

Hennel Sándor¹

POLGÁRI ÉS KATONAI REPÜLŐGÉPEK TERVEZÉSI SAJÁTOSSÁGAI, ELTÉRÉSEI²

A hidegháború végével, az aszimmetrikus hadviselés megerősödésével a hadikultúrák is világszerte megváltoztak, és ennek megfelelően jelentős mértékben módosult a felhasznált harci eszközállomány is. A polgári és katonai együttműködés is erősödni kezdett azzal, hogy a felhasználás technikai eszközei közeledtek egymáshoz. Számos olyan repülőgép ismert világszerte, amelyet eredetileg civil feladatokra terveztek, majd később katonai szempontok szerint alakítottak át. Az Egyesült Államok Nemzeti Gárdával megerősödött hadikultúrája, a személyi és eszközállomány jó hatásfokú felhasználása világszerte terjed, erős polgári és katonai együttműködést építve. Érdekes tehát megvizsgálni mind a polgári, mind a katonai repülőgépek alapvető jellemzőit, kimutatni a köztük lévő, és feladatrendszerükből adódó eltéréseket, valamint az ebből adódó technikai különbségeket.

FEATURES AND DIFFERENCES WITH RESPECT TO PLANNING OF CIVIL AND MILITARY AIRPLAINS

By the end of the Cold War, while the asymmetric warfare became more and more important, the martial methods significantly changed, as well as the used armament. The civil and military sectors' interoperability turned to become notably strong due to their common technical appliance. There are several well known airplanes, which were created to be applied by the civil sector, but were also restructured for military usage later on. The US warfare has been strengthened by the US National Guard, which became an example worth following by the way of generating a strong military and civil interoperability and using the human resources and material stocks on the highest efficiency. Accordingly it is well worth studying the basic features of the civil and military airplanes, emphasizing the differences between their methods as well as their technical adjustment.

BEVEZETŐ GONDOLATOK

A repülőgépek tervezése és fejlesztése minden esetben egy jól meghatározott irányvonal, feladatrendszer megfogalmazása után valósul meg. A tervezés egyben felkészülés a gyártásra, az üzemeltetésre, egy esetleges valós katonai alkalmazásra, és az életciklus végén a kivonásra, újrahaznosításra. A repülőgép tervezésénél elsődleges szempont a kitűzött felhasználási célok megvalósítása, ennek legkritikusabb eszköze pedig a tömeg alacsony értéken tartása. Ezért is mondják, hogy a repülőgépen minden alkatrész méretezett, a terhelésnek, illetve éppen az adott speciális viszonyoknak megfelelően kerül kialakításra. Gyakran használt kézenfekvő példa a nem menetes csavarszárak magméretre visszakönnyítése.

Az, hogy két légijármű közül melyik az, amelyik katonai és melyik az, amelyik polgári célokra készült, rövid elemzés után megállapítható. Tanulmányom ezen jól látható és a háttérben meghúzódó különbségek vizsgálatát célozza.

¹ okl. mk. szds., MH 86. Szolnok Helikopter Bázis, NKE doktorandusza

² Lektorálta: Prof. Dr. Óvári Gyula, egyetemi tanár, Nemzeti Közsolgálati Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, ovari.gyula@uni-nke.hu

Számos olyan repülőgép ismert, amelyet eredetileg a civil repülés számára terveztek, majd később katonai szempontok szerint módosítottak (1. ábra). A hidegháború szovjet polgári fejlesztései sok esetben már a tervezőasztalon tartalmazták az adott jármű hadrendbe illesztésének lehetőségét, legyen az személyautó vagy akár repülőgép.



1. ábra SF-260, Socata-235, SF-92, és a C-337 felfegyverzett polgári tervezésű repülőgépek [1]

Érdeemes tisztázni néhány fogalmat ezzel kapcsolatosan, amely gyakran összekeveredik a köznyelv szóhasználatában.

- A **katonai légijármű** az az eszköz, amelyet hadi felhasználásra optimalizáltak, bár nem közvetlen harcérrintkezésre készült, de a háborús túlélőképesség igénye megjelenik rajta. (C-17 Globemaster, Mi-8 HIP)
- A **harci repülőgép** aktív résztvevője a közvetlen harcnak, harci túlélőképességét ezért lehetőség szerint maximalizálták, és a rajta lévő fegyverzet is erősebb, mint egy katonai repülőgép esetében. (A-10 Thunderbolt, Mi-24 Hind)
- A **polgári repülőeszközöknél** a tervezés során a gép gazdaságossági, sport felhasználhatósága vagy a tömeg alacsony értéken tartása illetve egyéb speciális képesség volt a fő cél.
- A **felfegyverzett repülőgépek** azok a légijárművek, amelyeket polgári célra terveztek, és később egészítették ki fegyverzettel, vagy egyéb speciális képességgel. Fontos, hogy ezen eszközök alap építési célkitűzéseiben a túlélőképesség nem volt szempont. (1. ábra SF-260, Socata-235, SF-92, C-337)

A hidegháború végével, az aszimmetrikus hadviselés megerősödésével a hadikultúrák is világszerte megváltoztak, és ennek megfelelően jelentős mértékben módosult a felhasznált eszközállomány is. Az új feladatrendszer, valamint a fejlett országok saját belső veszélyeztetettségi, kockázati -szintjének csökkenésével gyökeresen **új követelményrendszer** alakult, ala-

kul ki. A polgári és katonai együttműködés is erősödik azzal, hogy a felhasználás eszközei közelednek egymáshoz. Az Egyesült Államok a Nemzeti Gárdával megerősített hadikultúrája, a sorozatos háborúk és az arra való felkészülés, ugyanakkor a készenlétben tartás követelménye, egyre nagyobb súllyal jelenik meg világszerte, és egyre inkább arra enged következtetni, hogy a civil és katonai terület a jövőben egységesen és egymásra tekintettel lesz kezelendő. Ennek a folyamatnak, illetve tendenciának a katonai-polgári repülőgép tervezésre gyakorolt hatását érdemes megvizsgálni, és lehetőség szerint előremutató következtetéseket levonni.

CÉLOK ÉS KOCKÁZATOK

A katonai légijárművek lényegében valamennyi civil felhasználási részterületet felölelnek, mégsem mondhatjuk, hogy a katonai repülőgépek szerkezeti kialakítása teljes mértékben kielégítene a civil repülés által elvárt követelményeket. A polgári repülésben nagyobb súllyal esik latba a **gazdaságosság** (gyártási és üzemeltetési költség), a **kényelem, biztonság** és a **külső megjelenés** szempontjai.

