépelhagyás végrehajtását tette lehetetlenné.

Az ülőejtőernyő elhelyezésére egyértelműen adódik a légijárművezető ülésrészejének belseje, amely viszont azzal a hátránnyal jár együtt, hogy az egyéb mentőberendezések (egyéni túlélőkészlet) elhelyezésére kevesebb hely adódik. Mivel ennek a problémának a megoldása járt a legkisebb nehézséggel, ilyen kialakítású lett a szovjet repülőtechnikákon leggyakrabban alkalmazott egyéni mentőejtőernyő mind a helikopterek, mind a hangsebesség alatti repülőgépek repülő-hajózó személyzetei részére.

A vészelhagyás végrehajtása

Lehet bármilyen jó minőségű az ejtőernyő, ha a menekülni akaró pilóta nem képes kijutni a légijárműve belsejéből, hogy képes legyen azt biztonságosan alkalmazni. A nagysebességű repülőeszköz elhagyó pilóták sok esetben annak valamely elemével ütközve szenvedtek az élettel összeegyeztethetetlen sérülést, még olyan esetben is, amikor az ejtőernyő tökéletesen működött, illetve amikor a már kis magasságban végrehajtott gépelhagyás nem tette lehetővé az ernyő biztonságos belobbanását. Mindkét esetre volt példa.

A fenti példák egyértelműen bizonyítják, hogy a hajózószemélyzet alapos kiképzése nélkülözhetetlen az ejtőernyős vészelhagyáshoz szükséges döntés adott időben történő meghozatalához, valamint a vészelhagyás előírt módon történő végrehajtásához.

Az ejtőernyő nyitása

Az ejtőernyő biztonságos belobbanását bizonyos késleltetési idő betartásával kell biztosítani. Ez szükséges ahhoz, hogy elkerülhetővé váljon a belobbanó ejtőernyő, s vele együtt a pilóta felakadása az általa elhagyott repülőszerkezetre. Továbbá fontos dolog a pilóta mentőejtőernyő automatikus nyitására is megoldást találni, ugyanis fennállhat annak az esélye, hogy a pilóta a katapultálást során cselekvésképtelen állapotba kerülve képtelen lesz ejtőernyőjének manuális nyitására. Erre vagy aneroid szelece vezérelte rugós mechanizmust, vagy pirotechnikai elven működő ejtőernyő-nyitó (fél)automata berendezést kell felhasználni, a minél teljesebb biztonság megteremtése érdekében. [7]

A nagy magasságú gépelhagyás veszélyei

A repülőeszközt nagy magasságban elhagyó pilótára a Föld légkörében, kabinon kívül is sok veszély - nagy kezdeti légsebesség és az abból adódó torlónyomás, alacsony hőmérséklet, alacsony barometrikus nyomás, oxigénhiányos környezet stb. – leselkedik. Ezek olyan speciális, mobil védőfelszerelések (túlnyomásos ruha, hajózósisak, mobil oxigénberendezés, stb.) meglétét követelik meg, amelyet a katapultálás során is képes magával vinni a pilóta, hogy azok az életben maradás feltételeit – az ejtőernyőn függve, egészen a földet érésig - biztosítsák számára.

Látható, hogy nem volt egyszerű a feladat. Ráadásul egy adott eszköz csak akkor képes feladatát teljesíteni, ha az üzemeltető is megfelelő felkészítést kapott annak szakszerű alkalmazásával kapcsolatosan. Vagyis a hajózószemélyzet alapos kiképzése szintén nélkülözhetetlen az ejtőernyős vészelhagyás végrehajtásához, az ahhoz szükséges döntés adott időben, előírt módon történő meghozatalához.

Mivel egy repülőeszköz egyéni vészmentő berendezésének biztonságos működését bemutató tanulmány megírását tűztem ki célul, nem felejtkezhetünk el a biztonságtechnika tudományterület alaptörvényeire történő kitekintésről sem. A vizsgált esetben a katapultülés és az ejtőernyőrendszer tervezése során is hasonló rendszerszemlélet alapján haladhattak előre a tervezőgárda tagjai. Ezt a feltételezést a repüléstechnikai tények közvetett módon igazolják.

Éppen ezért a biztonságtechnika tudományának alaptörvényeit a vészmentő berendezés tervezésével egybekötve mutatom be.

A katapultülés tervezése

(A biztonságtechnika tudományának alaptörvényei)

Kapcsolati törvény

Ez a biztonságtechnika tudomány vizsgálati színterére vonatkozva a katapultülés működését az ún. „ember-gép-környezet” hármas rendszerben [8] vizsgálja. Azt kutatja, hogy az alkotórendszerekben bekövetkező változások közül melyik hordoz veszélyt magában a katapultülés nem a gyártó által biztonságos alkalmazás garantáló alapfeltételek egyikének vagy több együttes kombinációjának jelentkezése esetén.

Fontos megemlíteni, hogy a teljes rendszer biztonságos működése szempontjából minden rendszerelem pontos működése egyaránt fontos, de az emberi tényező a vizsgált esetben kiemelt szerepet játszik! Ugyanis az adott vészmentő berendezés működése csakis a benne ülő személy pontos, a katapultálási folyamatra történő előkészületi mozdulatsora révén lehet csak majdnem teljesen biztonságos, és csakis ebben az esetben garantálhatja az adott személy sérülésmentes megmenekülését.

Eloszlási törvény

Ez a törvény nem más, mint az adott technikai eszköz – jelen esetben a vizsgált katapultülés – alkalmazása során bekövetkező balesetek, sérülések okainak főbb eloszlását vizsgálja. [9]

Sajnálatos tény, hogy a katapultülés sem működhet mindig a tervezett paramétereknek megfelelően, így az - annak nem előírt, a gyártó által garantált módtól történő működése, esetleg működésképtelensége esetén -, a benne helyet foglaló, a repülőgépet elhagyni kényszerülő pilóta súlyos sérülését, esetleg halálát is okozhatja.

Az ezeket előidéző okok között mind a megmagyarázhatatlan, mind a technikai jellegű hibák is előfordulnak ugyan, de nem olyan mértékben, mint azok, amelyek az ember által a repülési fegyelem megsértéséből, az adott eszköz üzemeltetési előírásainak be nem tartásából következnek be. Nem szabad elfelejtenünk arról, hogy az adott vészmentő berendezés is rendelkezik alkalmazási korlátokkal, melyek túllépése nem a biztonság irányába történő elmozdulást jelenti az adott eszköz szükségessé vált használata során.

Az eloszlási törvény alaptéóriáját megfogalmazó H. W. Heinrich 2 %, 10 %, 88 % értékekben határozta meg ebben az emelkedési sorrendben a megmagyarázhatatlan-, a technikai jellegű-, valamint az ember által okozott hibák arányait. [10] Hogy ezek az értékek mennyire igazak a Magyar Néphadseregben vészelhagyásra ténylegesen felhasznált, adott típusú katapultülések vonatkozásában, részleteiben a tanulmány II. részében kerül bemutatásra.

A biztonság tervezésére vonatkozó törvények

„A teljes biztonságot megvalósítani nem lehetséges!”

Bármennyire körültekintően történik is meg egy folyamat végrehajtásának menete, a teljes biztonságot soha sem lehet tökéletes módon garantálni. Tapasztalatok szerint soha sem lehet az összes zavaró, befolyásoló tényezőt kiküszöbölni, [11] egy adott bizonytalansági sáv a végrehajtás kimenetelével kapcsolatosan mindig fennmarad. A tervezők csakis azt a célt tűzhetik ki maguk elé, hogy a meglévő technikai lehetőségek, valamint a gyakorlati életben eddig összegyűjtött tapasztalatok összegzésével, azok kiértékelésével megpróbálják a folyamat végkimenetelével kapcsolatos bizonytalansági faktort a lehető legalacsonyabb szinten tartani.

A MiG-15, MiG-15bisz és MiG-15UTI repülőgépek katapultülésének tervezési folyamatát vizsgálva, már meglévő, elsősorban hazai – a Szovjetunióon belüli - fejlesztési tapasztalatok gyakorlatilag nem léteztek. Továbbá a külföldi licenz alapján történő mintadarab-beszerzés sem tűnt kivitelezhetőnek, a történelmi kor ismeretében ennek oka nem szorul magyarázatra. Így egyedüli megoldásként maradt a háborús német zsákmányanyagból származó katapultülések vizsgálatából nyert, valamint a nyugati repülőtechnikák fejlesztésének területén végzett ipari kémkedés során „beszerzett” tapasztalatok tudatos, alkotó módon történő felhasználásának lehetősége.

Erre nagyon jó példa az ún. szalagejtőernyő¹ alkalmazása pilóta mentőejtőernyőként, elsősorban a háborús német tapasztalatok alapján. Később a Szovjetunióban kifejlesztették az Sz-3 típusú pilóta mentőejtőernyőt, így ezek alkalmazásától a továbbiakban eltértek. [13]

1 A nagy belobbanási sebesség miatt olyan speciálisan kialakított ejtőernyő, amelynek ún. „konvencionális” (hagyományos kialakítású) kupolaformája megmaradt ugyan, de az alapvetően nem összefüggő kupolaanyagból, hanem széles szalagokból van összevarrva. Ez a kialakítás egy hagyományos kupolaanyag légáteresztő képességét „a konstrukciós kialakítás segítségével” növeli, amelynek hatására a kupola belobbanásakor fellépő dinamikus terhelés mind az ejtőernyő rendszerre (rendszerbiztonsági szempontból), mind az ejtőernyős ugróra (élettani szempontból) vizsgálva elviselhető nagyságú marad. Ez szalagejtőernyő esetében visszavezethető a szalagok egymáson történő elcsúszására, [12] amely kis mértékben fékező hatással van a kupola belobbanására, így a dinamikus terhelés nagyságát a megengedett értéken belül tartja.

„A biztonsági tevékenységek eltérő hatékonyságúak!”

Az előzőekben megfogalmazott célkitűzés elérésére általában egy bizonyos véges számú lehetőség alkalmazása merül fel, amelyek közül a hatékonyság, valamint a bekerülési költség dönt a befutó megoldás mellett. A technikailag biztosítható, de ugyanakkor gazdaságilag még teljesíthető biztonságnövelési szint meghatározása nagyon nehéz kérdés. [14]

Az adott vészmentő berendezés esetén is fontos szempont volt, hogy olyan repülőeszközbe tervezik beépíteni, amelyet nagy tömegben, a kor technikai szintjén történő, fejlett gyártástechnológia segítségével kívánunk előállítani. És itt jön el az ideje az ún. „*társadalmi határkölség*”-fogalom értelmezésének is.

„A biztonsági szint megvalósításának van egy ún. társadalmi határkölség-kritériuma!”

Kijelenthető, hogy egyetlen múltbeli, jelenkori és nyilván jövőbeli társadalom sem volt, van és lesz elég gazdag ahhoz, hogy egy adott technikai eszköz, berendezés működésének biztosítása érdekében minden pénz rááldozzon. Az anyagi erőforrások korlátozott rendelkezésre állása miatt sokszor magának a társadalomnak, vagy az ő nevében egy adott csoportnak vagy személynek kell döntést hoznia arról, hogy hol van a biztonságra történő ráfordítás határa. [15] Ez a döntés nem könnyű, sok későbbi baleset kivizsgálása során az azt előidéző okok közé is besorolásra kerülhet.

A vizsgált példa meglehetősen kétarcú jelenséget mutat, ugyanis a volt Szovjetunióban gyakran hangoztatott jelmondat szerint: *„A legfontosabb érték az ember!”*, a valóság viszont ennek sokszor homlok egyenesen az ellenkezőjét mutatta. A Szovjet Légierő mind katonailag, mind - a társadalomban betöltött szerepe miatt – politikailag is kiemelt fontossággal bírt, ezért a tervező, fejlesztő munka legteljesebb körű anyagi támogatása nem szenvedhetett csorbát, ha a pilóta, mint ember lény biztonságának elsődlegességét akarták szem előtt tartani.