A nyereségorientált civil repülés területén más szerkezeti megoldások jelennek meg. **Az alapvető különbséget mégis a hadszíntéri veszélyeztetettség generálja.** A katonai alkalmazás során minden katonai légi tevékenységet - különböző erő kifejtéssel, de – a szembenállók igyekeznek meggátolni. Ez az ellentevékenység a katonai légijármű egyedi kialakításának az alapja. A tervezők ezért elsősorban a **repülőgép felderíthetőségét, a különböző pusztító eszközök által okozott sérüléseket, valamint a sérülések következményeit igyekeznek csökkenteni.** A feladatok során a harcászati célok elérésének fontossága sokszor a repülésbiztonság rovására megy, azaz a feladat végrehajtásának a fontossága nagyobb nyomattal bír, mint a repülőgépben okozott sérülések minimalizálásának igénye.

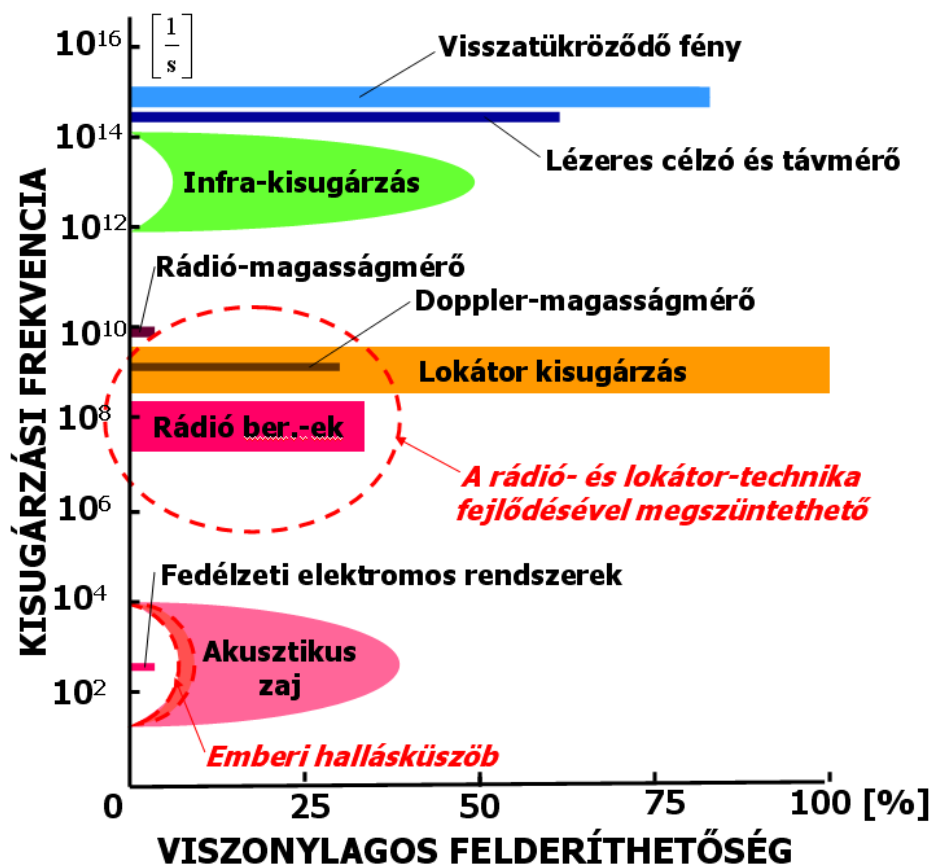
Egy adott légijármű megsemmisíthetősége, védettsége nagyban függ a helyi, háborús konfliktus jellegétől, helyi sajátosságaitól. A saját csapatok által kivívott légi uralommal rendelkező területen, ahol a földről indítható légvédelmi rakéták használatának lehetősége is gyenge, más eszközök használata célszerű, mint hagyományosan és hasonlóan felszerelt reguláris erők ellen. Érdemes megvizsgálni annak a lehetőségét, hogy légijármű műszaki fejlesztése gazdaságossági, harcászati szempontból előnyös-e, egy minden feladatra képes erős védettségű, széles sebességtartományú légijármű használata, több kisebb részfeladat megoldására képes eszközzel szemben.

A későbbi modernizáció, korszerűsítés lehetőségét már az alap tervezésnél figyelembe kell venni számítógépes vezérlési rendszerek fejlesztésével. A JAS 39, Gripennél például folyamatos szoftver frissítésekkel javítják a meglévő hardver állomány képességét. Az üzemeltetési tapasztalatok összegyűjtésével – amely a fedélzeti adatrögzítő és monitoring rendszer felhasználásával könnyen megoldható – új fegyverzeti, navigációs és repülésdinamikai tapasztalatok vonhatóak le, az esetleges hibák pedig kiküszöbölhetőek.

Felderítés

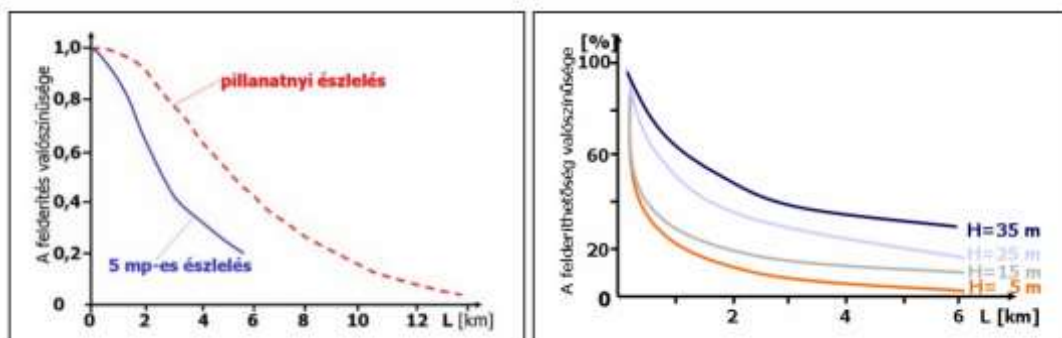
Az észlelhetőség, felderíthetőség csökkentésének legfőbb területei a vizuális-, akusztikus-, hő- és radar felderítés. (2. ábra) Az előrejelzés, felderítés napjainkban alapvetően a radar fel-

derítést jelenti, amely a repülőgépek által visszavert radarsugarak vételére épül. A radar jelek visszaverésének csökkentése, elnyelése különböző konstrukciós megoldásokkal, illetve a burkoló- és szerkezeti anyag helyes megválasztásával valósítható meg. A felderíthetőség csökkentése továbbá a fedélzeti berendezések rádió, mágneses, hő és hang kisugárzásának csökkentésével érhető el. A saját fedélzeti (felderítő, időjárás, terepkövető) lokátor alkalmazása, a kisugárzás miatt azonban jelentős veszélyeket rejt.