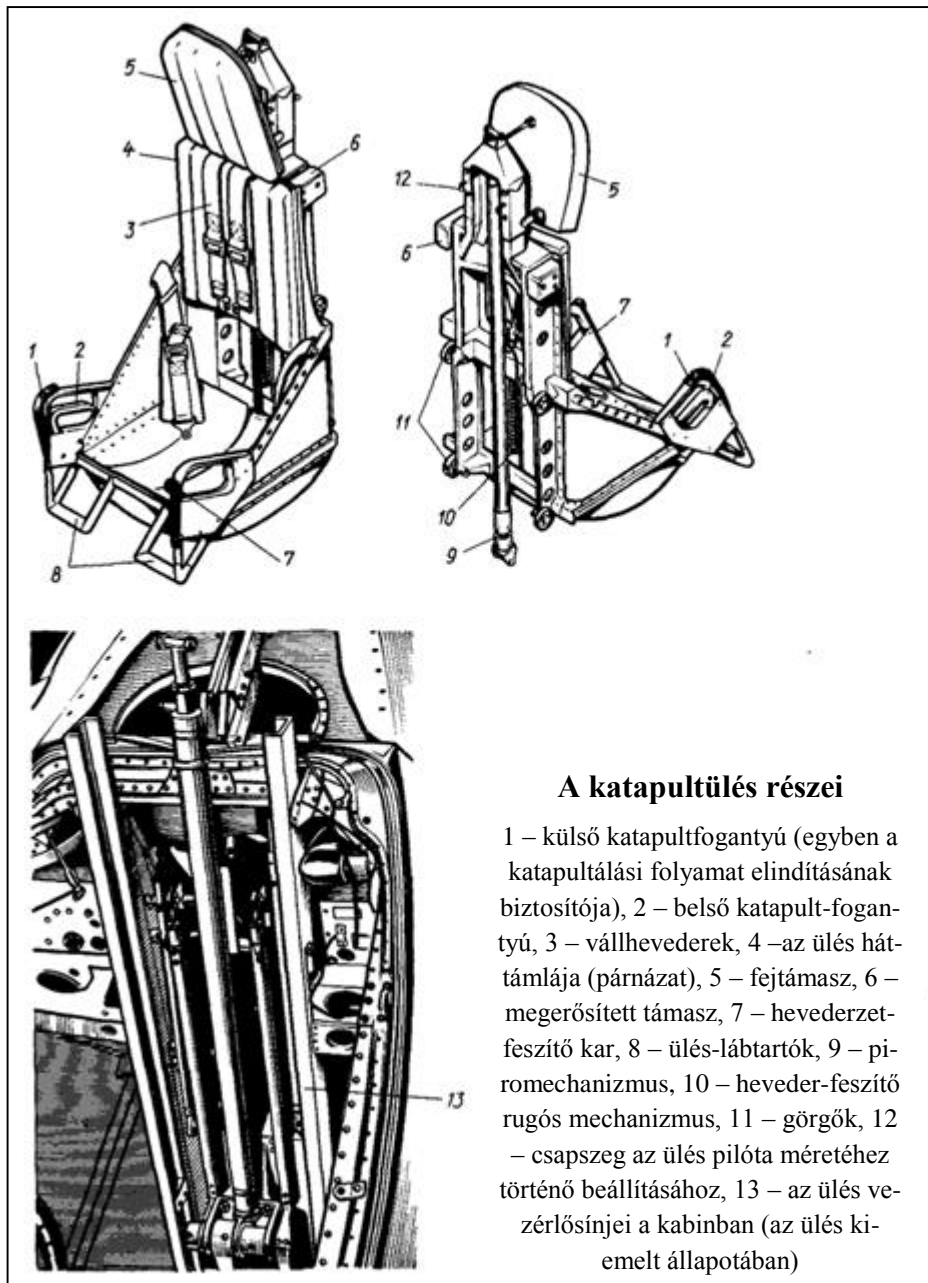
„Oksorozati törvény”

Ennek a törvénynek alapvetően a különféle balesetek, katasztrófák elemzése során történő felhasználását kell kiemelni, miszerint annak bekövetkezéséért általánosságban mindig több, egymás mellett, illetve egymásra épülten ható esemény játszott szerepet. [16]

Mivel a teljes biztonságtechnikai rendszer összetétele meglehetősen összetett, így több esetben is kell, hogy visszacsatolást kapjon a felhasználó az általa üzemeltetett rendszer - jelen esetben az adott vészmentő berendezés - megbízható működéséről. Ebben az esetben már nem elég a tervezőasztal, szükségesek a „kézzelfogható” gyakorlati teszteredmények is.

Meglehetősen kevés adatot lehetett találni a katapultülés kifejlesztése során végrehajtott gyakorlati tesztek eredményével kapcsolatosan, így ezt a gyakorlati repülésben az adott típuson már nagy tömegben alkalmazott katapultülésekkel végrehajtott katapultálások eredményességével fogom jellemezni. A biztonságstudomány talán „leglátványosabb” elemét képező alapelv szemléltetésére a Magyar Néphadsereg MiG-15, MiG-15bis és MiG-15UTI repülőgépeiből „éles” körülmények között végrehajtásra került katapultálások rövid esetleírásait fogom felhasználni, a tanulmány II. részében.

A katapultálás (1. ábra) és a pilóta mentőejtőernyő teljes megalkotási folyamata közel két évig tartott, végül 1948-ban született döntés az ún. Állami Bizottság részéről a sorozatgyártás elindításáról. [17] Mielőtt azonban ez megtörtént, a prototípust természetesen a gyakorlatban is ki kellett próbálni, hogy bebizonyosodjon működőképessége, valamint megállapíthatóak legyenek elsődleges üzemeltetési korlátai. Ez a feladat már a légi (berepülési/beugrási) vizsgálatok csoportjába tartozik.