2. ábra Légijárművek felderíthetőségi frekvenciái [2]

A radar felderíthetőség csökkentésének másik gyakorlati módja az alacsony magasságú repülés, ahol a földön lévő tereptárgyak, és a Föld görbülete biztosít védeltséget. Ez a védettség viszont rontja a repülésbiztonságot, növeli a hajózó állomány leterheltségét, továbbá speciális talajkövető rendszerek beépítését igényli.



3. ábra A vizuális felderíthetőség a távolság és a magasság szerint [3]

A 3. ábra alapján látható, hogy a vizuális felderítés valószínűsége a magasságtól erősen függ; 15 méteres magasság alatt repülve 5 kilométeres távolságban alig 5% és az Sz-5-ös nem irányított rakéták indítási távolságában 1,5 kilométeren is alig 15%. [3]

A felderíthetőség további szegmensei a **vizuális-, akusztikus-, illetve hő érzékelés** elvén alapulnak. Az aszimmetrikus hadviselésben a vizuális felderítés kiemelt fontossággal bír. Az észlelhetőség, felderíthetőség csökkentésének egyik legrégebben ismert módszere a klimatikus viszonyoknak, évszaknak, földrajzi övezetnek megfelelő álcázó festés, tábori repülőterek állóhelyén, hasonló szempontok szerint kialakított álcahálók használata. Elsődleges a külső megjelenés módosítása, álcázó festés alkalmazása a sajátos éghajlati, növényzeti viszonyoknak, illetve az alkalmazott harcéljárásnak megfelelően. Az éjszakai bevetésű gépeket sötét szürke, illetve fekete színűre festik. Az éjjellátó berendezések használata és az éjszakai műveletek száma ugyanakkor napjainkban jelentősen megnövekedett, így a vizuális felderítés valószínűsége jelentősen csökken. Ennek megfelelően a külső és a kabinon belüli világítás is módosult. A külső hagyományos megvilágításhoz használt reflektorokat vagy egyáltalán nem használják, vagy olyan speciális szűrő alkalmazásával, amely csak az infra tartományban (éjjellátó készülékkel) látható.

A repülőgépek hőkibocsátáson alapuló felderíthetősége alapvetően a hajtóművek – motorok - hőkiszárgázására vezethető vissza. A tüzelőanyagban rejlő hőenergia - üzemmódtól függően - 70-90%-a hővé alakul. A felderítés megnehezítése, illetve hatékonyságának csökkentése érdekében ezért a gázturbinák kiáramló gázhűtését a környezeti levegővel való keverésével oldják meg; így a közeg hőmérséklete csökken, az izzó alkatrészek pedig takarásba kerülnek, mindamellett, hogy a kiáramló hő mennyisége változatlan marad. Passzív megoldásként felmerül a kisebb motor teljesítmények esetén - 500 kW alatt - a repülőgép dízel motor alkalmazásának lehetősége is, ahol a jó hatásfok miatt a veszteség hőmennyiség jóval alacsonyabb, így ennek nagy részét (közel 50%-át) folyadékűtőn keresztül, alig néhány fokos levegőhőmérséklet emelkedés mellett vezetik el. [4][5]

Sérülések megelőzése, következményeinek csökkentése

A **különböző pusztító eszközök hatékonyságát napjainkban** az RWR (Radar Warning Receiver – Besugárzás jelző, radar befogás jelző) és az MAWS (Missile Approach Warning System - Rakéta közeledésre figyelmeztető rendszer) használata képes csökkenteni. Az elhárítása manőverezéssel, optikai, infra csapdákkal illetve vontatott hamis célokkal történhet. Ezen feladatok ellátásához szükséges berendezések elhelyezése azonban többlet súllyal és romló aerodinamikai kialakítással is együtt jár.

A repülőgépet ért találatok és az ezáltal **okozott sérülések optimális szerkezeti kialakítás mellett ugyanakkor hatásosan csökkenthetőek**. Nyilvánvaló, hogy a repülőgép fő elemeinek – így különösen a szárny, a vezérsík, a forgószárny, a farok légcsavar - elvesztése azonnali repülésképtelenséget jelent. Ezen kulcsfontosságú pontok védelme elsődlegesen, speciális konstrukciós megoldásokkal biztosítandó és csak másodlagosan páncélozással; a találatok elleni védelemhez szükséges plusz szerkezeti elemek, azaz a páncélozás kialakítása ugyanis minden esetben a tömeg növekedésével jár.

Szintén alap követelmény a repülőgép szerkezeteknél, hogy a konstrukció ne váljon működésképtelenné egy elem sérülése esetén, azaz a képességeinek romlása minél alacsonyabb mértékű legyen. A konstrukció kiválasztásánál a **duplikálás, multiplikálás** – kétszeresítés, többszörözés - nem is jelent feltétlenül szerkezeti tömegnövekedést. A sárkányszerkezet adott teherviselő elemeinek tömege, méretei csökkenthetőek, ha a terhelést egyszerre több „párhuzamosított” elem veszi fel. (pl. több főtartós szárnszerkezet)

A katonai felhasználásban a speciális szerkezeti anyagok, gyártástechnológiák, berendezések gyakrabban jelennek meg. Ennek fő oka a magasabb előállítási költség, amely a hadiiparban gyengébb prioritást élvez, mint a civil repülőgépek gyártása során.

A tervezésnél a szerkezeti elemek terhelhetősége, gyártási, találati érzékenysége rendszerint a **biztonsági tényezők** növelésével fokozható. Természetesen egy optimum keresés eredményeként születik meg az a viszonylag alacsony biztonsági tényező, s az ennek megfelelő szerkezeti konstrukció, amely még a háborús túlélőképességet javítja, de a gép tömegét csak elfogadhatóan kis mértékben növeli.

A páncélozás, mint megoldás tehát a fentiek értelmében a tömegnövekedést eredményező mivolta miatt alapvetően kerülendő. Emiatt a repülőgépek túlélő képességét inkább tömegnövekedést nem okozó, szerkezeti megoldásokkal igyekeznek javítani. Sok esetben, egyes szerkezeti elemek jellegéből adódóan nem lehet a duplikálást (kétszeresítést), mint biztonságot növelő eljárást sem alkalmazni. Ilyen esetekben használják az úgynevezett **árnyékolás eszközt**, amely azt jelenti, hogy kevésbé fontos berendezésekkel körbevéve – árnyékolva - csökkentik a létfontosságú rész találattal szembeni sérülékenységét. A Ka-50 típusú helikopter esetén például a két hajtómű közé került beépítésre a főreduktor; s bár a hajtómű sérülése is jelentős kockázati elem, mégis találat esetén a gép még működőképes marad, szemben a forgószárny reduktor találatával, amikor a helikopter azonnal működésképtelenné válik, illetve a működése jelentősen lecsökken. (4. ábra)



4. ábra Hajtóművekkel árnyékolt reduktor a Ka-50 helikopteren [1]

A fejlesztés során szempontként jelenik meg egy találat következtében elfolyt, üzemanyag, hidraulika olaj, motorolaj, hűtővíz, hiányából adódó száraz működési idő megnyújtása. Például a főreduktor találata esetén az elfolyt kenőolaj hiányában a fogaskerék rendszer berágódhat, be-sülhet, csapágycsúcsok tönkremehetnek, melyek azonban felületkezeléssel, olaj adalékolásával, alkatrészeken belüli szerkezeti kialakítással, (léghűtő alkalmazásával) lassítható. Ezen szempontok a polgári repülésben, mint repülésbiztonsági tényező megjelennek, de kisebb fontossággal.

A korszerű repülőgépeknél alkalmazott „fail-safe” (törésbiztos) szerkezeti kialakítás lényege, hogy jól tolerálja a repülőgépeket ért helyi sérüléseket, kifáradásos repedéseket, töréseket. A találatból származó repedések ugyanis – melyek minden szerkezeti törésnek az alapját képezik - nem terjednek tovább, így a sérülés nem vezet végső soron a szerkezet összeomlásához, hiszen a fail-safe szerkezeti kialakítás esetén az adott repedés terjedésnek mindig van egy, a terjedést megállító szerkezeti pontja.

Szerkezeti elemek

A szárny, törzs **borítás** tiszta héjszerkezetű kialakítás esetén felveszi a terhelést, így annak sérülése kritikussá válhat. A burkolat sérülése a félháj és rácsszerkezetek esetén általában nem jelent súlyos hibát, hiszen a terhelés felvételében nem, vagy csak részben játszik szerepet, mégis a repülőgép bevetetősége a bizonytalanság miatt jelentősen lecsökken. A „felszínre nem került” egyéb sérüléseket valószínűsíti ugyanakkor a teherhordó elemek, segédberendezések, szárny mechanizációk, vezetékek, stb. károsodása. (5.ábra) A megkezdett műveleteknél technikai okokból a sebességi, terhelési (fegyverzet, üzemanyag), illetve túlterhelési korlátozások alkalmazása célszerű. A törzs borításának a sérülése a túlnyomás illetve a vegyi- biológiai fegyverek elleni hermetikusság elvesztésével járhat.



5.ábra. Bevetésben sérült A-10 Thunderbolt repülőgép [6]

A borítás takarásában **teherviselő elemek**, főtartók, hosszmerítők kétszerezése jelentős szerkezeti tömeg növekedéssel nem jár. A tartók számának növelésével az egy elemre eső terhelés csökken, s a szerkezeti tömeg csökkenthető. Sérülés esetén nem a teljes teherviselő elem esik ki, hanem csak egy része, így a találat elleni védetség javul. További előnyként jelentkezik, hogy a borítás terhelés hatására való hullámosodási hajlama csökken, így a terhelhetősége nő a sűrűbb merevítésnek köszönhetően. A gyártásból adódó költségnövekedés azonban hátránnyként jelentkezik.

A **kormánylapok** sérülése, elvesztése érzékeny pontja a repülőgép túlélőképességének. Ha egy csűrő kormány bekötésére gondolunk, egy kormánylap két bekötési pontja esetén az egyik elvesztése a gépre nézve katasztrofális következményekkel járhat. Ennek elkerülése érdekében a kormánylapok két forgási csomópontja helyett, szerkezetileg három pont alkalmazandó. A kormánylapok fokozott védelme a másik kormánylap általi kiegyenlítésével illetve a fékszárnyak aszimmetrikus kitérítésével is elérhető. Ilyen esetekben ugyan a repülőgép harci tulajdonságai lényegesen romlanak, de kormányozhatósága részben mégis megmarad. A Szu-25 típusú repülőgép oldalkormányja például egymástól függetlenül működő, osztott szerkezetű, amely sérülés esetén a részleges vezethetőséget megtartja. (6.ábra)

További példaként szolgálhat a Saab JAS-39 Gripen számítógéppel, kormányfelületenként integráltan vezérelt kormányzási rendszere, amely 40%-os mértékű sérülésig rekonfigurálással biztosítja a vezethetőség fenntartását. [7]



6. ábra A Szu-25 függőleges vezérsík és oldalkormány konstrukciója [1]

A **kormányzás vezérlő elemei** szintén a repülőgép irányításmechanizmusának érzékeny részei. Ezen egységek például robotpilóta beépítésével részben duplikálhatóak. A párhuzamos, lényegében egymástól független kormányzásvezérlő rendszerként képesség csökkenések mellett adott esetben alkalmas arra, hogy a meghibásodott vezérlés szerepét átvegye, és a biztonságos leszállást biztosítsa. A robot pilóta numerikus adatok alapján, elektromos ellenőrző egységeken keresztül közvetlenül a kormánylapoknál avatkozik be. Ez azt jelenti, hogy a pilótát, a rudazatot, a rudazat bekötéseket, a sodrony köteleket, és a hidraulika rendszert képes korlátozásokkal pótolni.

A **hajtóművek** környezete az egyik legjelentősebb potenciális veszélyforrás. A hajtómű találat esetén a tolóerő elvesztése, csökkenése, az elektromos táplálás bizonytalanná válása, a hajtóműrobbanásból adódó egyéb károk és a tűz jelenti a legmagasabb kockázati tényezőket. Számos esetben nem is a szükséges teljesítmény, hanem a túlélőképesség növelése miatt alkalmaznak több hajtóművet. A sérüléstől való megóvás és tűzbiztonsági szempontok miatt a hajtóműveket rendszerint az érzékeny törzsből kihelyezték gondolákba, vállalva a gép szimmetriatengelyétől nagyobb távolságból adódó kormányozhatósági korlátok felerősödését és a többlet ellenállást. [8]



7. ábra. A-10 Thunderbolt és a Su-25 Foxbat törzs-gondola kialakítása [1]

Sérülés szempontjából a legérzékenyebb és legnagyobb felületet a repülőgép **szárnya** jelenti. A tömeg és szilárdsági viszonyok miatt gyakran a szárnyban kap helyet a **tüzelőanyag**, amely a találatokkal szemben kiemelten érzékeny. A tartályok sérülése, a tüzelőanyag elfolyása, a tűz és a robbanás miatt különösen kritikus. A tüzelőanyag elfolyása ugyan szekcionálással (több egymástól elválasztott tartállyal) csökkenthető, - amely rendszer létezik a civil gépeken, és az összehasonlításban tömegnövekedést nem okoz -, de a hatótávolság csökken, a repülőgép kiegyensúlyozottsága romlik, és a manőverezési képessége is korlátozódik. A tűz és robbanás elkerülésére különböző eljárásokat használnak. A tüzelőanyag megválasztása, és adalékolása döntően meghatározó; bár a **benzin fajlagos energiasűrűsége magasabb a kerozinénál, az alacsonyabb lobbanáspont miatt viszont tűzbiztonsága lényegesen gyengébb**. A tűz kialakulásának elkerülésére a tartály üres részét esetenként semleges, égést nem tápláló gázzal töltik ki.