1. ábra Az elkészült, és 1948-ban már sorozatgyártásra bocsátott katapultülés szerkezeti kialakítása

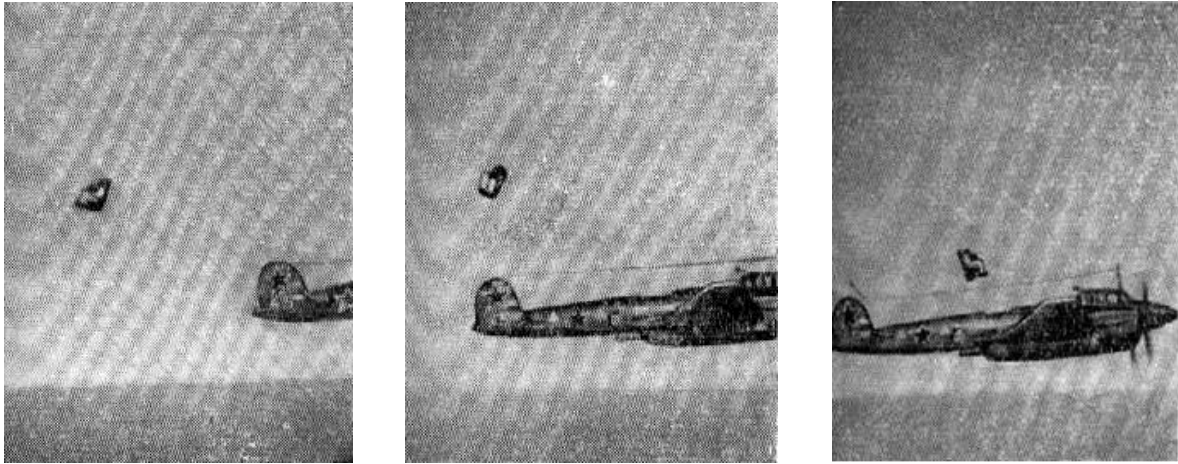
Forrás: А. Г. Агроник, Л. И. Эгенбург: Развитие авиационных средств спасения. Издательство Машиностроение, Москва, 1990.–256 с: ил ISBN 5-217-01052-5. 103. о.

A katapultülés légi vizsgálata (beugrása)

A biztonságtechnika tudományának elméleti módszereként a biztonsági filozófia a biztonsági problémák tudományos meghatározását elősegítve, már előre jelzi annak jellegét, [18] az azt fenyegető veszélyekre történő előzetes felkészüléssel. A legsúlyosabb problémát a katapultülésnek a repülőgép függőleges vezérsíkjával való összeütközésének veszélye jelentette, ezért a katapultpróbákra kezdetben a Pe-2 típusú bombázórepülő átalakított példányait használták fel, amely osztott függőleges vezérsíkkal rendelkezett. [19]

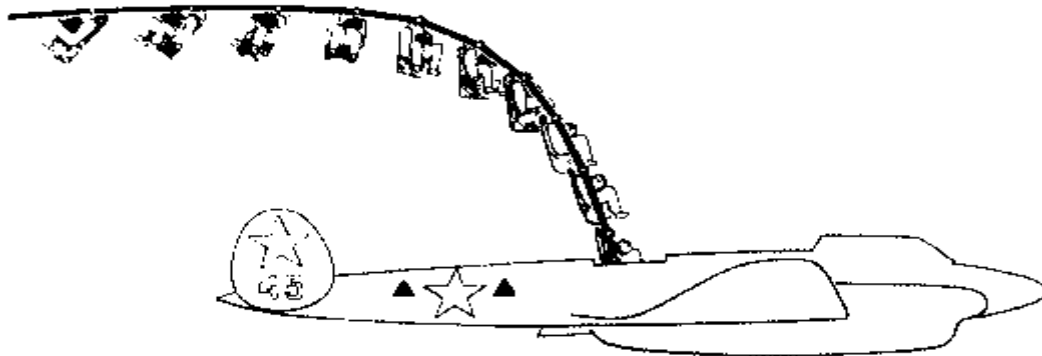
Az igazi „emberes próbát” azonban még egy lépésnek meg kellett előznie, szintén a biztonsági kockázat csökkentése érdekében. Ennek megfelelően először a katapultülés légi

kipróbálásának végrehajtására jelentkező hat ejtőernyő-kipróbáló egyikének méretei alapján elkészített bábú játszotta az ülésben ülve a főszerepet. A katapultülésben ülő „főszereplő” repülőből történő kivetődését, majd a levegőben az üléstől történő elválását filmszalagra rögzítették. Ezt mind a kísérleti gép rádiós-lövészének fülkéjéből – ilyen lesz majd az 5. és 6. ábra -, mind egy másik, a Pe-2-vel kötelékben repülő repülőeszközből (2. ábra) elkészítették.



2. ábra Kísérleti katapultálás végrehajtása Pe-2 típusú repülőgépből
 Forrás: a szerző gyűjteményéből (Kastély Sándor jóvoltából)

A filmfelvétel alapján készült ún. kinogramm² segítségével, majd az az alapján készült vázlatrajz felhasználásával nagyszerűen lehetett szemléltetni és elemezni a kezdetben katapultülés-ejtőernyős ugró komplexum (3. ábra), majd azok szétválását követő további önálló mozgáspályájukat a levegőben.



3. ábra A katapultülés-ejtőernyős ugró komplexum mozgáspályája, a filmfelvétel alapján készült ún. kinogramm alapján készült vázlat segítségével szemléltetve
 Forrás: a szerző gyűjteményéből (Kastély Sándor jóvoltából)

1947. június 24-én G. A. Kondrasov (4. ábra) hajtotta végre biztonságosan a katapultülés első emberes kipróbálását (5. és 6. ábra), [20] amelyet hamarosan több is követett. Mint a biztonságtechnikai tudomány célkitűzése, ezek már a biztonság minél magasabb szintű biztosításának érdekében kerültek végrehajtásra.

² A filmszalag kockánkénti kiválogatása alapján készült el, melynek eredményeképpen a legfontosabb pillanatokat ábrázoló képek kerültek egymás mellé, néhány képkockából álló sorozatot alkotva.



4. ábra. A katapultülés első gyakorlati alkalmazója, G. A. Kondrasov ejtőernyő kipróbáló, aki a végrehajtás után megkapta a Szovjetunió Hőse címet.
5. és 6. ábra. A két kisméretű, fekete-fehér képen a katapultálás első pillanatai láthatóak, a Pe-2 rádiós-lövész fülkéjéből készített filmen
- Forrás: a szerző gyűjteményéből (Kastély Sándor jóvoltából)

Az emberes tesztorozat biztonságos befejezését követően a katapultülés már magát a biztonságtechnika tudomány technikai alapfeltételét, pontosabban már kellő számú vizsgálaton átesett technikai alapfeltételét – amely egyben a technikai eszköz is - szimbolizálta.

A katapultülés gyakorlati kipróbálása során megvalósult biztonságos alkalmazhatósági feltételeinek, valamint a rendszerbe állítását megelőző üzemeltetési biztonság kritériumainak összegzése

Miután egy beszerzésre kerülő új haditechnikai eszköz nemcsak az általános, hanem a speciális katonai szempontokból vizsgálat alá kerülő kritériumoknak is megfelel, az átvevő bizottság pozitív döntést hoz rendszeresítésével kapcsolatban. Ez egy ún. rendszerbe állítási terv elkészítését is előírja, melynek során speciálisan kiképzett emberek gyűjtik össze az új berendezés biztonságos üzemeltetésével kapcsolatos javaslataikat.

A vizsgált esetben, a katapultülés rendszerbe állítása során olyan – elsősorban katonai – ejtőernyő-kipróbáló szakembergárdát állítottak össze erre a célra – természetesen ismét állami irányítással -, amely kellő alapot biztosított az új vészmentő berendezés üzemeltetési szempontjainak minden oldalról történő vizsgálatára szempontjából.

Rendszerteknikai szempontból vizsgálva a feladat mindazon kritériumok megállapítása és olyan üzemeltetési előírás-gyűjtemény megalkotása, amely biztosítja a berendezés üzemeltetési folyamatának biztonságos végbemenetelét. [21]

Ennek megvalósítására is sokféle eltérő szempont szerint vizsgálható, de az adott esetben érdemes a biztonságtechnika tudomány oldaláról végezni az elemzést. Éppen ezért nem felejtkezhetünk meg arról, hogy: „*Az üzemeltetési folyamat elsősorban szervezési probléma, s mint ilyen, nagymértékben meghatározott az embertől.*” [22]

A katapultülés, mint technikai eszköz üzemeltetésének általános folyamatát a felhasználó és a biztonsági elemelhetőség szempontjából három részre érdemes bontani: előkészítésre, üzemelésre és értékelésre.

Az üzemeltetésre történő előkészítés biztonsági kérdései

Ezen felkészítési folyamat feladata az adott eszköz üzemeltetéséhez szükséges tárgyi, jogi és személyi feltételek megteremtése. Mindez biztonsági szempontból az adminisztratív, a technikai és a személyi felkészítéssel kapcsolatos kérdések megválaszolását jelenti.

Az adminisztratív előkészítés feladatai

Mivel a vizsgált példában a katapultülés már készen állt, így az üzemeltetésre történő előkészítés adminisztratív oldala alapvetően az üzemeltetői előírások rendszerezését, sokszorosítását, azok üzemeltetői szintű elterjesztését jelentette.

Vagyis: „*Ha már megvan az eszköz, tegyük meg mindent annak érdekében, hogy azt az üzemeltetői szint szakértő módon használhassa!*” Ez vonatkozik mind a repülő-hajózó (üzemeltetői), mind a repülő-műszaki (üzembentartói) állomány dokumentációjára, a berendezés vészelhagyás során szükséges alkalmazására történő, illetve időszakos vizsgálatra történő előkészítésével kapcsolatos munkák dokumentációjának elő-, illetve elkészítésére is.

A technikai előkészítés feladatai

A biztonságtechnika szempontjából vizsgálva az adott eszközökről mindig úgy kell az őket használatra előkészítő, üzembentartó szakember(ek)nek gondoskodnia, hogy az üzemeltetői részről ezen a területen, az adott berendezés rendeltetésszerű használatával kapcsolatosan semmilyen kétség se merülhessen fel. Ebbe a csoportba tartozik bele az adott berendezés beszállítása, speciális felszereléssel történő ellátása, stb.

Nagyon fontos, hogy az adott berendezés technikai előkészítése összhangba kerüljön a teljes technikai rendszer többi elemének előkészítő munkálataival is. Ez egyrészt leegyszerűsíti a karbantartási és előkészítési munkálatok szervezését, ezáltal anyagi- és munkaóra megtakarítás, valamint a munkát végrehajtó állomány optimálisabb feladatmegoldása is elérhető.

Nem hanyagolható el ebből a szempontból az sem, hogy a berendezés tervezése során a konstruktőr milyen szabvány szerint dolgozott, a teljes rendszer egyes elemeinek élettartama milyen viszonyban van a többiével, illetve a teljes rendszer működésképtelenné válhat-e egyetlen alkotóeleme meghibásodásakor, stb.

A személyi felkészítés feladatai

Eddig több esetben is említésre került, hogy az adott berendezés biztonságos alkalmazásának egyik alapfeltételét, az ún. „*ember-gép-környezet*” hármas rendszer legfontosabb, de egyben leggyengébb láncszemként az őt kezelő ember jelenti, aki az esetek döntő többségében felelős annak nem megfelelő módon történő üzemeltetéséért.

Repülő-hajózó tisztként szemlélve a kérdést, alapvetően a repülő-hajózó állomány katapultálás végrehajtására történő felkészülésének, felkészítésének folyamatát vizsgálom.

A kezelői kiválasztás jelentősége

A legfontosabb kiválasztási kritérium, hogy a kezelő legyen képes végrehajtani minden szükséges részfunkciót (érzékelői, információ feldolgozó, döntéshozói stb.) az adott

berendezés kezelésével kapcsolatosan. Ennek feladata nagy megterhelést jelent a kezelőre, s egy adott szinten túl megnőhet a hibázás, a rossz döntés(ek) meghozásának lehetősége, amely akár tragédiához is vezethet.

A tények a későbbiekben sajnálatos módon bizonyították, hogy mind a Szovjet Légierő, mind a Magyar Néphadsereg sok fiatal pilótája esetében – a tanulmány II. részében erre részletesen kitérek -, pontosan így történt. A rossz, nem teljesen kiforrott kiválasztási rendszer, valamint a nem megfelelő előképzettséggel rendelkező repülő-hajózó állomány repülési feladatának pontos végrehajtása, illetve sok esetben maga az életben maradás elengedhetetlen módon megkövetelte azok mindnél alaposabb, feladatra történő felkészítését.