Többek között ezen szempontok alapján alakította ki a NATO az SFC rendszerét (**Single Fuel Concepcion** – Egységesített Üzemanyag Konceptió), amely a katonai alkalmazásban felhasznált üzemanyagok egységesítését célozza. A logisztikai szervezés megkönnyítésére legalkalmasabbnak a kerozint találták, amely manapság szinte valamennyi légi, vízi és szárazföldi jármű hajtóanyagaként szolgálhat. Széleskörű elterjedtsége, jó energiasűrűsége és tűzbiztos üzeme miatt esett rá az SFC választása. [9]

A túlélőképesség növelését, a tűzvédelmet rendszerint fedélzeti automata tűzoltórendszerrel segítik elő. Az üzemanyag tartályok védelme érdekében a páncélozás ritkán alkalmazott megoldás. A tüzelőanyag habosodásának csökkentése érdekében a tartályokat olyan porózus habbal tölthetik ki, ami kis térfogat veszteséget okoz. A folyadék tartályon belüli mozgását megakadályozza, ezzel együtt a habosodást csökkenti, a robbanásra hajlamos levegő üzemanyag keverék kialakulását javítja.

Az **elektronikai** rendszerek sérülése számos képesség csökkenéséhez vezethet, de általánosan – hajtómű szabályozó és a Fly-by-wire repülésvezérlési rendszereket kivéve – nem okoz katasztrofális meghibásodást. Ezeknek a rendszereknek az elvesztése gyakran a küldetés megghiúsulásához vezet ugyan, de kiegészítő rendszerek, eljárások alkalmazása mellett a biztonságos leszállás meghibásodásuk esetén is végrehajtható. Az elektromos rendszerek – egyenáramú, különböző frekvenciájú váltóáramú hálózatok - egymás közötti átjárhatósága a polgári repülésben is gyakran a repülésbiztonság növelése érdekében kialakításra kerül.

A sérülések között szerepelhet még a **futómű rendszer** károsodása is, amely közvetlenül a feladat végrehajtást és az útvonalrepülést nem befolyásolja, viszont a leszállásnál végzetes lehet. Katonailag biztosított területen az ellenséges ellentevékenységtől védetten azonban ki lehet alakítani a kényszerleszállás körülményeit, és így a károk is jelentősen csökkenthetők.

Biztonságot fokozó berendezések

A katonai repülőgépek az esetleges ellenséges behatások miatt a meghibásodásra nézve magasabb kockázati szinttel repülnek. A feladat végrehajtása során a sérülések bekövetkezésével előzetesen számolnak, és további, biztonságot fokozó berendezések beépítésével igyekeznek azok következményeit minimalizálni.

Az ellentevékenységből adódó sérülések következményeinek **csökkentésére aktív és passzív eszközöket** használnak. Az aktív eszközök közé sorolható a **katapultülés, a mentőernyő, a tűzjelző és az automata tűzoltó rendszer**. A katapultülés – a rendszer fejlettségének megfelelően - a repülőgép sebességétől, magasságától és helyzetétől függetlenül úgy lövi ki a pilótát, hogy az biztonságosan földet érhesen. Egyszerűbb változata a pilóta mentőernyője.

A polgári repülésben egyre elterjedtebb, míg a katonai felhasználásban nem ismert a teljes gépet mentő **ejtőernyő használata**.

A passzív eszközök közé a pilótát védő öltözet, a sisak, a lángálló ruházat, a kesztyű, a cipő és ellenséges területen vagy vízen a pilóta túlélését segítő felszerelések tartoznak. A passzív eszközök közé sorolható még a speciális ergonómiai kialakítás, amely a becsapódáskor a személyzetet védi, a biztonsági öv, energia elnyelő ülések, a kényszerleszállás utáni gépelhagyást könnyítő ajtók, illetve a vágási pontok. A repülőgép kényszerleszállása előtt a póttartályok, fegyver függesztmények – élesítés nélkül – eldobhatók, valamint a felesleges üzemanyag is kiengedhető.

A passzív eszközök alkalmazása a polgári repülésben szintén megjelenik a speciális ruházatot és a sisakot kivéve. A sisak használata a törzs belmagasságát növeli, amely az ellenállás, sebesség, fogyasztás összetevőket jelentősen ronthatja, sok esetben ezért a személyi állomány testmagasságát a kiválogató szűrésen szigorúan behatárolják. A lángálló kesztyű alkalmazása a fedélzeti műszerrendszerek kezelőszerveit durvítja el, amely szintén méretbeli növekedést eredményezhet.

A passzív elemek közé sorolandó például az a tervezési irány is, amely a pilóta fülke tető, ajtó zárási irányát határozza meg. A polgári felhasználásban a véletlen nyílás elleni védelemként az ajtó hátra nyílik, míg a katonai felhasználásban az ajtó előre nyílása megkönnyíti vész helyzetben – földön vagy akár levegőben - a gép elhagyását.

A CÉL ÉS FELADATRENDSZER MEGVALÓSÍTÁSA

A **polgári légijárműveknél** a tervezési koncepció a hatásfok - gazdaságosság – eladhatóság szempontok köré csoportosul. Ezek megvalósulása esetén a biztonság, élettartam, hatásfok, megjelenés, kényelem biztosítása mindenképpen jelentős tömeg növekedéssel is együtt jár. Az utazás vagy légiszállítás, mint termék eladhatósága az utazási idő csökkentésével ma már nem javítható. A polgári repülésben a fizikai törvényszerűségek miatt a repülési sebesség észszerűen a hangsebesség alatt marad. Jelentős sebességi fejlődés e téren az elmúlt 40 évben nem is történt, sokkal inkább a költségek csökkentése, a kényelem fokozása, és a biztonság javítása volt ez idő alatt az elsődleges célkitűzés. A **hajtóművek tervezési optimalizálása is a gazdaságosság szempontjai szerint** történik.

A speciális katonai feladatok ellátásához különleges műszaki környezet is szükséges. A légifölény megteremtéséhez például az elfogó vadászpilóta repülőgépek **magas sebesség tartományú** repülése elengedhetetlen, amely a repülőgép kialakítását is alapvetően meghatározza. A hajtóművek a teljesítménynek megfelelően optimalizáltak, a sárkányszerkezet aerodinamikai és szerkezeti kialakítása pedig lehetővé teszi a hangsebesség átlépését. A tervezői koncepció részeként meghatározandó, hogy a radar felderítés elleni védetség szerkezeti konstrukciója mennyire legyen fontos szempont a sebesség - üzemanyag fogyasztás - hatótávolság hármashoz képest. A lopakodó (stealth) technológia például – ezen ismertetett szempontok figyelembevételével - gyakran a kedvező aerodinamikai és hajtómű kialakítás rovására kerül kialakításra.