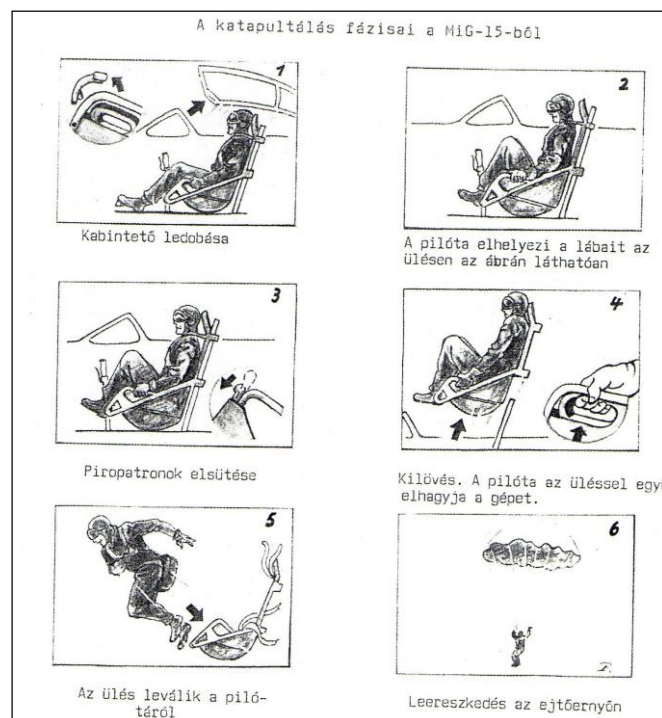
Ennek megfelelően a legtöbb fiatal éppen a kiképzése kezdetén, az első önálló repülési feladatok végrehajtása során halt repülőhalált, annak ellenére, hogy az akkori repült óraszám nagysága, valamint a speciális kezelői felkészítés révén szerzett tapasztalatok mind növelték az életben maradás esélyét.

A kezelői felkészítés jelentősége

Ahhoz, hogy valaki tudatára ébredjen annak, hogy veszélyben van, megfelelő tapasztalatokkal kell rendelkeznie az adott feladat teljes végrehajtásával, annak veszélyes momentumaival kapcsolatosan.

Az ún. „repülési rezsim” betartása: az adott típusú repülőeszközzel, adott feladat végrehajtásra történő előzetes elméleti és gyakorlati felkészülés (kabintrenázs), az oktató által végzett repülés előtti ellenőrzés, a repülés során a folyamatos műszerfigyelés, a számított repülési és üzemeltetési paraméterektől történő eltérés(ek) repülés közbeni vizsgálata, értékelése mind egy-egy kis részlete az adott repülési feladat biztonságos végrehajtásának.

Ebbe beletartozik a katapultberendezés készségszintű alkalmazásának begyakorlása is. Ugyanis a vészelhagyást meg kell előznie egy olyan tevékenységi sorrend végrehajtása a repülőgépvezető részéről (7. ábra), amely az adott berendezés működését elősegíti, valamint a pilóta egészségét maximálisan garantálja a vészelhagyás végrehajtása során.



7. ábra. A repülőgépvezetők részére készült vázlat a katapultálás végrehajtásának folyamatáról.

Forrás: Zsák Ferenc: Katapultáló magyarok. Aeromagazin, 2009. február, 53. o.

Mindez azért kell, hogy a pilóta ismerje fel azt a pontot, amikor az ún. „bonyolult helyzet”-be kerülés esetén, amikor már nincs lehetősége a repülőeszköz megmentésére, hozza meg a döntést annak vészelhagyására, a saját életének megmentése érdekében. Ennek végső határát alapvetően a vészmentő berendezés, a katapultülés és a pilóta mentőejtőernyő üzemeltetési paraméterei határozzák meg. A vészelhagyásra vonatkozó döntést mindig az ún. „végső pillanat”-ig kell meghozni. Utána már nem érdemes...

Azért, hogy a repülő-hajózó állomány idejében képes legyen meghozni a katapultálásra vonatkozó elhatározását, az eredeti szovjet üzemeltetési leírásban minimálisan 250÷300 méteres földfeletti magasság, valamint maximálisan a 700 km/h [23] műszer szerinti repülési sebesség értékét határozták meg, a katapultálás biztonságos végrehajthatóságát szemléltető diagram alapján. Ezt mindenkinek tudnia kellett elméletben. De mi a helyzet a gyakorlati ismeretekkel?

A MiG-15bisz és UTI típusú repülőgépek esetében a Szovjet Légierő repülő-hajózó állománya az NKTL-3 típusú berendezést (8. ábra) [24] használta, amelyen be kellett gyakorolniuk a vészelhagyást megelőző mozdulatsort, valamint kipróbálhatták a katapultálás érzését is, gyengített piropatronok segítségével (9. ábra) [25].



8. ábra. Az NKTL-3 típusú gyakorló katapult-berendezés.

Forrás: В. Г. Романюк: Заметки парашютиста-испытателя. Военное Издательство Министерства Обороны СССР, Москва, 1973. 103160. 250. о.

9. ábra. G. Ty. Beregovoj repülő ezredes, a Szovjetunió Hőse, kozmonautakiképzése során a gyakorló katapult-berendezés ülésében³.

Forrás: G. Beregovoj: Egy űrhajós feljegyzései. Kozmosz Könyvek, Budapest. 1973.

³ A katapultülés, amelyben a későbbi kozmonauta (és egyben első űrhajós tábornok) helyet foglal, többek között a MiG-17, MiG-19, Jak-25 típusú sugárhajtású repülőgépek mentőberendezéseként kapott fontos szerepet. [26]

Ez azért volt fontos, hogy a pilóta ne féljen a katapultálás ismeretlen érzésétől, és a gyakorlatban – földi körülmények között – legyen lehetősége kipróbálni saját szervezetén annak hatásait. Ennek hiányában ugyanis fennállhat a veszélye annak, hogy sokkal jobban fél a katapultálástól és az ejtőernyő nyílását megelőző szabadesés fázisától, mint attól, hogy a repülőgéppel együtt – ismeretlen kimenettel – érjen földet.

Személyes tapasztalataim csak megerősítik az ún. „szovjet” típusú repülő-hajózó kiképzési tematikából átvett gyakorlati ejtőernyős kiképzés létjogosultságát. Mivel adott helyzetben egyedül csak az itt megszerzett gyakorlati tapasztalatok biztosíthatják magát az életben maradást, így véleményem szerint ez a jövőben is fontos szerepet kell, hogy kapjon katonai pilótáink újabb generációinak felkészítésében.

Az üzemelés biztonsági kérdései

A katapultülés biztonságos üzemelési folyamata alapvetően az ejtőernyő-kipróbálók által, az adott katapultülés ún. rendszerbeállítási tervében foglaltaknak megfelelően végrehajtott tesztek eredményein alapul és tulajdonképpen magát a konkrét feladatvégrehajtást jelenti. Esetünkben ez a folyamat akkor kezdődik, amikor a repülőeszköz vészelhagyására való elhatározást a pilóta meghozza, felveszi a katapultáláshoz szükséges testhelyzetet és megindítja a katapultálás folyamatát. A vészelhagyás többi része teljesen automatikusan, már a pilóta akaratától függetlenül történik. Ekkor sorrendben:

1. Ledobódik a kabintető.
2. A piropatronok segítségével a teleszkópos rúd kivetíti az ülést a repülőgép kabinjából.
3. Az AD-2-es típusú ejtőernyő-nyitó félautomata⁴ - az előre beállított, az ülés megindulásának pillanatától számított - 3 s-os késleltetési idő elteltével kioldja az ülésrögzítő hevedereket az ülésescsészében elhelyezkedő pilóta körül, aki így eltávolodhat az üléstől a levegőben.
4. Egy másik ejtőernyő-nyitó félautomata gondoskodik az ejtőernyőtök nyitásáról, amennyiben az az ejtőernyő hevederzetén, egy zsebben belehelyezett kézi kioldófogantyú meghúzásával valamilyen ok miatt, a pilóta által manuálisan nem történt meg. A késleltetési idő ebben az esetben is 3 s, az üléshevederek feloldásától számítva.
5. A katapultált hajózó a biztonságosan belobbant pilóta mentőejtőernyő alatt lengedezve – lehetőleg sérülésektől mentesen – földet ér.

Láthatóan a vizsgálatok ekkor ismét az ún. „ember-gép-környezet” hármas egységre kell, hogy korlátozódjanak, mivel az adott feladatra tervezett és felkészített berendezés – jelen esetben a vizsgált típusú katapultülés – ebben a rendszerben kerül működtetésre. A biztonságos működést környezeti körülmények befolyásolják, amelyek vizsgálata alapvetően két területre korlátozódik. Most ezeket vizsgáljuk meg!

Megbízhatóság

Ez tulajdonképpen nem jelent mást, mint az adott rendszer működési biztonságának statisztikai adatokkal történő ábrázolását. Önmagában ez a számítási rendszer az adott berendezés egyetlen elemének meghibásodási valószínűségén alapuló kísérleti adattal jellemezhető, amelyet előre meghatározott körülmények között végrehajtott nagyszámú kísérlet végrehajtása eredményezett. [27]

A berendezés egyetlen elemének meghibásodásából kiindulva határozható meg – az adott berendezés bonyolultságából, szerkezeti elemeinek kapcsolatából, azok működési sorrendjének ismeretéből stb. – az ún. „eredő megbízhatóság” fogalma. Ez a szám – mely

⁴ Az AD rövidítés az orosz „Автомат Доронина” kifejezés rövidítése, amelynek jelentése Doronyin automatája. Az adott ejtőernyő-nyitó félautomata típus a tervezőjük, az ejtőernyős-mérnök Doronyin-fivérek után kapta a nevét. A későbbiekben ezt is korszerűsítették és AD-3-as típusra cserélték.

elsősorban szintén statisztikai módszerrel kerül meghatározásra [28] -, már közel egzakt módon jellemzi az adott berendezés üzemeltetési biztonságát.

Noha általában egy adott berendezés esetében két meghibásodás közötti hibaszámot, illetve adott időintervallum alatti meghibásodások számát érdemes alapul venni, ezt a módszert esetünkben kevésbé lehet alkalmazni. Magát a katapultülést egyszeri alkalmazásra tervezik. Továbbá, a repülés történelme során olyan eset sem igazán fordult még elő, hogy egy szándékosan elindított katapultálási folyamat során a meghibásodott ülés – a berendezés technikai hibája miatt - a repülőgépben maradjon. Sőt, majd miután a pilóta sikeres kényszerleszállást hajtott végre, és ezt követően kivizsgálták a műszaki meghibásodás okát, engedték tovább üzemeltetni ugyanazt az ülést, esetleg már egy másik repülőgépbe beépítve.

Esetünkben a berendezés működésének vizsgálatára a tisztán statisztikus értelmezés nem alkalmazható. A katapultülésnek a katapultálási folyamat során egyszerűen nem szabad meghibásodnia! A rendszer tökéletes működését garantáló időintervallum - katapultülés esetére – történő meghatározása az azt működésbe hozó piropatronok szavatossági ideje, valamint a pilóta mentőejtőernyő áthajtogatási ciklusideje alapján történik. Ezeket a repülő alakulat repülő-műszaki szolgálatának katapult berendezés időszakos- és javító műhely, valamint az ejtőernyős szolgálat szakemberei tartották karban, alapvetően a jól bevált időszakos üzemeltetési rendszer előírásainak megfelelően.

Balesetbiztonság

Ez tulajdonképpen nem jelent mást, mint az adott rendszer üzemeltetése, valamint üzemeltetésre kész állapotban tartása során bekövetkező, emberi életet veszélyeztető, vagy súlyos sérülést okozó folyamatok – szintén – statisztikai módszerekkel történő vizsgálata, amelyek szabályozatlan fizikai törvényszerűségek hatására következnek be.