A repülőgépek túlterhelésre méretezését ugyanakkor a biztonság, a hatósági előírások és a felhasználhatóság elsődleges szempontjai szabják meg. Polgári repülőgépek esetében a fordulóból adódó terhelés, a biztonság, a szállókések, és a turbulencia okozta veszélyek csökkentése jelentik az elsődleges szempontokat. Speciális esetekben a sportrepülőgépek műrepülhetősége jelenti a korlátot.

A vadász repülőgépeknél ezzel szemben a szerkezeti kialakítás a **pilóta által elviselhető maximális terhelési többszörös értékére méretezett**. A sport műrepülő gépek és a vadászgépek között különbségként jelenik meg a maximális terhelés időtartama. A sportrepülőök esetében ez néhány másodperc, míg a harci repülőgépek esetében ennek többszöröséről beszélhetünk. A repülőgép szerkezete szempontjából ez nem jelentős eltérés, de a fedélzeten plusz berendezések beépítését igényli. A terhelési többszörös magas értéke lehetővé teszi a légi harc hatékony megvívását más repülőgépekkel szemben, az ellenséges tűz manőverezéssel való elhárítását, hirtelen, kiszámíthatatlan irányváltások végrehajtását. Kiegészítő berendezésekkel ugyanakkor – G-ruha, fedélzeti oxigén rendszer, az ülés ergonómikus kialakítása – tovább javítható a pilóta terhelhetősége (maximális G érték illetve elviselésének időtartama). Itt jegyzendő meg, hogy a katonai légijárművek oxigén ellátása, illetve a kabin túlnyomásossága az alacsonyabb komfort fokozat és a jobb humán felkészültség miatt jóval kedvezőtlenebb a polgári repülőgépekhez képest. Ez a kedvezőtlenebb kialakítás ugyanakkor jelentős tömeg megtakarítással jár. [10]

Leszállóhelyek

A hadi célú alkalmazás egyik kulcskérdése a logisztika és a légiszállítás, hiszen a műveletek többsége változó, stratégiaileg meghatározott területen zajlik. **Gyorsaságuk és rugalmassá-**

guk miatt a légijárművek lehetőségeinek kihasználása kézenfekvő. A technikai fejlesztések ezen szempontok kielégítését tartják szem előtt, amikor a **repülőteret nem igénylő** eszközöket helyezik előtérbe.

A repülőterek területi kötöttségük és nagy értéksűrűségük – védhetőségük miatt korlátozott felhasználást engednek háborús környezetben. A **repülőtéren kívüli alkalmazás** elterjedése miatt a **VTOL** (Vertical Take Off and Landing – Függőleges fel- és leszállás) és a **STOL** (Sort Take Off and Landing – Rövid nekifutású fel- és leszállás) képességek igénye figyelhető meg. Az aszimmetrikus hadviselés elterjedésével alapvetően a helikopterek alkalmazására gondolunk, de emellett léteznek egyéb eszközök is. A helikopter negatív tulajdonságait (alacsony sebesség, fajlagosan magas fogyasztás – drága üzemeltetés) ellensúlyozandó, több olyan repülőgép vagy kiegészítő berendezés, fejlesztés létezik, amely kis felszállási területet igényel, illetve közutakat is képes fel- és leszállásra használni. A II. világháború óta az autópálya szükségrepülőterek és a SAAB repülőgépek által aszfalt utakra optimalizált eljárások az ezirányú jövőbeni fejlesztésekhez is teret biztosítanak.

A repülőtéren kívüli alkalmazás ugyanakkor számos különleges kialakítást igényel; így különösen a gyenge talajminőség például erősebb futóművet kíván, míg keskeny utak felhasználása esetén a pontosabb iránytartás érdekében jobb kabin kilátás, robotpilóta, érzékenyebb oldalkormány rendszer szükséges. A leszállásból való elpattanás ellen interceptorok alkalmazására kerül sor, a leszálló út túlzott rövidsége pedig a törzsféklap, a fékernyő, a sugárfék, a légcsavar reverz, illetve a leszállási sebesség csökkentése különböző szárnymechanizációk alkalmazását igénylik.

Megjegyzendő, hogy bár a polgári repülőgépeknél is létezik a hajtóműveken sugárfék illetve légcsavar reverz, azonban ezek légi alkalmazása nem indokolt, így az ehhez kötődő minimális technikai plusz tömeg növekedés is elkerülhetővé válik. Katonai alkalmazásban ugyanakkor a manőverezés javítása és a meredek leszállási süllyedő profil miatt ezek előnyös felszerelések, fejlesztések lehetnek. (A C-17 Globemaster esetében mindez 17.000 feet/minutes, azaz 85m/s függőleges sebességet jelent, amely a szabadon eső ejtőernyős sebességénél másfélszer gyorsabb, így adott esetben, egy ellenséges tűz alól igen gyorsan képes kikerülni.) A felszállási úthossz csökkentésére szárnymechanizációkat, (fékszárnny, orrségédszárnny) starttrakétákat használhatnak.

A repülőtéren kívüli üzemelés a kiszolgáló egységek számára is igen komoly előzetes felkészülést igényel. A kitelepítendő eszközök tömege, térfogata, mennyisége természetesen a legkisebbre szorítandó. Lehetőség szerint minél kevesebb jármű felhasználásával kell megoldani az üzemanyag, fegyver, elektromos, és oxigén ellátási-, valamint a területbiztosítási, repülés irányítási képességet.

A különböző leszállóhelyek és a külső egységektől való függőség csökkentése érdekében továbbá speciális fedélzeti navigációs berendezések is szükségesek. **Autonóm navigációs berendezésekkel**, rossz időjárási viszonyok között is képes egy katonai repülőgép idegen és minimálisan előkészített területen, külső segítség nélkül leszállást végrehajtani. Ezek a rendszerek a polgári és katonai repülésben egyaránt felhasználhatóak. [11]

A szállítandó **deszant kirakásához tehertér ajtó**, valamint ki- berakodást segítő berendezések szükségesek. Az ellenséges területen folytatott műveletek továbbá jelentős szállítási infrastruktúrát is igényelnek, így a légi teherszállítás, személyszállítás, műveleti utánpótlás szállítása egyre nagyobb teret kap. A szállítás alapfeltételeként a törzsben kialakított, jól felhasználható rakodó terület szolgál, amely egybefüggő görgős szállítószalag padlózatával, és konténer rendszerű tárolásával segíti a minél szélesebb körű felhasználást. Ez a szállítási környezet a polgári repülésben szükség esetén szintén elérhető. A teher kirakodása a civil reptereken jól kiépített infrastruktúrával történik, míg háborús alkalmazáskor ennek lehetősége sokszor egyáltalán nem biztosított.

A polgári repülésben rendszerint az oldalajtókat használják a személy- és teher forgalom ki- és beszállásra, berakodására. Az oldalajtók azonban szűk méretük miatt a nagyobb méretű és gyorsabb rakodásra, vagy deszantolásra nem, vagy csak korlátozásokkal alkalmasak. (8.ábra) Megoldásként adódik ugyanakkor a rárampa használata, amivel gyorsan, külső segítség nélkül is elvégezhető a kirakás akár a levegőből is. Erre már külön harceljárások is kialakultak. Az amerikai módszer szerint, a célterületen nyitott rárampaajtóval, néhány méter magasságú alacsony sebességű áthúzásnál, a deszantot egy lassító ernyővel **kicsúsztatják**. Az orosz eljárás ugyanakkor a nagyobb magasságú ejtőernyős kijuttatást alkalmazza, amely segítségével a repülőgépből harcokcsikat akár személyzettel együtt tudtak a célterületre juttatni. A földet érés sebességét az orosz haditechnikában ejtőernyővel, közvetlenül előtte pedig fékezőrakétákkal csökkentették, az emberi test számára is elfogadható mértékű sebesség elérése érdekében. [12]



8. ábra C-130, An-124, Mi-171, CH-47, Szu-80 rárampa megoldásai [1]

A polgári felhasználásban is találkozunk ugyanakkor rámpás megoldásokkal. A Szu-80-as típusjelzésű repülőgép például polgári felhasználású, azonban sok szempontból mégis a szovjet ipar félkatonai felhasználását idézi. A személyszállításra is alkalmas utastér rámpás kialakításával akár egy személyautó szállítására is alkalmassá tehető (8. ábra).

A tehertéren kívüli szállításnak gyakran alkalmazott módja a szárny és törzs alá függesztményként erősített konténerek. Ezekre a függesztési pontokra igény szerint rögzíthetők üzemanyag tartályok, felderítő konténerek, irányított és nem irányított rakéták, géppuska konténerek, és bombák is. Szerkezeti kialakításban ugyanakkor ezek jelentős változtatást nem igényelnek, hiszen egy már meglévő megerősített törzskerettel, bordával ezek a bekötések megoldhatóak.

A KATONAI ÉS POLGÁRI TERVEZÉSI KÜLÖNBSÉGEKBŐL LEVONHATÓ KÖVETKEZTETÉSEK

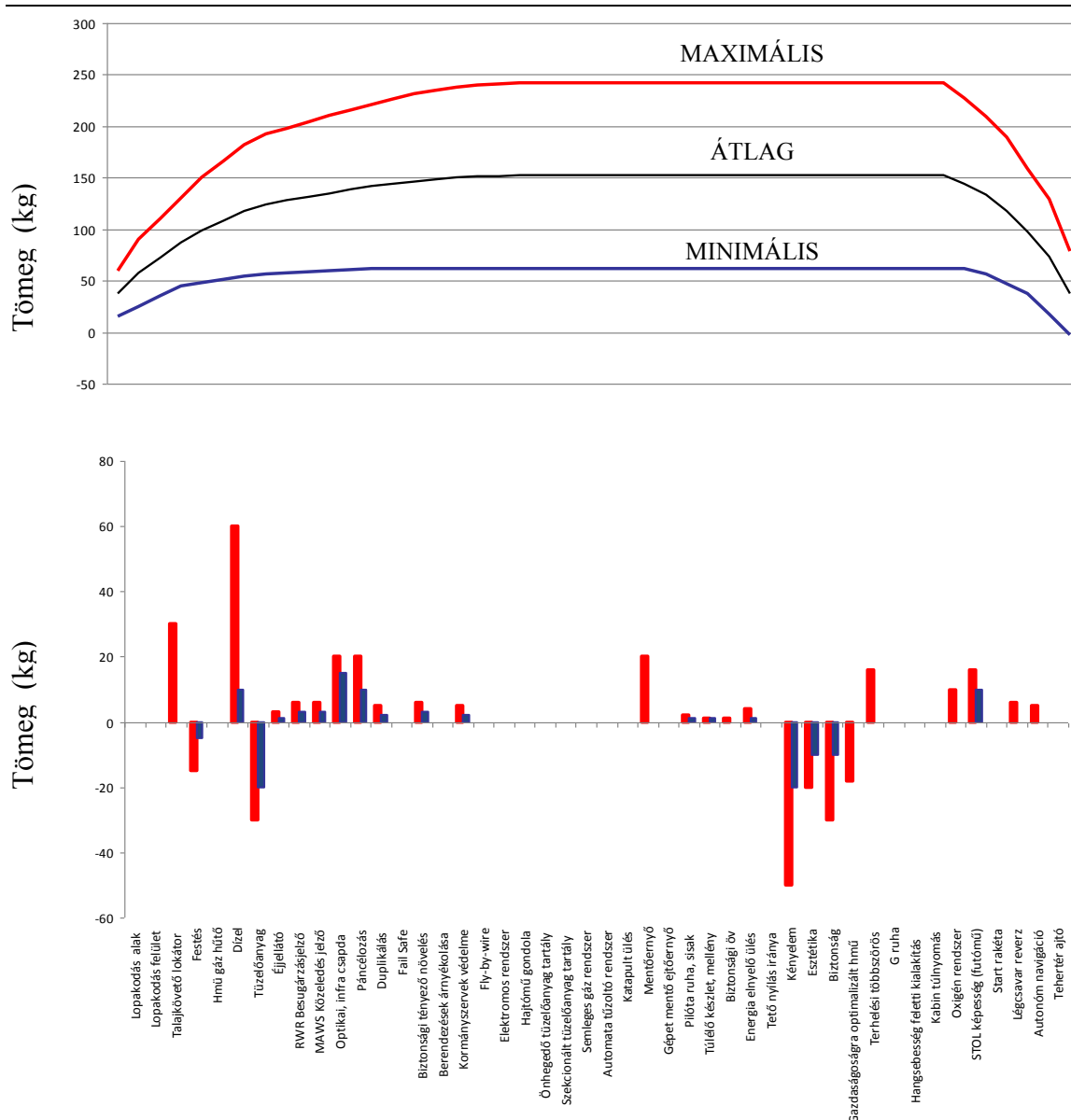
A katonai és polgári légijárművek tervezését illetően jelentős különbségeket nem tudunk felfedezni. Azonos fizikai törvényszerűségek alapján, azonos szerkezeti megoldásokból gazdálkodva, illetve azonos szakmai ismereteket felhasználva alakítanak ki repülő szerkezeteket. A méretezés is azonos eljárás szerint történik, azonos számítógépes programok felhasználásával. A tervezés során megegyezik mind a súly- és stabilitás számítás, mind a teljesítmény számítás, mind a szilárdsági számítások, illetve a szerkezeti elemek méretezése is azonos.