A bekövetkezésük alapvetően adminisztratív úton történik, [29] a vizsgált berendezés típusvizsgálata alapján megalkotott technikai, humán és szervezési intézkedések betartása és betartatása segítségével. Ez alapvetően bonyolítja az adott rendszer üzemeltetését és üzemben tartását, de mivel esetünkben vészelhagyó berendezés biztonságos működésének garanciája a kitűzött cél, az alkalmazott előírások hatékonyságát semmiféleképpen sem szabad pusztán az adott előírás betartása miatti költségnövekedés szempontjából vizsgálni, hiszen a berendezés emberéletet ment(het). És csak ez számít!

A statisztikai módszer felhasználása alatt ebben az esetben a megtörtént „éles” alkalmazások elemzését értem, amelyek „első kézből” gazdagítják az adott vészelhagyó berendezés biztonságos üzemben tartási előírásainak, üzemeltetői szintű utasításainak összességét. A vérrel írt tapasztalatok ezen a speciális területen ténylegesen életmentő szerepet kapnak. Ezt nem szabad figyelmen kívül hagyni!

Az általuk meghatározott üzemelési kritériumok alapján kerül be az adott repülőeszközzel történő repülések végrehajtási módszereit leíró szabályzatba a vészelhagyással kapcsolatos kötelező cselekvéssor leírása, azok betartandó paraméterei (minimális repülési (vészhagyási) magasság, maximális repülési (vészhagyási) sebesség a katapultálás végrehajtásához és a pilóta mentőejtőernyő biztonságos belobbanásához).

Az adott vészmentő berendezés rendszerben tartása során bekövetkező használatának üzemeltetési tapasztalatait mindenképpen érdemes felhasználni az adott berendezés további üzemeltetésének még biztonságosabbá tétele érdekében. Erre a katapultált pilóták jelentéseit, a lezuhant repülőeszközök fedélzetén elhelyezett objektív kontroll berendezések adattároló egységei által szolgáltatott repülési információkat, valamint az esetleges szemtanúk beszámolóit lehet felhasználni, több-kevesebb sikerrel, de mindenképpen a biztonság irányába történő esetleges „tévedéssel”.

Az ún. „elszámolási fázis” biztonsági jelentősége

A katapultülés biztonságos üzemelési folyamata során ennek a fázisnak ún. lezáró szerepe van. Hatását olyan szinten fejti ki, hogy a megtörtént sikeres alkalmazások száma pozitívan befolyásol(hat)ja a berendezés használatán gondolkodó személyt.

Ennek az adott vészmentő berendezés „karrierjének” kezdetén van óriási jelentősége, amikor a berendezés biztonságos működését még csak elenyésző számú „éles” alkalmazás támasztja alá.

Az általam leírásra kerülő valódi esettanulmányok a Magyar Néphadsereg repülőalakulatainál kezdetben szintén nem a katapultülés használata mellett tették le a voksot. Ahogy azonban megtörtént az első sikeres katapultálás, - majd sorban a többi is –, az adott katapultülés respektje hirtelen nagyot nőtt a repülő-hajózó állomány szemében.

Az esetek leírása a tanulmány II. részében, a Hadmérnök következő számában olvasható.

Felhasznált irodalom

- [1] Bakos Ferenc: Idegen szavak és kifejezések szótára. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2007. Változatlan utányomás, első kiadás: 1994. ISBN 978-963-05-7875-25. 590. o.
- [2] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 12. o.
- [3] V. Zsukov mérnök-százados: Katapultálás hangsebesség feletti repülés közben. Újdonságok a haditechnikában. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest. 1960. 254. o.
- [4] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 14. o.
- [5] А. Г. Агроник, Л. И. Эгенбург: Развитие авиационных средств спасения. Издательство Машиностроение, Москва, 1990. ISBN 5-217-01052-5. 100. o.
- [6] Н. А. Лобанов: Основы расчёта и проектирования парашютов. Издательство Машиностроение, Москва. 1965. Заказ 1101/5727. 269. o.
- [7] Nuttal J. B.: Repülőgép és kozmikus jármű kényszerelhagyása. (rövidített fordítás) Ejtőernyős Tájékoztató, 1978/1. LRI Repüléstudományi és Tájékoztató Központ kiadása, Budapest. 31-35. o.
- [8] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 16. o.
- [9] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 17. o.
- [10] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 17. o.
- [11] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 18. o.
- [12] Repülési lexikon. Második kötet M-Z. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1991. ISBN 963 05 6209 337. o.

- [13] Re/552 Az ejtőernyők szerkezete, felépítése és üzemeltetése. A Honvédelmi Minisztérium kiadása. 1964. 21-33. o.
- [14] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 18. o.
- [15] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 18. o.
- [16] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 18. o.
- [17] А. Г. Агроник, Л. И. Эгенбург: Развитие авиационных средств спасения. Издательство Машиностроение, Москва, 1990. ISBN 5-217-01052-5. 101. o.
- [18] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 15. o.
- [19] Zsák Ferenc: Katapultáló magyarok. Aeromagazin, 2009. február, 52-55. o.
- [20] А. Г. Агроник, Л. И. Эгенбург: Развитие авиационных средств спасения. Издательство Машиностроение, Москва, 1990. ISBN 5-217-01052-5. 101. o.
- [21] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 38. o.
- [22] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 38. o.
- [23] А. Г. Агроник, Л. И. Эгенбург: Развитие авиационных средств спасения. Издательство Машиностроение, Москва, 1990. ISBN 5-217-01052-5. 104. o.
- [24] В. Г. Романюк: Заметки парашютиста-испытателя. Военное Издательство Министерства Обороны СССР, Москва, 1973. 103160. 250. o.
- [25] G. Beregovoj: Egy úrhajós feljegyzései. Kozmosz Könyvek, Budapest. 1973.
- [26] А. Г. Агроник, Л. И. Эгенбург: Развитие авиационных средств спасения. Издательство Машиностроение, Москва, 1990. ISBN 5-217-01052-5. 104. o.
- [27] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 42. o.
- [28] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 42. o.
- [29] Dr. Kiss Sándor mk. alezredes: Biztonságtechnika alapjai. Főiskolai jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, Budapest. 2004. 43. o.