Azonos anyagokat, és ugyanazt a gyártás technológiát kell alkalmazni mindkét fajta repülő tervezésekor. Hasonlatos aerodinamikai összefüggéseket, és a gyártástechnológiában, minőségbiztosításban, üzemeltetésben azonos rendszereket ismernek, és használnak. A termékfejlesztési lánc mindkét esetben azonos K+F metódusokat követ.

Különbségként említhető azonban a speciális alkalmazási környezet, és az ellentevékenységből, valamint a feladat rendszerből adódó tervezési, konstrukciós eltérések.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a **katonai és polgári repülőgépek tervezési szisztémája azonos alapokra épül**, azonos számítási metódus mellett ugyanakkor különböző szempontok szerint optimalizálnak, és azonos tervezési elemekből felépülő, de különböző konstrukciók alkalmazásán keresztül érik el az adott speciális tervezési célkitűzéseket.

Megállapítható továbbá az is, hogy a katonai légijárművek a polgári gépekhez képest tágabb feladatkört, azonos tömeg vagy minimális, néhány százalékos tömegnövekedés mellett képesek megoldani.



9. ábra Speciális katonai viszonyokat kiszolgáló berendezések tömegviszonyai könnyű, többcélú repülőgép esetén

A 9. ábra alapján látható, hogy egy 2500 kg maximális felszálló tömegű, könnyű, többcélú repülőgép esetén, hogyan alakulnak a speciális katonai viszonyokat kiszolgáló berendezések tömegváltozásai. A kategóriának megfelelően több berendezés felhasználása indokolatlan, így ezek többlet tömegnövekedést nem okoznak. A felső görbék a tömeg adatok halmozásával készültek. Konkrét konstrukció hiányában a változás adatai egyelőre becsültek, maximum (piros) és minimum (kék) értékek alapján készült a behatárolás, míg az átlag értéket a fekete szín jelöli. A függőleges tengelyen pozitív irányban a katonai alkalmazás miatti tömegnövekedés, míg negatív irányba a „polgári igények hiányában” a megtakarítások kerültek a diagramra. Megállapítható ebből, hogy az előnyök és hátrányok kiegyenlítik egymást, és alig néhány százalék (átlagos számítás szerint 1,4%, minimum és maximum értéke a -0,4% és 3%) tömegnövekedést jelentenek. **Ebből következőleg kimondható, hogy egy civil és katonai célra vegyesen felhasználható repülőgép kialakítása a katonai és polgári feladatko-**

rök együttes kielégítésére való képesség megléte esetén sem jár jelentős plusz tömeg növekedéssel.

A fejlesztési költségek azonban a többlet tervezési- és kísérleti feladatok miatt magasabbak lehetnek. A költségnövekedés egy gépre vonatkoztatott értéke ugyanakkor alapvetően a legyártott darabszámtól függ. A darabszám, és ezáltal a gépre vonatkoztatott fejlesztési költség mindenképp kedvezőnek mutatkozik olyan esetekben, amikor egy adott repülőgépet polgári és katonai feladatokra is egyaránt fel tudnak használni.

Visszaulva a bevezetőben definiált felfegyverzett repülőgép gondolatára, ahol a polgári célú tervezés után alakították a repülőgépet korlátozott képességekkel katonáivá, ebben az esetben is életképes lehet egy katonai fejlesztésű gépet katonai és civil feladatokra használni.

További költség optimalizálási lehetőséget biztosít a feladat centrikus kialakítás, ahol adott feladatoknak megfelelően, úgynevezett konténer rendszerben csak az adott képességhez szükséges eszközöket hordozza a repülőgép. Az aktuális feladathoz mindig hozzáigazítható a felszereltség, amely lehet deszant szállító, felderítő, tüztámogató vagy akár polgári teher és személyszállítás is.

A fenti elemzésből összegzésként levonható tanulság ugyanakkor az is, hogy a **tervezésnél tudatosan már előre kialakított speciális funkciók, berendezés elhelyezések, jóval kedvezőbb viszonyokat teremtenek általában, mint az utólag beépített elemek, eszközök.** Mindenesetre a tervezés során a későbbi fejlődési irányok előzetes prognosztizálása, illetve tudatos felkészülés egy majdani kiegészítő fejlesztésre, szintén nagyon kedvező alkalmazási feltételeket teremthet az újonnan kialakítandó repülőgépek számára.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] <http://www.airliners.net> (2011.11.23. 18:00)
- [2] Dr ÓVÁRI Gyula: Felderíthetőség előadás e-dok.
- [3] Dr ÓVÁRI Gyula: BIZTONSÁG- ÉS REPÜLÉSTECHNIKAI MEGOLDÁSOK KATONAI HELIKOPTEREK HARCÍ TÚLÉLŐKÉPESSÉGÉNEK JAVÍTÁSÁRA
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2005_cikkek/ovari_gyula.pdf (2012.01.10. 20:00)
- [4] BRODSZKY Dezső: Repülőgép hajtóművek, Tankönyvkiadó Budapest, 1952
- [5] PÁSZTOR – SZOBOSZLAI: Kalorikus gépek üzeme, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1967
- [6] <http://www.hightech-edge.com/general-electrics-a-10-30mm-gatlin-gun/9381/> (2011.11.23. 18:00)
- [7] PETÁK György – SZABÓ József: A gripen, Petit Real könyvkiadó Budapest, 2003
- [8] HENNEL Sándor: Repülőgép sárkány- és rendszer ismeret I. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980
- [9] SFC Single Fuel Conception NATO STANAG 4362
- [10] RÁCZ Elemér: Repülőgéptervezés, Tankönyvkiadó, Budapest 1955
- [11] HENNEL Sándor: Légi járművek repülőtéren kívüli szükségesszállóhelyeinek harcászati korlátai, alkalmazhatósága, kialakulásának körülményei Repüléstudományi Konferencia 2010
- [12] TURCSÁNYI Károly – HEGEDŰS Ernő: Légideszant II., Püldo Kiadó ISBN: 978 963 249 124 0
- [13] HENNEL Sándor: Repülőgép sárkány- és rendszer ismeret III. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979
- [14] ÓVÁRI Gyula: A légijárművek gazdaságosságát és manőverezőképességét javító sárkányszerkezeti megoldások, Magyar Honvédség Kilián György Repülő Műszaki Főiskola 1990
- [15] A légierő fejlesztése Tanulmánygyűjtemény Válogatás a Honvédelmi Minisztérium 1997. évi jubileumi pályázatának díjazott műveiből, Budapest, 1997
- [16] RÁCZ Elemér: A repülés mechanikája, Tankönyvkiadó, Budapest 1953